



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

**IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES, EN  
FORMA AUTOMÁTICA PARA MINIMIZAR EL CONSUMO DE AGUA POTABLE, EN EL  
ÁREA DE PRODUCCIÓN DE UNA INDUSTRIA PANIFICADORA**

**Ludwig Geampablo de León Salazar**

Asesorado por el Ing. Exner Alexander García Pérez

Guatemala, junio de 2014



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

**IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES, EN  
FORMA AUTOMÁTICA PARA MINIMIZAR EL CONSUMO DE AGUA POTABLE, EN EL  
ÁREA DE PRODUCCIÓN DE UNA INDUSTRIA PANIFICADORA**

TRABAJO DE GRADUACIÓN

PRESENTADO A LA JUNTA DIRECTIVA DE LA  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
POR

**LUDWIG GEAMPABLO DE LEÓN SALAZAR**  
ASESORADO POR EL ING. EXNER ALEXANDER GARCÍA PÉREZ

AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE

**INGENIERO INDUSTRIAL**

GUATEMALA, JUNIO DE 2014



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
FACULTAD DE INGENIERÍA



**NÓMINA DE JUNTA DIRECTIVA**

DECANO	Ing. Murphy Olympto Paiz Recinos
VOCAL I	Ing. Alfredo Enrique Beber Aceituno
VOCAL II	Ing. Pedro Antonio Aguilar Polanco
VOCAL III	Inga. Elvia Miriam Ruballos Samayoa
VOCAL IV	Br. Walter Rafael Véliz Muñoz
VOCAL V	Br. Sergio Alejandro Donis Soto
SECRETARIO	Ing. Hugo Humberto Rivera Pérez

**TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO**

DECANO	Ing. Murphy Olympto Paiz Recinos
EXAMINADOR	Ing. César Ernesto Urquizú Rodas
EXAMINADORA	Inga. Aurelia Anabela Córdova Estrada
EXAMINADORA	Inga. Karla-María Lucas Guzmán
SECRETARIO	Ing. Hugo Humberto Rivera Pérez



## **HONORABLE TRIBUNAL EXAMINADOR**

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

**IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES, EN  
FORMA AUTOMÁTICA PARA MINIMIZAR EL CONSUMO DE AGUA POTABLE, EN EL  
ÁREA DE PRODUCCIÓN DE UNA INDUSTRIA PANIFICADORA**

Tema que me fuera asignado por la Dirección de la Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial, con fecha 27 de noviembre de 2012.

**Ludwig Geampablo de León Salazar**





**Mis abuelos**

Buenaventura de León y Ramón Salazar, por brindarme su apoyo y consejos en decisiones importantes en el transcurso de mi vida.

**Mis abuelas**

Dolores Córdova y Gladis Anleu, conservo un recuerdo muy especial en mi corazón, por sus consejos y cariño.

**Mis tíos y tías**

Emmanuel de León, Franz de León, Iván de León, Juan Ramón Salazar, Melinton Salazar, Mayra Salazar, Julio César Salazar, Maricruz Salazar, Jaqueline Anleu, por el cariño que siempre obtuve de ellos y por su confianza en mí.

**Mis primos**

Por todos los momentos inolvidables que compartimos juntos.

**Mis amigos**

Por estar ahí presentes cuando los necesité.

## **AGRADECIMIENTOS A:**

**Universidad de San  
Carlos de Guatemala**

Por ser una importante influencia en mi carrera, ya que me formó como profesional con principios éticos y morales.

**Facultad de Ingeniería**

Por ser una importante influencia en mi carrera al formarme con una excelencia académica.

**Bimbo de  
Centroamérica**

Por confiar en mí y darme la oportunidad de crecer profesionalmente.

**Exner García**

Por su aportación, colaboración y tiempo brindado para el desarrollo de este trabajo.

**Gustavo Castillo**

Por su apoyo brindado en el desarrollo de este trabajo de graduación.

**César Matías**

Por darme la oportunidad de desarrollarme como persona y profesional.

**Compañeros de trabajo**

Por la ayuda y motivación en los momentos difíciles tanto laborales como personales.



## ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES.....	VII
LISTA DE SÍMBOLOS .....	XI
GLOSARIO .....	XIII
RESUMEN.....	XIX
OBJETIVOS.....	XXI
INTRODUCCIÓN .....	XXIII
1. ANTECEDENTES GENERALES .....	1
1.1. Industria panificadora .....	1
1.1.1. Ubicación.....	1
1.1.2. Historia .....	2
1.1.3. Misión .....	5
1.1.4. Visión.....	6
1.1.5. Valores empresariales .....	6
1.1.6. Organización.....	7
1.2. Descripción del proceso .....	7
1.2.1. Proceso de elaboración del pan .....	8
1.2.2. Líneas de producción .....	12
1.2.3. Fuentes de captación de agua.....	14
1.3. Agua residual.....	20
1.3.1. Definición.....	20
1.3.2. Características.....	30
1.3.2.1. Físicas .....	31
1.3.2.1.1. Aspecto .....	31
1.3.2.1.2. Color.....	31

	1.3.2.1.3.	Turbiedad .....	31
	1.3.2.1.4.	Olor .....	32
	1.3.2.1.5.	Sólidos totales.....	32
	1.3.2.1.6.	Temperatura.....	35
1.3.2.2.	Químicas .....		35
	1.3.2.2.1.	Demanda bioquímica de oxígeno (DBO <sub>5</sub> ).....	35
	1.3.2.2.2.	Demanda química de oxígeno (DQO).....	36
	1.3.2.2.3.	Nitrógeno total y orgánico .....	37
	1.3.2.2.4.	PH (potencial de hidrógeno).....	37
	1.3.2.2.5.	Dureza total.....	39
	1.3.2.2.6.	Acidez .....	40
	1.3.2.2.7.	Grasas y aceites .....	40
	1.3.2.2.8.	Gases.....	41
	1.3.2.2.9.	Características biológicas .....	42
1.3.2.3.	Microbiológicas.....		47
	1.3.2.3.1.	Coliformes fecales.....	47
2.	DIAGNÓSTICO SITUACIONAL .....		49
2.1.	Sistemas de captación de agua .....		49
2.2.	Plano de tuberías .....		51
2.3.	Puntos de consumo de agua.....		52
	2.3.1.	Líneas de producción .....	52
	2.3.2.	Servicios y limpieza.....	53
2.4.	Pruebas de laboratorio .....		54

2.4.1.	Informe de análisis.....	54
2.4.2.	Monitoreo de pH, temperatura y caudal.....	56
2.5.	Procesos de tratamientos de aguas residuales .....	57
2.5.1.	Procesos físicos.....	57
2.5.2.	Procesos químicos .....	58
2.5.3.	Procesos biológicos.....	58
2.6.	Tipos de tratamientos de aguas residuales .....	59
2.6.1.	Tratamientos preliminares .....	60
2.6.2.	Tratamientos primarios .....	62
2.6.3.	Tratamientos secundarios .....	63
2.6.4.	Tratamientos terciarios y disposición de lodos .....	64
3.	PROPUESTA PARA IMPLEMENTAR EL SISTEMA DE TRATAMIENTOS DE AGUAS RESIDUALES .....	67
3.1.	Políticas de medio ambiente.....	67
3.2.	Desarrollo sostenible .....	69
3.3.	Reducción de consumo de agua .....	70
3.3.1.	Entrenamiento de operarios.....	71
3.3.2.	Prevención de pérdidas por arreglo de válvulas .....	71
3.3.3.	Prevención de pérdidas por otros accesorios.....	72
3.3.4.	Limpieza en seco de los equipos.....	74
3.3.5.	Limpieza en seco de los pisos .....	76
3.3.6.	Sistema de lavado de alta presión y poco volumen .....	76
3.4.	Reutilización del recurso agua.....	77
3.4.1.	Riego de jardines.....	77
3.4.2.	Control de polvo.....	77
3.4.3.	Limpieza de equipos.....	78
3.4.4.	Baños y accesorios.....	80

3.5.	Sistema de tratamiento de aguas residuales .....	82
3.5.1.	Parámetros para la descarga de aguas.....	82
3.5.2.	Diseño conceptual.....	83
3.5.3.	Tratamiento de lodos.....	85
3.5.4.	Dimensiones de equipos .....	85
3.5.5.	Especificaciones de equipos .....	87
3.5.6.	Capacidad física.....	91
3.6.	Análisis económico.....	91
3.6.1.	Análisis beneficio-costo .....	92
3.6.1.1.	Beneficios.....	92
3.6.1.2.	Costos .....	95
3.6.1.3.	Análisis de resultados .....	99
4.	IMPLEMENTACIÓN DE LA PROPUESTA .....	101
4.1.	Reducción de consumo de agua.....	101
4.1.1.	Cronograma de actividades.....	101
4.1.2.	Porcentajes de reducción de agua potable .....	102
4.1.3.	Análisis de resultados .....	102
4.2.	Tratamiento de aguas residuales .....	103
4.2.1.	Cronograma de instalación de la planta .....	103
4.2.2.	Dimensiones reales del equipo .....	104
4.2.3.	Análisis del efluente descargado al alcantarillado público.....	104
4.2.4.	Caudal generado (gal/min).....	105
4.3.	Reutilización del agua tratada .....	105
4.3.1.	Cronograma de actividades.....	105
4.3.2.	Planos de redistribución de alcantarillado interno .	106
4.3.3.	Análisis de reducción de costos .....	106

5.	ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL .....	107
5.1.	Bases legales para el manejo de residuos .....	107
5.1.1.	Decreto 68-86 Ley de Protección del Medio Ambiente.....	107
5.1.2.	Requisitos mínimos y límites máximos permisibles de contaminación para la descarga de aguas residuales.....	111
5.2.	Pruebas de laboratorio de la descarga de agua .....	112
5.3.	Análisis de resultados de laboratorio .....	113
5.4.	Beneficiarios .....	113
5.4.1.	Zonas de vida y clima de la población .....	113
5.4.1.1.	Suelos.....	114
5.4.2.	Tamaño de la población .....	115
5.4.3.	Tendencias de la tierra .....	115
6.	SEGUIMIENTO O MEJORA CONTINUA.....	1177
6.1.	Resultados.....	1177
6.2.	Beneficos.....	1177
6.3.	Indicadores .....	1188
6.3.1.	Parámetros de control del agua a reutilizar .....	1188
6.3.2.	Índices de reducción de agua en líneas .....	1199
6.3.3.	Descarga de agua .....	1199
6.4.	Acción preventiva .....	12020
6.5.	Seguimiento y medición a proceso y producto .....	1211
6.6.	Acción correctiva .....	1222
6.7.	Auditoria interna .....	1222
6.8.	Auditoria externa .....	1233
6.9.	Análisis de datos .....	1233
6.10.	Revisión de la dirección.....	1233

CONCLUSIONES..... 125  
RECOMENDACIONES ..... 127  
BIBLIOGRAFÍA..... 129  
ANEXOS..... 133

## ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

### FIGURAS

1.	Plano de localización y ubicación del ente generador de descarga de aguas residuales .....	2
2.	Organigrama de la planta panificadora .....	7
3.	Ciclo hidrológico .....	16
4.	Estructura en forma de caja .....	17
5.	Fases del ciclo hidrológico-agua subterránea y acuífero .....	19
6.	Agua estancada cerca del manto freático por encima de la capa impermeable .....	20
7.	Características cualitativas del agua residual .....	22
8.	Pozo de agua .....	50
9.	Depósito de agua .....	50
10.	Plano de localización del pozo y depósito de agua .....	51
11.	Diagrama de trayectoria de tubería de agua .....	52
12.	Servicios y limpieza .....	53
13.	Plano isométrico de trampa de grasas .....	58
14.	Estructura organizacional ambiental .....	68
15.	Sistema de gestión ambiental .....	70
16.	Regulador de flujo para llaves de nariz .....	72
17.	Lavamanos con sensor infrarrojo .....	73
18.	Partes de lavamanos con sensor infrarrojo .....	74
19.	Limpieza de charola .....	75
20.	Raspado de equipos .....	75
21.	Diagrama de flujo limpieza de equipos .....	79

22.	Inodoro de bajo consumo de agua .....	80
23.	Urinario sin consumo de agua .....	81
24.	Diagrama de operaciones de PTAR .....	84
25.	Dimensiones de PTAR .....	86
26.	Módulo soda cáustica .....	87
27.	Criba .....	88
28.	Floculante .....	89
29.	Coagulante .....	90
30.	GEM 20/75.....	91
31.	Cronograma de actividades de reducción de agua .....	101
32.	Cronograma PTAR .....	103
33.	Cronograma de reutilización del agua .....	106
34.	Registro resumen de hallazgos .....	117

### **TABLAS**

I.	Contaminantes en aguas residuales.....	24
II.	Tabla de consecuencias.....	26
III.	Organismos biológicos.....	42
IV.	Especificaciones de la bomba.....	49
V.	Datos de laboratorio agua residual.....	55
VI.	Datos de laboratorio trampa de grasas.....	56
VII.	Monitoreo de pH, temperatura y caudal.....	57
VIII.	Especificaciones técnicas hidrolavadora.....	76
IX.	Matriz de control de polvo.....	78
X.	Parámetros de descarga propuestos.....	83
XI.	Beneficios cuantificables por implementación.....	94
XII.	Costo del paquete básico de aguas residuales.....	96
XIII.	Costo del paquete metales pesados.....	96

XIV.	Costo total (paquete básico + metales pesados).....	97
XV.	Costo de pretratamiento y tratamiento GEM.....	97
XVI.	Costo implementos para ahorro de agua.....	98
XVII.	Costos totales de implementación.....	98
XVIII.	Costos mensuales de planta de tratamientos.....	99
XIX.	Flujo de efectivo.....	99
XX.	Valor actual neto y beneficio costo [Q.].....	100
XXI.	Reducción de agua.....	102
XXII.	Control mensual de agua residual tratada.....	104
XXIII.	Parámetro de calidad asociado de demanda bioquímica de oxígeno.....	111
XXIV.	Prueba de laboratorio.....	112
XXV.	Parámetros y límites máximos permisibles para reúso.....	119



## LISTA DE SÍMBOLOS

<b>Símbolo</b>	<b>Significado</b>
<b>As</b>	Arsénico
<b>Bar</b>	Bares
<b>bh-MB</b>	Bosque húmedo montano bajo
<b>HP</b>	Caballos de potencia
<b>Cd</b>	Cadmio
<b>CO</b>	Carbono
<b>C</b>	Celsius
<b>cm</b>	Centímetro
<b>Zn</b>	Circonio
<b>Cr</b>	Cromo
<b>Cu</b>	Cobre
<b>VOC</b>	Compuestos orgánicos volátiles
<b>AC</b>	Corriente alterna
<b>DC</b>	Corriente directa
<b>DBO<sub>5</sub></b>	Demanda bioquímica de oxígeno
<b>DQO</b>	Demanda química de oxígeno
<b>gpm</b>	Galones por minuto
<b>°C</b>	Grados Celsius
<b>Kg</b>	Kilogramo
<b>KwH</b>	Kilowatt hora
<b>PSI</b>	Libras sobre pulgada cuadrada
<b>L</b>	Litro
<b>lps</b>	Litros por segundo

<b>Hg</b>	Mercurio
<b>m</b>	Metro
<b>m<sup>2</sup></b>	Metro cuadrado
<b>m<sup>3</sup></b>	Metros cúbicos
<b>mg</b>	Miligramo
<b>mL</b>	Mililitro
<b>mm</b>	Milímetro
<b>min</b>	Minutos
<b>Ni</b>	Níquel
<b>NTK</b>	Nitrógeno total Kjeldahl
<b>CO<sup>2</sup></b>	Óxido de carbono
<b>ppm</b>	Partes por millón
<b>Pb</b>	Plomo
<b>ph</b>	Potencial de hidrógeno
<b>PR</b>	Programa
<b>Q</b>	Quetzales
<b>RPM</b>	Revoluciones por minuto
<b>v</b>	Voltios

## GLOSARIO

<b>Acuífero</b>	Estrato del suelo saturado con agua.
<b>Adsorción</b>	Incorporación de sustancias gaseosas, vapores o cuerpos disueltos en la superficie externa de un sólido o un líquido.
<b>Aerobio</b>	Microorganismos que necesitan de oxígeno para vivir.
<b>Aguas negras</b>	Combinación de líquidos o desechos creados por agua provenientes de zonas comerciales, industriales y residenciales.
<b>Aguas residuales</b>	Combinación de líquidos o desechos creados por agua provenientes de zonas comerciales, industriales y residenciales.
<b>Agua subterránea</b>	Agua que se ha infiltrado a través del suelo más allá de la zona radicular.
<b>Alcantarillado</b>	Red de tuberías que se utilizan para recolectar y transportar las aguas residuales hasta su punto de tratamiento y vertido.

<b>Anaerobio</b>	Microorganismos que no necesitan de oxígeno libre para vivir, tomándolo de la materia que lo rodea.
<b>ASTM</b>	Asociación Americana de Ensayos de Materiales.
<b>Bacteria</b>	Organismos unicelulares microscópicos. No necesita luz para su proceso de vida.
<b>Caudal</b>	Cantidad de agua que corre por una tubería en una unidad de tiempo.
<b>Comal</b>	Disco bajo y delgado de barro sin vidriar que se usa para cocinar.
<b>CONAMA</b>	Comisión Nacional del Medio Ambiente.
<b>Contaminación</b>	Efecto nocivo sobre el medio que afecta a todos los seres vivos.
<b>Cuerpo receptor</b>	Toda tubería, zona de recarga, río, laguna o canal donde se vierten las aguas residuales.
<b>CWT</b>	Clean Water Technology Inc.
<b>Descarga</b>	Vertido de las aguas provenientes del colector principal, crudas o tratadas en un cuerpo receptor.

<b>Efluente</b>	Líquido que fluye hacia fuera del espacio confinado que lo contiene. Se refiere al caudal que sale de la última unidad de tratamiento.
<b>Ente generador</b>	Persona física o jurídica, pública o privada, responsable del reúso de aguas residuales o de su vertido en un cuerpo receptor o alcantarillado público.
<b>Estanque</b>	Depósito construido para recoger agua para el riego, la cría de peces o como adorno.
<b>GCA</b>	Gestión de la calidad.
<b>GEM</b>	Gas Energy Mixing. Sistema de tratamiento primario utilizado para la eliminación de sólidos en suspensión, DQO/DBO, aceites y grasas.
<b>INE</b>	Instituto Nacional de Estadística.
<b>Jar-Test</b>	Ensayo que consiste en la adición de dosis crecientes de coagulante y floculante a una serie de porciones del agua a ensayar, determina las características del coágulo que permiten establecer la dosis óptima de coagulante y/o floculante que deben añadirse al agua para su tratamiento.
<b>Límite máximo permisible</b>	Valor asignado a un parámetro, el cual no debe ser excedido en las etapas correspondientes para aguas residuales y en aguas para reúso y lodos.

<b>Manto freático</b>	El estrato superior de saturación de agua en la tierra.
<b>MARN</b>	Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales.
<b>Muestra</b>	La parte representativa a analizar de las aguas residuales, aguas para reúso o lodos.
<b>Panquelería</b>	Elaboración de panqués o magdalenas (bollos de harina, leche, huevo, azúcar y aceite), su proceso en común es el calentamiento al horno mediante moldes.
<b>Parámetro</b>	Variable que identifica una característica de las aguas residuales, aguas para reúso o lodos, asignándole un valor numérico.
<b>PTAR</b>	Planta de Tratamiento de Aguas Residuales.
<b>Reservorio</b>	Término utilizado en Latinoamérica para nombrar un depósito de agua potable o a la reserva de agua que se crea a través de una represa.
<b>Reúso</b>	Aprovechamiento del efluente de agua residual ordinaria o especial para diversos fines.
<b>Sedimentación</b>	Formación de sedimentos que se van acumulando a través del tiempo.

<b>Tratamiento</b>	Remoción en las aguas negras por métodos físicos, químicos y biológicos de una materia en suspensión, coloidales o disueltos.
<b>UTM</b>	Universal Transverse Mercator (sistema de coordenadas de proyección cartográfica).
<b>Vertido</b>	Descarga final de un efluente a un cuerpo receptor o alcantarillado sanitario.
<b>Winny</b>	Empresa panificadora ubicada en el municipio de El Tejar, se dedicaba a la elaboración de pastelitos.



## **RESUMEN**

En Guatemala, el tema de implementación de mejoras en el medio ambiente y su cuidado ha ido creciendo y cada vez las empresas son conscientes de los daños causados por la explotación de los recursos naturales; de aquí nace el Acuerdo Gubernativo 236-2006: Reglamento de las descargas y reúso de aguas residuales y de disposición de lodos, el cual entra en vigencia desde el 2006. A partir de este año, Bimbo de Centroamérica desarrolla un estudio técnico de descargas de aguas residuales y proyecta mejoras en su proceso de tratamiento de aguas residuales para el cumplimiento de este Acuerdo.

El trabajo de graduación que se presenta, está basado en la implementación de un sistema de tratamiento de aguas residuales tipo físico-químico, que parte de un estudio técnico inicial realizado en el 2006, que dio como fruto un tratamiento de lodos, pero que no cumplía con los parámetros establecidos. Para cumplir con los parámetros de descarga de aguas residuales establecidos en el Acuerdo Gubernativo 236-2006 se implementó un sistema de tratamiento primario GEM en forma automática para las aguas residuales, el cual se contempla en esta investigación.

Tomando en cuenta el compromiso de la empresa con el medio ambiente, este estudio contempla mejoras en las instalaciones tanto de proceso como de servicios para minimizar el consumo de agua potable, logrando disminuir la explotación del recurso hídrico.



## **OBJETIVOS**

### **General**

Implementar un sistema de tratamiento de aguas residuales en forma automática, para minimizar el consumo de agua potable en la planta de producción Bimbo de Centroamérica S. A.

### **Específicos**

1. Mejorar el proceso actual del tratamiento de aguas residuales.
2. Reutilizar el agua residual previamente tratada.
3. Reducir costos en el manejo de agua potable.
4. Reducir los niveles de demanda bioquímica de oxígeno (DBO).
5. Controlar el consumo de agua utilizada en cada uno de los procesos de producción y servicios de la planta.
6. Minimizar los índices de elementos químicos contaminantes de las aguas salientes de la planta
7. Reducir el consumo de agua potable dentro de la planta.



## INTRODUCCIÓN

El uso adecuado del agua es un hecho reconocido como un gran desafío para el siglo XXI, por lo tanto, la disponibilidad de agua dulce está disminuyendo rápidamente. Las principales causas de esta reducción son: masiva captación de agua y contaminación; el cambio climático y los patrones de consumo del ser humano, agravan el problema y la escasez de agua es cada vez más reconocida como un riesgo para las empresas, especialmente para aquellas que utilizan este recurso como materia prima o como insumo principal en sus procesos productivos, como el caso de la planta industrial del grupo Bimbo ubicada en El Tejar, Chimaltenango.

La Producción más Limpia es una metodología efectiva que la empresa Bimbo de Centroamérica S. A. ha incorporado a sus procesos productivos, ya que una Producción más Limpia se centra en el uso eficiente de las materias primas e insumos, con el objetivo primordial de promover mejoras que permitan reducir o eliminar los residuos antes que se generen, por lo tanto, implementar el sistema de una Producción más Limpia aumentará en gran manera la optimización del recurso agua dentro y fuera del proceso productivo.

Por lo tanto se busca desarrollar alternativas para disminuir el consumo de agua lo más posible, sin alterar la cantidad de productos producidos actualmente en la planta panificadora.



# **1. ANTECEDENTES GENERALES**

## **1.1. Industria panificadora**

Es importante partir del conocimiento general sobre la planta panificadora Bimbo de Centroamérica S. A., esto con el fin de ampliar el panorama del campo, donde se pretende conseguir mejoras y avances en la producción, así como de los principios en los que la empresa se basa para ser competitiva, eficiente y eficaz.

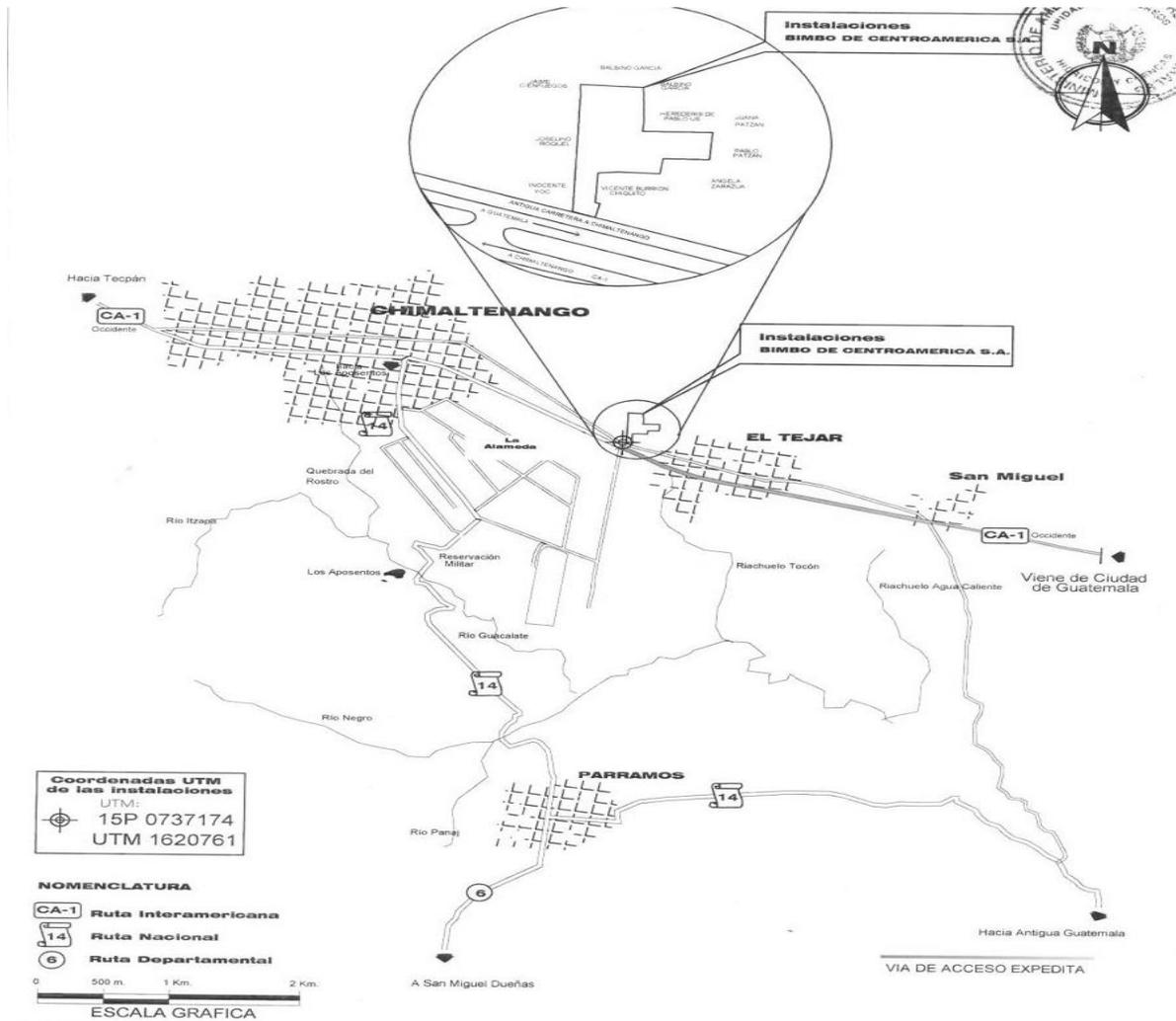
La planta panificadora está construida a base de muros de tabique y lámina acanalada, en zonas de oficina con loza de concreto y algunas aplicaciones de estructura metálica prefabricada.

### **1.1.1. Ubicación**

La planta panificadora está ubicada en la carretera Interamericana en el kilómetro 52,5 de El Tejar, Chimaltenango, Guatemala. C. A.

Las coordenadas geográficas Datum WGS84 de la planta panificadora son: longitud 90° 47' 52,5" y latitud 14° 38' 59,8" y las coordenadas UTM (Universal Transverse of Mercator Datum) zona 15, este 0737174 y norte 1620761.

Figura 1. **Plano de localización y ubicación del ente generador de descarga de aguas residuales**



Fuente: Bimbo de Centroamérica, S. A.

### 1.1.2. Historia

Grupo Bimbo fue fundado en la ciudad de México en 1945, actualmente se encuentra entre las empresas de panificación más importantes del mundo, por su volumen de producción, ventas y posicionamiento de marca.

En México es la compañía más grande de alimentos, y líder indiscutible en la panificación nacional, así como en la de varios países de Latinoamérica.

Su compromiso es ser una compañía altamente productiva y plenamente humana, así como innovadora, competitiva y orientada a la satisfacción total de sus clientes y consumidores; está presente en México, Estados Unidos de América, Argentina, Brasil, Colombia, Costa Rica, Panamá, Chile, El Salvador, Guatemala, Honduras, Nicaragua, Perú, Venezuela, Uruguay, Paraguay, República Checa y China. El Grupo Bimbo está configurado por 83 plantas, 5 asociadas y 3 empresas comercializadoras.

El Grupo Bimbo cuenta con la red de distribución más extensa del país y una de las más grandes del continente americano. Con 36 000 rutas garantiza que sus productos lleguen frescos y todo el tiempo a los más de 1 000 000 puntos de venta localizados en 18 países del mundo.

Desde sus inicios, en 1990, Bimbo de Centro América, S. A., ha venido desarrollándose y creciendo en el mercado internacional y nacional. La planta de producción que inicialmente pertenecía a Winny, fue comprada por Bimbo de México, para crear lo que actualmente se conoce como Bimbo de Centro América, S. A.

En 1988, Bimbo de México se asocia a Winny de Guatemala, comprando cierta parte de las acciones de Winny. En 1999, Bimbo de México compra totalmente esta empresa y comienza a realizar una inversión para remodelar la planta de producción que tenía Winny. Las remodelaciones más importantes que se realizaron fueron:

- Sacar de la planta de producción los servicios generales como: duchas, baños, vestidores, comedor y algunas oficinas, construyéndolas alrededor de la planta de producción.
- Construir un área adecuada para materia prima, debido a que esta se colocaba dentro de la planta de producción rodeada únicamente de malla metálica.
- Construir una bodega de producto terminado, así como el área de despacho eficiente.
- Construir accesos peatonales y vehiculares a la planta de producción.
- Extender las instalaciones a un costado de la planta de producción, para colocar una nueva línea de producción.
- Construir las oficinas administrativas a un costado de la planta de producción

Es importante mencionar, que cuando Bimbo de Centro América, S. A. inició la producción, no se laboraba las 24 horas como se realiza a la fecha. La producción se desarrollaba de día y se trabajan horas extras, únicamente cuando existían pedidos especiales o extras.

Cuando se realizaron estas modificaciones, la planta de producción no contaba con un sistema de ventilación, ya que la inversión se centraba al rediseño completo de la planta de producción. Posteriormente con los análisis de ventilación industrial, se diseñó un sistema para otra distribución de maquinaria y una planta con características muy distintas a la que actualmente se tienen. Es por ello la importancia de optimizar el sistema de ventilación industrial actual.

La planta de producción de aquel entonces contaba únicamente con dos líneas de producción, las cuales eran:

- De pastelería
- De panquelería

Estas dos líneas fueron dejadas por Winny, pero después se modificaron los requerimientos que Bimbo tendría más adelante. Además, con el desarrollo tecnológico de la producción en masa se mejoraron estas líneas de producción con nuevos y mejores equipos, para tener la respuesta de producción que se necesitaba. Con ello, también diversificar la producción, ya que en la línea de panquelería se producen productos que Winny no producía y lo mismo sucedió con la línea de pastelería, en la cual se producen nuevos y diversos productos.

Desde entonces, Bimbo de Centro América, S. A., ha sido líder en el mercado nacional con productos de primera calidad, innovador y competitivo en la producción de pan y una serie de diversos productos que, por su marca y calidad, se han mantenido en un mercado altamente competente y muy cambiante.

### **1.1.3. Misión**

“Elaborar y comercializar productos alimenticios, desarrollando el valor de nuestras marcas. Comprometidos a ser una empresa altamente productiva y plenamente humana, innovadora, competitiva y fuertemente orientada a la satisfacción de nuestros clientes y consumidores.”

#### **1.1.4. Visión**

“Ser una empresa líder en panificación a nivel mundial, altamente productiva y plenamente humana, comprometido a satisfacer las expectativas de los clientes y consumidores con productos y servicios de calidad.”

#### **1.1.5. Valores empresariales**

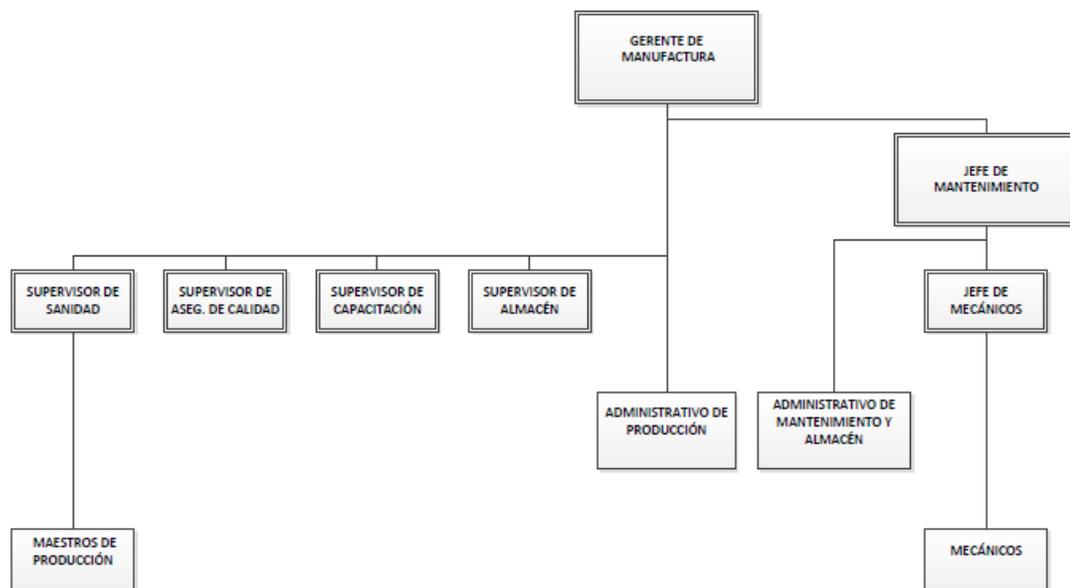
Los valores de la planta panificadora se presentan a continuación.

- “Pasión: valor basado en la entrega al trabajo.
- Equipo: valor basado en la colaboración y esfuerzo de todos los colaboradores para alcanzar los logros planteados.
- Confianza: valor fomentado en crear relaciones con integridad.
- Calidad: basada en la satisfacción del cliente al entregar productos y servicios que cumplan las expectativas acordadas.
- Efectividad: ejecutar con precisión y excelencia.
- Rentabilidad: obtener resultados para seguir creciendo y emprendiendo.
- Persona: ver al otro como persona, nunca como un instrumento.”

### 1.1.6. Organización

En la figura 2 se presenta el organigrama actual de la administración de la planta panificadora.

Figura 2. Organigrama de la planta panificadora



Fuente: Bimbo de Centroamérica, S. A.

### 1.2. Descripción del proceso

El proceso general de producción de pan está basado con el ingreso de la materia prima (leche, harina, manteca, azúcar, huevos y levadura), esta pasa por un análisis de calidad, para asegurar que cumplan con las especificaciones acordadas para un producto terminado acorde a lo esperado por el cliente; al tener materia prima de calidad ingresa a la mezcladora para la elaboración de la masa, posteriormente pasa a ser dividida en barras para realizar el moldeado

del pan. Luego se deposita en moldes para hornearlo, se enfría y se decora. Una vez obtenido el producto real, se traslada para una revisión y asegurarse de su calidad, posteriormente será empacado.

### **1.2.1. Proceso de elaboración del pan**

- Línea de tortillas tostadas

Esta línea de producción cuenta con un sistema de transportación, en el cual se agrega la masa de harina con todos sus compuestos y es trasladado a un troquel y con la ayuda de otro cilindro se forman las tostadas. Después pasa por medio de una banda transportadora a un comal para su cocimiento; seguidamente se traslada a un secador, posteriormente al freidor, todo esto se logra con bandas transportadoras. Luego por un detector de metales para evitar que el producto contenga residuos de metal, ya que las líneas de producción tienen bastantes componentes de metal y acero inoxidable. Finalmente son seleccionadas y ordenadas para su empaque final y llevados a la bodega de producto terminado.

- Línea de donas

Esta línea de producción cuenta con un sistema de mezclado, en el cual se agregan todos los compuestos de la fórmula, después de tener los compuestos mezclados se transportan por medio de un polipasto a una máquina inyectora; esta inyecta la mezcla para formar las donas, después se pasan a un freidor para su cocimiento; seguidamente son transportadas a un harinador para agregarles harina o azúcar glass. Luego, por medio de una banda transportadora, se trasladan, seleccionan y ordenan para su empaque final y llevarlos a la bodega de producto terminado.

- Línea de galletas Sponch

Esta línea de producción cuenta con un sistema de mezclado por medio de un tanque de ingredientes, en el cual se agregan todos los compuestos de la fórmula; después se tiene la galleta base ordenada en una Oven Pacer, de aquí pasan por una mesa transportadora en la cual se le inyecta el malvavisco y mermelada. Luego se le transporta para aplicarles el coco por medio de un aplicador de rallado industrial. Después se llevan a una banda de enfriamiento y finalmente a una transportadora para ser seleccionadas y ordenadas para su empaque final y llevarlos a la bodega de producto terminado.

- Línea de tortillas de harina

Esta línea de producción cuenta con un sistema de mezclado a través de una tolva con sistema neumático, en el cual se agregan todos los compuestos de la fórmula; después se coloca la masa a un cabezal divisor para sacar las bolitas y trasladarlas a una máquina boleadora y dejarla más uniforme; luego llegan a un fermentador; después, por medio de unas canastitas transportadoras se introducen al preplanchado para luego realizar el mismo y formar la tortilla. Ingresan al comal para su cocimiento, después se pasan a un enfriador para terminar su camino en una mesa giratoria para ser seleccionadas y ordenadas para su empaque final y llevarlos a la bodega de producto terminado.

- Línea de pastelería

Esta línea de producción cuenta con un sistema de mezclado a través de una tolva con sistema neumático, en el cual se agregan todos los compuestos de la fórmula, después pasan todos los moldes sobre las bandas

transportadoras, dependiendo del tipo de pastelito a realizar; se les inyecta la masa y luego son transportados a un horno para su cocimiento. Luego se lleva a la inyectora de crema para ser llenados de crema o chocolate, dependiendo del tipo de pastel; después, por medio de una banda transportadora son pasados a un detector de metales, para finalmente ser seleccionadas y ordenadas para su empaque final y llevarlos a la bodega de producto terminado.

- Línea de pan

Esta línea de producción cuenta con un sistema de mezclado a través de una tolva con sistema neumático, en el cual se agregan todos los compuestos de la fórmula, luego se forman las esponjas para después pasarlas a un equipo divisor; en este se determina la cantidad de masa; la cual es puesta en un molde, luego se transporta a un extractor de humedad para quitar el exceso de humedad a las esponjas y después son transportadas al horno para su cocimiento; una vez cocida, es tomada su temperatura y humedad. Finalmente son seleccionadas y ordenadas para su empaque final y llevarlos a la bodega de producto terminado.

- Línea de galletería

Esta línea de producción cuenta con un sistema de mezclado a través de una tolva con sistema neumático, en el cual se agregan todos los compuestos de la fórmula. Luego, por medio de una banda transportadora pasa por un detector de metales al inicio del proceso, posteriormente a un equipo troquelador para darle forma a la galleta que se desea hacer; después, por medio de una banda transportadora, llega al horno para su cocimiento, seguidamente, a los magazines en donde se ordenan. Finalmente son

transportadas para ser seleccionadas y ordenadas para su empaque final, llevarlos a la bodega de producto terminado. Esta línea carece de detector de metales en el área de empaque final, por lo cual se recomienda su instalación al más corto plazo posible.

- Línea de panquelería

Esta línea de producción cuenta con un sistema de mezclado a través de una tolva con sistema neumático, en el cual se agregan todos los compuestos de la fórmula. Luego, por medio de una inyectora se llenan los diferentes moldes dependiendo del tipo y tamaño de panqué que se desea hacer; se transporta por medio de jaulas a un horno de carretes para su cocimiento; después de esto, por medio de jaulas llegan a una banda transportadora para ser enfriados por ventiladores. Finalmente son seleccionados y ordenados para su empaque final y llevarlos a la bodega de producto terminado. Esta línea carece de detector de metales, por lo cual se recomienda su instalación al más corto plazo posible

- Línea de pan tostado

Esta línea de producción cuenta con un sistema de mezclado a través de una tolva con sistema neumático, en el cual se agregan todos los compuestos de la fórmula, luego se forman las esponjas, pasan a un equipo divisor; aquí se determina la cantidad de masa; después cada masa es puesta en un molde, se transporta a un extractor de humedad, se quitar el exceso de humedad a las esponjas y se transportan al horno para su cocimiento, luego es tomada su temperatura y humedad. Se traslada a un equipo llamado Tweddy para extraerle todos los componentes finales de humedad y darle consistencia al pan. Son trasladados a una cortadora para realizar las rodajas, se transportan a

un horno para su cocimiento final, son seleccionadas y ordenadas para su empaque final y llevarlos a la bodega de producto terminado.

- Línea de pan molido

En esta línea se aprovecha la producción de pan y pan tostado, ya que estos si tienen algún defecto se llevan a un molino y formar el pan molido. Luego es transportado y pesado para su empaque final y llevado a la bodega de producto terminado. Con ello se aprovechan todos los recursos de otras líneas de producción.

### **1.2.2. Líneas de producción**

- Línea de tortillas tostadas

En el 2004 se inicia con la instalación de esta línea. En noviembre del mismo año se realizaron las pruebas, para empezar oficialmente la producción en enero del 2005. En esta se producen tostadas, bajo la marca Milpa Real.

- Línea de donas

En 1999 se inicia con la instalación de esta línea. Posteriormente realizan las pruebas y comienza la producción. En esta se elaboran donas.

- Línea de galletas Sponch

En el 2001 se inicia con la instalación de esta línea. Posteriormente realizan las pruebas y comienza la producción. En esta se producen galletas

sponch de naranja, uva, fresa, entre otras, y en época navideña se produce la navideña.

- Línea de tortillas de harina

En 1990, aproximadamente con el comienzo de la nueva planta de producción, se inicia la instalación de esta línea. Se realizan las pruebas y comienza la producción. En esta se producen tortillas de harina de diferente diámetro.

- Línea de pastelería

La línea de pastelería fue una de las que le compraron a la empresa Winny en 1990, pero, posteriormente se renovó completamente la línea para iniciar con la producción. En esta se producen todo tipo de pasteles entre ellos: los Chocodrilos, los Gansitos, los Dálmatas, entre otros.

- Línea de pan

En 1999 se inicia la instalación de esta línea, con la producción de panes, entre los cuales se tiene: pan blanco, pan integral, la base del pan tostado, entre otros.

- Línea de galletería

En el 2000 se inicia con la instalación de esta línea. Posteriormente se realizan las pruebas y comienza la producción. En esta se producen galletas de diferentes tipos.

- Línea de panquelería

La línea de panquelería fue otra de las que se compraron a la empresa Winny en 1990, pero se fue renovando según las necesidades de producción. En esta se producen todo tipo de panquelería, entre ellos: los panqués, las magdalenas, los rollos de canela, entre otros.

- Línea de pan tostado

En el 2001 se inicia con la instalación de esta línea. Una vez realizada las pruebas, comienza la producción. En esta se elabora pan tostado.

- Línea de pan molido

En el 2002 se inicia con la instalación de esta línea. Posteriormente se realizan las pruebas y da inicio la producción. Aquí se produce pan molido, que se utiliza para sazonar diferentes comidas.

### **1.2.3. Fuentes de captación de agua**

La captación consiste en recolectar y almacenar agua proveniente de diversas fuentes para su uso benéfico. El agua captada de una cuenca y conducida a estanques y reservorios puede aumentar significativamente el suministro de esta para el riego de huertos, bebederos de animales, acuicultura y usos domésticos.

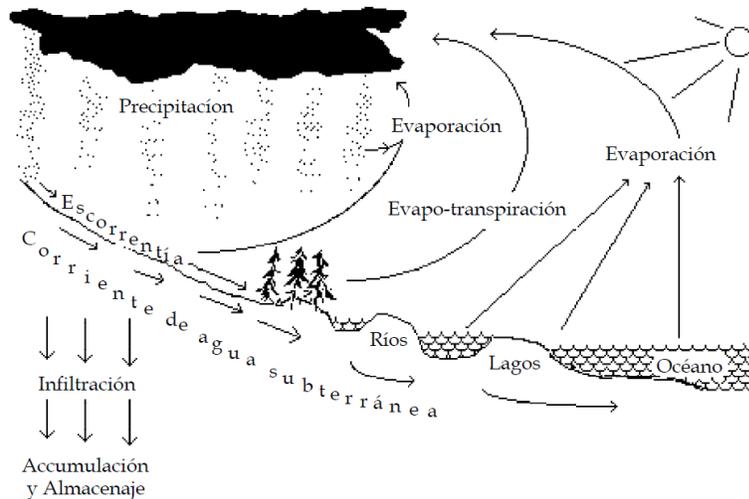
- Ciclo hidrológico

La circulación del agua en sus diferentes formas alrededor del mundo se conoce como el ciclo hidrológico (figura 3). El hombre puede captar el agua eficientemente en ciertos puntos de este ciclo. El comprender cómo el agua circula alrededor de la tierra ayuda en la selección de la tecnología más apropiada para su almacenamiento.

En el ciclo hidrológico, el agua se evapora de la superficie terrestre al ser calentada por el sol. Esta regresa a la tierra en forma de lluvia, nieve, granizo, o neblina. Entre más alta sea la temperatura de la masa de aire, mayor será la cantidad de vapor que esta puede acarrear. En la medida en que la masa de aire se enfría, el vapor cambia a estado líquido y forma gotas que caen por su propio peso. Mientras el aire es elevado sobre las montañas, este se enfría por expansión al chocar con masas de aire caliente y por el calor del aire húmedo cercano a la superficie de la tierra (enfriamiento por convección).

El agua que se evapora de los océanos es la fuente más importante de humedad atmosférica. Sin embargo, esta también se puede evaporar de otros cuerpos de agua y de la superficie de la tierra. La transpiración de las plantas (evapotranspiración) es otra fuente de humedad atmosférica. En las plantas, el agua es absorbida por las raíces, pasa a los tallos, atraviesa las hojas, y finalmente se evaporan en la atmósfera. Por ejemplo: una hectárea de maíz puede transpirar diariamente a la atmósfera de 7 000 a 10 000 galones de agua.

Figura 3. **Ciclo hidrológico**



Fuente: Introducción a la captación de agua.ag.arizona.edu. Consulta: 30 de diciembre de 2012.

- **Agua superficial**

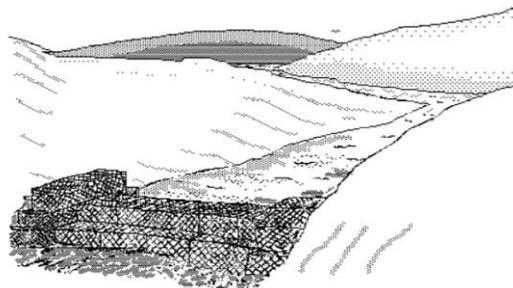
Al caer parte de la lluvia, fluye superficialmente por canales naturales de drenaje. Esta agua de escorrentía, eventualmente llega a ríos, lagos y océanos. Sin embargo, la mayor parte de esta precipitación se infiltra en el suelo y forma parte del agua subterránea. Antes de su evaporación, el agua puede ser represada sobre la superficie de la tierra para su uso posterior.

La escasez de agua en varias regiones del mundo puede aliviarse captando el agua de escorrentía. Los criterios para determinar cuál es el mejor método para represar el agua son los siguientes:

- El objetivo por el cual esta se recolecta
- La pendiente del terreno
- Las características del suelo
- Los costos de construcción
- La cantidad, intensidad y distribución estacional de las lluvias

- Factores sociales tales como: la tenencia de la tierra y las prácticas tradicionales del uso del agua. Las figuras 3 y 4 ilustran métodos y sistemas utilizados para captar el agua.

Figura 4. **Estructura en forma de caja**



Fuente: Introducción a la captación de agua.ag.arizona.edu. Consulta: 30 de diciembre de 2012.

- **Agua subterránea**

Una parte del agua de lluvia se infiltra en el suelo donde las raíces de las plantas la absorben. El agua que se infiltra a través de las capas más profundas del suelo y que no es accesible a las raíces de plantas, se conoce como agua subterránea. Los embalses y estanques al captar la lluvia aumentan la cantidad de agua subterránea. El agua subterránea puede estar dispersada entre las partículas del suelo sin poderse aprovechar. La cantidad y velocidad de infiltración depende del tipo de suelo y de su contenido de humedad. La infiltración puede variar entre menos de un centímetro hasta varios centímetros por hora. Finalmente, el agua puede alcanzar capas porosas saturadas con agua conocidas como acuíferos.

El agua puede extraerse de los acuíferos perforando pozos y subiéndola manualmente o con bomba. La capa superior de saturación se conoce como manto freático. Los pozos deben excavarse hasta esta capa para poder extraer el agua del acuífero.

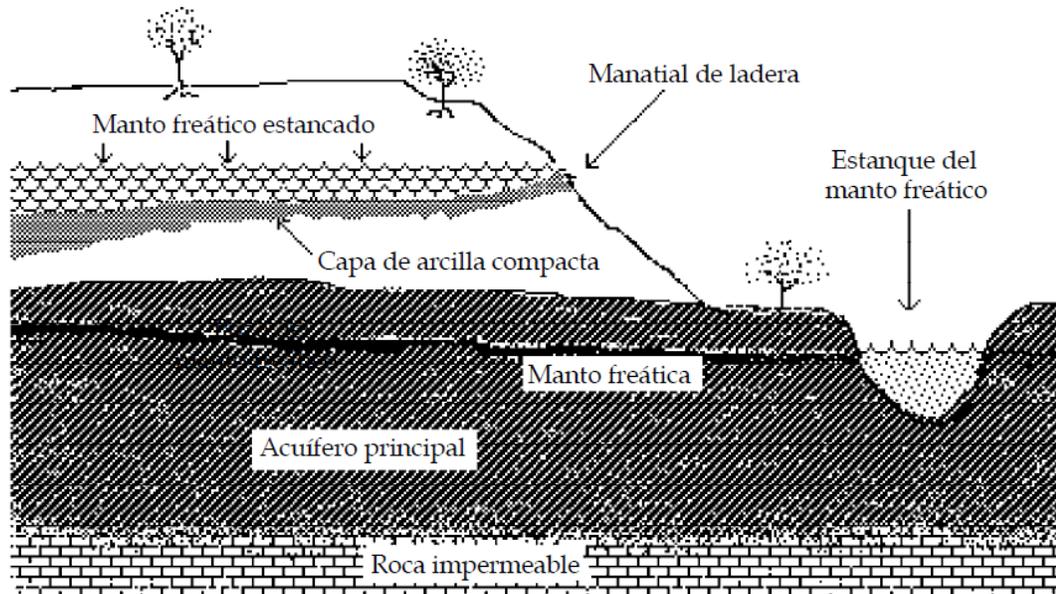
El acuífero artesiano o pozo artesiano se encuentra sometido a una presión natural por capas impermeables superiores e inferiores del suelo. Al perforar con un barreno la capa superior del acuífero, cerca de la más baja elevación del terreno, la presión empuja el agua hacia arriba. El agua del ducto del pozo puede subir, considerablemente, por encima del nivel del manto freático y fluir libremente del pozo debido a la presión creada por las capas que confinan el acuífero. Las figuras 5 y 6 ilustran la forma cómo los acuíferos están colocados en relación con las capas del suelo.

Si la tasa de infiltración es menor que la de extracción del agua, el acuífero puede agotarse y secarse. Cuando esto sucede, y como remedio temporal, se puede excavar más profundo. Sin embargo, si los acuíferos no son recargados de nuevo con agua, la profundización puede causar mayor daño.

Los acuíferos se recargan cuando el agua de lluvia se infiltra al manto freático y la infiltración se favorece cuando la velocidad del agua de escorrentía es lenta. En lugares deforestados, la velocidad de escorrentía es rápida y la infiltración es muy baja. Muchos métodos de recolección del agua tienden a retardar la escorrentía del agua y facilitan su infiltración al suelo. Por ejemplo, un pozo localizado cerca de un estanque será llenado con agua proveniente de la infiltración del fondo del estanque y probablemente nunca se secará.

Por lo general, el agua que escurre de los manantiales es de buena calidad para beber y puede ser fácilmente represada. Los manantiales, usualmente se encuentran en áreas con superficies rocosas o con capas de arcilla en las laderas de los cerros (figura 6). El agua estancada sobre esta capa impermeable puede fluir de la ladera como un manantial.

Figura 5. **Fases del ciclo hidrológico-agua subterránea y acuífero**

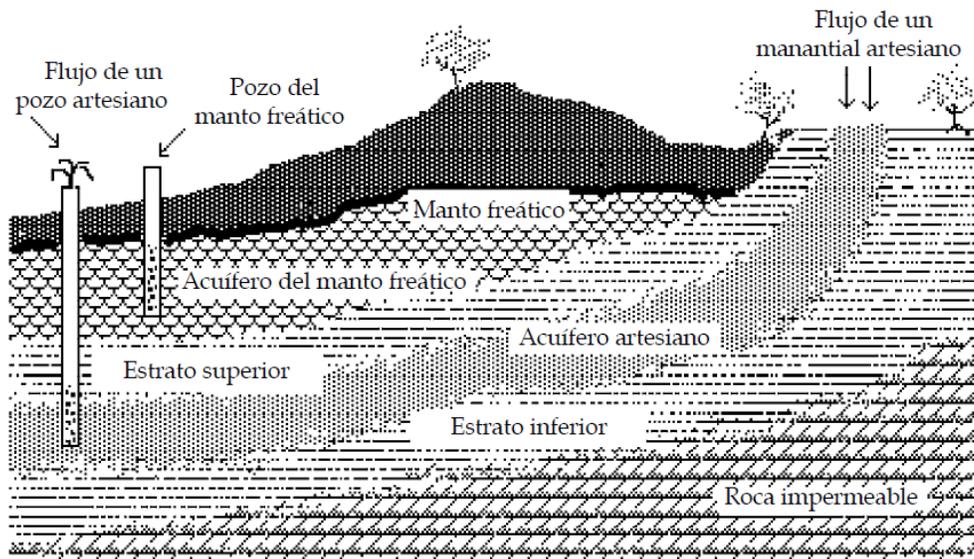


Fuente: Introducción a la captación de agua.ag.arizona.edu. Consulta: 30 de diciembre de 2012.

Los manantiales pueden secarse si se remueve la vegetación cercana a la cuenca. Para prevenir que estos se sequen, se puede colocar estructuras que represen el agua de la cuenca y que recolecten la escorrentía, aumentando el grado de infiltración. Estas medidas de conservación del agua ayudan a las familias y comunidades rurales a mantener una disponibilidad adecuada.

Para aprovechar el agua acumulada en el manto freático se diseñan pozos para su extracción, estos pueden tener profundidades pequeñas o grandes dependiendo de las capas terrestres y la recuperación de la zona para abastecer el pozo, posteriormente a estos análisis es colocada una bomba de impulsor cerrado para poder proteger el equipo, estas transformarán la energía mecánica en energía cinética, generando presión y velocidad al fluido.

Figura 6. **Agua estancada cerca del manto freático por encima de la capa impermeable**



Fuente: Introducción a la captación de agua.ag.arizona.edu. Consulta: 30 de diciembre de 2012.

### 1.3. Agua residual

Se les puede llamar también aguas cloacales, la importancia del tratamiento de estas es importante para la salud pública y debe de tratarse cuidadosamente.

#### 1.3.1. Definición

Pueden definirse como las aguas que provienen del sistema de abastecimiento de agua de una población, después de haber sido modificadas por diversos usos en actividades domésticas, industriales y comunitarias.

Según su origen, las aguas residuales resultan de la combinación de líquidos y residuos sólidos transportados por el agua que proviene de

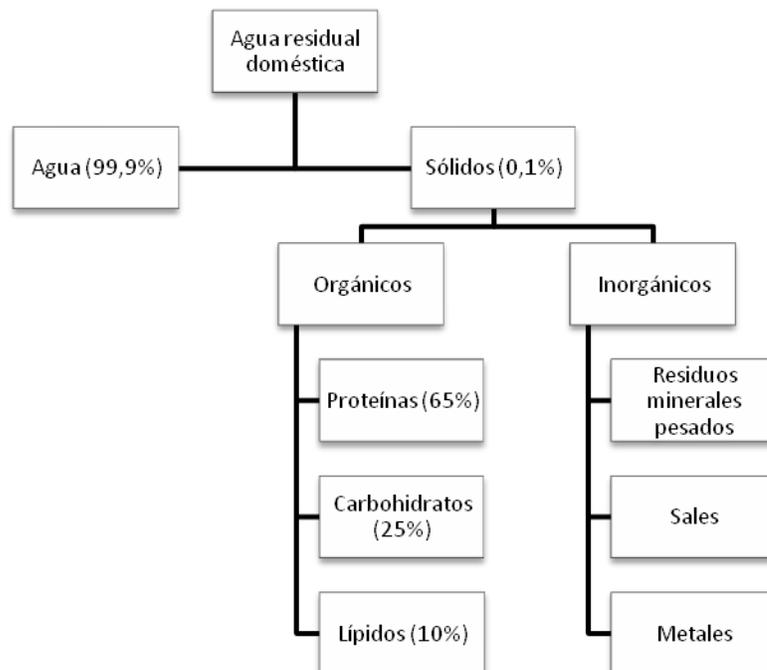
residencias, oficinas, edificios comerciales e instituciones, junto con los residuos de las industrias y de actividades agrícolas, así como de las subterráneas, superficiales o de precipitación que, también pueden agregarse eventualmente al agua residual.

De acuerdo con su origen, las aguas residuales pueden ser clasificadas como:

- Domésticas: las utilizadas con fines higiénicos (baños, cocinas, lavanderías, etc.). Consisten básicamente en residuos humanos que llegan a las redes de alcantarillado por medio de descargas de instalaciones hidráulicas de la edificación, también en residuos originados en establecimientos comerciales, públicos y similares.
- Industriales: son líquidos generados en los procesos industriales. Poseen características específicas, dependiendo del tipo de industria.
- Infiltración y caudal adicionales: las aguas de infiltración penetran en el sistema de alcantarillado a través de los empalmes de las tuberías, paredes de las tuberías defectuosas, tuberías de inspección y limpieza, etc. Hay también aguas pluviales, que son descargadas por medio de varias fuentes como: canales, drenajes y colectores de aguas de lluvias.
- Pluviales: agua de lluvia, que descargan grandes cantidades de agua sobre el suelo. Parte de esta es drenada y otra escurre por la superficie, arrastrando arena, tierra, hojas y otros residuos que pueden estar sobre el suelo.

Cada persona genera 1,8 litros de material fecal diariamente, correspondiendo a 113,5 gramos de sólidos secos, incluidos 90 gramos de materia orgánica, 20 gramos de nitrógeno, más otros nutrientes, principalmente: fósforo y potasio.

Figura 7. **Características cualitativas del agua residual**



Fuente: Tratamiento de efluentes. [www.frbb.utn.edu.ar](http://www.frbb.utn.edu.ar). Consulta: 29 de diciembre de 2012.

Las aguas residuales domésticas están compuestas por un elevado porcentaje (en peso) de agua, cerca de 99,9 por ciento y apenas 0,1 por ciento de sólidos suspendidos, coloidales y disueltos. Esta pequeña fracción de sólidos es la que presenta los mayores problemas en el tratamiento y su disposición. El agua es, en parte, el medio de transporte de los sólidos.

El agua residual está compuesta de componentes físicos, químicos y biológicos, esta es una mezcla de materiales orgánicos e inorgánicos, suspendidos o disueltos en el agua.

La mayor parte de la materia orgánica consiste en residuos alimenticios, heces, material vegetal, sales minerales, materiales orgánicos y materiales diversos, como jabones y detergentes sintéticos. Las proteínas son el principal componente del organismo animal, también están presentes en los vegetales. El gas sulfuro de hidrógeno presente en las aguas residuales proviene del azufre de las proteínas.

Los carbohidratos son las primeras sustancias degradadas por las bacterias, con producción de ácidos orgánicos (por esta razón, las aguas residuales estancadas presentan una mayor acidez). Entre los principales ejemplos se pueden citar: azúcares, almidón, celulosa y la lignina (madera).

Los lípidos (aceites y grasas) incluyen gran número de sustancias que tienen, generalmente, como principal característica común, la insolubilidad en agua, pero son solubles en ciertos solventes como cloroformo, alcoholes y benceno. Presentes en las aguas residuales domésticas, debido al uso de manteca, grasas y aceites vegetales en la cocina. También, bajo la forma de aceites minerales derivados de petróleo, debido a contribuciones no permitidas (de estaciones de servicio, por ejemplo), y son altamente indeseables porque se adhieren a las tuberías, provocando su obstrucción.

Las grasas no son deseables, ya que provocan mal olor, forman espuma, inhiben la vida de los microorganismos, provocan problemas de mantenimiento, etc.

La materia inorgánica presente en las aguas residuales está formada, principalmente de arena y sustancias minerales disueltas. El agua residual contiene pequeñas concentraciones de gases disueltos. Entre ellos, el más

importante es el oxígeno proveniente del aire que, eventualmente entra en contacto con las superficies del agua residual en movimiento. Además del oxígeno, el agua residual puede contener otros gases, como dióxido de carbono, resultante de la descomposición de la materia orgánica, nitrógeno disuelto de la atmósfera, sulfuro de hidrógeno formado por la descomposición de compuestos orgánicos, gas amoníaco y ciertas formas inorgánicas del azufre. Estos gases, aunque en pequeñas cantidades, se relacionan con la descomposición y el tratamiento de los componentes del agua residual.

Los contaminantes importantes de interés en el tratamiento de las aguas residuales se presentan en la tabla I.

Tabla I. **Contaminantes en aguas residuales**

<b>Contaminantes</b>	<b>Motivo de su importancia</b>
Sólidos suspendidos	Los sólidos suspendidos pueden llevar al desarrollo de depósitos de barro y condiciones anaerobias, cuando los residuos no tratados son volcados en el ambiente acuático
Materia orgánica biodegradable	Compuesta, principalmente de proteínas, carbohidratos y grasas, por lo general, se mide en términos de DBO y DQO. Si es descargada sin tratamiento al medio ambiente, su estabilización biológica puede llevar al consumo del oxígeno natural y al desarrollo de condiciones sépticas
Microorganismos patógenos	Los organismos patógenos existentes en las aguas residuales pueden transmitir enfermedades.

Continuación de la tabla I.

Nutrientes	Tanto el nitrógeno como el fósforo, junto con el carbono, son nutrientes esenciales para el crecimiento. Cuando son lanzados en el ambiente acuático, pueden llevar al crecimiento de la vida acuática indeseable. Cuando son lanzados en cantidades excesiva en el suelo, pueden contaminar también, el agua subterránea.
Contaminantes importantes	Compuestos orgánicos en inorgánicos seleccionados en función de su conocimiento o sospecha de carcinogenicidad, mutanogenicidad, teratogenicidad o elevada toxicidad. Muchos de estos compuestos se encuentran en las aguas residuales.
Materia orgánica refractaria	Esta materia orgánica tiende a resistir los métodos convencionales de tratamiento de aguas residuales. Ejemplos típicos incluyen: detergentes, pesticidas agrícolas, etc.
Metales pesados	Los metales pesados son normalmente adicionados a los residuos de actividades comerciales e industriales, debiendo ser removidos si se va a usar nuevamente el agua residual.
Sólidos inorgánicos disueltos	Componentes inorgánicos como el calcio, sodio y sulfato, son adicionados a los sistemas domésticos de abastecimiento de agua, debiendo ser removidos si se va a reutilizar el agua residual.

Fuente: Tratamiento de efluentes. [www.frbb.utn.edu.ar](http://www.frbb.utn.edu.ar). Consulta: 29 de diciembre de 2012.

Contaminantes de la descomposición de la materia orgánica, que son necesarios disminuirlos en cualquier planta de tratamientos de aguas residuales.

Efectos causados por los contaminantes presentes en las aguas residuales:

Tabla II. **Tabla de consecuencias**

<b>Contaminantes</b>	<b>Parámetro</b>	<b>Tipo de efluente</b>	<b>Consecuencia</b>
Sólidos suspendidos	Sólidos suspendidos totales	Domésticos industriales	Depósitos de barros. Problemas estéticos.
Sólidos flotantes	Aceites y grasas	Domésticos industriales	Problemas estéticos
Materia orgánica biodegradable	DBO	Domésticos industriales	Consumo de oxígeno. Mortalidad de peces.
Patógenos	Coliformes	Domésticos industriales	Enfermedades transmitidas por el agua.
Nutrientes	Nitrógeno, fósforo	Domésticos industriales	Crecimiento excesivo de algas. Toxicidad para los peces. Enfermedades en niños. Contaminación subterránea del agua.
Compuestos no biodegradables	Pesticidas, detergentes, otros	Domésticos industriales	Toxicidad. Reducción de la transferencia de oxígeno. Malos olores.
Metales pesados	Elementos específicos (As, Cd, Cr, Cu, Hg, Ni, Pb, Zn)	Domésticos industriales	Toxicidad. Problemas con la disposición de los barros en la agricultura. Contaminación del agua subterránea.

Fuente: Tratamiento de efluentes. [www.frbb.utn.edu.ar](http://www.frbb.utn.edu.ar). Consulta: 29 de diciembre de 2012.

- Relación agua – agua residual

La relación agua residual/agua se denomina coeficiente de retorno C. Este coeficiente indica la relación entre el volumen de las aguas residuales recibido en la red de alcantarillado y el volumen de agua efectivamente proporcionado a la población. De modo general, el coeficiente de retorno está en el rango de 0,5 a 0,9, dependiendo de las condiciones locales. El valor, comúnmente utilizado en los diseños es de 0,8.

- Cargas orgánicas de las plantas de tratamiento de aguas residuales

Estas cargas se expresan, generalmente en kilos de DBO por día o kilogramos de sólidos suspendidos por día, y el caudal, en litros sobre segundo o en metros cúbicos por día, que se calculan de la siguiente manera:

$$\text{Carga orgánica (kg/día)} = \frac{\text{concentración (g/m}^3\text{)} \times \text{caudal (l/s)} \times 86\,400 \text{ (seg/día)}}{10^6 \text{ (g/kg) (l/m}^3\text{)}}$$

$$\text{Carga orgánica (kg/día)} = \frac{\text{concentración (mg/l)} \times \text{caudal (m}^3\text{/día)}}{10^6 \text{ (mg/kg) (m}^3\text{/l)}}$$

- Concentración de agua residual

Cuanta más alta sea la cantidad de materia orgánica contenida en un agua residual, mayor será su concentración.

El término materia orgánica se utiliza como indicativo de la cantidad de todas las sustancias orgánicas presentes en un agua residual. Para cuantificar la masa de materia orgánica se utilizan las mediciones de DBO y de DQO. En

general, estos dos indicadores se expresan en miligramos por litro o gramos por metros cúbicos.

La concentración del agua residual de una población depende del consumo de agua. En Estados Unidos, donde el consumo es elevado (350 a 400 litros por día por habitante) el agua residual es diluida (la DBO varía de 200 a 250 miligramos por litro), mientras que en países en desarrollo, el agua residual es más concentrada (la DBO varía de 400 a 700 miligramo por litro) y el consumo de agua es más bajo (40 a 100 litros por día por habitante).

Otro factor que determina la concentración del agua residual doméstica es la DBO (cantidad de residuo orgánico) producida a diario por habitante.

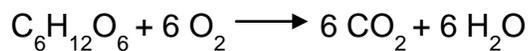
- Medición de la concentración de contaminantes en agua residual

Los contaminantes en las aguas residuales son normalmente una mezcla completa de compuestos orgánicos e inorgánicos. Según Ramalho (1983), los métodos analíticos para contaminantes orgánicos pueden clasificarse en dos grupos:

- Grupo 1: Métodos cuyo parámetro es el oxígeno
  - Demanda teórica de oxígeno (DTeO)
  - Demanda química de oxígeno (DQO)
  - Demanda bioquímica de oxígeno (DBO)
  - Demanda total de oxígeno (DTO)

- Grupo 2: Métodos cuyo parámetro es el carbono:
  - Carbono orgánico total (COT)
  - Carbono orgánico teórico (COTe)
- Demanda teórica de oxígeno

Es la que corresponde a la cantidad estequiometria de oxígeno necesaria para oxidar completamente un determinado compuesto. Así, la ecuación para la oxidación de la glucosa es:



Los elementos presentes son carbono (C), hidrógeno (H) y oxígeno (O), para proceder a calcular el DTeO en una solución, procedemos a calcular el peso molecular de la glucosa que es igual a:  $6 \times 12 + 12 \times 1 + 6 \times 16 = 180$  y luego procedemos a determinar el peso molecular del oxígeno que es:  $6 \times 2 \times 16 = 192$ .

Puede estimarse que la DTeO de una solución de 300 miligramos por litro de glucosa corresponde a 320 miligramos por litro, es decir,  $192 / 180 \times 300$  miligramos por litro.

La DTeO en la práctica no puede calcularse, pero es aproximadamente igual a la DQO.

- Carbono orgánico total

Las pruebas para la determinación del carbono orgánico total (COT) se basa en la oxidación del carbono existente en la materia orgánica, la cual da como resultado dióxido de carbono. La determinación del  $\text{CO}^2$  se obtiene por medio de la absorción en hidróxido de potasio (KOH) o mediante la utilización del analizador de infrarrojo.

### **1.3.2. Características**

Bimbo entiende que el buen estado biológico únicamente se puede alcanzar como respuesta a las condiciones adecuadas del marco abiótico donde se desarrolla, por lo tanto los indicadores fisicoquímicos del medio son considerados condicionantes e interpretativos de los indicadores biológicos.

Los parámetros fisicoquímicos se estudian mediante la combinación de diversas ciencias, como la química, la física, termodinámica, electroquímica y la mecánica cuántica, donde funciones matemática pueden representar interpretaciones a nivel molecular y atómico estructural. Cambios en la temperatura, presión, volumen, calor y trabajo en los sistemas, sólido, líquido o gaseoso se encuentran también relacionados a estas interpretaciones de interacciones moleculares. De acuerdo con el Reglamento de las Descargas y Reúso de Aguas Residuales y de la Disposición de Lodos, emitido por el Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales Guatemala, Acuerdo Gubernativo 236-2006, se deben realizar los siguientes análisis fisicoquímicos:

### **1.3.2.1. Físicas**

Los aspectos físicos dan una información muy clara de determinadas características del agua residual, las más importantes son: aspecto, color, turbiedad, olor, sólidos totales y temperatura.

#### **1.3.2.1.1. Aspecto**

El agua residual tiene un aspecto físico muy diferente al del agua pura, ya que la residual contiene un porcentaje de agua pura del 99,9 por ciento y un 0,1 por ciento de impurezas del peso total del agua residual, esto es sorprendente, pero es suficiente para cambiar los aspectos físicos y químicos del fluido, en este tipo de fluido se realizan ensayos generales para el control de impurezas que se detallarán posteriormente.

#### **1.3.2.1.2. Color**

La coloración del agua puede clasificarse en verdadera o real cuando se debe solo a las sustancias que tiene en solución, y aparente cuando su color es debido a las sustancias que tiene en suspensión. Los colores real y aparente son casi idénticos en el agua clara y en aguas de escasa turbidez. La coloración del agua se compara con la de soluciones de referencia de platino-cobalto en tubos calorimétricos, o bien con discos de vidrio coloreados calibrados según los patrones mencionados.

#### **1.3.2.1.3. Turbiedad**

La turbiedad, como medida de las propiedades de transmisión de la luz del agua, es otro parámetro que se emplea para indicar la calidad de las aguas

vertidas o de las aguas naturales en relación con la materia coloidal y residual en suspensión. Su medición se lleva a cabo mediante la comparación entre la intensidad de la luz dispersada en la muestra y la intensidad registrada en una suspensión de referencia en las mismas condiciones.

#### **1.3.2.1.4. Olor**

Los olores característicos de las aguas residuales son causados por los gases formados en el proceso de descomposición anaerobia. Los principales tipos de olores son:

- Olor a moho: razonablemente soportable, típico de agua residual fresca.
- Olor a huevo podrido: insoportable; típico del agua residual vieja o séptica, que ocurre debido a la formación de sulfuro de hidrógeno que proviene de la descomposición de la materia orgánica contenida en los residuos.
- Olores variados: de productos descompuestos, como repollo, legumbres, pescado, de materia fecal, de productos rancios, de acuerdo con el predominio de productos sulfurados, nitrogenados, ácidos orgánicos, entre otros.

#### **1.3.2.1.5. Sólidos totales**

Es la materia que se obtiene como residuo después de someter el agua a un proceso de evaporación de 103 grados centígrados y 105 grados centígrados. Los sólidos sedimentales se definen como aquellos que se sedimentan en el fondo de un recipiente de forma cónica en el transcurso de un

periodo de 60 minutos. Estos se expresan en mililitros por litro y constituyen una medida aproximada de la cantidad de fango que se obtendrá en la decantación primaria del agua residual. Los sólidos totales pueden clasificarse en filtrables o no filtrables (sólidos en suspensión) haciendo pasar un volumen conocido de líquido por un filtro.

- **Materia flotante**

Se considera materia flotante a cualquier sustancia sólida de una cierta muestra de agua residual y residual tratada retenida en una malla de acero inoxidable. La determinación de materia flotante en aguas residuales y residuales tratadas es de gran importancia para el control y tratamiento de las descargas.

Es un método cualitativo y se basa en la observación de la materia flotante en una muestra de aguas residuales en el sitio de muestreo.

- **Sólidos en suspensión**

Se mantienen en el agua debido a su naturaleza coloidal que viene dada por las pequeñas cargas eléctricas que poseen estas partículas, que las hacen tener una cierta afinidad por las moléculas de agua. Este tipo de sólidos como tales son difíciles de eliminar, siendo necesaria la adición al agua de agentes coagulantes y floculantes que modifican la carga eléctrica de estas partículas consiguiendo que se agrupen en flocos de mayor tamaño, para poder separarlos mediante filtración. Ciertos sistemas de tratamiento de agua como la ozonización ya suponen de por sí un buen método floculante, ya que se produce la oxidación del hierro, manganeso y aluminio, óxidos, que son los que

verdaderamente ejercen un fuerte poder floculante en el agua aumentando la eficacia del filtro y mejorando la transparencia del agua.

- Metales pesados

Son aquellos cuya densidad es por lo menos cinco veces mayor que la del agua. Tienen aplicación directa en numerosos procesos de producción de bienes y servicios.

El desarrollo tecnológico, el consumo masivo e indiscriminado y la producción de desechos, principalmente urbanos, ha provocado la presencia de muchos metales en cantidades importantes en el ambiente, provocando numerosos efectos sobre la salud y el equilibrio de los ecosistemas. Se incorporan con los alimentos o como partículas que se respiran y se van acumulando en el organismo, hasta llegar a límites de toxicidad. Si la incorporación es lenta se producen intoxicaciones crónicas, que dañan los tejidos u órganos en los que se acumulan.

Los parámetros que pertenecen a metales pesados son los siguientes:

- Arsénico
- Cadmio
- Cianuro total
- Cobre
- Cobre hexavalente
- Mercurio
- Níquel
- Plomo
- Zinc

### **1.3.2.1.6. Temperatura**

Como se señaló en el *Manual Fundamentos técnicos para el muestreo y análisis de aguas residuales*, la temperatura determina el nivel de actividad de las poblaciones microbianas y altera la solubilidad de los gases. Estos factores están íntimamente ligados con la calidad del agua en los cuerpos receptores, a la presencia de oxígeno disuelto y a una actividad microbiológica adecuada. Esto permite la autodepuración de los cuerpos de agua en fase aerobia y, de ahí, hacer posible la presencia de otras formas de vida. Por otra parte, la temperatura afecta los procesos químicos que ocurren dentro del agua, ya que la solubilidad de las sustancias sólidas e incluso el potencial de hidrógeno (pH), se ven alterados por la temperatura. Ya que la temperatura del cuerpo receptor es importante para mantener y proteger la vida acuática, se ha establecido un intervalo máximo permisible de temperatura en las descargas de aguas residuales. La temperatura ha de medirse con un termómetro de precisión graduado en décimas de grado.

### **1.3.2.2. Químicas**

Son factores condicionantes para algunos procesos de recuperación y tratamiento final, las cuales son: demanda bioquímica de oxígeno, demanda química de oxígeno, nitrógeno total, potencial de hidrógeno, dureza total, acidez, gases, biológica, grasa y aceites.

#### **1.3.2.2.1. Demanda bioquímica de oxígeno (DBO<sub>5</sub>)**

La DBO es la cantidad de oxígeno usada en la oxidación bioquímica de la materia orgánica, bajo condiciones determinadas en tiempo y temperatura. Es

la principal prueba utilizada para la evaluación de la naturaleza del agua residual.

La DBO se determina, generalmente a 20 grados centígrados después de incubación durante 5 días; se mide el oxígeno consumido por las bacterias durante la oxidación de la materia orgánica presente en el agua residual, por cinco días a 20 grados centígrados.

La demanda de oxígeno de las aguas residuales se debe a tres clases de materiales:

- Materia orgánica carbonosa usada como fuente de alimentación por los organismos aerobios.
- Nitrógeno oxidable derivado de nitritos, amoníaco y compuestos de nitrógeno orgánico, que sirven de sustrato para bacterias específicas del género nitrosomas y nitrobacter, que oxidan el nitrógeno amoniacal en nitritos y nitratos.
- Compuestos reductores químicos, como sulfitos ( $\text{SO}_3^{-2}$ ), sulfuros ( $\text{S}^{-2}$ ) y el ión ferroso ( $\text{Fe}^{+2}$ ) que son oxidados por oxígeno disuelto.

Para aguas residuales domésticas, prácticamente toda la demanda de oxígeno se debe a la materia orgánica carbonosa.

#### **1.3.2.2.2. Demanda química de oxígeno (DQO)**

La DQO se obtiene por medio de la oxidación del agua residual en una solución ácida de permanganato o dicromato de potasio ( $\text{Cr}_2\text{O}_7\text{K}_2$ ). Este

proceso oxida casi todos los compuestos orgánicos en gas carbónico ( $\text{CO}_2$ ) y en agua. La reacción es completa en más de 95 por ciento de los casos.

La ventaja de las mediciones de DQO es que los resultados se obtienen rápidamente (3 horas), pero tienen la desventaja de que no ofrecen ninguna información de la proporción del agua residual que puede ser oxidada por las bacterias ni de la velocidad del proceso de biooxidación.

#### **1.3.2.2.3. Nitrógeno total y orgánico**

Los compuestos nitrogenados se encuentran ampliamente distribuidos en la naturaleza. Las fuentes de nitrógeno incluyen, además de la degradación natural de la materia orgánica, fertilizantes, productos de limpieza y tratamiento de aguas potables. Debido a que el nitrógeno es un nutriente esencial para organismos fotosintéticos, es importante el monitoreo y control de descargas del mismo al ambiente. El nitrógeno se presenta en muy diferentes formas químicas en las aguas naturales y contaminadas. En los análisis habituales suele determinarse el NTK (nitrógeno total Kjeldahl) que incluye el nitrógeno orgánico y el amoniacal. El contenido en nitratos y nitritos se da por separado.

#### **1.3.2.2.4. PH (potencial de hidrógeno)**

El pH es la medida de la concentración de iones de hidrógeno ( $\text{H}^+$ ), o en su efecto de los iones hidroxilo ( $\text{OH}^-$ ), en el agua. Cuando proliferan los iones de hidrógeno el valor del pH se ubica entre 0 y 7, y se dice que es ácido. Por otra parte, cuando los iones hidroxilo son los que abundan, el valor del pH se sitúa entre 7 y 14, y se dice que el agua es básica o alcalina.

Las aguas ácidas pueden corroer los metales y degradar sustancias no metálicas, como el concreto; por su parte, las aguas alcalinas pueden tender a formar incrustaciones en las tuberías o provocar la precipitación de los metales. Los procesos biológicos se llevan a cabo, principalmente, en un intervalo de pH de 6,5 a 8,5; la mayoría de los microorganismos encuentra grandes dificultades para desarrollarse fuera de este rango. Sin embargo, hay algunas bacterias, hongos y algas que se pueden desarrollar en intervalos distintos. Por otra parte, el concepto de pH está fuertemente asociado con los conceptos de acidez y alcalinidad. Si bien los causantes directos de que el agua sea ácida o alcalina son los iones  $[H^+]$  y  $[OH^-]$ , el agua suele tener presentes otros iones que contrarrestan o potencian el efecto de los dos primeros.

La acidez del agua se define como la capacidad del agua para contrarrestar una base o álcali, y está dada por la presencia de iones de hidrógeno. El dióxido de carbono atmosférico se disuelve en el agua y forma ácido carbónico ( $H_2CO_3$ ) y genera el sistema carbonato bicarbonato-dióxido de carbono. La alcalinidad ayuda a resistir los cambios de pH causados por la adición de ácidos. Es el resultado de la presencia de hidróxidos, carbonatos y bicarbonatos.

El valor de pH es un parámetro regulado por límites máximos permisibles en descargas de aguas residuales de alcantarillado y a cuerpos receptores; también es considerado como un parámetro de calidad del agua para usos y actividades agrícolas, contacto primario y el consumo humano.

#### **1.3.2.2.5. Dureza total**

La dureza es una característica química del agua que está determinada por el contenido de carbonatos, bicarbonatos, cloruros, sulfatos y ocasionalmente nitratos de calcio y magnesio.

La dureza es indeseable en algunos procesos, como el lavado doméstico e industrial, provocando que se consuma más jabón, al producirse sales insolubles. En calderas y sistemas enfriados por agua, se producen incrustaciones en las tuberías y una pérdida en la eficiencia de la transferencia de calor. Además le da un sabor indeseable al agua potable.

Grandes cantidades de dureza son indeseables, por las razones antes expuestas y debe ser removida antes de que el agua tenga uso apropiado para las industrias panificadoras.

La mayoría de los suministros de agua potable tienen un promedio de 250 miligramos por litro de dureza. Niveles superiores a 500 miligramos por litro son indeseables para uso doméstico, limpieza o bien riego.

La dureza es caracterizada, comúnmente por el contenido de calcio y magnesio y expresada como carbonato de calcio equivalente.

Existen dos tipos de dureza:

- Temporal

Es determinada por el contenido de carbonatos y bicarbonatos de calcio y magnesio. Puede ser eliminada por ebullición del agua y posterior eliminación

de precipitados formados por filtración, también se le conoce como dureza de carbonatos.

- Permanente

Es determinada por todas las sales de calcio y magnesio, excepto carbonatos y bicarbonatos. No puede ser eliminada por ebullición del agua y también se le conoce como: dureza de no carbonatos.

#### **1.3.2.2.6. Acidez**

Es la cantidad de iones hidronio ( $H^3O^+$ ) en la muestra acuosa y se determina como la capacidad cuantitativa de una muestra de agua para reaccionar con una base fuerte hasta un potencial de hidrógeno de 8,3.

La acidez se debe a la presencia de ciertos ácidos minerales y/u orgánicos, o a la hidrólisis sufrida por la existencia de sales de ácidos fuertes y bases débiles. Puede causar acción corrosiva en las instalaciones, por la acción del catión hidrógeno.

#### **1.3.2.2.7. Grasas y aceites**

Las grasas y aceites son compuestos orgánicos constituidos, principalmente por ácidos grasos de origen animal y vegetal, así como los hidrocarburos del petróleo. Algunas de sus características más representativas son baja densidad, poca solubilidad en agua, baja o nula biodegradabilidad. Por ello, si no son controladas se acumulan en el agua formando natas en la superficie del líquido.

Su efecto en los sistemas de tratamiento de aguas residuales o en las aguas naturales se debe a que interfieren con el intercambio de gases entre el agua y la atmósfera. No permiten el libre paso del oxígeno hacia el agua, ni la salida del dióxido de carbono del agua hacia la atmósfera; en casos extremos pueden llegar a producir la acidificación del agua junto con bajos niveles de oxígeno disuelto, además de interferir con la penetración de la luz solar.

Las principales fuentes portadoras de grasas y aceites son los usos domésticos, talleres automotrices y de motores de lanchas y barcos, industria del petróleo, rastros, procesadoras de carnes y embutidos e industria cosmética.

La determinación analítica de grasas y aceites no mide una sustancia específica sino un grupo de sustancias susceptibles de disolverse en hexano, incluyendo ácidos grasos, jabones, grasas, ceras, hidrocarburos, aceites y cualquier otra sustancia extractable con hexano.

#### **1.3.2.2.8. Gases**

Los gases que con mayor frecuencia se encuentran en aguas residuales brutas son el nitrógeno, el oxígeno, el dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>), el sulfuro de hidrógeno, el amoníaco y el metano. Los tres últimos proceden a la descomposición de la materia orgánica presente en el agua residual.

El oxígeno disuelto es necesario para la respiración de los microorganismos aerobios, así como para otras formas de vida. Debido a que la velocidad de las reacciones bioquímicas que consumen oxígeno aumenta con la temperatura, los niveles de oxígeno disueltos tienden a ser más críticos en

las épocas estivales. El problema es en los meses de verano, debido a que los cursos de agua, generalmente son menores, por lo tanto el oxígeno es menor.

#### 1.3.2.2.9. Características biológicas

Las aguas residuales contienen un gran número de organismos vivos que son los que mantienen la actividad biológica, produciendo fermentación, descomposición y degradación de la materia orgánica e inorgánica. Estos organismos pueden ser de tipo vegetal o animal, como se muestra en la tabla III.

Tabla III. Organismos biológicos

Vegetal	Animal
Espermatofitos	Cordados
Micrófitos	Metazoarios triblásticos
Eumicofitos	Protozoarios
Mixomicofitos	Rizópodos
Ficofitos	Flagelados
Bacteriocitos	
Virus	

Fuente: elaboración propia

- Mohos

Son hongos que se implantan en la materia orgánica en descomposición. Atacan a los hidratos de carbono y a los productos nitrogenados.

- Bacterias

Son organismos unicelulares móviles o inmóviles de formas diversas (cocos, bacilos, espirilos, filamentosas) y de tamaño y modo de vida diferentes según la especie y el medio. Se multiplican por división celular y su velocidad de reproducción puede ser frenada por varias causas, por ejemplo:

- Naturaleza de la bacteria
- Temperatura
- Medio
- Disminución de alimentos y del oxígeno disuelto
- Acumulación de productos metabólicos tóxicos
- Variaciones del pH al aparecer ácidos, productos amoniacales.
- Competencia vital

En ciertos casos, aunque se cumplan estas condiciones limitantes, las bacterias viven y se multiplican, como ocurre con las bacterias termófilas (viven bien a 50 grados centígrados) o con las anaerobias estrictas.

Las bacterias de las aguas residuales se clasifican según su nutrición, en dos grandes grupos:

- Bacterias parásitas: son las que han tenido como huésped al hombre o a los animales; suelen ser patógenas y producir graves enfermedades (tifus, cólera, disentería, etc.) y en el tratamiento de las aguas residuales son uno de los factores más importantes a tener en cuenta.
- Bacterias saprofitas: se nutren de los sólidos orgánicos residuales y provocan descomposiciones fundamentales en los procesos de

depuración. Estas se dividen en aerobias, anaerobias, facultativas y autótrofas.

- Bacterias aerobias: son aquellas que necesitan oxígeno procedente del agua para su alimento y respiración. El oxígeno disuelto que les sirve de sustento es el oxígeno libre (molecular) del agua, y las descomposiciones y degradaciones que provocan sobre la materia orgánica serán procesos aerobios, estos procesos se caracterizan por falta de malos olores.
- Bacterias anaerobias: son las que consumen oxígeno procedente de los sólidos orgánicos e inorgánicos y la presencia de oxígeno disuelto no les permite subsistir. Los procesos que provocan son anaerobios y se caracterizan por la presencia de malos olores.
- Bacterias facultativas: algunas bacterias aerobias y anaerobias pueden llegar a adaptarse al medio opuesto, es decir, las aerobias a medio sin oxígeno disuelto y las anaerobias a aguas con oxígeno disuelto.
- Bacterias autótrofas: son aquellas que pueden sustentar su protoplasma a partir de sustancias minerales como anhídrido carbónico, sulfatos, fosfatos, carbonatos, entre otros, tomando la energía necesaria para sus biosíntesis a partir de la luz (bacterias fotosintéticas) o a partir de ciertas reacciones químicas (bacterias quimiosintéticas).
  - Bacterias nitrificantes: son las nitrobacter y nitrosomonas, que necesitan como fuente de energía reacciones químicas

determinadas. Las primeras oxidan el ácido nitroso y las segundas el amoníaco.

- Bacterias ferruginosas y manganosas: son las que extraen su energía de procesos de oxidación de sales ferrosas o manganosas, y pertenecen a ella los géneros clonothrix, leptothrix, entre otros.
  - Tiobacterias: las thiotrix, beggiatoas y otras oxidan el  $\text{SH}^2$ , y al agotar el gas oxidan el azufre producido a ácido sulfúrico.
  - Bacterias oxidantes del hidrógeno: las hydrogenomonas oxidan el hidrógeno producido por las bacterias heterótrofas en las fermentaciones de los glúcidos, produciendo agua.
- Virus

La acción nociva de los virus, como agentes productores de enfermedades, es una parte importante a considerar en los tratamientos porque pueden infectar el tracto intestinal y pasar a las heces. En un gramo de heces se pueden encontrar hasta 10<sup>9</sup> panículas de virus infecciosos. Los virus más comunes en las aguas residuales son:

- Adenovirus
- Enterovirus
- Poliovirus
- Echovirus
- Hepatitis A
- Rotavirus

El componente biológico es básico en las aguas residuales por su capacidad metabólica y su potencial de transformación de los restos químicos, orgánicos y físicos.

Es claro que el componente orgánico de las aguas residuales es un medio de cultivo que permite el desarrollo de los microorganismos que cierran los ciclos biogeoquímicos de elementos como: azufre, carbono, nitrógeno o fósforo, entrando frecuentemente en competencia y eliminando los elementos microbianos patógenos que se pueden encontrar en el medio.

Este componente biológico se manifiesta fundamentalmente en 5 áreas diferentes:

- Descomposición de los compuestos orgánicos contenidos en las aguas residuales.
- Eliminación de determinados compuestos orgánicos que sean tóxicos para los vegetales y microorganismos del suelo.
- Desaparición de microorganismos patógenos.
- Participación en los ciclos biogeoquímicos del nitrógeno, fósforo y azufre, elementos fundamentales cuando se presentan como nitratos, fosfatos o sulfatos en el movimiento y asimilación por el suelo y los vegetales.
- Reacciones de la materia orgánica transformada y componente micro orgánico frente a los constituyentes minerales del suelo.

Un último aspecto del componente biológico de las aguas residuales, es la presencia de determinados virus ya citados, quienes, aun en muy baja proporción respecto a bacterias y microorganismos en general, manifiestan enorme peligrosidad desde el punto de vista sanitario.

### **1.3.2.3. Microbiológicas**

Los parámetros microbiológicos se encargan del estudio de los microorganismos, seres vivos pequeños, también conocidos como microbios. Son visibles a través del microscopio como los virus, procariontes y eucariontes simples. De acuerdo con el Reglamento de las Descargas y Reúso de Aguas Residuales y de la Disposición de Lodos, emitido por el Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales Guatemala, Acuerdo Gubernativo 236-2006, se debe realizar el análisis de coliformes fecales.

#### **1.3.2.3.1. Coliformes fecales**

Es un grupo de especies bacterianas que tienen ciertas características bioquímicas en común e importancia relevante como indicadores de contaminación del agua y los alimentos. Pueden ocasionar enfermedades como la salmonella, estafilococo, gangrena gaseosa y gastroenteritis.



## 2. DIAGNÓSTICO SITUACIONAL

### 2.1. Sistemas de captación de agua

El agua que abastece la planta se extrae a través de un pozo (figura 8) con un diámetro de 8 pulgadas de diámetro a una profundidad de 460 pies, mediante una bomba sumergible a 265 pies con una tubería de 3 pulgadas de diámetro, posteriormente el agua es enviada al depósito (figura 9) para su distribución en la planta, la figura 10 muestra la ubicación del depósito D y el pozo P.

Para cumplir con la demanda de la planta el pozo consta de un nivel estático de 135 pies y el caudal de la bomba es de aproximadamente 185 galones por minutos, las especificaciones de la bomba se encuentran en la tabla IV.

Tabla IV. **Especificaciones de la bomba**

Marca de la bomba	STA-RITE
Modelo de la bomba:	S 200 L 6-01
Tipo de motor:	10 HP trifásico de 230 voltios

Fuente: elaboración propia.

Figura 8. **Pozo de agua**



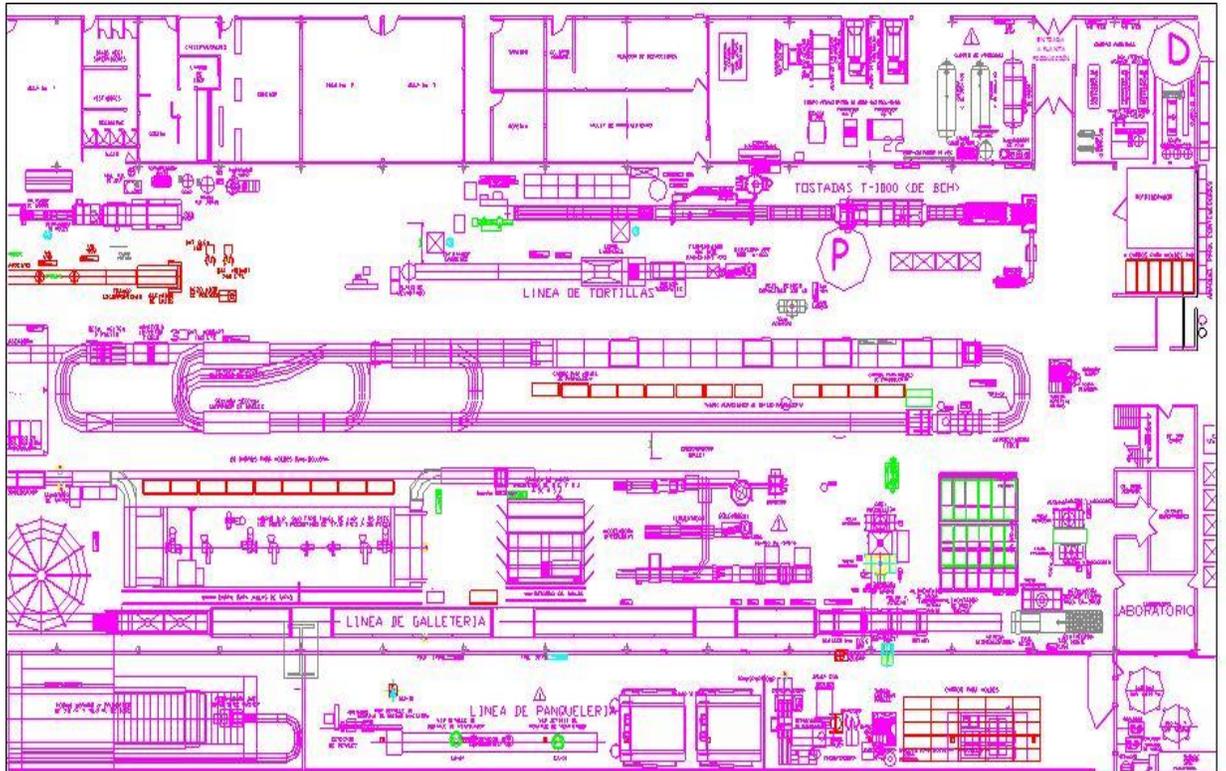
Fuente: Bimbo de Centroamérica, S. A.

Figura 9. **Depósito de agua**



Fuente: Bimbo de Centroamérica, S. A.

Figura 10. Plano de localización del pozo y depósito de agua

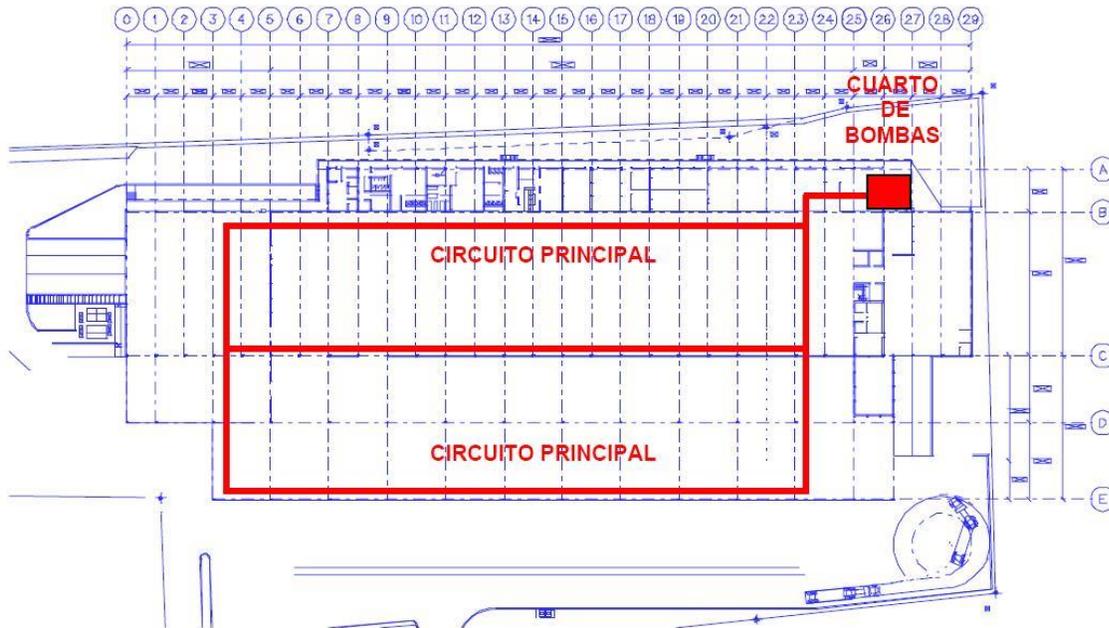


Fuente: Bimbo de Centroamérica, S. A.

## 2.2. Plano de tuberías

Esta red inicia en el cuarto de bomba; utiliza un cabezal de descarga de 3 pulgadas de diámetro, este corre paralelo al eje B, hasta llegar al eje 23, en donde gira a 90 grados para entrar a la planta, una vez adentro, empieza su trayectoria principal la cual forma un circuito cerrado, conservando siempre el diámetro.

Figura 11. Diagrama de trayectoria de tubería de agua



Fuente: Bimbo de Centroamérica, S.A.

### 2.3. Puntos de consumo de agua

Para determinar de mejor manera los consumos de agua se implementarán contadores de agua. Con este sistema se mejora el control y seguimiento a los consumos diarios que la planta puede tener en puntos determinados.

#### 2.3.1. Líneas de producción

La planta cuenta con 10 líneas de producción en las cuales actualmente ninguna de ellas cuenta con algún caudalímetro o regulador de flujo de agua

que proporcione un control o seguimiento al consumo de agua para cada línea de producción.

### **2.3.2. Servicios y limpieza**

La planta cuenta con dos módulos de personal apropiados para las necesidades higiénicas y biológicas del personal, pero no así un control del consumo de agua para este tipo de servicio.

La limpieza de equipo y herramienta mantiene un lugar fijo y determinado dentro de la planta y este, de igual manera, actualmente no cuenta con un sistema apropiado para medir el consumo de agua.

Figura 12. **Servicios y limpieza**



Fuente: Bimbo de Centroamérica, S. A.

## **2.4. Pruebas de laboratorio**

Para determinar posteriormente un comparativo que respalde las mejoras en el proceso Bimbo de Centroamérica S. A., contrata los servicios de ECOQUIMSA, obteniendo los siguientes resultados del laboratorio que se presentan a continuación.

### **2.4.1. Informe de análisis**

- Datos de la muestra:

Lugar de muestreo: Planta Bimbo, Chimaltenango

Referencia cliente: salida general

Tipo de muestra: agua residual de tipo especial

Lote: 1916

Código: GC5199

Fecha de monitoreo: 28 de febrero del 2007 a 01 de marzo del 2007

Hora de monitoreo: 12:30 a 12:30

Temperatura de almacenaje: 5 °C

Recipiente utilizado: plástico y vidrio

- Datos de laboratorio:

Fecha de recepción: 01 de marzo del 2007

Hora de recepción: 18:00

Fecha del informe: 8 de marzo del 2007

Tabla V. **Datos de laboratorio agua residual**

<b>Análisis</b>	<b>Dimensional*</b>	<b>Límite de detección</b>	<b>Resultados</b>
pH promedio	----	0,1	6,3
Temperatura promedio	°C	0,1	30,1
Demanda química de oxígeno	mg/l – O <sub>2</sub>	10	9 405
Demanda bioquímica de oxígeno	mg/l – O <sub>2</sub>	10	6 075
Sólidos sedimentales	ml/l	0,1	10,0
Sólidos suspendidos	mg/l	10	1 352
Aceites y grasas	mg/l	5	19
Materia flotante	----	Ausente/presente	Presente
Fósforo total	mg/l – P	0,05	12,30
Nitrógeno total	mg/l – N	0,5	71
Color	U Pt-Co	0,50	162
Arsénico	mg/l – As	0,002	< 0,002
Cadmio	mg/l – Cd	0,025	0,099
Cobre	mg/l – Cu	0,03	2,50
Mercurio	mg/l – Hg	0,001	0,002
Cromo VI	mg/l – Cr	0,03	< 0,03
Níquel	mg/l – Ni	0,05	0,55
Plomo	mg/l – Pb	0,10	< 0,10
Zinc	mg/l – Zn	0,05	0,27
Cianuro	mg/l – CN	0,010	< 0,010
Coliformes fecales	NMP/100ml	----	75 000

Fuente: ECOQUIMSA.

- Datos de la muestra:

Lugar de muestreo: Planta Bimbo, Chimaltenango

Referencia cliente: trampa de grasas

Tipo de muestra: lodos

Lote: 1916

Código: GC5200

Fecha de monitoreo: 28 de febrero del 2007

Hora de monitoreo: 12:20

Temperatura de almacenaje: 5 °C

Recipiente utilizado: vidrio

- Datos de laboratorio:

Fecha de recepción: 01 de marzo del 2007

Hora de recepción: 18:00

Fecha del informe: 8 de marzo del 2007

Tabla VI. **Datos de laboratorio trampa de grasas**

<b>Análisis</b>	<b>Dimensional*</b>	<b>Límite de detección</b>	<b>Resultados</b>
Arsénico	mg/Kg – As	0,4	< 0,4
Cadmio	mg/Kg – Cd	4	< 4
Mercurio	mg/Kg – Hg	0,2	< 0,2
Cromo VI	mg/Kg – Cr	6	< 6
Plomo	mg/Kg – Pb	10	< 10

Fuente: ECOQUIMSA.

#### **2.4.2. Monitoreo de pH , temperatura y caudal**

- Datos de la muestra:

Lugar de muestreo: Planta Bimbo, Chimaltenango

Referencia cliente: salida general

Tipo de muestra: agua residual de tipo especial

Lote: 1916

Fecha de monitoreo: 28 de febrero del 2007 a 01 de marzo del 2007

Hora de monitoreo: 12:30 a 12:30

Tabla VII. **Monitoreo de pH, temperatura y caudal**

<b>Descripción</b>	<b>Mínimo</b>	<b>Máximo</b>	<b>Promedio</b>
Caudal	0,00	2,05	0,53
Temperatura	28,40	32,10	30,10
pH	6,20	6,80	6,33

Fuente: ECOIMSA.

## **2.5. Procesos de tratamientos de aguas residuales**

Para determinar el tratamiento necesario debe determinarse comparando características del agua residual con las exigencias del efluente correspondiente, según los análisis del laboratorio para determinar el proceso ideal y tratamiento a seguir según el estado actual de la planta panificadora. A continuación se detallará una explicación breve de cada uno de ellos y el utilizado por la planta panificadora.

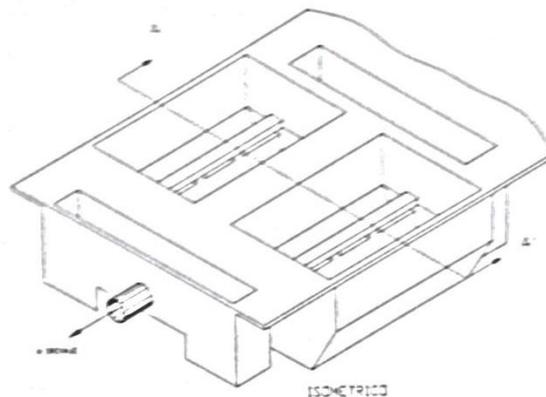
### **2.5.1. Procesos físicos**

Los métodos de tratamiento en donde predomina la acción de fuerzas físicas se conocen como procesos físicos. El desbaste, mezclado, floculación, sedimentación, flotación, transferencia de gases y filtración son procesos físicos tipos. Actualmente, la planta panificadora sí realiza procesos físicos para el tratamiento de aguas residuales por medio de una trampa de grasas que retiene por sedimentación los sólidos en suspensión y por flotación el material graso; el cual se detallará en el inciso 2.6.1.

La trampa de grasas de la planta panificadora tiene dos compartimientos, ambos separados por una rejilla de acero inoxidable encargada de no dejar pasar sólidos. En el compartimiento más grande, por donde llegan los líquidos

con sólidos disueltos, la grasa se separa al ser más liviana que el agua, por el otro compartimiento se extrae el agua sin sólidos ni grasas.

Figura 13. **Plano isométrico de trampa de grasas**



Fuente: Bimbo de Centroamérica, S. A.

### **2.5.2. Procesos químicos**

Los procesos químicos son métodos de tratamiento en los cuales la eliminación o conversión de los contaminantes se consigue con la adición de productos químicos al desarrollo de ciertas reacciones químicas. Fenómenos como la precipitación, adsorción y la desinfección son ejemplos de los procesos de aplicación más comunes en el tratamiento de las aguas residuales. Actualmente, la planta panificadora no realiza procesos químicos en su tratamiento de aguas residuales.

### **2.5.3. Procesos biológicos**

Los procesos biológicos: tratamiento donde la eliminación de los contaminantes se lleva a cabo gracias a la actividad biológica. La principal aplicación de estos procesos biológicos es la eliminación de las sustancias orgánicas biodegradables presentes en el agua residual en forma, tanto

coloidal, como en disolución. Es decir, estas sustancias se convierten en gases, luego se liberan a la atmósfera, y en tejido celular biológico, eliminable por sedimentación. Los tratamientos biológicos, también se emplean para eliminar el nitrógeno contenido en el agua residual. Este proceso no aplica para la planta panificadora actualmente.

## **2.6. Tipos de tratamientos de aguas residuales**

Tratamiento de aguas residuales se refiere a cualquier proceso físico, químico, biológico o combinación de los mismos, utilizado para mejorar las características de las aguas residuales para así no tener una acción negativa en el cuerpo receptor.

Los vertidos industriales de la planta panificadora necesitan mejorar su método de tratamiento de aguas residuales, ya que según el análisis de laboratorio se necesita un proceso físico y químico, para poder así disminuir los indicadores.

Los contaminantes que se han presentado en el análisis de laboratorio y los que pueden presentarse en los efluentes y métodos de tratamiento aplicables en cada caso, son los siguientes:

- Elementos insolubles separables físicamente con o sin floculación: se incluyen en este grupo las materias grasas (grasas, hidrocarburos, aceites, etc.) como los posibles sólidos en suspensión (arenas, óxidos, hidróxidos).
- Elementos separables por precipitación: en este caso se encuentran los metales como Fe, Cu, Ni, Cr, etc., y aniones como sulfatos, fosfatos, fluoruros, etc.

- Ácidos y bases: como ácidos clorhídricos, sulfúrico y bases como hidróxido sódico que deben previamente neutralizarse.
- Elementos que pueden necesitar reacciones de oxidación, como cianuros, cromo hexavalente, sulfuros, cloro, etc.
- Elementos orgánicos tratables biológicamente: en este grupo se incluiría todos los elementos biodegradables como azúcares, proteínas, fenoles, etc.
- Elementos que pueden eliminarse por intercambio iónico: entre estos se encuentran los radionucleidos y sales.
- Elementos separables por desgasificación o *stripping*. como ácido sulfhídrico, amoníaco, entre otros.

Se tienen cuatro tipos de tratamientos, los cuales son:

- Preliminares
- Primario
- Secundario
- Terciario y disposición de lodos

### **2.6.1. Tratamientos preliminares**

Busca acondicionar el agua residual para facilitar los tratamientos propiamente dichos y preservar la instalación de erosiones y taponamientos. Incluye equipos tales como: rejas, tamices, desarenadores y desengrasadores.

Son muy empleados en la industria y se utilizan para eliminar los posibles elementos que pueden afectar al sistema de depuración posterior como sólidos gruesos, arenas, fibras, etc. En la industria, estos tratamientos son a veces suficientes para poder ser asimilado a un vertido urbano.

- Desbaste: se realiza normalmente mediante sistemas de rejas o tamices, en vertidos industriales que tienen sólidos de tamaños variables en suspensión. Es un método económico y efectivo que muchas veces elimina una porción considerable de la DBO.
- Homogeneización: se utiliza para conseguir que todas las fluctuaciones del afluente se unifiquen, evitando descargas puntuales que pudieran afectar a los tratamientos posteriores. Si los picos de temperatura, caudal, carga y, sobre todo pH se compensan, se hace posible que los tratamientos posteriores tengan carácter continuo. La homogeneización se realiza en un depósito tampón que debe dimensionarse de acuerdo al vertido de cada industria, y tendrá un sistema de agitación para facilitar la homogeneización y evitar la sedimentación de los sólidos.
- Neutralización: es necesaria para conseguir que el pH del efluente sea adecuado para verterlo al cauce o bien, para los tratamientos posteriores. Los neutralizantes más empleados son la lechada de cal y la sosa, cuando se ha de alcalinizar un vertido, ácidos sulfúrico o clorhídrico si es necesario la acidificación del mismo.
- Desengrasado: consiste en una separación de productos de densidad ligeramente inferior al agua por efecto de la flotación natural o asistida, consiguiéndose eliminaciones del 80 por ciento de las materias grasas.

La planta de tratamiento de aguas residuales cuenta con dos trampas de grasas, la cual no es suficiente para lograr la meta del dos de mayo del dos mil once de la etapa uno, ya que con esta planta la DBO se mantiene en 6 075 miligramos por litro.

### 2.6.2. Tratamientos primarios

El proceso o conjunto de procesos que tienen como misión la separación por medios físicos de partículas en suspensión no retenidas en el tratamiento preliminar. se suelen incluir procesos como:

- Decantación: consiste en la eliminación de los sólidos en suspensión por diferencia de densidad, de forma que las partículas más pesadas que el agua son separadas por acción de la gravedad. Los decantadores empleados pueden ser simples, estáticos o dinámicos y dentro de estos pueden presentar distintas configuraciones (circulares, rectangulares). Además, es posible que contemplen sistemas de recirculación de fangos tanto externa como interna.
- Coagulación-floculación: mediante este tratamiento se persigue mejorar la eliminación de los sólidos en suspensión que se consigue con los tratamientos preliminares, sobre todo de partículas coloidales. El primer paso es desestabilizar las partículas coloidales mediante la adición de reactivos químicos que reciben el nombre de coagulantes. Una vez han sido desestabilizadas, ya pueden unirse o agregarse, viéndose este proceso favorecido por los compuestos denominados floculantes, que dan lugar a flósculos de mayor tamaño y densidad que precipitan con mayor rapidez. Los procesos de coagulación-floculación están regidos sobre todo por el pH, tiempo de contacto, tipo de partícula, etc., por lo que, normalmente se realizan ensayos previos para saber la dosis adecuada mediante el ensayo de jar-test.
- Precipitación: consiste en la formación de compuestos insolubles de los elementos que se quieren eliminar mediante la adición de reactivos apropiados. Se emplea, principalmente en la eliminación de metales pesados. Estos metales tienen la propiedad común que a un pH

determinado (8, 5-9,5) forman los hidróxidos correspondientes con una baja solubilidad. También sirve para algunos aniones como fluoruros y fosfatos que, mediante la adición de reactivos como óxido de calcio (CaO), forma sales cálcicas insolubles.

### **2.6.3. Tratamientos secundarios**

Entre las operaciones que se utilizan en el tratamiento secundario de las aguas contaminadas están: el proceso de lodos activados, la aireación u oxidación total, filtración por goteo y tratamiento anaeróbico. Este tratamiento se emplea de forma masiva para eliminar la contaminación orgánica disuelta, la cual es costosa de eliminar por tratamientos físico-químicos. Consisten en la oxidación aerobia de la materia orgánica en sus diversas variantes de fangos activados, lechos de partículas, lagunas de oxidación y otros sistemas o su eliminación anaerobia en digestores cerrados.

Fundamentalmente consisten en procesos biológicos empleados para degradar la materia orgánica biodegradable. Pueden agruparse en dos grandes grupos:

- **Procesos aerobios:** se realiza mediante la acción de microorganismos aerobios o facultativos que, en presencia de oxígeno, son capaces de metabolizar la carga orgánica, sintetizando materia celular y oxidando el carbono a dióxido de carbono (CO<sup>2</sup>). Se emplea en aguas con una carga orgánica no muy elevada.
- **Procesos anaerobios:** presentan un gran interés, ya que además de su función intrínseca de eliminar la materia orgánica produce metano, este es un gas con un importante potencial energético. El proceso consiste en la degradación de la materia orgánica en ausencia de oxígeno y por

medio de bacterias específicas, a productos gaseosos o biogás, y otros productos normalmente inorgánicos y compuestos no biodegradables. El biogás contiene un alto porcentaje de metano (50-70 por ciento). Se emplea para efluentes con alta carga orgánica.

Actualmente, no se encuentra con ningún tipo de tratamiento secundario en la planta.

#### **2.6.4. Tratamientos terciarios y disposición de lodos**

Este utiliza técnicas de ambos tipos de tratamientos primarios y secundarios, con el objetivo de pulir la descarga de agua mejorando alguna de sus características. Si se emplea intensivamente pueden lograr hacer el agua de nuevo apta para el abastecimiento de necesidades agrícolas, industriales, e incluso para potabilización.

- Adsorción: consiste en la propiedad que presentan ciertos materiales (adsorbentes) de fijar en su superficie determinados compuestos del agua residual. Este procedimiento se utiliza con compuestos como: fenoles, hidrocarburos aromáticos, derivados dorados, etc., y existen episodios en los que se generan problemas de olores. El más usado es el carbón activo que se emplea en forma de polvo y granular, debiéndose regenerar posteriormente.
- Intercambio iónico: consiste en la sustitución de uno o varios iones presentes en el agua por otros que forman parte de una fase sólida (intercambiador), siendo esta reacción de intercambio reversible. Esta técnica es muy cara, por lo que solo se utiliza para elementos tóxicos o por su alto valor para recuperarlos, por ejemplo: eliminación de isótopos

radioactivos, mercurio, cianuros, recuperación de oro, platino y otros metales preciosos.

- Ultra filtración: es una técnica basada en la separación de las moléculas en función de su tamaño, para ello se utiliza una membrana porosa de tamaño definido, quedando retenidas las moléculas que lo superen. Este procedimiento se utiliza en el tratamiento de aguas de lavado de pinturas, aceites usados, recuperación de sueros de efluentes de queserías, etc.
- Ósmosis inversa: consiste en hacer pasar el agua a través de membranas semipermeables, para ello se debe aplicar una presión hidrostática que venza la presión osmótica del agua a tratar. La ósmosis inversa se utiliza para recuperar metales, para eliminar las sales presentes y para reciclar agua a los procesos.
- Electro diálisis: consiste en aplicar a efluentes con una alta carga de iones, una diferencia de potencial de forma que, los cationes se vayan hacia el cátodo y los aniones al ánodo, entre ambos se introducen membranas de diálisis selectivas, unas permeables a cationes y otras aniones.
- Stripping: consiste en la eliminación de ciertos compuestos volátiles por medio de un arrastre con gas. Puede utilizarse vapor de agua (eliminación de amoníaco), ya que la solubilidad de los gases disminuye con la temperatura, y aire a presión para la eliminación de VOC's.
- Oxidación-reducción: estas reacciones se utilizan para modificar el estado de ciertos metales o compuestos (nitrogenados, sulfurados, cianurados, etc.), con el objetivo de hacerlos insolubles o no tóxicos.
- Desinfección: se utiliza sobre todo, si se pretende realizar posteriormente una reutilización del agua. Su objetivo consiste en destruir los gérmenes patógenos mediante la utilización de procesos normalmente químicos. Se emplea para, ello de forma prioritaria, el cloro, ozono, el dióxido de cloro, entre otros.



### **3. PROPUESTA PARA IMPLEMENTAR EL SISTEMA DE TRATAMIENTOS DE AGUAS RESIDUALES**

#### **3.1. Políticas de medio ambiente**

La política de medio ambiente es: “En el 2015 somos un modelo a seguir, con reconocimiento mundial en materia de medio ambiente. Integramos nuestras metas económicas y sociales con conciencia y compromiso para reducir la huella ambiental de Grupo Bimbo.”

Comprometidos con el medio ambiente, Grupo Bimbo busca una mejora continua a través del fortalecimiento de la cultura ambiental en toda su cadena de valor con el cumplimiento de las leyes ambientales, con base en la gestión ambiental y el uso de nuevas tecnologías que reduzcan el impacto ambiental.

La gestión ambiental de medio ambiente se basa en el programa interno llamado: reducción de huella ambiental, la cual se fomenta en tres líneas de acción que son:

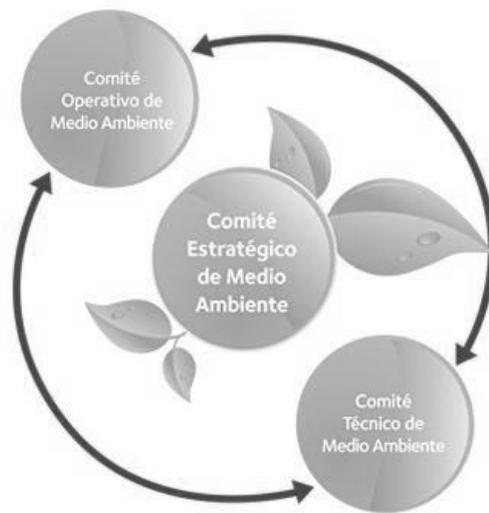
- Reducción de la huella de carbono
- Reducción de la huella hídrica
- Manejo integral de residuos

Para garantizar la atención eficaz y concisa en temas ambientales se implementan en la estructura organizacional tres comités:

- Estratégico de medio ambiente

- Técnico de medio ambiente
- Operativo de medio ambiente

Figura 14. **Estructura organizacional ambiental**



Fuente: Bimbo de Centroamérica S. A.

Estos comités fortalecen la gestión ambiental y manifiestan el compromiso manifestado en la Política de Medio Ambiente de Grupo Bimbo. El propósito de dicha política es promover la cultura ambiental de centros de trabajo a través de lo siguiente:

- Enfocar esfuerzos (por medio de la sustentabilidad) entre negocio, sociedad y medio ambiente.
- Identificar y aplicar planes de mejora que reduzcan el impacto al medioambiente inherente a la operación.
- Cumplir con las leyes locales y convenios internacionales en materia ambiental.

- Auditar los planes de mejora ambiental.
- Medir la huella ambiental de los centros de trabajo.

### **3.2. Desarrollo sostenible**

En términos ambientalistas se maneja el concepto de la capacidad de carga, con el que se hace referencia a los límites que un determinado elemento o recurso natural puede soportar; si la carga supera los límites soportables, sobreviene el colapso y se pierde sostenibilidad. La naturaleza por su parte, tiene su propia capacidad de asimilación, pero esta es limitada y no se puede exceder sin consecuencias como desequilibrio o destrucción.

Mantenerse dentro de los límites correctos o permisibles, es el punto de partida de la sostenibilidad. Esta circunstancia ha generado rechazo por algún sector de la sociedad, sin embargo, el objetivo del desarrollo sostenible, superando las dificultades e inversiones que el mismo representa, es producir riqueza y bienestar para la sociedad actual, sin destruir los recursos y posibilidades de sobrevivencia de las generaciones del futuro.

La gestión ambiental es una actividad que tiene por objetivo el cuidado del medio ambiente y la conservación de los recursos. Al analizar el desarrollo sostenible, es posible evidenciar que hay bastante similitud en el contenido que ambos conceptos encierran. La gestión ambiental debe caminar paralela al desarrollo, evitando que este transgreda los límites medioambientales. El desarrollo sostenible es, antes que nada, un concepto que involucra desarrollo y gestión ambiental, es un principio o marco dentro del cual se debe mover la productividad y todas las formas de desarrollo a fin de conservar el medio ambiente y la naturaleza en general.

Es por esto que, Grupo Bimbo maneja un sistema de gestión ambiental llamado: “nuestro camino”, incluye cinco niveles que permiten lograr el perfecto funcionamiento de la gestión ambiental en la organización para un desarrollo sostenible a través del ahorro de agua y de energía, disminución de emisiones, manejo de residuos y cultura ambiental.

Figura 15. **Sistema de gestión ambiental**



Fuente: Bimbo de Centroamérica, S. A.

### 3.3. Reducción de consumo de agua

Basado en la línea de reducción de huella hídrica se proponen las siguientes implementaciones:

### **3.3.1. Entrenamiento de operarios**

La capacitación del personal operativo o bien colaboradores como se les conoce en Bimbo de Centroamérica, S. A., son panaderos y mecánicos, como parte de la concientización, mantenimiento y buenas prácticas serán capacitados por su jefe respectivo. Los mecánicos serán capacitados por el jefe de Mecánicos y los panaderos por los jefes de líneas.

El jefe de mecánicos impartirá 4 capacitaciones en horarios de 8:00 am a 10 pm, una vez al mes para dar a conocer su responsabilidad humana con el medio ambiente, describir el funcionamiento de los equipos, partes importantes del mismo, cómo hacer el mantenimiento preventivo del sistema, cómo llenar el formato de mantenimiento preventivo, cómo realizar la instalación de cada uno de los componentes del sistema de la planta de tratamientos residuales y la redistribución del agua en el sistema.

Los jefes de los panaderos impartirán 4 capacitaciones en horarios de 8:00 am a 10 pm, una vez al mes para dar a conocer su responsabilidad humana con el medio ambiente al moderar su consumo, cómo dar la limpieza adecuada a los equipos en seco si aplica medidas de seguridad para los equipos, medidas de seguridad que deben seguir los colaboradores, medidas de seguridad al manejar químicos de limpieza, recuperación de materiales del sistema, limpieza de charolas, raspado de tinas y depósitos.

### **3.3.2. Prevención de pérdidas por arreglo de válvulas**

Las válvulas antifugas se utilizan para prevenir la pérdida de agua en el sistema principal. Esto puede ocurrir cuando el sistema de agua no tiene presión.

Los reguladores de flujo de agua utilizados serán de 0,5, 0,75, 2,5 y 4,5 pulgadas con rangos de 4, 5, 6, 8 y 10 litros/minuto. Estos implementos pueden ahorrar de 8 a 18 litros por minuto y logran la reducción de salida del agua a la mitad con suministros normales de presión (1,5 a 4 bar).

Figura 16. **Regulador de flujo para llaves de nariz**



Fuente: Bimbo de Centroamérica, S. A.

### **3.3.3. Prevención de pérdidas por otros accesorios**

Para reducir el consumo de agua por medio de otros accesorios se proponen los siguientes mecanismos:

- Lavamanos automáticos con sensor infrarrojo

Con la implementación, a este tipo de lavamanos automáticos con sensor infrarrojo de movimiento, se sustituirán los lavamanos convencionales con alto

consumo, en forma inmoderada, por lavamanos automáticos que dejará de fluir agua al quitar las manos de la zona de activación, dando así un ahorro de agua potable considerable para el proceso de 90 a 200 metros cúbicos.

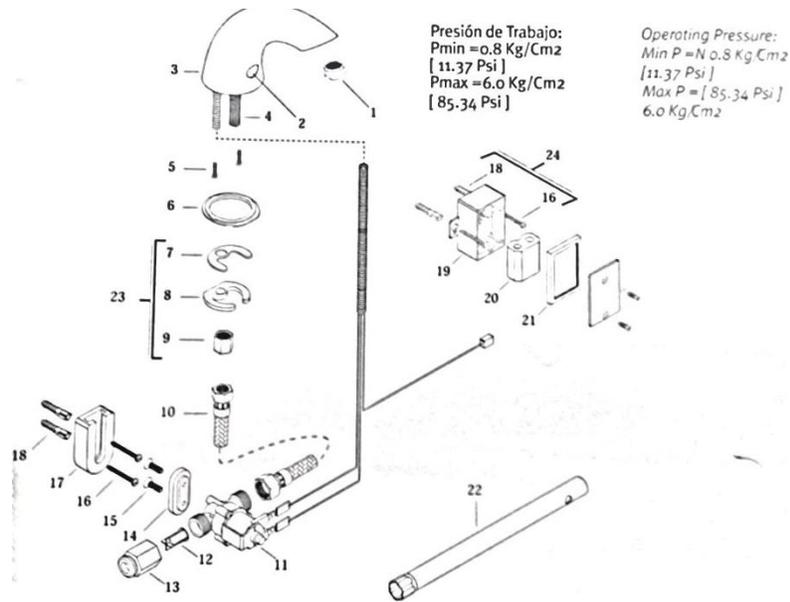
Con este sistema de lavamanos, la reducción de agua potable se encontrará dentro de un 70 por ciento a un 80 por ciento.

Figura 17. **Lavamanos con sensor infrarrojo**



Fuente: Bimbo de Centroamérica, S. A.

Figura 18. Partes de lavamanos con sensor infrarrojo



Fuente: Manual de partes grifo para lavamanos modelo ZAFIRO.

### 3.3.4. Limpieza en seco de los equipos

Una medida de reducción en el consumo de agua es la limpieza en seco de los equipos mediante los pasos que a continuación se detallan, este procedimiento propone la limpieza mediante raspado de los equipos sin la utilización de pistola de agua, una vez limpios a un 90 por ciento se procede a extraer los residuos con pistola de aire actividades que se detallan en el proceso de la figura 21,

Figura 19. **Limpieza de charola**



Fuente: Bimbo de Centroamérica, S. A.

Figura 20. **Raspado de equipos**



Fuente: Bimbo de Centroamérica, S. A.

Esta es una acción orientada a reducir el caudal de agua residual y a disminuir la presencia de compuestos que actualmente inciden en los niveles de concentración de la DBO, como: harina, manteca, azúcares, lácteos, grasas y aceites.

### **3.3.5. Limpieza en seco de los pisos**

Posteriormente a la limpieza de los equipos en seco se procede a limpiar el piso en el área de trabajo, el procedimiento indica recoger los restos del producto con guantes y colocarlos en bolsa de basura orgánica, con una escoba mover los residuos restantes al registro más cercano y limpiar con trapeador.

### **3.3.6. Sistema de lavado de alta presión y poco volumen**

Uno de los factores de consumo de agua de forma inmoderada se efectúa en la limpieza de equipos de producción, para esta parte del proceso se implementará hidrolavadoras industriales eléctricas de agua fría con un caudal de trabajo de 13 litros por minuto a una potencia de 4,1 HP.

Tabla VIII. **Especificaciones técnicas hidrolavadora**

Modelo:	Karcher agua fría
Presión de trabajo:	2 300 psi
Caudal:	13Lt/min
Potencia:	4,1 HP
Voltaje:	220 v. bifásico
Peso:	50 Kg
Garantía:	6 meses

Fuente: Bimbo de Centroamérica, S. A.

### **3.4. Reutilización del recurso agua**

La implementación requiere la recirculación del producto agua para que sea lo más rentable posible y de igual manera una ayuda al medio ambiente, proporcionando así una disminución en la descarga directa del agua del pozo principal de la planta, utilizándolo para la producción directa de los productos. La recirculación del agua a la tubería de la planta es para fines no productivos, quiere decir, que no se destinará como materia prima o para consumo humano.

#### **3.4.1. Riego de jardines**

Los resultados que se esperan obtener de la planta de tratamientos son ideales para el riego de jardines, por lo tanto, la reutilización de este se destinará, en gran manera a esta actividad, ya que la planta cuenta con una superficie de área verde de 10 600 metros cuadrados, para este jardín se necesita una lámina de riego de 1,5 milímetros al día. El riego de jardines operará constantemente a principios de noviembre hasta finales de abril del siguiente año.

#### **3.4.2. Control de polvo**

La exposición al polvo en un lugar de trabajo es un problema que afecta directamente a la empresa y existen enfermedades debido al polvo que son consideradas como enfermedades profesionales, por lo tanto, las medidas de prevención para minimizar estos riegos son importantes, y de igual forma, para estas medidas debe de utilizarse agua.

Los objetivos relacionados al control del polvo tienen diferentes medidas que se deben tomar para cumplir con el objetivo, los cuales se dan a conocer en la tabla IX.

Parte del objetivo de prevención esta: evitar la producción de polvo y evitar la difusión de polvo, por lo tanto se puede apreciar que las medidas para el control ya están tomadas e implementadas y muchas de ellas no conllevan la utilización de agua.

Tabla IX. **Matriz de control de polvo**

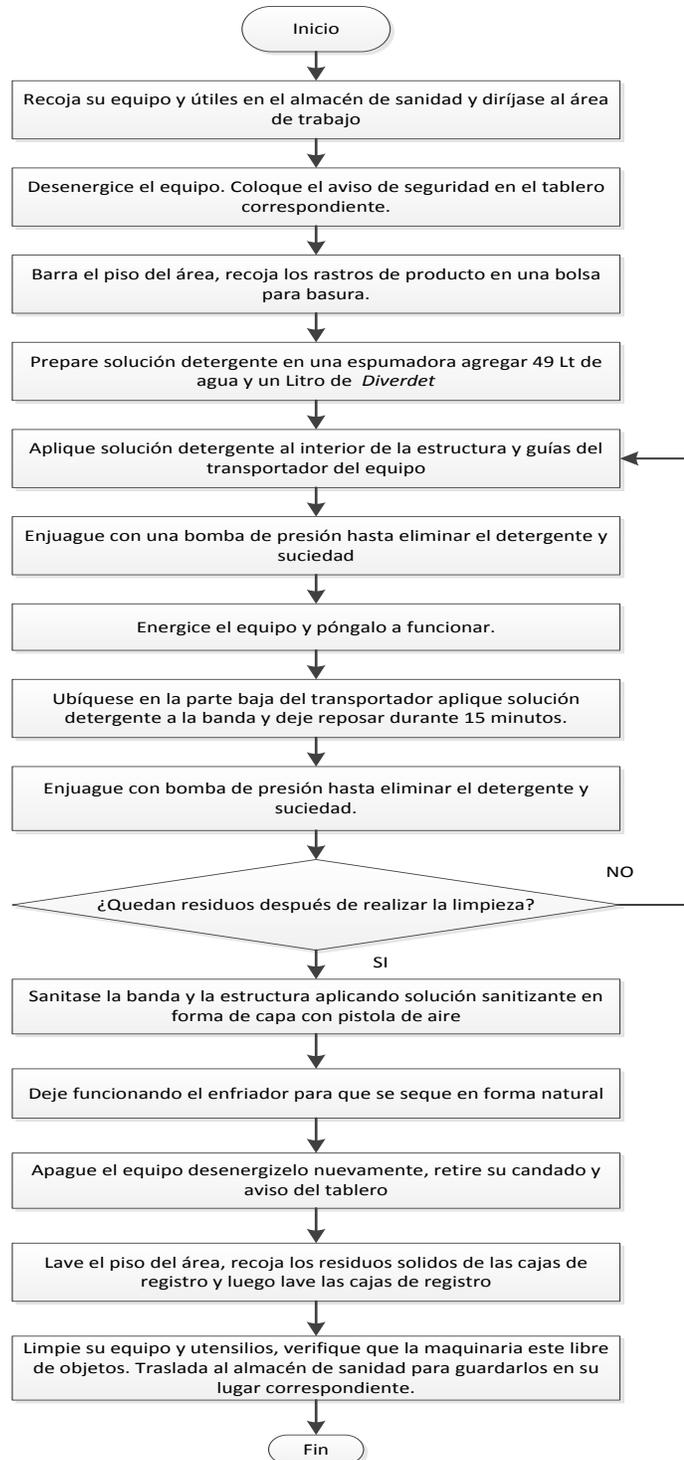
Objetivo de prevención	Medidas a tomar	Operación a realizar	Implementado en planta
Evitar la producción de polvo	Sustitución	Utilizar pastas o líquidos en vez de polvo	Si
	Modificación de Procesos	Automatización	Si
		Contenedores en vez de sacos	Si
Evitar la difusión de polvo	Aislamiento de procesos	Cerramientos	Si
	Renovación del aire	Ventilación	Si
	Impedir acumulación	Limpieza de locales con aspiración húmeda en superficies lisas	Si

Fuente: elaboración propia.

### 3.4.3. Limpieza de equipos

Inducción y capacitación de nuevos procesos de pre limpieza en seco, remoción de materia prima, recolectarlo y depositarlo en bolsas plásticas.

Figura 21. Diagrama de flujo limpieza de equipos



Fuente: Bimbo de Centroamérica, S. A.

#### 3.4.4. Baños y accesorios

- Inodoros con bajo consumo de agua

Los inodoros de bajo consumo de agua son los que tecnológicamente se han desarrollado para trabajar con volúmenes de 4 litros o menos de agua, compararlas con los tradicionales que funcionan mediante elevación del volumen de agua ubicados en un rango de 13 litros como los que actualmente funcionan en la panificadora.

La taza de estos baños es diseñada por los fabricantes con sifones capaces de arrastrar todos los sólidos que se le depositen y así lograr la extracción de residuos con un consumo de agua menor.

Figura 22. **Inodoro de bajo consumo de agua**



Fuente: Bimbo de Centroamérica, S. A.

- Urinarios sin consumo de agua

Este sistema de urinarios reforzará el ahorro de agua potable y funciona mediante un moderno mecanismo en el cual su cartucho actúa como un embudo. La combinación de materiales antiadherentes no porosos asegura que toda la orina pase el cartucho que posee un líquido sellador el cual se encuentra flotando sobre la orina. El líquido sellador funciona como una barrera hermética entre la orina y el exterior. Luego la orina pasa directamente al desagüe sin realizar ningún gasto alguno de agua.

El costo adicional que se tendría con la implementación de este sistema es el mantenimiento requerido para su funcionamiento, la limpieza rutinaria del urinario y el cambio de cartuchos cada 4 meses.

Figura 23. **Urinario sin consumo de agua**



Fuente: Bimbo de Centroamérica, S. A.

- Lavamanos automáticos con sensor infrarrojo

Con la implementación de este tipo de lavamanos automáticos con sensor infrarrojo de movimiento se sustituirán los lavamanos convencionales con alto consumo en forma inmoderada, por lavamanos automáticos los cuales dejarán de fluir agua al salir las manos de la zona de activación dando así un ahorro de agua potable considerable para el proceso.

Para el ingreso a la planta de producción, como indica el inciso 3.3.3, se utilizarán grifos para lavamanos modelo Zafiro, el grifo Ágata será utilizado en el lavamanos del personal femenino y el Jaspe en el lavamanos de varones. Posteriormente a la instalación de estos tres grifos se controlará su rendimiento para verificar el grifo más óptimo en ahorro de agua.

### **3.5. Sistema de tratamiento de aguas residuales**

El sistema de tratamientos busca bajar los parámetros de contaminación que se depositan en el alcantarillado público y así poder cumplir con el objetivo principal de la empresa que es cuidar al medio ambiente.

#### **3.5.1. Parámetros para la descarga de aguas**

Los parámetros del efluente para la propuesta de implementación de la PTAR tendrán los valores que se muestran en la tabla X.

Tabla X. **Parámetros de descarga propuestos**

Parámetros	Valores sin PTAR	Entrada a la PTAR	Salida de la PTAR	Límite de la norma de reúso
DBO	9 405	13 325	26,65	20
DQO	6 075	26 650	202,5	
GYA	19	1 447	202,6	15
pH	6,3	4,67	7	
Sólidos suspendidos	1 352	4 400	49,9	20
Sólidos sedimentales	10	32	5,53	

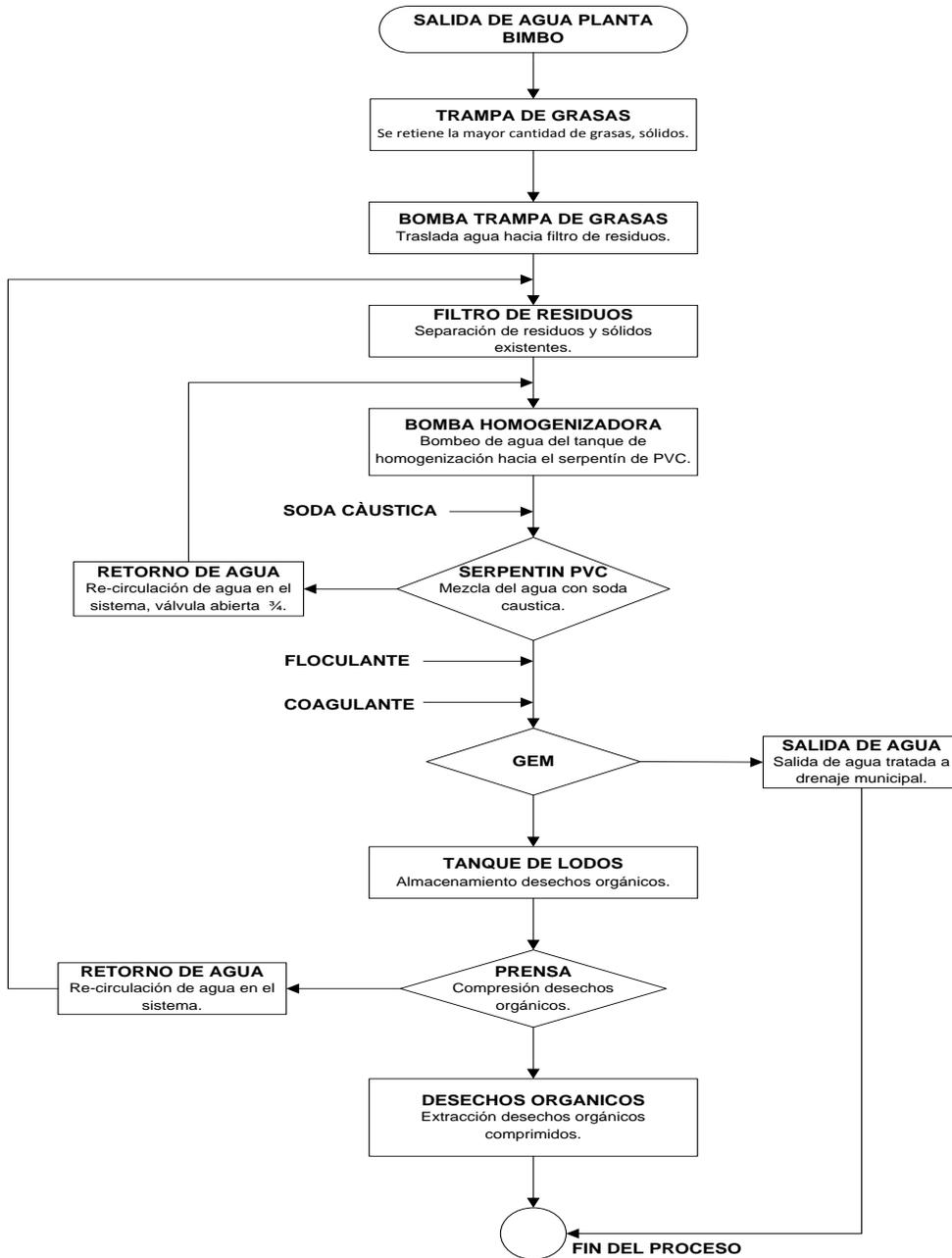
Fuente: Clean Water Technology, Inc.

### 3.5.2. **Diseño conceptual**

El diseño de la planta inicia con la salida de agua residual de la planta, pasando por los puntos de trampas de grasas y bomba de grasa para realizar una separación de residuos sólidos. Se bombea al tanque de homogenización que se mezcla posteriormente con soda cáustica, floculante y coagulante para poder ingresar a la GEM y salir el agua tratada al drenaje municipal con las especificaciones establecidas y deseadas.

Los desechos orgánicos almacenados son comprimidos después la recolección y se extraen de la planta de tratamiento de aguas residuales.

Figura 24. Diagrama de operaciones de PTAR



Fuente: Bimbo de Centroamérica, S. A.

### **3.5.3. Tratamiento de lodos**

Parte del tratamiento de tipo biológico, el agua residual denota ser de tipo biodegradable, esto se deduce de DQO/DBO que establece un valor numérico de 1,55 lo cual indica que puede llegar a ser biodegradable con cierto acondicionamiento.

Este tratamiento ya se encontraba en la planta y es de donde parte la PTAR, esta consta de dos trampas de grasas, ubicadas en la parte sur del lugar que ocupa el Área de Producción dentro del terreno de la empresa.

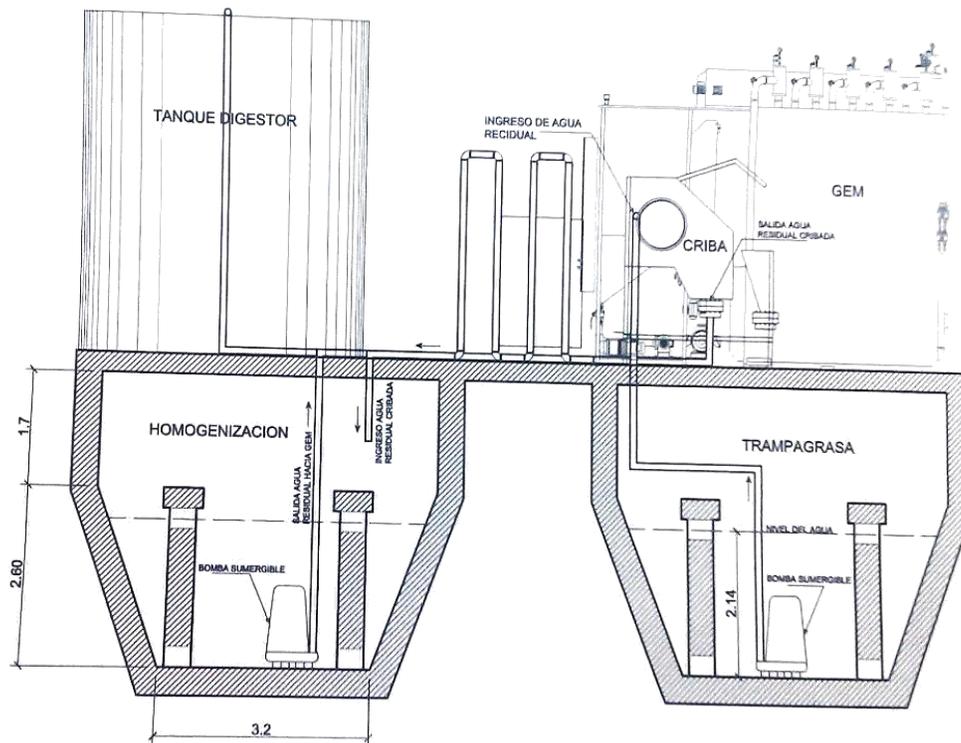
Las dos unidades de trampa de grasas tienen las dimensiones siguientes:

- Ancho efectivo: 2,60 m c/u
- Largo efectivo: 7,03 m
- Profundidad efectiva: 1,14 m

### **3.5.4. Dimensiones de equipos**

Las dimensiones de la PTAR cumple con las necesidades de la empresa, la propuesta respeta los parámetros que se desean lograr para la descarga del agua y la reutilización del agua para irrigación ornamental de jardines de la planta de producción, pero no para consumo humano. Las dimensiones de la PTAR se muestran en la figura 25.

Figura 25. Dimensiones de PTAR



Fuente: Clean Water Technology, Inc.

El resultado es una mayor eficiencia en el uso de químicos y lodos más concentrados, ya que inyecta aire al cien por ciento del efluente. El aire se disuelve en el flujo de residuos antes de que el proceso de formación del flóculo comience. Los componentes del sistema se describen a continuación.

- El área total del sistema es de 3 metros de largo, 1,3 de ancho y 2,7 metros de alto.
- El sistema eléctrico requerido es de 460 VAC/3 fases y 60 Amperios.
- Tanque con cámara de burbujas en acero 304 grado alimenticio. 2,1 metros de largo, 1,2 de ancho y 2,1 de alto.

- Tanque temporal Hopper, tolva receptora de lodos de acero 304,1 metros de largo, 1,2 de ancho y 1,55 de alto.
- Bomba principal de alimentación de cabezales LSGM con capacidad de 10 caballos de fuerza.

### 3.5.5. Especificaciones de equipos

El sistema GEM posee seis cabezas ajustadas que permiten la mezcla de energía en el flujo de residuos, la aplicación y los requisitos físico-químico pueden ser satisfactorios.

- Soda cáustica
  - Módulo de control de bomba de soda: modelo DP500-1 BO de 120 voltios.
  - Bomba dosificadora: NSF electromagnética modelo C721-362 SI de 120 voltios, con capacidad de 4 gpm a una presión de 100 psi.

Figura 26. **Módulo soda cáustica**



Fuente: Bimbo de Centroamérica, S. A.

- Criba
  - Motor: NORD modelo Ntr 71L/4 de 460 voltios generando 0,5 HP a 1720 revoluciones por minuto.
  - Caja reductora: marca NORD modelo SK9012 L/4.

Figura 27. Criba



Fuente: Bimbo de Centroamérica, S.A.

- Floculante
  - Motor de agitador: marca esterling modelo NSY074 MCA de 0,76 Hp a 1750 con una eficiencia del 81%.
  - Reductor: marca Shape maxers modelo G-075.
  - Motor de bomba: marca Leeson modelo C14D6F21B eléctrico de 90 voltios DC con 0.37 KW a 600 revoluciones por minuto.
  - Gusano de bomba: marca Seepex modelo MD0006-12

Figura 28. **Floculante**



Fuente: Bimbo de Centroamérica, S.A.

- Coagulante
  - Motor agitador: marca Esterling modelo NBY054 de 0,5 Hp a 1 750 revoluciones por minuto.
  - Reductor: marca Shape modelo G-050.
  - Motor de bomba: marca Leeson modelo C14D6F21 de 0,37 KW a 600 revoluciones por minuto a 90 voltios
  - Gusano de bomba: marca Seepex modelo MD003-12

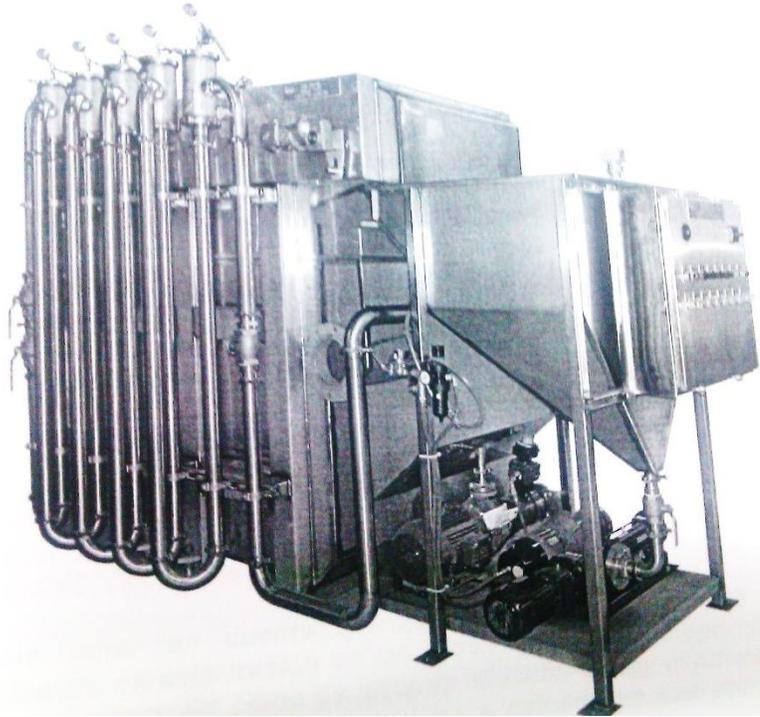
Figura 29. **Coagulante**



Fuente: Bimbo de Centroamérica, S. A.

- GEM
  - Motor de soplado: con potencia de 10 Hp a 1770 revoluciones por minuto.
  - Compresor de aire: capacidad máxima de 150 psi.
  - Skimmer con motor: con paletas de arrastre de lodos de 0,5 Hp.
  - Bomba de lodos: con una potencia de 1,0 caballos de fuerza.

Figura 30. **GEM 20/75**



Fuente: Bimbo de Centroamérica, S. A.

### **3.5.6. Capacidad física**

Se instalará un sistema completo GEM modelo 20/75GPM en las instalaciones de Bimbo de Centroamérica, S. A., el sistema se calibrará para manejar un flujo de 38 galones por minuto. El sistema GEM puede ser ajustado fácilmente para operar en corrientes entre 20 y 75 galones por minuto permitiendo aumentar su capacidad posteriormente.

### **3.6. Análisis económico**

Se analizan todas las variables que se encuentran involucradas para la instalación de la nueva maquinaria y las modificaciones para el ahorro del agua

en la planta, dentro de los cuales se contemplan los beneficios y los costos que conllevan a la realización del proyecto.

### **3.6.1. Análisis beneficio-costo**

Para realizar el cálculo de la relación beneficio-costos, se toma en cuenta:

- El tiempo de vida del proyecto, el cual es de 20 años.
- Beneficios obtenidos con la instalación de la nueva tecnología.
- Los costos relacionados con mantenimiento, lubricación y operación de la nueva tecnología implementada.
- La inversión inicial realizada por la empresa al momento de adquirir esta nueva maquinaria.
- Se asume una multa por parte del incumplimiento de artículos.
- Se proyecta con base en los valores obtenidos de la empresa.

#### **3.6.1.1. Beneficios**

A nivel ambiental, el compromiso es disminuir el consumo de los recursos naturales y conservar el medio ambiente en general. Con las medidas correctivas se aporta ventajas grandes que son beneficio para el municipio y la conservación del medio ambiente a través del consumo racional de los recursos, es el camino por el cual se enfocan todos los esfuerzos que se implementan para el ahorro del consumo de agua potable y el tratamiento de aguas residuales, algunos beneficios que se pueden mencionar son los siguientes:

- Beneficios derivados de la disminución de riesgos de accidentes en una zona congestionada.
- Ahorro de tiempo de transporte por mejoramiento en el posicionamiento de la marca en el mercado como una empresa enfocada en producción más limpia.
- Aumento de la esperanza de vida con la reducción de sustancias contaminantes en el efluente.
- Disminuir índices de mortalidad en el municipio por contaminación de aguas.
- Aumento de productividad y eficiencia.

El ahorro en el consumo del agua potable es el más apropiado con base en el historial de descarga y el consumo posterior a la implantación, se puede calcular este beneficio con base en el costo de venta de la municipalidad. Dado que las implementaciones concluyeron en marzo, los cálculos de ahorro de agua se basan a partir de abril del 2011. Con respecto al 2010 y los meses de enero, febrero y marzo del 2013 se comparan con el 2012. El costo del metro cúbico del agua por encima de los 121 metros cúbicos es de Q.8,50 por metro cúbico, más el impuesto al valor agregado que no es tomado en cuenta en este análisis y el 20 por ciento sobre el consumo total por concepto de alcantarillado. La inflación no es tomada en cuenta en este análisis.

Tabla XI. **Beneficios cuantificables por implementación**

Mes	2011 [m <sup>3</sup> ]	2012 [m <sup>3</sup> ]	Ahorro 2011-2012 [m <sup>3</sup> ]	Ahorro 2012 [Q.]	2013 [m <sup>3</sup> ]	Ahorro 2012-2013 [m <sup>3</sup> ]	Ahorro 2013 [Q.]	
Enero	3 528	4 115	-587		3 024	1 091	27 821	
Febrero	4 676	4 649	27		4 080	569	14 510	
Marzo	3 887	5 010	-1 123		3 971	1 039	26 495	
Abril	3 846	3 750	96	2 448	2 808	1 038	26 469	
Mayo	3 711	3 632	79	2 015	2 646	1 065	27 158	
Junio	3 320	3 313	7	179	2 538	782	19 941	
Julio	3 051	2 971	80	2 040	2 217	834	21 267	
Agosto	3 047	2 952	95	2 423	2 200	847	21 599	
Septiembre	2 594	2 070	524	13 362	1 921	673	17 162	
Octubre	3 952	3 110	842	21 471	3 646	306	7 803	
Noviembre	3 715	3 497	218	5 559			-	
Diciembre	4 458	3 307	1 151	29 351			-	
			<b>TOTAL (Q)</b>	78 846			<b>TOTAL (Q)</b>	210 222

Fuente: Bimbo de Centroamérica, S.A.

El Decreto 68-86 del Congreso de la República: Ley de Protección y Mejoramiento del Medio Ambiente, artículo 8, establece que: “Para todo proyecto, obra, industria o cualquier otra actividad que por sus características puede producir deterioro a los recursos naturales renovables o no, al ambiente, o introducir modificaciones nocivas o notorias al paisaje y a los recursos culturales del patrimonio nacional, será necesario previamente a su desarrollo un estudio de evaluación del impacto ambiental, realizado por técnicos en la materia y aprobado por la Comisión del Medio Ambiente. El funcionario que omitiere exigir el estudio de impacto ambiental de conformidad con este artículo, será responsable personalmente por incumplimiento de deberes, así como el particular que omitiere cumplir con dicho estudio de impacto ambiental será sancionado con una multa de Q.5 000,00 a Q.100 000,00. En caso de no cumplir con este requisito en el término de seis meses de haber sido multado, el negocio será clausurado.

Otros beneficios legales es no ser multado con base en el artículo 31: Las sanciones que la Comisión Nacional del Medio Ambiente dictamine por las infracciones a las disposiciones de la presente ley, son las siguientes:

- a) Advertencia aplicada a juicio de la Comisión Nacional del Medio Ambiente y valorada bajo un criterio de evaluación de la magnitud del impacto ambiental;
- b) Tiempo determinado para cada caso específico para la corrección de factores que deterioran el ambiente con participación de la Comisión en la búsqueda de alternativas viables para ambos objetivos;
- c) Suspensión: cuando hubiere variación negativa en los parámetros de contaminación establecidos para cada caso específico por la Comisión Nacional del Medio Ambiente;
- d) Comiso de las materias primas, instrumentos, materiales y objetos que provengan de la infracción cometida, pudiéndose destinar a subasta pública o su eliminación cuando fueren nocivos al medio ambiente;
- e) La modificación o demolición de construcciones violatorias de disposiciones sobre protección y mejoramiento del medio ambiente;
- f) El establecimiento de multas para restablecer el impacto de los daños causados al ambiente, valorados cada cual en su magnitud;
- g) Cualesquiera otras medidas tendientes a corregir y reparar los daños causados y evitar la contaminación de actos perjudiciales al medio ambiente y los recursos naturales”.

#### **3.6.1.2. Costos**

En el proceso de la PTAR se realizaron 4 muestras para realizar los análisis fisicoquímicos y microbiológicos, así monitorear y controlar del tratamiento logrado en las aguas residuales de la planta. Los costos de los

análisis en aguas se dividen en aguas residuales y metales pesados, los detalles se presentan en las tablas XII, XIII y XIV.

**Tabla XII. Costo del paquete básico de aguas residuales**

PARAMETRO	PRECIO
T °C (in situ)	
Aceites y grasas	
Material flotante	
Sólidos sedimentarios	
Sólidos suspendidos	
Demanda química de oxígeno	
Demanda bioquímica de oxígeno	
Nitrógeno total	
Fósforo total	
pH	
Coliformes fecales	
Color	
<b>PRECIO TOTAL</b>	<b>Q.3 675,00</b>

Fuente: cotización de costos de laboratorio de análisis.

**Tabla XIII. Costo del paquete metales pesados**

PARÁMETRO	PRECIO
Arsénico	
Cadmio	
Cobre	
Cromo	
Mercurio	
Níquel	
Plomo	
Zinc	
Cianuro	
<b>PRECIO TOTAL</b>	<b>Q.5 995,00</b>

Fuente: cotización de costos de laboratorio de análisis.

Tabla XIV. **Costo total (paquete básico + metales pesados)**

DESCRIPCION	PRECIO [Q.]
Paquete aguas residuales	3 675,00
Paquete metales pesados	5 995,00
Total de los dos paquetes	9 670,00
Total de los 4 muestreos	38 680,00

Fuente: elaboración propia.

Todos los costos de personal, material a utilizar para muestras, asesores, revisores, analistas, personal de mantenimiento y técnicos de recolección ya se encuentran dentro de los costos de cada paquete, por lo tanto estos no se desglosan en cuadros de costos por contratación del servicio, pero si son parte del proceso.

El precio del equipo GEM se detalla a continuación por sección de proceso.

Tabla XV. **Costo de pretratamiento y tratamiento GEM**

SECCIÓN	DESCRIPCIÓN	PRECIO [Q.]
I	Sistema GEM 75 GPM	900 000,00
	Interconexión, infraestructura y arranque	93 750,00
II	Sistema de químico catiónico	113 190,00
	Sistema de químico aniónico	98 812,50
	pH system	41 625,00
	Bomba de D-loop	46 462,50
	D-loop	48 675,00
	Criba rotatory 50 gpm Rd s03/300	48 675,00
	Total	1 391 190,00

Fuente: elaboración propia.

Tabla XVI. **Costo implementos para ahorro de agua**

UNIDADES	DESCRIPCIÓN	PRECIO UNITARIO [Q.]	PRECIO TOTAL [Q.]
11	Inodoro institucional Ecohelvei de 4,8L	2 198,00	24 178,00
11	Fluxómetro para inodoro ecológico 4,8L	1 576,45	17 340,95
9	Mingitorio libre de agua	4 505,90	40 553,10
9	Diafragma para mingitorio libre	706,50	6 358,50
4	Grifo JASPE adaptable	2 185,00	8 740,00
4	Grifo ZAFIRO adaptable	2 280,00	9 120,00
4	Grifo AGATA adaptable	2 185,00	8 740,00
10	Regulador de flujo de ½ pulgada	176,00	1 760,00
10	Regulador de flujo de ¾ de pulgada	236,55	2 365,50
10	Regulador de flujo de 2.5 de pulgada	127,42	1 274,20
10	Regulador de flujo de 4.5 de pulgada	127,42	1 274,20
2	Hidrolavadora Karcher agua fría	6 500,00	13 000,00
Total			134 704,45

Fuente: elaboración propia.

Tabla XVII. **Costos totales de implementación**

DESCRIPCIÓN	PRECIO [Q.]
Muestreos	38 680,00
Pretratamiento y tratamiento primario avanzado GEM	1 391 190,00
Implementos ahorro de agua	134 704,45
Costo total de la implantación del proyecto	1 564 574,45

Fuente: elaboración propia.

Tabla XVIII. **Costos mensuales de planta de tratamientos**

Mes	Costo coagulante [Q.]	Costo floculante [Q.]	Costo soda [Q.]	Costo mano de obra [Q.]	Costo lodos [Q.]	Costo del consumo de energía [Q.]	Costo por mes [Q.]
Enero	6 720	1 800	9 204	5 400	3 400	2 159,87	34 683,87
Febrero	6 720	1 800	9 204	5 250	9 400	6 079,74	38 453,74

Fuente: Bimbo de Centroamérica, S. A.

### 3.6.1.3. Análisis de resultados

Para el siguiente análisis se proyectan los flujos de efectivo de los beneficios y costos a 20 años a una tasa anual del 9 por ciento, con base a estos datos se realiza un valor actual neto, y posteriormente analizar el resultado beneficio costo de este proyecto.

Tabla XIX. **Flujo de efectivo**

año	Costos [Q.]	Benéficos [Q.]
0	1 564 574,45	100 000
1	34 683,87	78 846
2	38 453,74	210 222
3	34 683,87	210 222
4	38 453,74	210 222
5	34 683,87	210 222
6	38 453,74	210 222
7	34 683,87	210 222
8	38 453,74	210 222
9	34 683,87	210 222
10	38 453,74	210 222
11	34 683,87	210 222
12	38 453,74	210 222
13	34 683,87	210 222
14	38 453,74	210 222
15	34 683,87	210 222

Continuación de la tabla XIX.

16	38 453,74	210 222
17	34 683,87	210 222
18	38 453,74	210 222
19	34 683,87	210 222
20	38 453,74	210 222

Fuente: elaboración propia.

Tabla XX. **Valor actual neto y beneficio costo [Q.]**

VAC	1 897 653,497
VAB	1 898 492,687
VAN	839,1898023
B/C	1,000442225

Fuente: elaboración propia.

Con este resultado se puede asegurar que el proyecto se pagaría en 20 años y el beneficio costo justifica débilmente el proyecto pero, si se toma en cuenta un cierre temporal de la empresa y el aumento del posicionamiento de la marca dentro del consumidor, al fomentar y dar a conocer al cliente, que la producción de la empresa es amigable con el medio ambiente, justifica de gran manera el proyecto.

## 4. IMPLEMENTACIÓN DE LA PROPUESTA

### 4.1. Reducción de consumo de agua

Como parte de la implementación se encuentra la reducción con el consumo del agua moderado dentro de la planta. Por lo tanto, a continuación se establece el cronograma y los resultados logrados.

#### 4.1.1. Cronograma de actividades

El cronograma contempla la instalación de las mejoras que se realizaron para la reducción del consumo de agua, disminuyendo así la explotación del pozo y ahorro para la empresa, prolongando los mantenimientos del equipo de bombeo. Las actividades y el tiempo transcurrido en la implementación de las diferentes actividades se contempla en la figura 31, mediante un Diagrama de Gant, en resumen estas modificaciones iniciaron el 2 de enero y finalizaron el 9 de julio del 2012, con una duración de 250 días.

Figura 31. Cronograma de actividades de reducción de agua

Nombre de tarea	Nombre de tarea	Comienzo	Fecha esperada	Duración Esperada (días)	Porcentaje de avance	Porcentaje del retraso	Fin	Duración Real (días)	1er trimestre 2012			2do trimestre 2012			3er trimestre 2012		
									enero	febrero	marzo	abril	mayo	junio	julio	agosto	septiembre
1	Implementación de inodoros de 4 lts de consumo de agua en baño de hombres y mujeres	02/01/2012	05/03/2012	46	100%	9%	09/03/2012	50									
2	Implementación de mingitorios de 0 consumo de agua	02/01/2012	05/03/2012	46	100%	9%	09/03/2012	50									
3	Implementación de reguladores de flujo	01/02/2012	06/03/2012	25	100%	0%	06/03/2012	25									
4	Implementación de grifos automáticos	01/02/2012	15/05/2012	75	100%	0%	15/05/2012	75									
5	Hidrolavadoras	01/05/2012	09/07/2012	50	100%	0%	09/07/2012	50									

Fuente: Bimbo de Centroamérica, S. A.

#### 4.1.2. Porcentajes de reducción de agua potable

La medición del porcentaje de reducción de agua se establece por los metros cúbicos utilizados en la planta con base al punto 3.6.1.1 del capítulo 3.

Tabla XXI. Reducción de agua

MES	% reducción 2012	% reducción 2013
ENERO		26,51
FEBRERO		12,24
MARZO		20,74
ABRIL	2,50	26,99
MAYO	2,12	28,70
JUNIO	0,21	23,55
JULIO	2,62	27,33
AGOSTO	3,12	27,80
SEPTIEMBRE	20,20	25,94
OCTUBRE	21,30	7,75
NOVIEMBRE	5,87	
DICIEMBRE	1,151	

Fuente: elaboración propia.

#### 4.1.3. Análisis de resultados

La reducción de agua es evidente y esto se representa en un porcentaje de 18,11 sobre 100 al año, con respecto al año anterior a las implementaciones, cuantificable en un ahorro de Q.210 222,00 al año según tarifa municipal como comparativo. Se considera el aumento de la producción con respecto al año base, a mediados del 2012 la producción aumenta y, por tal motivo al compararla con el año anterior, el dato reflejado de reducción porcentual es poco significativo, por tanto se calculan los cambios porcentuales de reducción

comparándolos en el 2013, donde la producción tiene comportamientos normales.

## 4.2. Tratamiento de aguas residuales

Para la implementación del nuevo sistema de tratamientos de aguas residuales, se toma en cuenta varios aspectos, en primer lugar el cronograma de actividades, dimensiones reales del equipo, análisis del efluente descargado al alcantarillado público y el caudal generado.

### 4.2.1. Cronograma de instalación de la planta

El cronograma contempla la instalación de la planta de tratamiento de aguas residuales, las actividades previas y posteriores a esta implementación. Las acciones y el tiempo transcurrido en las actividades relacionadas a la planta se contempla en la figura 32, mediante un Diagrama de Gant, en resumen estas modificaciones iniciaron el 01 de mayo del 2011 y finalizaron el 20 de julio del 2012 con una duración de 321 días.

Figura 32. Cronograma PTAR

Nombre de tarea	Nombre de tarea	Comienzo	Fecha esperada	Duración Esperada (días)	Porcentaje de avance	Porcentaje del retraso	Fin	Duración Real (días)	2do trimestre 2011   3er trimestre 2011   4to trimestre 2011   1er trimestre 2012   2do trimestre 2012   3er trimestre 2012											
									abr	may	jun	jul	ago	sep	oct	nov	dic	ene	feb	mar
1	Caracterización de agua residual	01/05/2011	26/05/2011	19	100%	0%	26/05/2011	19	[Gantt bar for task 1: May 1 to May 26, 2011]											
2	Control de drenajes y trampas (pretratamiento PTAR)	27/05/2011	13/06/2011	12	100%	0%	13/06/2011	12	[Gantt bar for task 2: May 27 to June 13, 2011]											
3	Pruebas de Coagulación - Floculación (Tratamiento PTAR)	14/06/2011	01/07/2011	14	100%	36%	08/07/2011	19	[Gantt bar for task 3: June 14 to July 1, 2011]											
4	Colización y Aprobación	09/07/2011	30/11/2011	103	100%	20%	29/12/2011	124	[Gantt bar for task 4: July 9 to December 29, 2011]											
5	Implementación de PTAR	02/01/2012	17/07/2012	142	100%	2%	20/07/2012	145	[Gantt bar for task 5: January 2, 2012 to July 20, 2012]											

Fuente: Bimbo de Centroamérica, S. A.

#### 4.2.2. Dimensiones reales del equipo

Las dimensiones reales del equipo: 8,05 metros de ancho, 8,4 de largo y 7,98 metros de fondo según plano de PTAR.

#### 4.2.3. Análisis del efluente descargado al alcantarillado público

Los datos actuales de la descarga de agua tratada de la planta se presentan en la tabla XXII, que muestra datos históricos de los parámetros principales a medir y su comportamiento a través de los diferentes análisis realizados, el análisis de laboratorio se realizó con metodología estandarizada por espectrofotometría visible y metodología de la American Standards Methods por parte de la empresa LASER (Laboratorio de Análisis y Servicios, S. A.). Los análisis se realizaron a través de la empresa Comercializadora Fátima con motivos de respaldar las mejoras en el proceso.

Tabla XXII. **Control mensual de agua residual tratada**

Parámetros a medir	pH	Temp. °C	Turbidez	Sólidos suspendidos (mg/l)	Color (Pt/Co)	DBO (ppm)
Agua tratada julio 2012	5,5	24	472	325	4060	12000
Agua tratada octubre 2012	6	20	85	60	1300	8200
Agua PTAR septiembre 2013	6,4	22	40	40	1016	5400

Fuente: Comercializadora Fátima.

En el último muestreo el agua está más clarificada física y químicamente. Contenido mineral: hierro 0,3, calcio 0,8 y magnesio 0,4.

#### **4.2.4. Caudal generado (gal/min)**

La medición del caudal se realiza con equipo automático de medición de flujo marca ISCO modelo 4220 utilizando un vertedero en V de 60 grados, las mediciones de altura y temperatura a intervalos de 5 minutos. El procedimiento de medición utilizado está basado en el procedimiento de medición de caudal PRO25-MUE.

De acuerdo con la medición realizada, se tiene un caudal medio de 0.53 litros por segundo, equivalente a un caudal de 5,792 metros cúbicos por día. El efluente no se mantiene constante por variables en la producción y en el proceso; los límites máximos y mínimos del efluente se mantiene en 0 a 2,72 litros por segundo esto quiere decir un caudal de 0 a 235 metros cúbicos por día.

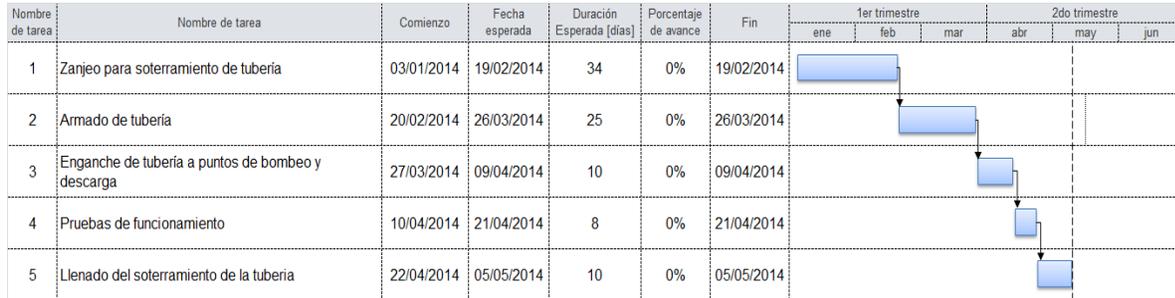
#### **4.3. Reutilización del agua tratada**

Haciendo referencia a la parte de reutilización de agua tratada no se llevará a cabo en el 2013, ya que el agua para reutilizar en riego no cumple con las especificaciones ambientales por el momento, para proyectar un cronograma se iniciará en el 2014, pero al ritmo de reducción de DBO de la planta esta reutilización puede alargarse más años. La realización de la reutilización del agua en la planta tendrá un costo de Q.17 561,10.

##### **4.3.1. Cronograma de actividades**

Como parte del seguimiento que se llevará a cabo para la reutilización del agua ya tratada de la planta se contemplan las actividades en la figura 33.

**Figura 33. Cronograma de reutilización del agua**



Fuente: elaboración propia.

#### 4.3.2. Planos de redistribución de alcantarillado interno

Como se menciona en el punto 4.3, esta implementación no se comenzará a realizar hasta que el efluente tenga las especificaciones para poder reutilizarla en las labores que se necesitan, por lo tanto no se cuenta con una distribución de planos para redistribución del mismo.

#### 4.3.3. Análisis de reducción de costos

Para regar los 10 600 metros cuadrados de jardines con una lámina de riego de 1,5 milímetros por día dentro de 4 horas establecidas al día para riego según la empresa se necesitarán 17,5 galones por minuto (gpm) como caudal para cumplir con este riego en las instalaciones por tanto cumple dentro del parámetro de descarga de la PTAR y las especificaciones. La reducción de costos se cuantifica en Q.135,15 por día que nos daría una reducción de aproximadamente Q.4 054,50 al mes.

## **5. ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL**

### **5.1. Bases legales para el manejo de residuos**

El desarrollo de la planta de tratamiento de aguas residuales se sustenta en el Decreto 68-86 del Congreso de la Republica: Ley de Protección del Medio Ambiente.

#### **5.1.1. Decreto 68-86 Ley de Protección del Medio Ambiente**

La Constitución Política de la República de Guatemala, como ley fundamental para el ordenamiento jurídico, en el artículo 97 establece los principios medioambientales y equilibrio ecológico aclarando que: “El Estado, las municipalidades y los habitantes del territorio nacional están obligados a propiciar el desarrollo social, económico y tecnológico que prevenga la contaminación del ambiente y mantenga el equilibrio ecológico. Se dictarán todas las normas necesarias para garantizar que la utilización y el aprovechamiento de la fauna, de la flora, de la tierra y del agua, se realicen racionalmente, evitando su depredación.”

En acatamiento a esta disposición constitucional, el Congreso de la República de Guatemala emitió el Decreto 68-86, como un cuerpo legal llamado a regular las actividades encaminadas a lograr la protección y mejoramiento del ambiente, mantener el equilibrio ecológico, así como la sostenibilidad en el aprovechamiento de los recursos naturales.

El Decreto 68-86 acoge los principios constitucionales del artículo 97 de la Constitución Política de la República de Guatemala, en el sentido de que el desarrollo social, económico, científico y tecnológico, debe realizarse sin contaminar el medio ambiente y manteniendo el equilibrio ecológico. Las empresas están obligadas a preparar un estudio técnico según el artículo cinco del Acuerdo Gubernativo número 236-2006, “La persona individual o jurídica, pública o privada, responsable de generar o administrar aguas residuales de tipo especial, ordinario o mezcla de ambas, que viertan estas o no a un cuerpo receptor o al alcantarillado público tendrán la obligación de preparar un estudio avalado por técnicos en la materia a efecto de caracterizar efluentes, descargas, aguas para reúso y lodos.”

El artículo 8 del Decreto 68-86 del Congreso de la República de Guatemala (reformado por el Decreto 1-93), Ley de Protección y Mejoramiento del Medio Ambiente, por medio de la Comisión Nacional del Medio Ambiente (CONAMA) establece que: “Para todo proyecto, obra, industria o cualquier otra actividad que, por sus características puede producir deterioro a los recursos naturales renovables o no, al ambiente, o introducir modificaciones nocivas o notorias al paisaje y a los recursos culturales del patrimonio nacional, será necesario, previamente a su desarrollo, un estudio de evaluación del impacto ambiental, realizado por técnicos en la materia y aprobado por la Comisión del Medio Ambiente. El funcionario que omitiere exigir el estudio de impacto ambiental de conformidad con este artículo, será responsable personalmente por incumplimiento de deberes, así como el particular que omitiere cumplir con dicho estudio de impacto ambiental será sancionado con una multa de Q.5 000.00 a Q.100 000,00. En caso de no cumplir con este requisito en el término de seis meses de haber sido multado, el negocio será clausurado en tanto no cumpla”.

El artículo 12 determina los objetivos específicos de la Ley de Protección y Mejoramiento de Medio Ambiente: “Son objetivos específicos de la Ley los siguientes:

- a) 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;
- b) 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;
- c) Orientar los sistemas educativos, ambientales y culturales, hacia la formación de recursos humanos calificados en ciencias ambientales y la educación a todos los niveles para formar una conciencia ecológica en toda la población;
- d) El diseño de la política ambiental y coadyuvar en la correcta ocupación del espacio;
- e) La creación de toda clase de incentivos y estímulos para fomentar programas e iniciativas que se encaminen a la protección, mejoramiento y restauración del medio ambiente;
- f) El uso integral y manejo racional de las cuencas y sistemas hídricos;
- g) La promoción de tecnología apropiada y aprovechamiento de fuentes limpias para la obtención de energía;
- h) Salvar y restaurar aquellos cuerpos de agua que estén amenazando o en grave peligro de extinción;
- i) Cualesquiera otras actividades que se consideren necesarias para el logro de esta Ley”.

Los objetivos específicos señalados en el artículo 12, son bastante claros y algunos de sus aspectos, ya han sido comentados en páginas anteriores de este trabajo. El artículo 31 que establece que: “Las sanciones que la Comisión Nacional del Medio Ambiente dictamine por las infracciones a las disposiciones de la presente ley, son las siguientes: a) Advertencia, aplicada a juicio de la Comisión Nacional del Medio Ambiente y valorada bajo un criterio de evaluación de la magnitud del impacto ambiental; b) Tiempo determinado para cada caso específico para la corrección de factores que deterioran el ambiente con participación de la Comisión en la búsqueda de alternativas viables para ambos objetivos; c) Suspensión cuando hubiere variación negativa en los parámetros de contaminación establecidos para cada caso específico por la Comisión Nacional del Medio Ambiente; d) Comiso de las materias primas, instrumentos, materiales y objetos que provengan de la infracción cometida, pudiéndose destinar a subasta pública o su eliminación cuando fueren nocivos al medio ambiente; e) La modificación o demolición de construcciones violatorias de disposiciones sobre protección y mejoramiento del medio ambiente; f) El establecimiento de multas para restablecer el impacto de los daños causados al ambiente, valorados cada cual en su magnitud; y g) Cualesquiera otras medidas tendientes a corregir y reparar los daños causados y evitar la contaminación de actos perjudiciales al medio ambiente y los recursos naturales”. Estos puntos son de importancia para la planta de tratamientos de aguas residuales, para no ser sancionados por el Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales, al desfogar aguas residuales sin el debido tratamiento, con daños en las fuentes de agua.

Asociado al Decreto 68-86 se encuentra el Acuerdo Gubernativo 236-2006, el cual contempla El Reglamento de las Descargas y Reúso de Aguas Residuales y de la Disposición de Lodos, el cual debe de ser utilizado por los entes generadores de aguas residuales. Para llevar a cabo un correcto manejo

de este reglamento se cuenta con el Manual General del Reglamento de las Descargas y Residuos de Aguas Residuales y de la Disposición de Lodos según el Acuerdo Ministerial 105-2008 del Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales.

### 5.1.2. Requisitos mínimos y límites máximos permisibles de contaminación para la descarga de aguas residuales

Tomando en cuenta los resultados del inciso 2.4, se consideró pertinente la comparación de los resultados obtenidos en el monitoreo efectuado, con respecto a los valores indicados en el reglamento, para el parámetro de calidad asociado con la demanda bioquímica de oxígeno (DBO<sub>5</sub>), en virtud que el artículo 27 del Acuerdo Gubernativo 236-2006, establece los valores del parámetro de calidad asociado con la demanda bioquímica de oxígeno, para las personas que descarguen aguas residuales en el alcantarillado público.

El modelo de reducción progresiva indicado en el Reglamento de las Descargas y Reúso de Aguas Residuales y la Disposición de Lodos, Acuerdo Gubernativo 236-2006 se describe en la tabla XXIII.

Tabla XXIII. **Parámetro de calidad asociado de demanda bioquímica de oxígeno**

Parámetro	Dimensional	Valor inicial de cumplimiento	Fecha máximo de cumplimiento			
			02/05/11	02/05/15	02/05/20	02/05/24
Demanda bioquímica de oxígeno	Miligramos O <sub>2</sub> /litro	3500	1500	750	450	200

Fuente: Acuerdo Gubernativo 236-2006, artículo 27.

Conforme a los resultados que se dieron a conocer el parámetro de DBO<sub>5</sub> de 6075,0 miligramos O<sub>2</sub>/litro tiene una carga de DBO<sub>5</sub> correspondiente al resultado de multiplicar el caudal por la demanda bioquímica de oxígeno, este corresponde a 278,1864 kilogramos de DBO<sub>5</sub>/ día. Conforme al reglamento citado corresponde a una carga menor de 3 000 kilogramos de DBO<sub>5</sub>, por lo cual y, para cumplir con la etapa del reglamento uno, en cuanto a la carga de DBO<sub>5</sub> se refiere, se requiere la reducción de un mínimo del 10por ciento de la carga de DBO<sub>5</sub> reportada. Es decir, reducir la carga de DBO<sub>5</sub> en un valor estimado y mínimo de 28 kilogramos DBO<sub>5</sub>/día, meta que deberá alcanzarse en un plazo no mayor a cuatro años.

## 5.2. Pruebas de laboratorio de la descarga de agua

La prueba más reciente de laboratorio se practicó el 17 de septiembre del 2013, resalta los resultados de un DBO de 5 173,00 miligramos por litro.

Tabla XXIV. **Prueba de laboratorio**

Parámetro	Resultado
pH	6,4
Temp. °C	22
Turbidez (NTU)	40
Sólidos suspendidos (mg/l)	40
Color (Pt/Co)	1 016
DBO (mg/l)	5 173

Fuente: Laboratorio de Análisis y Servicios, S. A.

### **5.3. Análisis de resultados de laboratorio**

El DBO<sub>5</sub> se ha reducido significativamente en un 15 por ciento al igual que su carga de DBO<sub>5</sub> de 237,958 kilogramos de DBO<sub>5</sub>/día, logrando así sobrepasar la meta establecida de un 10%.

### **5.4. Beneficiarios**

La zona de vida beneficiada es la del municipio de El Tejar, localizado a 3 kilómetros de la cabecera departamental de Chimaltenango y a 51 kilómetros de la ciudad capital, la carretera Interamericana CA-1 atraviesa el pueblo, los habitantes hablan el idioma español, además del kaqchikel. Su extensión territorial es de 144 kilómetros cuadrados.

Se encuentra a una altitud de 1 765 metros sobre el nivel del mar; latitud 14° 38' 45'' y longitud 90° 47' 38,8''. Colinda: al norte, Chimaltenango y Santo Domingo Xenacoj, al este, Santo domingo Xenacoj y Sumpango, al sur, Parramos y Pastores, al oeste con Chimaltenango.

#### **5.4.1. Zonas de vida y clima de la población**

El municipio de El Tejar está catalogado como un bosque húmedo montano bajo subtropical (bh-MB), que abarca la mayor parte del área elevación medias y bajas con especies indicadoras como: *Pinus Montezumae Lambert* y *Quercus sp.*

Las temperaturas máximas durante el año son de 20,1 grados centígrados y una mínima de 10,9 grados centígrados, temperaturas absolutas máximas de

29 grados centígrados, una mínima de 3 grados centígrados y una precipitación anual de 1 134 milímetros con 96 días anuales de lluvia.

Su clima es templado, oscila entre los 12 grados centígrados y 24 grados centígrados, pero frío, en los meses de diciembre, enero y febrero, sopla aire muy fuerte. Se marcan dos estaciones en el año, siendo estas: invierno y verano.

#### **5.4.1.1. Suelos**

Está ubicado dentro de una zona geológica denominada tierra volcánica, por lo que sus suelos tienen características de materiales volcánicos, las que se encuentran pertenecen a la serie Tecpán, Cauqué área fragosa, Poaquil, Zacualpa y Quiriguá.

Los suelos de Tecpán son francoarcilloarenosos profundos, bien drenados sobre ceniza volcánica, porosa, grano fino en un clima húmedo.

Los suelos de Cauqué son profundos, bien drenados en un clima húmedo seco, ceniza volcánica pomácea firme y gruesa.

Los suelos de Poaquil son profundos, desarrollados sobre caliza en un clima seco húmedo apropiado para bosques y pastos.

Los suelos de Quiriguá son profundos, desarrollados sobre depósitos de árboles de madera dura que incluyen caoba y suaves como el cedro. Abundan los bosques de coníferas y latifoliada; los primeros se usan en la industria y los otros para carbón y leña. Los suelos, en general de El tejear son arcillosos, franco arcillosos, franco arenoso y arenosos.

#### **5.4.2. Tamaño de la población**

El Tejar, Chimaltenango brinda los servicios de agua potable y es la que recibe los efluentes de las industrias y hogares del sector, por lo tanto, los primeros beneficiarios con este proyecto es la población en general de El Tejar.

El Tejar, el municipio cuenta con una población actual de 22 068 habitantes según el Instituto Nacional de Estadística (INE) de los cuales 10 698 son hombres y 11 370 son mujeres. Donde el 65 por ciento de los beneficiarios de la población es indígena y el 35 por ciento es ladina.

Composición familiar: en este municipio, generalmente una familia está integrada por cinco miembros, pero también existen familias numerosas.

Ocupación familiar: los integrantes de las familias se ocupan de las actividades domésticas, agrícolas, artesanales y trabajos de fábrica.

#### **5.4.3. Tendencias de la tierra**

El municipio está situado el este del departamento de Chimaltenango, en una extensa planicie, por lo que ocupa el séptimo lugar en tamaño de los departamentos. Su suelo presenta variaciones, mientras que en la parte sur de sus tierras son aptas para cultivos, parte del centro y norte son arcillosos, produciendo un barro colorado y negro que presenta el patrimonio del lugar.

La distribución de la tierra es irregular, con tendencia a concentrarse en un reducido número de propietarios estableciéndose que el 37 por ciento de los productores posee el 75 por ciento de la tierra, un 13 por ciento de productores posee apropiaciones ilícitas y el 50 por ciento arrenda la tierra para trabajar.



## 6. SEGUIMIENTO O MEJORA CONTINUA

### 6.1. Resultados

Según los resultados de las auditorías, se solicitarán acciones correctivas y preventivas de acuerdo al PR-GCA-GCA-006: procedimiento de acciones correctivas, preventivas y de mejora continua.

Figura 34. Registro resumen de hallazgos

 Gestión de la Calidad	Resumen de Hallazgos	Código: RE-GCA-GCA-033			
		Versión: 04 Página: 1 de 1			
Auditoría No.: _____		Fecha: _____			
Área / Proceso Auditado: _____		Auditor(es): _____			
Hora de Inicio: _____					
Instrucciones: Colocar una "X" donde corresponda según el hallazgo (No Conformidad, Oportunidad de Mejora u Observación)					
No.	DESCRIPCIÓN DEL HALLAZGO	NO CONFORMIDAD	OPORTUNIDAD DE MEJORA	OBSERVACIÓN	COMENTARIOS

Fuente: Bimbo de Centroamérica, S. A.

### 6.2. Beneficios

Los beneficios relacionados al proyecto es una rápida recuperación de la inversión, ya que el dinero ahorrado al utilizar el agua reciclada le permite a la

empresa la recuperación de la inversión en 20 años, el segundo beneficio es el cumplimiento de las leyes, normas y requisitos ambientales.

Mediante un seguimiento apropiado se garantiza la calidad de los equipos y productos, extendiendo y garantizando la vida útil, adicionalmente el respaldo de un proceso confiable, eficiente y un mantenimiento sencillo y económico.

### **6.3. Indicadores**

Asegurar que la planta de tratamientos de aguas residuales cumpla con lo establecido, se debe de tener indicadores que establezcan un proceso adecuado y seguro, de este modo poder controlar la operación.

#### **6.3.1. Parámetros de control del agua a reutilizar**

Los parámetros que establece el Reglamento del Acuerdo Gubernativo 236-2006 se basan en diferentes tipos de reuso de aguas residuales.

- Tipo I: Reúso para riego agrícola en general.
- Tipo II: Reúso para cultivos comestibles. Adicionalmente debe cumplir los límites máximos permisibles en el artículo 21 del Reglamento del Acuerdo Gubernativo 236-2006 a excepción de sólidos en suspensión, nitrógeno total y fosforo total.
- Tipo III: Reúso para acuicultura.
- Tipo IV: Reúso para pastos y otros cultivos.
- Tipo V: Reúso recreativo.

El agua residual a trabajar en la planta es de tipo V, ya que gran parte se usará para las áreas verdes y en este caso el público puede tener contacto o no

incidental con estas aguas. La tabla XXV muestra los parámetros y límites permisibles para el reúso de aguas residuales.

Tabla XXV. **Parámetros y límites máximos permisibles para reúso**

Tipo de reúso	Demanda bioquímica de oxígeno, miligramos por litro	Coliformes fecales, número más probable por cien mililitros
Tipo I	No aplica	No aplica
Tipo II	No aplica	$\leq 2 \times 10^2$
Tipo III	200	No aplica
Tipo IV	No aplica	$\leq 1 \times 10^3$
Tipo V	200	$\leq 1 \times 10^3$

Fuente: Acuerdo Gubernativo 236-2006, artículo 35.

### 6.3.2. Índices de reducción de agua en líneas

Debido a que las implementaciones no son directamente relacionadas con la producción de los productos, estos índices no serán medibles para un comparativo de reducción de agua.

### 6.3.3. Descarga de agua

Está basado en el modelo de reducción progresiva de cargas, la cual da flexibilidad y facilita el cumplimiento de las metas establecidas con base en la demanda bioquímica de oxígeno, tanto en términos de carga como de concentración.

El modelo fue diseñado con base en los siguientes aspectos:

- Plazo máximo de 18 años.
- Cuatro etapas de cumplimiento con la siguiente designación de tiempo en cuatros por etapa.
  - Etapa uno 5 años, con fecha máxima de cumplimiento el dos de mayo del año dos mil once.
  - Etapa dos 4 años, con fecha máxima de cumplimiento el dos de mayo del año dos mil quince.
  - Etapa tres 5 años, con fecha máxima de cumplimiento el dos de mayo del año dos mil veinte.
  - Etapa cuatro 4 años, con fecha máxima de cumplimiento el dos de mayo del año dos mil veinticuatro.
- Rangos en las cuatro etapas: Estos rangos se diferencian entre sí por los valores de carga asignado a los límites inferiores y superiores, así como por la reducción porcentual.
- La descarga de agua al alcantarillado público en estos años hasta el dos de mayo del dos mil quince, debe ser igual o menor de 1 500 mg O<sub>2</sub>/litro, este deberá mantenerse para poder dar lugar a la siguiente etapa dos y reducir el DBO<sub>5</sub> hasta 750 mg O<sub>2</sub>/litro.

#### **6.4. Acción preventiva**

Se determinará en este punto acciones que eliminarán las causas potenciales para prevenir su ocurrencia. Las acciones preventivas deben ser apropiadas a los efectos de los problemas potenciales.

Establecer un procedimiento documentado para definir los requisitos para:

- Determinar las causas de los problemas
- Evaluar las necesidades de actuar para prevenir la ocurrencia
- Determinar e implementar las acciones necesarias
- Registrar los resultados de las acciones tomadas
- Revisar la eficiencia de las acciones preventivas tomadas

#### **6.5. Seguimiento y medición a proceso y producto**

El seguimiento de las acciones recae, preferiblemente, por uno de los auditores del equipo auditor interno o bien por el gestor de la calidad. Se realizarán las etapas apropiadas para verificar que se cumplen los requisitos mínimos y mantener evidencias de los criterios de aceptación de los mismos.

Los objetivos que se plantean para cumplir con este seguimiento son los siguientes:

- Verificar el funcionamiento de la PTAR actual: asesorar propuestas de mejora.
- Control operativo de la planta (operarios). establecer las variables de control y puntos críticos.
- Preparación de muestras de control: reporte quincenal.
- Proporcionar las bases para mantener la calidad estándar del agua que sale de las instalaciones.

Las visitas operativas son de carácter técnico cada 3 días a la semana, para verificar su correcto funcionamiento, realizando el seguimiento y control de tratamiento químico.

- Se encarga de preparar químicos y controlar inventario de sus consumos
- Avisa sobre cualquier paro al área de Mantenimiento BIMBO
- No aplica a mantenimiento de equipo, bombas, medidores y tuberías
- Visita en horas hábiles tres días a la semana

#### **6.6. Acción correctiva**

Encontrada una no conformidad en la auditoría se procederá a tomar acciones para eliminar las causas de la anomalía, con el objetivo de prevenir que vuelva a ocurrir. Las acciones correctivas deberán ser apropiadas y realizadas por el personal directo del proceso.

#### **6.7. Auditoría interna**

Este tipo de auditoría se realizará por parte de la propia organización, tal como los clientes, o por otras personas en su nombre, en intervalos planificados, para determinar si el sistema funciona apropiadamente y con las especificaciones demandadas. Los auditores internos elegidos para estos procesos deben cumplir con los siguientes requisitos de competencias:

- Educación (20 por ciento): pénsum cerrado en cualquier ingeniería afín o licenciatura de esta carrera.
- Experiencia (30 por ciento): mínimo un año de experiencia en Administración de Sistemas de Gestión o procesos a fines a los que evaluará.
- Formación (30 por ciento): curso de Fundamentos e Interpretación de la ISO 9001:2008 y Formación en Metodologías para el Tratamiento de Aguas Residuales.

- Habilidades (20 por ciento): enfoque basado en procesos, manejo del tiempo, recopilación de evidencias de auditorías y capacidad analítica.

Las auditorías siempre tendrán el apoyo del coordinador de Gestión de Calidad, antes de iniciarlas deberán presentar un plan de trabajo y elaborar una lista de verificación previa a la auditoría.

#### **6.8. Auditoría externa**

Las auditorías externas se realizarán a través de organizaciones independientes, tales como: las autoridades reglamentarias o aquellas que proporcionan la certificación.

Se considera una visita externa quincenal de control por parte de Clean Water Technology Inc., con un profesional colegiado activo en química; para mantener asesoría en el control de funcionamiento de químicos y calidad de agua.

#### **6.9. Análisis de datos**

En este proceso se determina, recopila y analiza los datos apropiados para determinar la eficacia del Sistema de Gestión de Calidad.

#### **6.10. Revisión de la dirección**

En las etapas adecuadas deben realizarse revisiones sistemáticas del diseño y desarrollo de acuerdo con lo planificado para:

- Evaluar la capacidad de los resultados de diseño y desarrollo para cumplir los requisitos.
- Identificar cualquier problema y proponer las acciones necesarias.

## CONCLUSIONES

1. El ahorro de recursos naturales son base esencial en cualquier industria, ya que van ligadas con los objetivos del negocio en particular.
2. El sistema propuesto con un costo total de Q.1 564 574,45 agiliza y disminuye el consumo de agua potable, ya que opera con equipos que trabajan con menos volúmenes de agua, utilizando solamente lo necesario, recuperando la inversión en 20 años.
3. La limpieza de los equipos en el anterior sistema demandaba tiempos y recursos hídricos en volúmenes altos, logrando en el sistema actual un ahorro considerable que hace rentable la inversión del proyecto, con un ahorro promedio cuantificable de Q.210 222,00.
4. El sistema moderno de tratamiento de aguas residuales reduce el riesgo de contaminación al alcantarillado público y, por ende al medio ambiente, trabajando con bajos niveles de DBO y sólidos suspendidos.
5. El uso del agua tratada por el sistema de tratamiento de aguas residuales para reutilización recreativa, no cumple con lo establecido según Acuerdo Gubernativo 236-2006.
6. Un sistema terciario es la culminación del tratamiento de aguas residuales, el tratamiento anaeróbico elimina fácilmente picos de concentración de materia orgánica y reduce el DQO mientras que el tratamiento aeróbico reduce en mayor proporción el DBO.

7. El espacio que utiliza la implantación es de 67,69 m<sup>2</sup> de tecnología nueva, si se cambiara de sitio el equipo, la instalación no cambiaría.
  
8. El sistema de tratamiento de aguas residuales de la planta panificadora trabaja con una eficiencia del 79,47 % según su capacidad operativa esperada y obtenida en relación a la demanda bioquímica de oxígeno.

## RECOMENDACIONES

1. Dar seguimiento a los indicadores establecidos para el control del tratamiento de las aguas residuales de la planta panificadora.
2. Crear un programa de mantenimiento preventivo tomando en cuenta los equipos críticos de la planta de tratamiento de aguas residuales y equipos para el ahorro del agua potable, para incrementar la disponibilidad de los equipos y la confiabilidad de los mismos.
3. Innovar el sistema para reducir los niveles deseados y alcanzar los parámetros establecidos por el Acuerdo Gubernativo, para el dos mil quince.
4. Reutilizar el agua tratada en el riego de cultivo agrícola mientras se logran los parámetros establecidos para reusarla en procesos de servicio y jardines.
5. Reforzar la planta de tratamiento de aguas residuales con un proceso aeróbico o anaeróbico para que la carga orgánica del efluente no se eleve y disminuya para lograr la meta establecida para el dos mil quince.
6. Es necesaria la instalación de detectores de metales en las líneas de donas, tortillas de harina, galletería, panquelearía y galletas Sponch.



## BIBLIOGRAFÍA

1. Corporación Ambiental, S. A. *Estudio técnico de caracterización de efluentes, descargas, aguas para reúso y lodos*. Chimaltenango 2007. 24 p.
2. Ecoportal. *Glosario ambiental* [en línea]. [http://www.ecoportal.net/Servicios/Glosario\\_Ambiental/A](http://www.ecoportal.net/Servicios/Glosario_Ambiental/A). [Consulta: febrero de 2013].
3. *Fundamentos técnicos para el muestreo y análisis de aguas residuales* [en línea]. [http://www.conagua.gob.mx/conagua07/noticias/fundamentos\\_tecnicos.pdf](http://www.conagua.gob.mx/conagua07/noticias/fundamentos_tecnicos.pdf). [Consulta: marzo de 2013].
4. Guatemala. Congreso de la República. *Ley de Protección y Mejoramiento del Medio Ambiente, Decreto número 68-86*. Guatemala, 2006.
5. International Center For Aquaculture. *Introducción a la captación del agua* [en línea]. <http://ag.arizona.edu/azaqua/AquacultureTIES/publications/Spanish%20WHAP/GT3%20Water%20Harvesting.pdf>. [Consulta: diciembre de 2012].
6. Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales. *Manual general del reglamento de las descargas y reúso de aguas residuales y de la disposición de lodos, Acuerdo Ministerial número 105-2008*. Guatemala: MARN, 2008. 51 p.

7. \_\_\_\_\_. *Reglamento de las descargas y reúso de aguas residuales y de la disposición de lodos, Acuerdo Gubernativo número 236-2006*. 2006.
8. NIEBEL, Benjamín. *Ingeniería industrial: métodos, tiempos y movimientos*. 11a ed. México: Alfaomega, 2005. 1,182 p.
9. OLIVA LEMUS, José Gerardo. *Análisis jurídico del estudio de evaluación de impacto ambiental*. Trabajo de graduación de Abogado y Notario. Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Ciencias Jurídicas y Sociales. 2010. 94 p.
10. QUIÑÓNEZ ACEITUNO, Jackeline Estela. *Análisis y propuesta de mejoras en la descarga de aguas residuales, en una industria farmacéutica de medicamentos de venta libre*. Trabajo de graduación de Ing. Química. Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Ingeniería. 2009. 58 p.
11. RAMALHO, Rubens Sette. *Tratamiento de aguas residuales*. Reverte, 1990. 716 p.
12. SOLIS MORALES, Sonia Magaly. *Diseño e implementación de un programa de ahorro energético, para optimizar los recursos de agua, energía y materiales que tenga acción dentro de la planta de la fábrica de productos alimenticios, René*. Trabajo de graduación de Ing. Industrial. Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Ingeniería. 2005. 125 p.

13. URZÚA NAVAS, Flor de María. *Determinación de la eficacia de la planta de tratamiento de agua residual de Estanzuela, Zacapa.* Trabajo de graduación de Química Bióloga. Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Ciencias Químicas y Farmacia. 2008. 77 p.



## ANEXOS

### Anexo 1. Trampa de Grasas antes de la implementación de PTAR



Fuente: Planta panificadora.

Anexo 2. **Planta de tratamiento de aguas residuales en proceso de instalación**



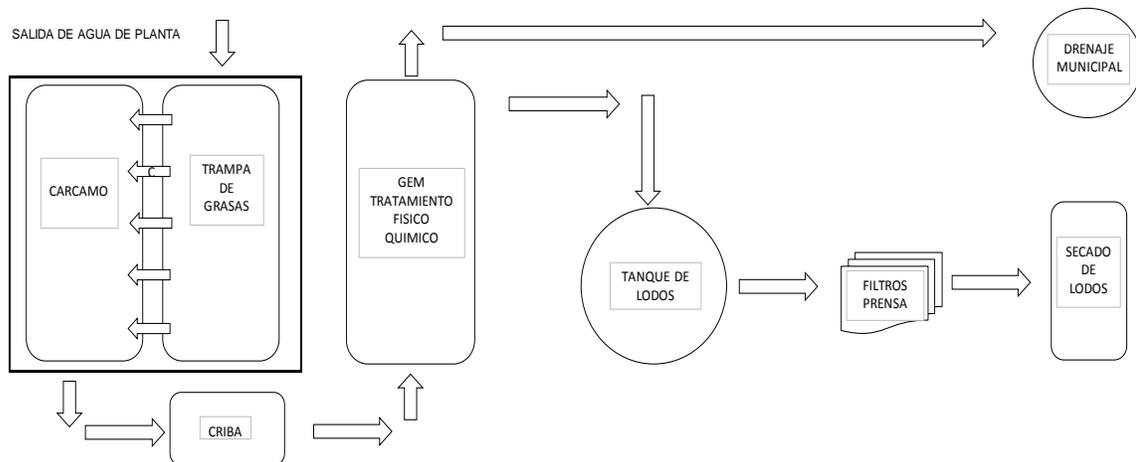
Fuente: Planta panificadora.

### Anexo 3. Pruebas de mejora con PTAR



Fuente: Planta panificadora.

### Anexo 4. Flujograma de actividades del sistema actual de PTAR



Fuente: Planta panificadora.

Anexo 5. **Punto de monitoreo del efluente de aguas residuales**



Fuente: Planta panificadora.

Anexo 6. **Planta de tratamiento de aguas residuales**



Fuente: Planta Panificadora.

## Anexo 7. Control mensual del agua tratada



**COMERCIALIZADORA FATIMA**  
Asesoría y suministros para la Agro-Industria.

### CONTROL MENSUAL DE AGUA RESIDUAL TRATADA

PLANTA: **BIMBO DE CENTROAMERICA S.A.**  
ENCARGADO: **ING. JORGE SALAZAR**

PARAMETROS A MEDIR →	ESPECIALES						COMENTARIOS
	pH	Temp. °C	Turbidez (NTU)	Sólidos suspendidos (mg/l)	Color (Pt-Co) (500) (ppm)		
INICIAL DE REFERENCIA (ENTRADA)	4.5	30	500	450	>4000	ND	
agua tratada julio	5.5	24	472	325	4060	12000	
agua tratada agosto	6	22	33	44	1200	7800	
agua tratada septiembre	5.59	24	266	170	1736	ND	
agua tratada octubre	6	20	85	60	1300	8200	
agua tratada en noviembre	6.20	18	120	92	1450	pend.	
Agua tratada en diciembre	6.10	19	210	122	1640	ND	
Agua PTAR enero 2013	6.4	21	92	70	1380	ND	Se recomienda realizar análisis de sólidos sedimentables, reacondicionar trampa de grasa inicial a PTAR para minimizar sólidos y revisar real funcionamiento de GEM para establecer mejoras.
Agua PTAR septiembre 2013	6.4	22	40	40	1016	5400	Agua mucho mas clarificada física y químicamente. Contenido mineral: Hierro 0.3, Calcio 0.8, Magnesio 0.4

ASESOR: **ING. DANIEL RAMIREZ**  
COFAGUA  
TEL. 59131414, 55144215

COMERCIALIZADORA  
FATIMA  
ING. DANIEL RAMIREZ  
C.R.I. 1632

Caracterización de aguas residuales realizada por metodología estandarizada por espectrofotometría visible y metodología de la American Standards Methods. La caracterización corresponde a las muestras tomadas en cada fecha de inspección.

SE PROHIBE LA MODIFICACION Y/O REPRODUCCION PARCIAL DE ESTE INFORME.

Fuente: Comercializadora Fátima.

## Anexo 8. Informe de análisis de laboratorio

**LASER** Laboratorio de Análisis y Servicios, S. A.

Sa Avenida 2-84 Zona 1, Lomas de Portugal, Miraflores, Guatemala, 01057  
 Tels: 2438-5883, 2438-5873 y 2438-5823 FAX: 2438-7385  
 E-mail: lablaser@grupolaser.com

---

Informe de análisis 193328-13 C

Nombre de la muestra	Agua residual
Empresa	Comercializadora Fátima
Dirección de empresa	Ciudad
Fecha de recepción	2013-09-17
Requiere	Envase plástico
Numero de lote	BIM-09
Cantidad recibida	1 x 100 milímetros
Fecha de fabricación	n/a
Fecha expira	n/a

Resultados:

Unidad de contenido: Cada litro

Análisis solicitado	Resultado	Dimensional
Demanda Bioquímica de Oxígeno	5173.00	miligramos

Análisis	Metodología	MBL	Fecha finalización del análisis	Analista
Demanda Bioquímica de Oxígeno	Determinada según metodología del American Standard Methods for the examination of water and wastewater	11 500 012	2013-09-23	JO

Observaciones:  
 El análisis corresponde a la muestra tal y como se recibió.

LABORATORIO DE ANÁLISIS Y SERVICIOS, S. A.  
**LASER**

Lic. Jorge Mario Martínez  
 Responsable  
 Jefe de Laboratorio

Fuente: Laboratorio de análisis y servicios, S. A.

## Anexo 9. Monitores de parámetros, caudal y temperatura del efluente por parte de ECOQUIMSA

### Datos del Cliente

Cliente: Bimbo de Centro America, S.A.  
 Responsable: Sr. Gustavo Castillo  
 Dirección: Km 52.5 Carretera Interamericana

### Datos de la muestra

Lugar de muestreo: Planta El Tejar  
 Referencia cliente: Salida de Planta de Tratamiento  
 Fecha de monitoreo: 21 y 22 de diciembre del 2012  
 Hora de monitoreo: 10:00 a 11:00  
 Tipo de muestra: Agua residual especial  
 Código de muestra: 12-1861-1  
 Lote: 12-1861

Muestra simple o compuesta: Compuesta  
 Responsable del muestreo: WUALTER COSAJAY  
 Temperatura de almacenamiento: 5 °C  
 Recipiente utilizado: Plástico  
 Método de muestreo: PRO19-MUE  
 Método de preservación: INS04-MUE  
 Ubicación: N 14°47'40.9" O 90°48'15.4"

### Datos de Laboratorio

Fecha de recepción de la muestra por el laboratorio: 22 de diciembre de 2012  
 Hora de recepción de la muestra por el laboratorio: 23:30  
 Fecha de informe: 21 de enero de 2013

Análisis	Dimensional <sup>(1)</sup>	Límite de Detección	%U (k=2) <sup>(2)</sup>	Resultados	Método de análisis <sup>(3)</sup>
Asenico	mg/L - As	0.030	7.50	< 0.0030	STM 314 C
Cadmio	mg/L - Cd	0.010	2.38	< 0.010	STM 311 B
Cobalto	mg/L - Cu	0.035	4.84	0.042 ± 0.0020	STM 311 B
Mercurio	mg/L - Hg	0.0010	15.84	< 0.0010	STM 312 B
Níquel	mg/L - Ni	0.30	5.43	< 0.30	STM 311 B
Plomo	mg/L - Pb	0.070	3.66	< 0.070	STM 311 B
Zinc	mg/L - Zn	0.030	6.92	0.800 ± 0.055	STM 311 B

(1) mg/L = ppm  
 (2) %U = Porcentaje de incumplimiento, k-factor de cobertura  
 (3) STM Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater 21th Edition 2.005

Los presentes resultados son válidos únicamente para la muestra tomada y recibida en la fecha indicada.

*Wualter Cosajay*  
 Laboratorio ECOQUIMSA

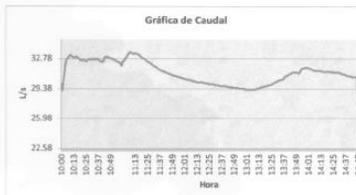
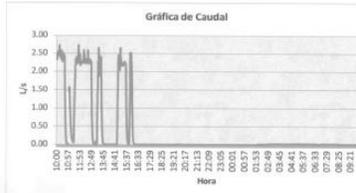
### Datos del Cliente

Cliente: Bimbo de Centro America, S.A.  
 Responsable: Sr. Gustavo Castillo  
 Dirección: Km 52.5 Carretera Interamericana

### Datos de la muestra

Lugar de muestreo: Planta El Tejar  
 Referencia cliente: Salida de Planta de Tratamiento  
 Lote: 12-1861

Monitoreo desde: 21 de diciembre de 2012 ( 10:00 )  
 Monitoreo hasta: 22 de diciembre de 2012 ( 10:00 )  
 Responsable del muestreo: WUALTER COSAJAY



Medición de caudal y temperatura con equipo automático de medición de flujo, marca ISCO modelo 4220 utilizando un vertedero en V de 60°. Mediciones de altura y temperatura a intervalos de 5 min, de acuerdo al procedimiento medición de caudal PRO25-MUE.

Fuente: Bimbo de Centroamérica, S. A.

## Anexo 10. Cotización de Grifos para ahorro de agua

Aft. \_\_\_\_\_ Fecha: Guatemala, 06 de abril de 2010  
 Empresa: **Alejandro Valle**  
 Dirección: **BIMBO**  
 Tel: **7771-9950** ext. 2251  
 Fax: \_\_\_\_\_  
 Email: \_\_\_\_\_

Estimado Sr. Valle: Tal como le comenté, adjunto envío propuesta de nuestros diferentes Grifos. Le sugerimos que los grifos sean instalados en áreas de producción o tráfico de personas ya es conveniente instalar el Grifo Zafra.

Código	Cantidad	Descripción	Precio Unitario	Total
1001527000		Grifo para lavamanos, modelo JAFPE, adaptable a cualquier tipo de lavamanos, con sensor infrarrojo, distancia ajustable, se apaga automáticamente después de 90 segundos de uso, ultra bacterias. Ahorra un 55% de agua. Garantía de 1 año. Precio Normal Q2,300.00	Q2,185.00	Q8,740.00
1001923000		Grifo para lavamanos, modelo JAFRO, adaptable a cualquier tipo de lavamanos, con sensor infrarrojo, distancia ajustable, se apaga automáticamente después de 90 segundos de uso, ultra bacterias. Ahorra un 55% de agua. Garantía de 1 año. Q2,400.00	Q2,280.00	Q9,120.00
1001242000		Grifo para lavamanos, modelo Agata, adaptable a cualquier tipo de lavamanos, con sensor infrarrojo, distancia ajustable, se apaga automáticamente después de 90 segundos de uso, ultra bacterias. Ahorra un 55% de agua. GARANTIA DE 1 AÑO Q2,300.00	Q2,185.00	Q8,740.00
			Materiales	Q20.00
			Mano de Obra	Q20.00
			Viáticos	Q0.00
			Subtotal	Q26,600.00
			TOTAL	Q26,600.00

Este precio incluye instalación de los dispositivos del área mencionada. NO incluye obra civil, eléctrica o plomería de tuberías. Hayá recargos de viáticos y gasolina si el área es fuera del perímetro. **NO SE ACEPTAN DEVOLUCIONES DESPUES DE DOS DIAS.** Forma de pago: Al contado efectivo o cheque de caja. Si necesita más información, envíe correo electrónico. Cheques a nombre de: **CONCEPTOS INTELIGENTES, S.A. LA GARANTIA NO INCLUYE MANTENIMIENTO MENSUAL.**

Fuente: TouchLessOne. Consulta: abril de 2012.