



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

**DISEÑO DE INVESTIGACIÓN DEL SISTEMA DE CONTROL DE CALIDAD MEDIANTE
CARACTERIZACIÓN FÍSICOQUÍMICA, MICROBIOLÓGICA Y SENSORIAL PARA MEJORAR
LA CALIDAD DEL AGUA UTILIZADA EN LA ELABORACIÓN DE CERVEZA EN UNA
INDUSTRIA DE BEBIDAS**

Adelvy Esaú Mauricio Villatoro

Asesorado por el Msc. Ing. Ronald David Matías Palacios

Guatemala, julio de 2019

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

**DISEÑO DE INVESTIGACIÓN DEL SISTEMA DE CONTROL DE CALIDAD MEDIANTE
CARACTERIZACIÓN FÍSICOQUÍMICA, MICROBIOLÓGICA Y SENSORIAL PARA MEJORAR
LA CALIDAD DEL AGUA UTILIZADA EN LA ELABORACIÓN DE CERVEZA EN UNA
INDUSTRIA DE BEBIDAS**

TRABAJO DE GRADUACIÓN

PRESENTADO A LA JUNTA DIRECTIVA DE LA
FACULTAD DE INGENIERÍA
POR

ADELVY ESAÚ MAURICIO VILLATORO

ASESORADO POR EL MSC. ING. RONALD DAVID MATÍAS PALACIOS

AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE

INGENIERO QUÍMICO

GUATEMALA JULIO DE 2019

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERÍA



NÓMINA DE JUNTA DIRECTIVA

DECANA	Ing. Aurelia Anabela Cordova Estrada
VOCAL I	Ing. José Francisco Gómez Rivera
VOCAL II	Ing. Mario Renato Escobedo Martínez
VOCAL III	Ing. José Milton de León Bran
VOCAL IV	Br. Luis Diego Aguilar Ralón
VOCAL V	Br. Christian Daniel Estrada Santizo
SECRETARIO	Ing. Hugo Humberto Rivera Pérez

TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO

DECANO	Ing. Murphy Olympto Paiz Recinos
EXAMINADOR	Ing. Erwin Manuel Ortiz Castillo
EXAMINADOR	Ing. Jorge Mario Estrada Asturias
EXAMINADOR	Ing. Jaime Domingo Carranza González
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:

**DISEÑO DE INVESTIGACIÓN DEL SISTEMA DE CONTROL DE CALIDAD MEDIANTE
CARACTERIZACIÓN FISCOQUÍMICA, MICROBIOLÓGICA Y SENSORIAL PARA MEJORAR
LA CALIDAD DEL AGUA UTILIZADA EN LA ELABORACIÓN DE CERVEZA EN UNA
INDUSTRIA DE BEBIDAS**

Tema que me fuera asignado por la Dirección de Escuela de Estudios de Postgrado con fecha 21 de septiembre de 2017.



Adelvy Esaú Mauricio Villatoro

Guatemala, 26 de marzo de 2019.

Director:

Carlos Salvador Wong Davi
Escuela de Ingeniería Química
Su despacho. -

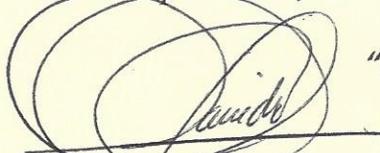
Distinguido Director:

Reciba un atento y cordial saludo de la Escuela de Estudios de Postgrado. El propósito de la presente es para informarle que se ha revisado los cursos aprobados del primer año y el Diseño de Investigación del estudiante **Adelvy Esaú Mauricio Villatoro** carné número 200611605, quien optó la modalidad del "PROCESO DE GRADUACIÓN DE LOS ESTUDIANTES DE LA FACULTAD DE INGENIERÍA OPCIÓN ESTUDIOS DE POSTGRADO". Previo a culminar sus estudios en la Maestría en Artes en Gestión Industrial.

Y si habiendo cumplido y aprobado con los requisitos establecidos en el normativo de este Proceso de Graduación en el Punto 6.2, aprobado por la Junta Directiva de la Facultad de Ingeniería en el Punto Decimo, Inciso 10.2, del Acta 28-2011 de fecha 19 de septiembre de 2011, firmo y sello la presente para el trámite correspondiente de graduación de Pregrado.

Sin otro particular, atentamente,

"Id y Enseñad a Todos"

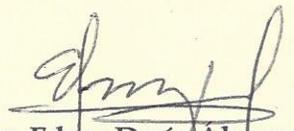


Maestro. Ing. Ronald David Matías Palacios
Asesor(a)

MSc. Ing. Ronald Matías Palacios
Ingeniero Civil Colegiado 5,573
Maestro en Ingeniería Sanitaria



Doctora Inga. Alba Maritza Guerrero
Coordinadora de Área
Gestión de Servicios



Maestro Ing. Edgar Darío Álvarez Cotí
Director
Escuela de Estudios de Postgrado
Facultad de Ingeniería



Cc: archivo/L.Z.L.A.

RESOLUCIÓN DE JUNTA DIRECTIVA: Proceso de Graduación aprobado por la Junta Directiva de la Facultad de Ingeniería en el Punto Decimo, Inciso 10.2, del Acta 28-2011 de fecha 19 de septiembre de 2011.



Ref.EIQ.TG.048.2019

El Director de la Escuela de Ingeniería Química de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer el informe de la Dirección de Escuela de Estudios de Postgrado de la Facultad de Ingeniería del estudiante, **ADELVY ESAÚ MAURICIO VILLATORO**, ha optado por la modalidad de estudios de postgrado para el proceso de graduación de pregrado, que para ello el estudiante ha llenado los requisitos establecidos en el normativo respectivo y luego de conocer el dictamen de los miembros del tribunal nombrado por la Escuela de Ingeniería Química para revisar el **Informe del Diseño de Investigación del Programa de Maestría en GESTIÓN INDUSTRIAL** titulado **"DISEÑO DE INVESTIGACIÓN DEL SISTEMA DE CONTROL DE CALIDAD MEDIANTE CARACTERIZACIÓN FISICOQUÍMICA, MICROBIOLÓGICA Y SENSORIAL PARA MEJORAR LA CALIDAD DEL AGUA UTILIZADA EN LA ELABORACIÓN DE CERVEZA EN UNA INDUSTRIA DE BEBIDAS"**. Procede a **VALIDAR** el referido informe, ya que reúne la coherencia metodológica requerida por la Escuela.

"Id y Enseñad a Todos"



Ing. Williams G. Álvarez Mejía; M.I.Q., M.U.I.E
DIRECTOR
Escuela de Ingeniería Química

Guatemala, julio de 2019

Cc: Archivo
WGAM/ale



Asociación Centroamericana de Asociaciones de
Ingenieros de Ingeniería Química y de Instrumentación



Universidad de San Carlos
de Guatemala



Facultad de Ingeniería
Decanato

DTG. 315.2019

El Decano de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer la aprobación por parte del Director de la Escuela de Ingeniería Química, al Trabajo de Graduación titulado: **DISEÑO DE INVESTIGACIÓN DEL SISTEMA DE CONTROL DE CALIDAD MEDIANTE CARACTERIZACIÓN FÍSICOQUÍMICA, MICROBIOLÓGICA Y SENSORIAL PARA MEJORAR LA CALIDAD DEL AGUA UTILIZADA EN LA ELABORACIÓN DE CERVEZA EN UNA INDUSTRIA DE BEBIDAS**, presentado el estudiante universitario: **Adelvy Esaú Mauricio Villatoro**, y después de haber culminado las revisiones previas bajo la responsabilidad de las instancias correspondientes, autoriza la impresión del mismo.

IMPRÍMASE:

Ing. Aurelia Anabela Cordova Estrada
Decana

Guatemala, julio de 2019

/gdech



ACTO QUE DEDICO A:

- Dios** Por su infinito amor y permitirme lograr este sueño.
- Mis padres** Carlos Mauricio y Rosita Villatoro. Por su gran amor y guiarme durante mi vida.
- Mis hermanos** Josué Mauricio, Donis Mauricio y Neldy Mauricio. Por su amor y apoyo.
- Mis amigos** Ever Arévalo, Rocío Aja, Anaité Caal y Cindy Soza. Por su cariño y amistad.

AGRADECIMIENTOS A:

**Universidad de San Carlos
de Guatemala**

Por darme la oportunidad de formarme y crecer como profesional.

Facultad de Ingeniería

Por brindarme las herramientas y conocimientos necesarios para forjarme como ingeniero.

Mi familia

Por su incondicional amor y cariño, y darme los principios para formarme como hombre de bien.

Mis amigos

Por su valiosa compañía durante el viaje de estudio.

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES	VII
LISTA DE SÍMBOLOS	IX
GLOSARIO	XI
1. INTRODUCCIÓN	1
2. ANTECEDENTES	5
3. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	9
3.1. Descripción del problema.....	9
3.2. Delimitación del problema.....	10
3.3. Pregunta central	11
3.4. Preguntas auxiliares.....	11
3.5. Viabilidad.....	12
3.6. Consecuencias.....	12
4. JUSTIFICACIÓN	13
5. OBJETIVOS	17
5.1. Objetivo general	17
5.2. Objetivos específicos	17
6. NECESIDADES A CUBRIR Y ESQUEMA DE SOLUCIÓN	19
7. MARCO TEÓRICO	23

7.1.	Industria de bebidas.....	23
7.1.1.	La industria cervecera en Guatemala.....	23
7.1.2.	Historia de la elaboración de la cerveza.....	24
7.1.3.	La cerveza.....	25
7.1.4.	Materias primas.....	26
7.1.4.1.	Cebada.....	26
7.1.4.2.	Lúpulo	26
7.1.4.3.	Levadura	27
7.1.4.4.	Agua.....	27
7.1.5.	Aspectos generales de la fabricación de cerveza	27
7.2.	Caracterización fisicoquímica y microbiológica del agua	28
7.2.1.	Agua	29
7.2.2.	Ciclo del agua	29
7.2.3.	Consumo de agua en la fábrica de cerveza	30
7.2.4.	Obtención del agua.....	30
7.2.4.1.	Extracción de agua subterránea.....	30
7.2.5.	Requisitos que debe cumplir el agua como agua potable.....	31
7.2.5.1.	Parámetros físicos y sensoriales	31
7.2.5.1.1.	Temperatura	31
7.2.5.1.2.	Color.....	32
7.2.5.1.3.	Sabor y olor.....	33
7.2.5.1.4.	Turbidez	33
7.2.5.1.5.	pH, alcalinidad y acidez	34
7.2.5.1.6.	Sólidos suspendidos totales	34
7.2.5.1.7.	Conductividad	34
7.2.5.2.	Parámetros químicos	35
7.2.5.2.1.	Dureza total.....	35
7.2.5.2.2.	Cloruros.....	36

	7.2.5.2.3. Hierro.....	36
	7.2.5.2.4. Nitrato.....	36
	7.2.5.2.5. Nitrito.....	37
	7.2.5.2.6. Alcalinidad parcial y total	37
	7.2.5.2.7. Manganeso	37
	7.2.5.3. Parámetros microbiológicos.....	38
	7.2.5.3.1. Prueba presuntiva.....	40
	7.2.5.3.2. Prueba confirmativa	40
	7.2.5.3.3. Resultado	41
7.3.	Sistema de control de calidad.....	41
7.3.1.	Sistema.....	42
7.3.2.	Calidad	42
	7.3.2.1. Reglamentos para la calidad del agua potable (Norma COGUANOR NGO 29 001)	43
7.3.3.	Requisitos que debe cumplir el agua como agua para cerveza.....	44
	7.3.3.1. Importancia de determinados iones.....	45
7.3.4.	Principales variables de la calidad del agua en la elaboración de cerveza	46
	7.3.4.1. Bicarbonatos	46
	7.3.4.2. Silicatos	47
	7.3.4.3. Arsénico	47
7.3.5.	Procesos para la mejora del agua	48
	7.3.5.1. Eliminación de contaminación biológica	48
	7.3.5.1.1. Desinfección primaria y secundaria.....	48
	7.3.5.1.2. Propiedades del dióxido de cloro.....	49

	7.3.5.1.3. Uso del ClO ₂ en el.....	50
	7.3.5.1.4. Modo de acción del ClO ₂	50
	7.3.5.2. Remoción o reducción de sólidos suspendidos	51
	7.3.5.3. Remoción o reducción de olores y sabores (adsorción)	52
	7.3.5.4. Ablandamiento del agua	54
	7.3.5.5. Procesos para la mejora de la alcalinidad residual.....	55
	7.3.5.6. Remoción o reducción de arsénico y silicatos.....	57
7.3.6.	Sistema de Análisis de Riesgos y Control de Puntos Críticos (ARCPC) en el sector cervecero	58
	7.3.6.1. Principios del Sistema de Análisis de Riesgos y Control de Puntos Críticos (ARCPC)	59
	7.3.6.2. Etapas para la aplicación de los principios del sistema ARCPC	60
8.	PROPUESTA DE ÍNDICE DE CONTENIDOS	65
9.	METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN	69
10.	TÉCNICAS DE ANÁLISIS DE LA INFORMACIÓN	75
11.	CRONOGRAMA	77
12.	FACTIBILIDAD TÉCNICA Y FINANCIERA DEL ESTUDIO	79

13.	BIBLIOGRAFÍA.....	81
14.	APÉNDICES	85

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

FIGURAS

1.	Cronograma	77
----	------------------	----

TABLAS

I.	Variables e indicadores	70
II.	Presupuesto de costos	80

LISTA DE SÍMBOLOS

Símbolo	Significado
cm³	Centímetro cúbico
°C	Grados Celsius
mg	Miligramos
(Mn)	Manganeso
(NO⁻²)	Nitritos
(NO⁻³)	Nitratos
(Cl)	Cloruros
(F)	Fluoruros
(SO₃⁻⁴)	Sulfatos
(Fe)	Hierro total

GLOSARIO

Agente oxidante	Entidad química que capta electrones.
Clorador	Equipo empleado para agregar cloro a las aguas industriales o municipales con el fin de evitar la proliferación de microorganismos y algas.
Fermentación	Transformación de sustancias orgánicas, principalmente hidratos de carbono con la participación de microorganismos en la cerveza, específicamente levaduras.
Límite máximo aceptable	Valor de la concentración de cualquier característica del agua, arriba de la cual estas características son percibidas por los consumidores desde el punto de vista sensorial pero sin que impliquen un daño a la salud del consumidor.
Límite máximo permisible	Valor de la concentración de cualquier característica del agua, arriba de la cual el agua no es apta para consumo humano.

Sistema

Conjunto de cosas que relacionadas entre sí ordenadamente contribuyen determinado objetivo.

pH

Actividad del ión hidrógeno.

1. INTRODUCCIÓN

La calidad de una cerveza dependerá en gran manera de la calidad del agua que se utilice para elaborarla. Dado este hecho se propone un sistema de control de calidad basado en normas nacionales y requisitos adicionales de tecnología cervecera, para mejorar la calidad del agua utilizada en la elaboración de cerveza. Este sistema pretende mejorar, controlar y mantener las características del agua como materia prima utilizada en la elaboración de cerveza y con ello aumentar significativamente la eficiencia y competitividad de los procesos de elaboración.

El problema que enfrenta la industria cervecera en estudio es la ausencia de un sistema de control de calidad del agua que se utiliza como materia prima, específicamente en las etapas de dilución y cocción de mosto, dilución de cerveza, mezcla con agua deaireada y agua para limpieza; debido a esto pueden generarse problemas de contaminación y/o desviación de los valores fisicoquímicos esperados en la cerveza.

La solución del problema descrito anteriormente es de suma importancia debido a que asegura el cumplimiento con la normativa guatemalteca para agua potable y los requisitos adicionales como agua en la elaboración de cerveza, y a partir de esto propone un sistema continuo que garantice la satisfacción de clientes internos y externos, una cerveza libre de contaminación física, química y microbiológica. El cliente o consumidor será quien dictamine el resultado obtenido y, mientras sus expectativas sean cumplidas y superadas, existirá un aumento en la demanda y con ello los propietarios percibirán la continua rentabilidad del negocio.

Los gerentes de producción y de calidad tendrán mejores resultados y consecuentemente los gerentes de ventas y financiero. Los operarios trabajarán con mayor seguridad y eficiencia, y por lo tanto serán beneficiados.

El sistema de control de calidad para mejorar la calidad del agua utilizada para elaborar cerveza propone procesos de mejora de las características fisicoquímicas y microbiológicas, debido a esto el esquema de solución comprende cuatro fases.

En la primera fase se realizará toda la investigación documental relacionada al problema en estudio, en la segunda fase se efectuará un diagnóstico del tratamiento que se le da al agua como materia prima para elaborar cerveza, en la tercera fase se ejecutan análisis fisicoquímicos y microbiológicos para caracterizar el agua utilizada y comparar los resultados con los establecidos en la normativa nacional y otros requisitos de tecnología cervecera, por último, en la cuarta fase se propone un sistema de control de calidad para mejorar la calidad del agua utilizada en la elaboración de cerveza a través de procesos de mejora.

El capítulo 1 de este trabajo presenta el marco teórico que incluye toda la revisión documental de los puntos tratados en esta investigación. El capítulo 2 presenta el diagnóstico del tratamiento que se le da a la fecha al agua como materia prima, utilizando la observación directa y las entrevistas al personal involucrado. El capítulo 3 expondrá los resultados obtenidos de la aplicación de los análisis físicos, químicos y microbiológicos, así como la comparación con los parámetros nacionales establecidos y los requisitos adicionales de tecnología cervecera, se discutirán los resultados obtenidos y se propondrán procesos para la mejora del agua. En el capítulo 4 se elaborará una propuesta de un sistema de control de calidad a partir de las mejoras detectadas y necesarias

para la calidad del agua, para con esto finalizar y cumplir con el objetivo general.

2. ANTECEDENTES

La calidad es uno de los principales pilares en el crecimiento y competitividad de una empresa conforme los estándares son más rigurosos y se alcanza con éxito su cumplimiento, la gestión en sus procesos es más eficiente, así se ve reflejada en la calidad de sus productos. Una empresa tendrá mayores ventajas competitivas en la medida en que sus sistemas son mejorados continuamente y la satisfacción del cliente sea uno de sus objetivos principales.

Los sistemas de control de calidad son una estrategia muy competitiva que busca la mejora continua, a partir de la gestión de cada uno de sus procesos se logra este objetivo.

Debido a esto, Salguero (2016), en *Sistema de gestión de la calidad del agua que consume la población urbana del Municipio de El Progreso, Jutiapa, basado en la metodología del plan de seguridad para la calidad del agua de la OMS*, diseña un sistema de gestión de la calidad del agua para la población mencionada, realiza una evaluación del sistema instalado, establece medidas de control para evitar la contaminación y elabora procedimientos de gestión para el funcionamiento normal; con esto el diseño que propone garantiza la calidad del agua tanto en condiciones normales de funcionamiento como en casos de emergencia. En consecuencia un sistema de control de calidad mejora notablemente el estilo de vida de una población completa y garantiza la salud y satisfacción.

Solórzano (2005), en *Determinación de la calidad del agua para consumo humano y uso industrial proveniente de la planta de tratamiento La Carbonera, Municipio de Sanarate, Departamento de El Progreso, Guatemala*, utiliza un sistema de control de calidad basado en la determinación de parámetros físicos, químicos y bacteriológicos determinados por la norma COGUANOR NGO 29001, y con base en estos concluye que la planta de tratamiento La Carbonera suministra agua apta para consumo humano y el método de desinfección para la destrucción de bacterias es eficiente. Además el agua proveniente de esta planta de tratamiento es útil para las industrias de alimentos en general, bebidas carbonatadas y cervecería. Con esto se logra la propuesta de mejoras y recomendaciones para el uso del agua.

Los sistemas de control de calidad pueden adecuarse a cualquier empresa de producto y servicio, como lo señala Sac (2005) en *Evaluación fisicoquímica y microbiológica para determinar la calidad de los abastecimientos de agua potable de la nueva red de distribución de la zona media urbana del Municipio de Quetzaltenango y propuesta de un sistema de cloración*. Utiliza esta metodología para determinar la calidad del agua potable de la red de distribución en el Municipio de Quetzaltenango, determina que los ocho puntos de abastecimiento cumplen en lo que respecta a análisis físico y químico pero no en dos puntos en el análisis bacteriológico regulados en la Norma COGUANOR, y a partir de esto propone un sistema de cloración. La importancia de la implementación del sistema de cloración es mejorar la calidad del agua y que así pueda utilizarse como agua para consumo humano.

Ramos (2006), en su investigación *Análisis de la calidad del agua para consumo humano en el área urbana del Puerto de San José, Departamento de Escuintla*, realiza una evaluación mediante análisis fisicoquímicos y bacteriológicos de la calidad del agua de abastecimiento de diez pozos de la

cabecera municipal, y compara contra la norma COGUANOR 29 001, afirma que el agua cruda de pozo tiene contaminación fecal, por lo cual no es potable ni apta para consumo humano y el agua entubada es de mala calidad debido a que no se mantienen las condiciones del sistema de cloración. Un análisis completo brinda un veredicto final acerca de la calidad del agua y su posterior uso previsto, si quisiera utilizarse el agua en este caso debe implementarse un sistema que asegure el cumplimiento con los requisitos de agua potable.

Benitez (2002), en *Acondicionamiento y optimización del agua para la elaboración de cerveza y servicios*, propone el acondicionamiento del agua extraída de pozos para ser utilizada como materia prima en la elaboración de la cerveza y en otras áreas como en el lavado de los envases. Propone un sistema de ósmosis inversa para la eliminación de la mayoría de los contaminantes que contiene el agua, misma que posteriormente será mezclada con agua filtrada y clorada, para ser utilizada como materia prima en la dilución de la cerveza y otros usos en la planta. Logra establecer un sistema compuesto de ósmosis inversa, y propone el uso de dióxido de cloro para la eliminación de clorofenoles que afectan el sabor de la cerveza. Mediante el uso de este sistema integrado de calidad cumple con la Norma 127 mexicana, asegurando la calidad del agua como potable y su uso para la elaboración de cerveza.

Según lo mencionado con anterioridad, en el presente trabajo se realizará una propuesta de un sistema de control de calidad que estará enfocado en mejorar la calidad del agua que se utiliza para la elaboración de cerveza. En esta propuesta se realizará un diagnóstico sobre el tratamiento que se efectúa al agua como materia prima, luego se ejecutarán los análisis fisicoquímicos y microbiológicos para caracterizar el agua y posteriormente se expondrán las mejoras que el sistema de control de calidad generaría a la calidad de esta.

3. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

El problema es la ausencia de un sistema de control de calidad del agua que se utiliza para la elaboración de cerveza. El agua que se utiliza es tratada de forma parcial previamente, sin embargo no se realiza una caracterización posterior al tratamiento para determinar su calidad final. Esta investigación se centrará en plantear análisis físicos, químicos y microbiológicos que brinden un diagnóstico para mejorar la calidad del agua en la elaboración de la cerveza, debido a que estos resultados afectan significativamente las características del producto final.

3.1. Descripción del problema

La fábrica de bebidas donde se realizará el trabajo de investigación es una empresa familiar con 120 años de existir en el mercado, dedicada a la elaboración de cerveza, bebidas y agua pura de la más alta calidad a nivel nacional e internacional. Basa sus procesos en procedimientos estandarizados y globalizados de tecnología de punta y materias primas de la mejor calidad. Opera a nivel nacional y cuenta con distintos puntos de distribución en todo el país.

La industria toma como sistema productivo una planta de producción continua. Su gama de productos es extensa pero se enfoca en tres áreas: bebidas carbonatadas, agua pura y cerveza. El proceso de elaboración de cerveza se conforma de estas áreas: sistema de silos, casa de cocimientos, proceso de fermentación y filtrado, almacenamiento de producto terminado listo para envasar y el área de embotellado.

Según observaciones sistemáticas del proceso productivo de la cerveza, se puede afirmar que existen deficiencias relacionadas a la calidad del agua que pueden resolverse y otras áreas de oportunidad de mejora. Estas pueden alterar el estado del producto final, tanto en calidad como en los costos de producción.

Para la fabricación de cerveza es una condición básica que el agua posea calidad de agua potable en lo referente a lo sensorial, fisicoquímico y microbiológico, además de ello debe cumplir también con una lista de requisitos de tecnología cervecera, las cuales pueden tener una influencia positiva sobre la fabricación de cerveza.

Cuando es necesario modificar la calidad del agua es muy importante determinar qué es lo que se quiere mejorar o cambiar. A partir de la caracterización fisicoquímica, microbiológica y sensorial del agua se decidirá entre qué proceso o procesos deben aplicarse, por ejemplo: separación de sustancias en suspensión, separación de sustancias disueltas, disminución de la alcalinidad residual en el agua para cerveza, eliminación de microbios o eliminación de gases disueltos, para con esto asegurar y mejorar la calidad del agua en la elaboración de la cerveza.

3.2. Delimitación del problema

- Industria de bebidas dedicada a la elaboración de cerveza, sistema de agua que se utiliza en la etapa de cocimientos para el proceso de elaboración de cerveza.

- La investigación se realizará bajo condiciones controladas en el Laboratorio de Aseguramiento de Calidad de la industria de bebidas, con las muestras de agua necesarias, durante un período de 52 semanas del año 2017, en el cual se ejecutarán los análisis fisicoquímicos, microbiológicos y sensoriales requeridos.

3.3. Pregunta central

¿Qué sistema de control de calidad debe aplicarse, mediante caracterización fisicoquímica, microbiológica y sensorial, para mejorar la calidad del agua utilizada en la elaboración de cerveza?

3.4. Preguntas auxiliares

- ¿Qué tratamiento se aplica a la fecha al agua para la elaboración de cerveza para que cumpla con las especificaciones establecidas?
- ¿Qué análisis fisicoquímicos, microbiológicos y sensoriales deben realizarse al agua, para verificar que cumpla con los requisitos de agua potable y los requeridos para la elaboración de cerveza?
- ¿Qué mejoras en la calidad se obtendrán al proponer un sistema de control de calidad del agua, basado en la norma guatemalteca para agua potable y en requisitos adicionales de tecnología cervecera, mediante análisis fisicoquímicos, microbiológicos y sensoriales para la elaboración de cerveza?

3.5. Viabilidad

La investigación es viable, se cuenta con todos los recursos necesarios, financieros, humanos y materiales, de los cuales una parte serán proporcionados por la fábrica y otros costeados por el investigador para llevar a cabo la investigación.

3.6. Consecuencias

Las consecuencias positivas de la elaboración de esta investigación son: obtener un sistema de control de calidad basado en el acondicionamiento del agua que utilice los análisis fisicoquímicos, microbiológicos y sensoriales para determinar la calidad del agua utilizada en la elaboración de cerveza. También contribuir a mejorar la competitividad de la fábrica, obteniendo productos de alta calidad que se ajustan a las normas nacionales e internacionales, posicionándose de mejor forma en el mercado global.

De no realizarse el estudio se mantendría el desconocimiento de la calidad del agua que se utiliza en la elaboración de la cerveza, y la falta de un sistema de control de calidad que esté basado en el acondicionamiento del agua debilitaría la competitividad de la empresa, afectando su posicionamiento y ventas a nivel nacional e internacional.

4. JUSTIFICACIÓN

El trabajo de investigación presentado se circunscribe en la línea de investigación de calidad de la Maestría en Gestión Industrial, debido a que plantea un sistema de control de calidad del agua y aprovecha para dar a conocer la mejor opción en su acondicionamiento para obtener una cerveza terminada dentro de los parámetros de calidad aceptables y enfocándose en la calidad del agua. Estos tienen relación con las asignaturas de la Maestría en Gestión Industrial como: implementación de sistemas de calidad, tecnologías de la calidad y principios y fundamentos de calidad.

Es indispensable un sistema de control de calidad basado en el acondicionamiento del agua para asegurar la calidad de la cerveza, así como tener parámetros de referencia internacionalmente establecidos, para evaluar su calidad en cada etapa del proceso y mejorar la calidad del producto final.

Es necesario proponer un sistema de control de calidad del agua utilizada en la elaboración de cerveza, debido a que día a día la exigencia en la calidad por parte del cliente/consumidor es mayor, con ello se persigue satisfacer sus requerimientos y aumentar la participación en el mercado, garantizando así la rentabilidad de la organización.

El mercado actual exige cerveza de la más alta calidad, con parámetros que van más allá de las mediciones cuantitativas, incluyendo las cualitativas. El cliente o consumidor final será quien dictamine la aceptación final de una cerveza o su rechazo. Debido a esto es necesario producir cerveza de calidad, con un sistema de control de calidad que tenga como finalidad llenar las

expectativas de los clientes, a su vez esto generará mayor demanda y una amplia gama de opciones para las exigencias actuales.

El interés y motivación del investigador en la elaboración del trabajo de graduación es que, tanto el problema planteado como los análisis seleccionados, presentan un marco amplio y oportuno para el desarrollo de una solución óptima y concreta en un problema presente en la producción diaria de la fábrica, el cual, al ensayar la solución y alcanzar los objetivos propuestos, prueba su valía dentro de la organización, en cuanto a mejorar la calidad del producto terminado y así aumentar la competitividad a nivel nacional e internacional.

Los beneficios para la empresa de la propuesta de un sistema de control de la calidad de agua para la etapa de cocimientos en la elaboración de cerveza son un control constante y adecuado del agua que se utiliza para la elaboración de cerveza, mayor demanda al tener mejor calidad en su producto, reduciendo la cantidad de producto no conforme y el desperdicio, haciendo a su vez uso eficiente de los recursos con que cuenta. Ello traerá el aumento en las utilidades debido al aumento en ventas y reducción de costos.

El cliente será el principal beneficiado, ya que podrá obtener una cerveza de alta calidad con mayor estabilidad, y ello tendrá como consecuencia la satisfacción. Los propietarios de la fábrica apreciarán una mejora en la calidad de sus operaciones y productos que tendrán como resultado ganancias del negocio. Los gerentes de producción, calidad, supervisores y operarios tendrán puntos de referencia y controles para mantener la calidad del agua a lo largo de toda la cadena de producción. El investigador es beneficiado al integrar sus conocimientos y experiencias en un problema objetivo de la fábrica, y como resultado tendrá un crecimiento profesional íntegro.

Como consecuencia se tiene un impacto económico, de calidad y ambiental, en la fábrica de cerveza en la cual se aumentará la competitividad y productividad. Como fin último se beneficia a toda la sociedad guatemalteca debido a que se promueve el crecimiento del negocio, con lo cual se crean más oportunidades de empleo y se generan ingresos para los habitantes del país.

5. OBJETIVOS

5.1. Objetivo general

Proponer un sistema de control de la calidad mediante caracterización fisicoquímica, microbiológica y sensorial, para mejorar la calidad del agua utilizada en la elaboración de cerveza, en una industria de bebidas.

5.2. Objetivos específicos

- Diagnosticar el tipo de tratamiento que se le aplica a la fecha al agua para la elaboración de cerveza.
- Analizar el agua mediante caracterización fisicoquímica, microbiológica y sensorial, para verificar que cumpla con los requisitos de agua potable y los requeridos adicionalmente para la elaboración de cerveza.
- Proponer un diseño para la creación del sistema de control de calidad basado en el Sistema de Análisis de Riesgos y Control de Puntos Críticos (ARCP) en el sector cervecero y en requisitos de tecnología cervecera, mediante la caracterización fisicoquímica, microbiológica y sensorial del agua para la elaboración de cerveza.

6. NECESIDADES A CUBRIR Y ESQUEMA DE SOLUCIÓN

La necesidad que se pretende cubrir con esta investigación es contribuir en la industria cervecera con un sistema de control de calidad, haciendo uso de análisis fisicoquímicos, microbiológicos y sensoriales para mejorar la calidad del agua en la elaboración de cerveza.

Esta investigación servirá para sentar las bases teóricas y prácticas para generar competencia técnica dentro del laboratorio y del proceso productivo, para originar resultados confiables y con validez técnica. Estos se realizarán con objetividad al utilizar un sistema de calidad y controlando todos los parámetros necesarios para garantizar la calidad del agua para elaboración de cerveza. Los métodos de análisis utilizados son muy aceptados en la industria cervecera.

Para completar las necesidades de este problema se centra en cumplir con los objetivos definidos en la investigación, misma con que se pretende solucionarlas mediante el siguiente esquema:

- Análisis inicial

Elaboración del plan de trabajo, que incluye pregunta de investigación, objetivos, metodología, instrumentos de evaluación y el cronograma. Esta fase preparativa ocurre antes de iniciar la investigación formal.

- Las fases de la investigación para la elaboración de la propuesta del sistema de control de calidad son:
 - Determinación de toda la información cualitativa del estudio.
 - Descripción del tratamiento que se le realiza al agua para elaboración de cerveza: consistente en la recolección de toda la información mediante observación directa y entrevistas sobre el tratamiento que se le aplica al agua como materia prima.
 - Ejecución de los análisis fisicoquímicos, microbiológicos y sensoriales al agua para la elaboración de cerveza según los parámetros requeridos para agua potable y de tecnología cervecera, indicados en los anexos de esta investigación.
 - Análisis y discusión de los resultados obtenidos de las pruebas fisicoquímicas, microbiológicas y sensoriales realizadas al agua, y propuesta de mejoras para la calidad del agua según los resultados de los análisis realizados.

- Preparación del informe final

Consistente en describir y analizar las mejoras en la calidad del agua para la elaboración de cerveza que se obtendrán al proponer un sistema de control de calidad basado en los análisis fisicoquímicos, microbiológicos y sensoriales. Con esta fase se da como finalizado el objetivo principal del trabajo de investigación.

Los resultados esperados para la empresa de la propuesta de un sistema de control de la calidad de agua son un control constante y adecuado del agua que se utiliza para la elaboración de cerveza, mayor demanda al tener mejor calidad en su producto, reduciendo la cantidad de producto no conforme y el

desperdicio, haciendo a su vez un uso eficiente de los recursos con que cuenta. Ello traerá el aumento en las utilidades debido al aumento en ventas y reducción de costos.

7. MARCO TEÓRICO

En este apartado se realiza un estudio de la industria de bebidas en Guatemala, concentrándose en la elaboración de cerveza y la forma en que se ha desarrollado a través del tiempo. Se describen los principales parámetros para la caracterización del agua para consumo humano y otros que son necesarios para la elaboración de cerveza, así como procesos para la mejora del agua e información relacionada con los sistemas de control de calidad.

7.1. Industria de bebidas

El giro del negocio de esta industria consiste en la fabricación, distribución masiva y venta al detalle de bebidas, clasificadas generalmente como carbonatadas, no carbonatadas y alcohólicas, siendo los clientes del canal tradicional los principales.

7.1.1. La industria cervecera en Guatemala

La única historia que se conoce sobre los orígenes de la cerveza en Guatemala es la que prácticamente por más de un siglo ha venido representando la única fábrica de cervezas existente hasta hace poco.

La primera fábrica de Cerveza que se estableció en Guatemala fue en el año de 1856, propiedad de los hermanos Monsieur Arístides y Alfonso Bertholin, ciudadanos de nacionalidad francesa. A esta primera cervecería se le conoció como Cervecería Nacional.

Los nuevos negocios de venta de cerveza empiezan a establecerse en la Ciudad de Guatemala, debido al Decreto emitido el día 3 de octubre de 1856 con el cual quedó autorizada la venta de cerveza en los negocios cerveceros, luego que abrieran su negocio los hermanos Bertholin en la Calle del Incienso.

Sin embargo, la Cervecería Bertholin no fue la única fábrica establecida ese año de 1856, también Herman Bendfeldt, un ciudadano Alemán originario de Hamburgo, solicitó su permiso correspondiente para poder vender en su tienda cerveza artesanal, y fue con ella con la que posteriormente se estableció la Cervecería Inglesa en el año 1875, la cual vendía cerveza importada, pero se dio a conocer como Cerveza Inglesa. Posteriormente, en el año de 1888, se formó la sociedad entre Max Meyer y otro europeo de Apellido Roche, quienes empezaron a fabricar cerveza en Guatemala, y la cual distribuyeron con el nombre de Cerveza Estrella (Urrutia, s.f.).

7.1.2. Historia de la elaboración de la cerveza

Según Hough (1990), el arte de fabricar cerveza se fue desarrollando a lo largo de 5000 a 8000 años y en este intervalo debieron producirse varios descubrimientos consistentes en que, exponiendo al aire, los jugos de frutos o extractos de cereales podían obtenerse bebidas fermentadas.

“Existen ilustraciones de la elaboración de cerveza que pertenecen al apogeo de las civilizaciones Egipcia y Babilónica, de unos 4,300 años de antigüedad durante la civilización griega y más tarde la romana” (Hough, 1990, p. 1). Las ventajas que no se podían apreciar en aquel tiempo eran la mejora relativa de la dudosa calidad microbiológica del agua, en favor de su bajo pH y de su contenido alcohólico, y su valor nutritivo; también su elevado valor calórico y de su riqueza en sustancias nitrogenadas que son asimilables.

“La elaboración de cerveza creció al mismo ritmo que lo hicieron las carreteras, los canales y los ferrocarriles. Este aserto es particularmente cierto en lo que se refiere a las grandes factorías elaboradoras de cerveza, capaces de mantener un mercado nacional e internacional en expansión”. (Hough, 1990, p. 3)

Las fábricas de cerveza que mayor éxito tuvieron fueron aquellas que contaban con un abastecimiento de agua natural adecuado. En la actualidad la cerveza se ha caracterizado por ser un producto de alta aceptación dentro del mercado nacional e internacional (Amber, 2007).

7.1.3. La cerveza

“La cerveza es una bebida alcohólica, no destilada, de sabor amargo, que se fabrica con granos de cebada germinados u otros cereales cuyo almidón se fermenta en agua con levadura se aromatiza a menudo con lúpulo, entre otras plantas.” (Coromines, 2008, p. 34)

De ella se conocen múltiples variantes con una amplia gama de matices debidos a las diferentes formas de elaboración y a los ingredientes utilizados. Generalmente presenta un color ambarino con tonos que van del amarillo oro al negro, pasando por los marrones rojizos. Se la considera gaseosa (contiene CO₂ disuelto en saturación que se manifiesta en forma de burbujas a la presión ambiente) y suele estar coronada de una espuma más o menos persistente. Su aspecto puede ser cristalino o turbio. Su graduación alcohólica puede alcanzar hasta cerca de los 30 % vol., aunque principalmente se encuentra entre los 3 % y los 9 % vol. (Williams, 2017)

7.1.4. Materias primas

Para la fabricación de la cerveza se utilizan diferentes materias primas, dentro de las cuales el autor Kunze (2006) establece que para la fabricación de cerveza se requiere de: cebada, lúpulo, agua y levadura. La calidad de estas materias primas tiene una influencia decisiva sobre la calidad de los productos fabricados.

El conocimiento de las propiedades de las materias primas, de su influencia sobre el proceso y sobre el producto final, proporciona el fundamento para su tratamiento y procesamiento. De esa manera es posible controlar racionalmente el proceso tecnológico.

7.1.4.1. Cebada

Acerca de la cebada, Kunze (2006) menciona que es la materia prima principal para la fabricación de la cerveza. Su utilización se basa en el hecho de que tiene un alto contenido de almidón y que la cáscara (gluma) sigue adherida al grano aún después de la trilla y de haber sido procesada para ser transformada en malta. La cáscara posee, además, la propiedad de formar una capa filtrante, necesaria en una posterior etapa de fabricación. Previo a su procesamiento en la fábrica de cerveza la cebada debe ser convertida en malta.

7.1.4.2. Lúpulo

Es el ingrediente que le da a la cerveza el sabor amargo y tiene influencia sobre el aroma. De su calidad depende en gran medida la calidad de la cerveza.

7.1.4.3. Levadura

“En la cerveza, la fermentación alcohólica depende de la actividad de la levadura, que es por ello necesaria para la elaboración de cerveza. Debido a sus subproductos, la levadura tiene también una gran influencia sobre la calidad de la cerveza”. (Kunze, 2006, p. 35).

7.1.4.4. Agua

La mayor parte de la cerveza está constituida por agua, la cual influye directamente en la calidad de la cerveza a través de muchos procesos durante la fabricación. También se utiliza en la limpieza y desinfección y otros procesos en la materia prima y en la fábrica de cerveza.

7.1.5. Aspectos generales de la fabricación de cerveza

Con respecto a la fabricación de la cerveza en su forma elemental, Hough (1990) supone:

- Triturar la cebada malteada para obtener una harina muy grosera.
- Añadir agua para formar una masa o papilla y estimular a las enzimas de la malta a solubilizar el endospermo degradado de la malta molida.
- Separar, en un recipiente adecuado, el extracto acuoso, denominado mosto, de los sólidos agotados (bagazos), mediante la aspersion de más agua caliente sobre la masa.

- Hervir el mosto con lúpulo, con lo que se detiene la acción enzimática, se esteriliza el mosto y se coagulan algunas proteínas. El lúpulo imparte al mosto sus características aromáticas propias de amargo.
- Clarificar, enfriar y airear el mosto, de manera que se convierta en un medio ideal para el crecimiento de las levaduras y para la fermentación.
- Fermentar el mosto con las levaduras de manera que la gran parte de los hidratos de carbono se conviertan en alcohol y dióxido de carbono.
- Madurar, guardar y clarificar la cerveza.
- Envasar la cerveza, generalmente tras haberla esterilizado por filtración, o pasteurizado. Alternativamente, envasada en recipientes de pequeño tamaño, como botellas o latas, y pasteurizarla después de envasada.

7.2. Caracterización fisicoquímica y microbiológica del agua

Cuantitativamente, el agua es la mayor porción de materia prima usada para la fabricación de cerveza. Sin embargo, solamente una parte de la cantidad de agua requerida es usada directamente en la cerveza, mientras que otra parte se requiere para la limpieza, enjuague y otros propósitos.

La obtención y el tratamiento del agua son de particular importancia para el cervecero, dado que la calidad del agua influye sobre la calidad de la cerveza fabricada a partir de aquella. (Kunze, 2006).

7.2.1. Agua

El agua que se designa para consumo humano debe evaluarse y de ser necesario debe aplicarse algún tratamiento antes de su distribución. Estos tratamientos pueden ser de varios tipos y se determinan según los resultados de los análisis fisicoquímicos y microbiológicos que se le pueden aplicar (Sac Escobar, 2005, p. 21).

7.2.2. Ciclo del agua

El agua está envuelta en un ciclo permanente en la tierra: el sol evapora el agua de las superficies acuáticas y del suelo, volviendo la misma a la tierra como nieve o lluvia. La cantidad de precipitaciones depende en grado de sumo de las condiciones climáticas.

Según Kunze (2006), aproximadamente el 50% de la cantidad precipitada se evapora directamente o es absorbida por las plantas y evaporada luego por estas, el resto se escurre en su mayor parte sobre el suelo y solo una pequeña parte se infiltra en capas más profundas del suelo, donde se acumula como agua subterránea.

La disposición del agua y la utilización de agua difieren mucho en las diferentes cuencas de río y están sujetas a grandes variaciones durante el año. Mientras que en los calurosos meses de verano hay una escases crónica de agua en muchas zonas, fluyen grandes cantidades de agua sin ser usadas al mar, luego de fuertes precipitaciones pluviales o cuando se produce el derretimiento de nieve.

7.2.3. Consumo de agua en la fábrica de cerveza

Debido a los crecientes costos para la obtención del agua fresca y la eliminación de aguas residuales, las fábricas de cerveza están obligadas a minimizar el consumo de agua.

Koller (2001) hace mención de que el consumo de agua fresca en las fábricas de cerveza varía en un promedio de entre 5 y 8 hL/hL de cerveza lista para la venta, sin embargo las fábricas de cerveza pequeñas consumen, por lo general, más agua que las más grandes, cuyo consumo de agua es en algunos casos menor que 3,5 hL/hL de cerveza lista para la venta.

7.2.4. Obtención del agua

El abastecimiento suficiente de agua es uno de los requerimientos fundamentales para la vida humana, animal y vegetal. En Guatemala la mayor parte de agua potable es obtenida de agua subterránea, solo rara vez son utilizadas aguas superficiales y su filtrado de orilla como agua potable.

7.2.4.1. Extracción de agua subterránea

“Como agua subterránea se denomina aquella parte del agua que se escurre en el suelo” (Kunze, 2006, p. 79). El escurrimiento es dependiente de la constitución y de la formación del suelo, de la duración y de la intensidad de las lluvias. Las diferentes especies de rocas que componen el suelo le ofrecen resistencia al agua que escurre, que difiere de intensidad.

De acuerdo con la diferente formación de poros, los estratos del suelo absorben el agua o la retienen. El agua percolante desciende en pendiente

natural hasta un estrato impermeable y llena los poros del estrato acuífero que se encuentra encima de este (arena, grava, cal, yeso). El agua se llama ahora subterránea y su superficie es el nivel de capa freática. Durante el paso a través de los estratos acuíferos se disuelven en el agua sales del suelo. Por ese motivo se modifica la calidad del agua.

7.2.5. Requisitos que debe cumplir el agua como agua potable

“El agua suministrada en las plantas no siempre se corresponde con los requisitos cualitativos; al menos hay que controlar invariablemente el agua, respecto del mantenimiento de ciertos parámetros, a efecto de cumplir con todos los requisitos” (Kunze, 2006, p. 81).

Primeramente, el agua para cerveza debe tener la calidad de agua potable correspondiente a la disposición de la norma guatemalteca para agua potable y con ello debe cumplir con todo lo que exige de esta, en lo referente a lo sensorial, físicoquímico, microbiológico y químico.

7.2.5.1. Parámetros físicos y sensoriales

Las características físicas son aquellas relativas a su comportamiento físico que determinan su calidad. (COGUAGNOR 29001, 2010).

7.2.5.1.1. Temperatura

La temperatura en el agua superficial depende de la estación del año, ubicación geográfica, clima, hora del día, circulación del aire, flujo y profundidad del cuerpo de agua. La temperatura, a su vez, afecta los procesos físicos, químicos y bacteriológicos en el agua.

Con el aumento en la temperatura se incrementa la velocidad de las reacciones químicas que ocurren en el agua, se disminuye la solubilidad de los gases (y del aire, por consecuencia), se aumenta la volatilidad y la evaporación de sustancias y aumenta la rapidez de respiración de los microorganismos, consumiendo más oxígeno y provocando así un incremento en la descomposición de la materia orgánica.

El agua superficial se halla regularmente entre los 0°C y los 30°C, fluctuando estacionalmente con temperaturas mínimas en el invierno y en época de lluvias, y con máximas en el verano y durante la temporada seca (Benitez Villegas, 2002).

7.2.5.1.2. Color

El color real del agua es debido a la existencia de materia en solución, pero este color varía a un color aparente por el efecto de partículas que están en suspensión.

Para el análisis de color solo el color real es importante, y las partículas en suspensión deben ser removidas antes de que se realicen los análisis de color, esto se realiza por medio de centrifugación.

El color se encuentra principalmente en las aguas superficiales o en algunos pozos poco profundos y manantiales; las aguas de pozos profundos son incoloras. Las aguas muy coloreadas son objetables para muchos procesos industriales y, en general, no se aceptan para agua de alimentación de calderas. Para consumo humano deben desecharse por razones estéticas. Solórzano (2005).

7.2.5.1.3. Sabor y olor

Estos usualmente se examinan en conjunto, debido a la presencia de materia orgánica descompuesta, algunos tipos de microorganismos y compuestos químicos volátiles. El agua de calidad satisfactoria debe ser carente de olor y sabor. El olor y el sabor pueden ser debidos a la presencia en el agua de compuestos químicos como fenoles y cloro, materias orgánicas en descomposición o ciertos organismos. Los olores y sabores desagradables convierten a las aguas en no aptas para muchos procesos industriales. Estas son intolerables en bebidas y productos alimenticios, y se objeta también en materias textiles, papel y otros procesos en que se absorba el olor. (Solórzano, 2005).

7.2.5.1.4. Turbidez

Turbiedad o turbidez es la medida de la opacidad del agua comparada con ciertos estándares establecidos. La alta turbidez en cualquier suministro de agua es indeseable para usos prácticos, excepto posiblemente para ciertos tipos de condensación de superficie. Se dice que el agua es turbia cuando tiene en suspensión muchas partículas finas de polvo, arena y ocasionalmente microorganismos que le dan una apariencia lodosa.

7.2.5.1.5. pH, alcalinidad y acidez

El pH es una importante variable en el control de la calidad del agua, pues tiene influencia directa sobre muchos procesos biológicos y químicos que se desarrollan en los cuerpos de agua.

El pH es una medida del balance ácido de una solución, indicándose como neutra o neutral a aquella que exhibe un $\text{pH} = 7$, de una escala que va desde 1 (muy ácido) a 14 (muy básico). En el agua natural el pH se halla entre 6.0 y 8.5, aunque pueden ocurrir valores menores en agua con alto contenido de materia orgánica o en agua, mientras que los valores mayores se observan en aguas eutróficas (con muchos nutrientes) (Chapman, 1992, p. 46).

7.2.5.1.6. Sólidos suspendidos totales

Esta corta sección contiene algunos interesantes términos muy en uso en los laboratorios de medición de variables de calidad del agua. El residuo es lo que queda después de evaporar una muestra de agua y secarla a una temperatura de 105 C. Este residuo corresponde con el contenido total de materia suspendida y disuelta. (Chapman, 1992, p. 45)

7.2.5.1.7. Conductividad

La conductividad o conductancia específica es una medida de la habilidad del agua para conducir la electricidad. La conductancia es muy sensible a las variaciones en sólidos disueltos. Se expresa en microsiemens por centímetro ($\mu\text{S}/\text{cm}$) y fácilmente puede relacionarse con las concentraciones de sólidos disueltos totales y de iones mayoritarios. El agua dulce muestra comúnmente valores de conductividad en el intervalo de 10 a 1000 $\mu\text{S}/\text{cm}$, debiéndose

sospechar en el caso de que los valores pasen de 1000 pS/cm. (Chapman, 1992, p. 46).

7.2.5.2. Parámetros químicos

Son aquellas características relativas a sustancias contenidas en ella, que determinan su calidad. (COGUANOR 29001, 2010).

7.2.5.2.1. Dureza total

La dureza del agua natural depende principalmente de la presencia de sales disueltas de calcio y magnesio. La dureza total mide el contenido total de estas sales, la cual se subdivide en dureza por carbonates (determinada por las concentraciones de las sales hidrogenocarbonatadas de calcio y magnesio) y dureza no-carbonatada (determinada por la concentración de las sales de ácido fuerte de calcio y magnesio).

Los hidrogenocarbonatos pueden transformarse en carbonatos y precipitar por ebullición del agua, lo que explica que a la dureza por carbonates se le llame también dureza temporal. La dureza no-carbonatada se conoce como dureza permanente. La dureza debida al calcio es generalmente la más importante y representa hasta un 70% del total. En algunos casos, la dureza por magnesio puede representar un 50 - 60% del total. La dureza del agua superficial varía con la estación, aumentando usualmente durante la época de sequía. En el agua subterránea la dureza es poco variable. (Chapman, 1992, p. 50).

7.2.5.2.2. Cloruros

El cloruro Cl llega al agua superficial desde diversas fuentes, entre las que se encuentran: el depósito de los aerosoles provenientes del mar, la temperización de rocas evaporíticas sedimentarias, las descargas domésticas e industriales, y los escurrimientos del campo y en las carreteras. En el agua prístina, la concentración de CT es menor que 10 mg/L y algunas veces menor que 2 mg/L. Valores de concentración mayores son comunes cerca de descargas y efluentes, en drenajes y lavados de la irrigación, por intrusiones salinas, en zonas áridas en áreas costeras húmedas. (Chapman, 1992, p. 64).

7.2.5.2.3. Hierro

El hierro está presente en el agua en estado ferroso o férrico, en elementos solubles, insolubles o coloidales. Se encuentra disuelto en muchas aguas naturales, principalmente en las aguas subterráneas, ya que las sales solubles son en general las ferrosas. Entre ellas se encuentra disuelto en forma de bicarbonato ferroso ($\text{Fe}(\text{HCO}_3)_2$). El hierro también da origen a microbios que presentan acumulaciones de óxido férrico en las canalizaciones y los depósitos.

7.2.5.2.4. Nitrato

Este no es nocivo, comunicando al agua un sabor agradable. Debe tenerse cuidado cuando está fuera de los límites por su posibilidad de reducirse a nitritos. El exceso produce metahemoglobinemia en niños menores de cinco años. (Solórzano, 2005, p. 12).

7.2.5.2.5. Nitrito

En lo que respecta a nitritos, de aguas que los contengan se debe sospechar de su potabilidad. En las superficiales se encuentran cuando están polucionadas con aguas negras o residuos orgánicos y están en período de autodepuración. En las aguas subterráneas se pueden encontrar a veces, la presencia de nitritos impotabiliza el agua. Además que su presencia indica una polución con la consiguiente presencia de microorganismos patógenos, presenta una cierta toxicidad como consecuencia de su acción metahemoglobizante e hipotensiva. (Solórzano, 2005, p. 12).

7.2.5.2.6. Alcalinidad parcial y total

Son los parámetros que muestran la presencia de carbonato, bicarbonato y/o iones hidroxilo. Esta afecta el pH de la muestra. El carbonato causa problemas de incrustación en forma de carbonato de calcio, por lo que es necesario estar controlando este parámetro.

7.2.5.2.7. Manganeso

El manganeso es uno de los metales más abundantes en la corteza terrestre y, por lo general, se presenta junto con hierro. Las concentraciones de manganeso disuelto en las aguas subterráneas y superficiales pobres en oxígeno pueden alcanzar varios miligramos por litro. En presencia de oxígeno, el manganeso formará óxidos insolubles que pueden causar problemas de color en los sistemas de distribución.

Las concentraciones de manganeso inferiores a 0.1 mg/L resultan generalmente aceptables para los consumidores, esto puede variar según las

circunstancias locales. En concentraciones superiores a 0.1 mg/L, el manganeso contenido en el agua mancha las instalaciones de fontanería y la ropa lavada y da a las bebidas un sabor desagradable. (Solórzano, 2005, p. 12).

7.2.5.3. Parámetros microbiológicos

Son aquellas características relativas a la presencia de bacterias que determinan su calidad. (COGUANOR 29001, 2010).

El agua tratada o sin tratar que circula por un sistema de distribución no debe contener ningún microorganismo que puede ser de origen fecal. Los principales organismos indicadores de contaminación fecal: Escherichia Coli, las bacterias termorresistentes y otras bacterias coliformes, los estreptococos fecales y las esporas de clostridia reductores del sulfito. La presencia de gérmenes del grupo coliforme definido como a continuación se indica, ha de considerarse como un indicio de contaminación fecal más o menos reciente. La presencia de Escherichia Coli debe considerarse como indicio seguro de contaminación fecal reciente y por tanto peligrosa, que exige la aplicación de medidas urgentes.

Las pruebas bacteriológicas se han diseñado de manera que sean muy sensibles y específicas para revelar cualquier contaminación de origen fecal o presencia de los gérmenes del grupo coliforme. Las impurezas bacteriológicas presentes en el agua son microorganismos coliformes, estreptococos fecales, ferrobacterias, sulfobacterias, algas, bacterias productoras de limo y virus.

Las tolerancias para estos parámetros dependen del tipo de aplicación que se le va a dar el agua. Los estreptococos fecales son bacterias entéricas que viven en el intestino de los animales de sangre caliente y del hombre. Su presencia en el agua indica contaminación fecal.

El grupo Coliforme es básicamente formado por las bacterias *Escherichia Coli* y *Enterobacter Aerógenes*. El grupo coliforme se divide a su vez en dos; si el grupo está formada por las bacterias anteriormente mencionadas, se denomina Grupo Coliforme Total. Si el grupo está formado únicamente por la bacteria *Escherichia Coli*, se denomina Grupo Coliforme Fecal. (Solórzano, 2005, p. 14).

Las características del Grupo Coliforme se detallan a continuación:

- Bacilos aerobios o anaerobios facultativos.
- No esporulados.
- Gram-negativos.
- Fermentan la lactosa con producción de ácido y gas de 24 a 24 horas a las temperaturas siguientes:
 - 35 +/- 0.2°C para el Grupo Coliforme Total.
 - 45 +/- 0.5°C para el Grupo Coliforme Fecal.

El examen bacteriológico que se practicará a las muestras de agua consiste en investigar la presencia o ausencia de los grupos coliformes total y fecal, por el método de los tubos de fermentación por diluciones múltiples, el cual se expresa por el número más probable en 100 cm³, (NMP/100 cm³), el cual se basa en las leyes probabilísticas. (Solórzano, 2005, p. 14).

La presencia de microorganismos del Grupo Coliforme indica una alta posibilidad de presencia de organismos patógenos en el cuerpo de agua, estos no se aíslan en el examen por las siguientes razones:

- Lo más probable es que los gérmenes patógenos lleguen al agua esporádicamente y no sobreviven en ella durante largo tiempo, por ende, pueden no encontrarse en la muestra enviada al laboratorio
- Si existen en muy pequeño número es fácil que escapen a las técnicas de investigación.

Para obtener los resultados buscados se realizarán a las muestras recolectadas las siguientes pruebas:

7.2.5.3.1. Prueba presuntiva

La prueba presuntiva consiste básicamente en sembrar volúmenes apropiados de la muestra de agua en tubos con un medio de cultivo de caldo lactosado y observar si se produce gas después de un período de incubación de 24 – 48 horas a 35°C. La ausencia de gas después de 48 horas es prueba de que no existen bacterias coliformes en la muestra analizada y constituye prueba negativa.

La presencia de gas en los tubos de caldo lactosado constituye una prueba positiva, pero no necesariamente confirma la presencia de coliformes, ya que existe la posibilidad que la formación de gas se deba a otro tipo de microorganismo que no constituyen índices de polución. Por esta razón es necesario analizar la prueba confirmativa.

7.2.5.3.2. Prueba confirmativa

Consiste básicamente en inocular todos los tubos que den un resultado positivo en la prueba presuntiva, en un medio de cultivo adecuado que depende del grupo coliforme a investigar. Las condiciones a las cuales se llevan a cabo

estas determinaciones se pueden observar en las características del grupo coliforme descritas anteriormente. Al igual que la prueba presuntiva, la ausencia de gas después del período de incubación constituye una prueba negativa y la presencia de gas una prueba positiva, con la diferencia de que al ser positiva la prueba, se confirma la presencia del grupo coliforme que se haya investigado. (Solórzano, 2005, p. 16).

7.2.5.3.3. Resultado

Dado que el método de los tubos de fermentación por diluciones múltiples se base en leyes probabilísticas, los resultados se expresan por medio de un índice denominado NMP (Número Más Probable), que representa una evaluación de gérmenes coliformes existente en 100 cm^3 de agua. Este número se obtiene de las diversas combinaciones de resultados positivos y negativos que se obtienen de la prueba confirmativa del examen bacteriológico realizado por este método.

El cálculo del índice se hace según dos supuestos:

- Que los gérmenes estén repartidos al azar en el agua.
- Que se obtenga una reacción positiva si la porción de agua analizada contiene uno o más gérmenes.

7.3. Sistema de control de calidad

El control de la calidad se posesiona como una estrategia para asegurar el mejoramiento continuo de la calidad. Es un programa para asegurar la continua satisfacción de los clientes externos e internos mediante el desarrollo permanente de la calidad del producto y sus servicios. Es un

concepto que involucra la orientación de la organización a la calidad manifestada en la calidad de sus productos, servicios, desarrollo de su personal y contribución al bienestar general. (Anastasi, 1992, págs. 75-78).

7.3.1. Sistema

Un sistema es un conjunto de normas, procedimientos y actividades que interrelacionados regulan el buen funcionamiento de los procesos u operaciones y cumplen con un determinado fin. (Amnet, 1991).

7.3.2. Calidad

Deming establece 7 principios de Gestión de Calidad:

Es un sistema de medios para generar económicamente productos y servicios que satisfagan a todo el personal de la organización, desde el nivel gerencial hasta el operativo e involucrando a todas las áreas. (Anastasi, 1992)

1. Orientada al producto

Inspección luego de producción, auditoria de los productos terminados y actividades de solución de problemas.

2. Orientada al proceso

Aseguramiento de la calidad durante la producción incluyendo SPC y *foolproofing*.

3. Orientada al sistema

Aseguramiento de la calidad en todos los departamentos.

4. Orientada al hombre

Cambio de la manera de pensar de todo el personal a través de educación y capacitación.

5. Orientada a la sociedad

Optimización del diseño de productos y procesos para un funcionamiento confiable y a menor precio.

6. Orientada al costo

Función de pérdida de la calidad.

7. Orientada al cliente

Despliegue de la función de calidad (QFD) para definir la voz del cliente en términos operacionales.

7.3.2.1. Reglamentos para la calidad del agua potable (Norma COGUANOR NGO 29 001)

A la fecha se conocen los parámetros físicos, químicos y bacteriológicos mediante los cuales se determina la calidad del agua, dichos parámetros tienen asociados valores cualitativos y cuantitativos que deben estar comprendidos entre los límites que el estudio y la experiencia han encontrado como tolerantes

para el consumo humano, los cuales en su mayor parte han sido fijados por normas.

En Guatemala han sido escritas todas estas normas y son publicadas por la Comisión Guatemalteca de Normas (COGUANOR), las denomina Norma COGUANOR NGO 29 001 y son especificaciones para agua de consumo humano.

Existen dos valores que definen los límites máximos y permisibles aceptables para las concentraciones de sales y para los datos físicos como color, olor, turbiedad, color, y todos los demás parámetros.

- Límite máximo aceptable (LMA): se refiere al límite arriba del cual el valor de cualquier característica de calidad del agua indica que el agua pasa a ser rechazable para el consumidor, pero no implica daños a la salud.
- Límite máximo permisible (LMP): se refiere al límite arriba del cual el valor de cualquier característica de calidad del agua indica que el agua no es adecuada para el consumo humano.

7.3.3. Requisitos que debe cumplir el agua como agua para cerveza

El agua suministrada en las plantas no siempre se corresponde con los requisitos cualitativos; al menos hay que controlar invariablemente el agua, respecto del mantenimiento de ciertos parámetros, a efecto de cumplir con todos los requisitos.

Primeramente, el agua para cerveza debe tener la calidad de agua potable correspondiente a la disposición de agua potable y con ello debe cumplir con todo lo que se exige de un agua potable, en lo referente a lo sensorial, fisicoquímico, microbiológico y químico, esto está regulado en la norma guatemalteca COGUANOR NGO 29001 (2010).

Aparte de ello, debe cumplir también con una serie de requisitos de tecnología cervecera, los cuales pueden tener una influencia positiva sobre la fabricación de la cerveza. En el agua siempre hay sales disueltas. Dado que están muy diluidas, no se encuentran presentes como sales, sino que están totalmente disociadas en iones. Por ello es más correcto hablar de iones disueltos.

La mayor parte de estos iones no reaccionan con los componentes de la malta, durante la maceración, donde entran en contacto por primera vez. Otros, sin embargo, reaccionan con determinados componentes de la malta. (Kunze, 2006).

7.3.3.1. Importancia de determinados iones

Aparte de la importancia para la modificación del PH en el mosto y la cerveza, determinados iones son importantes en lo referente a la influencia en el sabor o a la relevancia en la salud. Dentro de estos se mencionan:

- El sodio y los cloruros, que en cantidades superiores tienen un efecto incremental sobre la presión sanguínea. Sin embargo, son un elemento importante en forma de sal de cocina para dar el toque justo a las comidas, en lo que al sabor se refiere.

- El potasio, que se encuentra en el agua potable en promedio de 2mg/l. La dosis diaria necesaria para el ser humano es de 2g. La disposición de agua potable no fija ningún valor límite para el potasio. Un contenido equilibrado de potasio es responsable de la diuresis (excreción de la orina).
- Los nitratos y nitritos, que se encuentran en el agua subterránea a menudo debido a la degradación de sustancias orgánicas, tales como abono líquido, o por descargas de aguas residuales domésticas. Toxicológicamente debe tenerse en cuenta que el nitrato puede ser reducido por bacterias al nitrito, cuya toxicidad es mucho más importante.
- Los sulfatos, que tienen un efecto de retención de líquidos, sobre esto se basa el efecto laxante del sulfato de magnesio y del sulfato de sodio, dado que por la retención de líquidos en el intestino, causa un incremento de volumen y con ello una mayor presión sobre la peristáltica de aquél. (Kunze, 2006)

7.3.4. Principales variables de la calidad del agua en la elaboración de cerveza

Las principales variables que aportan significancia a la calidad del agua para cerveza se resumen a los siguientes:

7.3.4.1. Bicarbonatos

Una alta alcalinidad no beneficia a la bebida de moderación y debe ser controlada adicionando ácido por medio de algún otro proceso; se deberá evitar la alta alcalinidad por el peligro que existe de extraer polifenoles de los granos.

La alcalinidad (bicarbonatos) en el suministro de agua debe ser 50 ppm o menos, con esta alcalinidad el pH no es importante y sus valores pueden estar desde 4 hasta 9. (MBAA, 1993).

7.3.4.2. Silicatos

La sílice se encuentra tanto en el agua como en los mismos granos que dan origen a la malta, por lo que se debe evitar su exceso en el agua. Está limitada la presencia de sílice en el agua sin tratar hasta 50 mg/L. Hay indicios de que un exceso de sílice provoca que la fermentación no se lleve a cabo a satisfacción, dando también una presencia coloidal en el producto final, es decir, la bebida de moderación tendrá una apariencia opaca. (Kunze, 2006).

7.3.4.3. Arsénico

El arsénico es cancerígeno y mutágeno humano confirmado, también es tóxico y se absorbe por vía gastrointestinal y por inhalación. El arsénico es causa de preocupación por ser inductor de cáncer de piel, vejiga, hígado y pulmón, además de causar la patología conocida como pie negro, que implica la inducción de gangrena y la subsecuente amputación de la extremidad; por otro lado, existen reportes que lo señalan como causante de un incremento en enfermedades cardiovasculares, en grupos expuestos.

Se conoce que las principales rutas de exposición de las personas al arsénico son al beberlo o por inhalación. Es acumulable en el organismo por exposición crónica y en ciertas concentraciones ocasiona afecciones tales como alteraciones de la piel (relajamiento de los capilares cutáneos y la dilatación de los mismos), con efectos secundarios en el sistema nervioso, irritación de los órganos de los aparatos respiratorio y gastrointestinal, además de acumulación

en los huesos, músculos, piel y, en menor grado, en el hígado y los riñones. (Villegas, 2002).

7.3.5. Procesos para la mejora del agua

A menudo es necesario modificar la calidad del agua. En esto es esencial saber qué es lo que se debe mejorar o cambiar. El proceso de tratamiento es determinado por la aplicación de calderas para hallar bacterias en el agua, mientras que las sales disueltas tienen una importancia decisiva. En el agua de limpieza es más bien al revés. (Kunze, 2006).

7.3.5.1. Eliminación de contaminación biológica

La aceptación del dióxido de cloro como oxidante y desinfectante del agua potable en los Estados Unidos ha creado significativamente durante los 20 últimos años plantas potabilizadoras que usan actualmente dióxido de cloro. En Europa el uso del dióxido de cloro está muy generalizado; en Italia, más del 30% de las plantas de tratamiento de agua utilizan dióxido de cloro y, en Alemania, más del 10%. La ventaja principal del dióxido de cloro es que mejora el gusto y el olor del agua y reduce la formación de subproductos orgánicos, como los filamentos. (Deiningen, 1988).

7.3.5.1.1. Desinfección primaria y secundaria

En los Estados Unidos, el dióxido de cloro (ClO_2) se usó por primera vez como un desinfectante de agua potable hace más de 50 años. El primer uso reportado fue en 1944, en una planta de tratamiento de agua en Niagara Falls, Nueva York. Desde entonces, el uso del dióxido de cloro se ha ampliado a otras

aplicaciones, incluido el tratamiento del agua del procesamiento industrial y de alimentos. El dióxido de cloro, junto con el cloro libre, las cloraminas y el ozono, son actualmente los desinfectantes más ampliamente usados en los sistemas municipales de agua potable. (Deininger, 1988).

7.3.5.1.2. Propiedades del dióxido de cloro

El dióxido de cloro es un gas de color verde amarillento, cuyo peso molecular es de 67.46. Es estable y sumamente soluble en soluciones acuosas en hasta 20 g/L. Además de sus propiedades biocidas, el dióxido de cloro mejora la calidad del agua potable, es decir, neutraliza olores, remueve el color y oxida hierro y manganeso. Una de las propiedades más interesantes del dióxido de cloro es su eficacia biocida en un amplio intervalo de valores de pH (3 a 9).

El dióxido de cloro es sensible a la luz ultravioleta y presenta mayor capacidad de oxidación cuando hay mayor acidez, conforme a la reacción:



Debido a que el dióxido de cloro existe como un gas inestable, el producto no puede comprimirse ni distribuirse en cilindros como el cloro gaseoso. El dióxido de cloro debe producirse *in situ*, mediante el uso de un generador mecánico. Comúnmente se genera por reacción del clorito de sodio, con cloro gaseoso (sistema de 2 compuestos químicos) o por reacción del clorito de sodio con hipoclorito de sodio y ácido clorhídrico (sistema de 3 compuestos químicos). (Deininger, 1988).

7.3.5.1.3. Uso del ClO₂ en el tratamiento de agua

El dióxido de cloro es muy útil para el tratamiento del agua potable. Si bien los desinfectantes de cloro reaccionan con diversas sustancias a través de la oxidación y sustitución electrofílica, el dióxido de cloro solo reacciona por oxidación. Como resultado, el uso de dióxido de cloro puede disminuir la formación de THM en el agua tratada. Los niveles más altos de THM en el agua tratada con dióxido de cloro, a menudo se atribuyen al bajo rendimiento de generadores de dióxido de cloro, es decir, debido a un exceso de cloro.

Además de que el ClO₂ reduce la presencia de color y remueve las algas, controla el *cryptosporidium* y la *giardia*, controla el musgo de Zebra, controla o remueve la biocapa, esporas, virus, hongos, etc. En un amplio intervalo de temperaturas el dióxido de cloro produce subproductos en forma de cloritos y cloratos. Los cloritos y cloratos oxidan la hemoglobina y el clorito es un agente hemolítico.

El máximo nivel propuesto de contaminante (MNPC) en los Estados Unidos para el clorito es 1.0 mg/L, mientras que el ion clorato no está reglamentado. Los datos de las plantas de tratamiento de agua de Alemania indican que la concentración promedio de clorito está por debajo de 200 mg/L, en Alemania. (Deininger, 1988).

7.3.5.1.4. Modo de acción del ClO₂

El dióxido de cloro es un desinfectante más potente que el cloro y la cloramina. El ozono tiene mayores efectos microbicidas, pero una capacidad de desinfección residual limitada. La investigación reciente en los Estados Unidos y

Canadá demuestra que el dióxido de cloro destruye enterovirus, *E. coli* y amebas, y es efectivo contra los quistes de *Cryptosporidium*.

El dióxido de cloro existe en el agua como ClO_2 (poca a ninguna disociación) y, por lo tanto, puede penetrar en las membranas de las células bacterianas y destruirlas. Su acción en los virus incluye la adsorción y penetración en la capa proteica, dando como resultado que se dañe la capacidad genética del virus, en comparación con el cloro, el dióxido de cloro puede ser más efectivo como desinfectante, porque en el agua existe cloro como HOCl u OCl^- . Como resultado, las paredes de las células bacterianas se cargan negativamente y repelen estos compuestos, lo cual conduce a una menor penetración y absorción del desinfectante en las membranas. (Deininger, 1988).

7.3.5.2. Remoción o reducción de sólidos suspendidos

Parte del proceso de acondicionamiento de agua es la filtración y esta tiene como fin principal eliminar o reducir la presencia de sólidos suspendidos que puedan afectar la eficiencia de las membranas de la ósmosis inversa.

La remoción de sólidos suspendidos, al pasar el agua a través de un medio poroso, es principalmente una acción mecánica. Muchas partículas a causa de su tamaño no pasan por los intersticios del filtro. Esta acción sola, sin embargo, puede no dar una clarificación completa. Los sólidos finamente divididos son solo eliminados por la acción de películas gelatinosas alrededor de los granos del medio filtrante. En algunos filtros, este recubrimiento se forma por una acción biológica, la cual es más acentuada en filtros lentos de arena, en los cuales se forma una película limosa, técnicamente llamada Schmutzdecke.

La resistencia de la capa a la ruptura se debe usualmente a su relación con organismos microscópicos. La masa reticular que estos forman ayuda a la clarificación. También pueden formarse flóculos, mediante varios productos químicos para crear un Schmutzdecke artificial. Existen esencialmente dos tipos de filtros: los de gravedad y los de presión. Los primeros son muy usados en instalaciones municipales y los segundos en instalaciones industriales.

Para fines de este proyecto se usarán filtros de presión. Los filtros más utilizados para superficies pequeñas, en los sistemas de tratamiento de agua, son los típicos de presión. El filtro mediano más frecuentemente usado es el de arena sílica, con un espesor de 18 a 30 pulgadas, un tamaño efectivo de 0.4 a 0.6 mm y un coeficiente de uniformidad de 1.3 a 1.7. Algunas veces la mitad de la cama filtrante (380 mm) es ocupada por antracita o por carbón activado, teniendo un coeficiente de uniformidad de 1.8 o menos y un tamaño de efectividad de 0.6 a 0.8 m m. (Powell, 1970).

7.3.5.3. Remoción o reducción de olores y sabores (adsorción)

En el agua dulce típica, la mayoría de los constituyentes, en una muestra filtrada, la forman los minerales disueltos; sin embargo hay cantidades apreciables de materiales no iónicos en forma de coloides. Entre ellos se encuentran: sílice, óxidos metálicos insolubles y compuestos orgánicos como son las sustancias que producen el color, sabor y el olor. La adsorción es la adhesión física de moléculas o coloides a las superficies de un sólido, un adsorbente, sin que se lleve a cabo una reacción química. Los adsorbentes pueden ser materiales en forma de polvo fino, el adsorbente más comúnmente usado es el carbón activado, que se utiliza tanto en forma de polvo como en

gránulos. Otros adsorbentes incluyen diversas arcillas, óxido de magnesio, carbón de hueso, alúmina activada, etc.

Puesto que la adsorción es una reacción de superficie, una medida de la efectividad del adsorbente es el área de superficie. Para el carbón, el área total de superficie es de 600 m 1000 m² por gramo. Esta superficie está cargada negativamente y a pesar de esto la carga negativa de la mayor parte de 4^o coloides en agua no inhibe la adsorción de materiales de peso molecular elevado.

Algunos sabores y olores son producidos por los constituyentes minerales del agua, como por ejemplo puede mencionarse el sabor salado que se manifiesta cuando los cloruros se hallan presentes por lo menos a 500 mg/l, y el olor a huevo podrido producido por el sulfuro de hidrógeno en agua de pozo. Sin embargo, los sabores y olores que más se rechazan en el agua potable son causados por la actividad biológica. Hay maneras de agregar el carbón activado, una de ellas es dosificándolo a la corriente de agua cuya calidad se pretende mejorar, y la otra a través de filtros en cuyo interior hay carbón activado.

El carbón granular típico es alrededor de 8 a 30 mallas y tiene un tamaño efectivo de 0.9 mm., y un coeficiente de uniformidad de J.8, no solo los contaminantes orgánicos son removidos del agua, sino también el dorso residual y otros, cuya eliminación se efectúa mediante la siguiente reacción química:



En esta reacción química t mg/L Cl₂ reduce la alcalinidad del agua alrededor de 1.5 mg/L (como CaCO₃) por la producción de HCl.

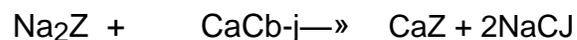
Con frecuencia se aplican altas dosis de cloro para asegurar una esterilización completa. En este caso, se eliminarán los fenoles del agua sin tratar.

De no removerse el cloro residual, este destruirá alguno de los materiales orgánicos empleados. En la industria de las bebidas de moderación el cloro libre es indeseable para el proceso de la fermentación. Así para estas operaciones el filtro de carbón activado es ideal para remover sabores y olores y para el decorado, ya que el agua ha sido tratada previamente y la carga orgánica es por lo general muy baja. (Javier, 2001).

7.3.5.4. Ablandamiento del agua

La suavización con resina, según algunos autores la llamas, como ya se describió con anterioridad consiste en pasar a través de un lecho de material que posee la propiedad de remover el calcio y el magnesio y de reemplazar estos iones con sodio, independientemente de las variaciones de dureza.

El calcio y magnesio serán removidos de cualquiera de sus sales en solución como bicarbonatos, sulfatos, cloruros, etc., considerando solamente los cloruros como ejemplo, a fin de simplificar las reacciones de suavización, las cuales son:



Z = Zeolita

En un lecho de zeolita, conforme progresa el ablandamiento, los cloruros de calcio y de magnesio pasan a través de la superficie de un lecho fresco de

zeolita de sodio e inmediatamente se convierten en cloruro de sodio, cambiando la capa superficial del lecho a zeolita de calcio y magnesio.

El material de zeolita seguirá ablandando agua en esta forma, hasta que un alto porcentaje de los iones de sodio haya sido intercambiado; sin embargo, la capa de zeolita de sodio llegará a ser tan delgada, que parte de las sales de calcio y de magnesio pasarán a través de ella sin haber intercambio, apareciendo entonces dureza en el efluente. Después de este punto de fuga, la dureza aumenta rápidamente. La etapa de ablandamiento se termina con una cierta dureza en el efluente, que se determina mediante pruebas de las muestras. (Javier, 2001).

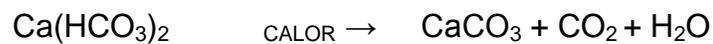
7.3.5.5. Procesos para la mejora de la alcalinidad residual

“El resultado de la competencia entre las propiedades que aumentan el valor pH y las que lo disminuyen es determinado por la alcalinidad residual (AR). Bajo alcalinidad residual se entiende aquí la diferencia entre la dureza de carbonatos (DC) y la dureza de no carbonatos (DNC)”. (Kunze, 2006, pág. 85). Y se expresa con la ecuación:

$$AR = DC - (Dureza calcárea + 0.5 \text{ dureza de magnesio})/3.5$$

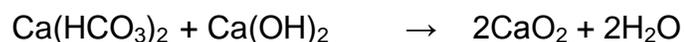
Cuanto mayor es la alcalinidad residual, tanto más efectiva es la dureza de carbonatos y tanto mayor será el valor pH. Una mejora de esta se realiza a través de su disminución y Kunze (2006) argumenta que puede darse por:

- Disminución de la dureza de carbonatos (descarbonatación): se entiende la eliminación de la dureza de carbonatos por calentamiento, adición de cal apagada o un intercambio de iones.
 - Descarbonatación por calentamiento: consiste en calentar el agua que contiene carbonatos en un rango de temperatura de 70 a 80°C, el bicarbonato de calcio se convierte, bajo desprendimiento de dióxido de carbono, en carbonato de calcio insoluble, depositándose en las paredes del recipiente como incrustación:



Sin embargo no es tenida prácticamente en cuenta en el agua para cerveza debido a que no es rentable porque el agua debe posteriormente enfriarse.

- Descarbonatación por adición de cal apagada: es la más habitual y consiste en la adición de cal apagada en forma de agua de cal. El hidróxido de calcio del agua de cal reacciona con el bicarbonato del agua, formando carbonato de calcio insoluble:



La descalcificación es muy común hoy en día, y se puede realizar en una o dos etapas. La ventaja de estos procesos es, aparte de la simpleza, los costos bajos de los productos químicos y que además precipitan hierro, manganeso y otros metales pesados, limpiando bien el agua. La desventaja es la necesaria

eliminación del lodo y el ajuste de las dosis, en el caso de calidades de agua variables.

- Por aumento de la dureza de no carbonatos: “puede disminuir el efecto nocivo de aumento de pH, de la dureza de carbonatos y reducir la alcalinidad residual a una medida deseada. Esto se puede realizar por adición de CaCl_2 o CaSO_4 . Sin embargo se aumenta el contenido de iones Ca^+ , lo cual puede tener efectos sobre el sabor”. (Kunze, 2006, pág. 90).
- Por neutralización: la DC puede pasar a DNC por adición de ácido clorhídrico o ácido sulfúrico, la única condición es una dosificación precisa de la cantidad de ácido.

7.3.5.6. Remoción o reducción de arsénico y silicatos

Existen diversos métodos para la remoción de arsénico y silicatos que han sido utilizados y optimizados a lo largo de los años y se pueden resumir de la siguiente manera, según RWL Water (2017):

- Coagulación/filtración
- Oxidación/filtración
- Adsorción sobre medios específicos
- Intercambio Iónico
- Separación por membranas

La selección de cada tecnología varía de acuerdo a varios factores, que incluyen la presencia de otros contaminantes, limitaciones de espacio, destino

del agua tratada y disposición del efluente resultante. En los casos con elevado contenido de sílice es importante evaluar la mejor alternativa, ya que esta tiene un impacto negativo en la remoción por adsorción (reduce los sitios disponibles para la adsorción) y en equipos de ósmosis inversa valores superiores a 70 ppm pueden requerir un tratamiento adicional para evitar su deposición sobre la membrana.

Para la remoción de arsénico en agua mineral son limitados los tratamientos que pueden utilizarse, debido a las regulaciones que impiden modificar significativamente el agua de la fuente. Por ejemplo, la remoción por ósmosis inversa queda descartada, ya que modifica las características del agua. En este caso conviene optar por un tratamiento por adsorción sobre hidróxido de hierro, que no produce alteraciones sobre el agua, excepto la remoción específica de arsénico.

7.3.6. Sistema de Análisis de Riesgos y Control de Puntos Críticos (ARCPC) en el sector cervecero

La aplicación del Sistema de Análisis de Riesgos y Control de Puntos Críticos (ARCPC) en el sector cervecero se plantea como un enfoque preventivo de los riesgos sanitarios referentes a la fabricación de los productos de esta industria, con el fin de promover y apoyar la aplicación de los sistemas de calidad en el sector cervecero con el propósito de elevar la competitividad, fomentar el comercio, garantizar la seguridad de los alimentos y proteger la salud humana. (IICA y AECI, 1999).

El ARCPC es uno de los instrumentos actualmente utilizados por las empresas agroalimentarias para realizar el control de la calidad de los alimentos. Es un concepto desarrollado por la Armada de los Estados Unidos y

la NASA en un proyecto destinado a garantizar la seguridad de los alimentos para el programa espacial. Fue evolucionando hasta convertirse hoy día en un enfoque documentado para la correcta identificación de riesgos o peligros, las medidas preventivas y los puntos críticos de control.

“El análisis de riesgos y control de puntos críticos es un enfoque sistémico para la identificación de riesgos y peligros, su evaluación, su control y prevención” (IICA y AEI, 1999, pág. 9). Además, “la correcta aplicación de un sistema de ARCPC tiene como principales ventajas: una mayor garantía en la salubridad de los alimentos consumidos, una mayor eficacia en la utilización de los medios de que dispone la industria y la posibilidad de que los responsables garanticen la higiene de los alimentos” (IICA y AEI, 1999, pág. 10).

7.3.6.1. Principios del Sistema de Análisis de Riesgos y Control de Puntos Críticos (ARCPC)

Los principios bajo los que se basa el sistema ARCPC los describe IICA y AEI (1999) de la siguiente manera:

1. Identificar los riesgos específicos asociados con la producción de alimentos en todas sus fases, evaluar la posibilidad de que se produzcan e identificar las medidas preventivas necesarias para su control.
2. Determinar las fases/procedimientos/puntos operacionales que pueden ser controlados para eliminar riesgos o reducir al mínimo la probabilidad de que se produzcan PCC.
3. Establecer el límite crítico (para un parámetro dado en un punto concreto y en un alimento concreto), que no deberá sobrepasarse para asegurar que el PCC esté bajo control.

4. Establecer un sistema de vigilancia y seguimiento para asegurar el control de los PCC mediante pruebas u observaciones programadas.
5. Establecer las medidas correctivas adecuadas que habrán de adoptarse cuando un PCC no esté bajo control (sobrepase el límite crítico).
6. Establecer los procedimientos de verificación necesarios para comprobar que el sistema de ARPC funciona correctamente.
7. Establecer un sistema de documentación y registro en el cual se anoten todos los procedimientos y datos referidos a los principios anteriores y a su aplicación.

Para la correcta aplicación de los principios del sistema ARPC, IICA y AECI (1999) recomiendan seguir las 14 etapas siguientes:

7.3.6.2. Etapas para la aplicación de los principios del sistema ARPC

1. Definición del ámbito de estudio. El estudio se debe limitar a un producto o proceso determinado; además, se deben definir los tipos de riesgos a incluir (microbiológicos, químicos o físicos) y la parte de la cadena alimentaria a tener en cuenta.
2. Selección del equipo. Se deberá formar un equipo multidisciplinario que tenga los conocimientos específicos y la competencia técnica adecuada, tanto del proceso como del producto. En el caso de empresas medianas a grandes el equipo podría estar constituido por varias personas implicadas en distintas fases del proceso. Para las pequeñas empresas basta con una sola persona responsable de los productos y su calidad, que conozca muy bien el sistema ARPC y los procesos de producción de la propia firma.

3. Descripción del producto. Se deberá preparar una descripción completa del producto, que incluya información sobre la composición, materias primas, método de elaboración, sistema de distribución, etc.
4. Determinación del presunto uso del producto. Se estudiará el presunto uso alimentario por parte de los consumidores y distribuidores, y se tendrá en cuenta el grupo de población al que va dirigido.
5. Determinación del diagrama de flujo. Todo proceso de fabricación se puede esquematizar mediante un diagrama de flujo en el que se detalla cada una de las etapas fundamentales para la elaboración del producto.
6. Verificación práctica del diagrama de flujo. El equipo ARCPC deberá comprobar la exactitud del diagrama de flujo, constatará la operación de elaboración en todas sus etapas y hará las modificaciones necesarias cuando proceda.
7. Listado de riesgos y medidas preventivas. El equipo ARCPC deberá enumerar todos los riesgos biológicos, químicos o físicos; se deberá realizar una descripción de las medidas preventivas que pueden aplicarse para el control de cada riesgo.
8. Determinación de los puntos críticos de control (PCC). La finalidad de esta etapa es determinar el punto, la etapa o procedimiento en el proceso de fabricación en el que puede ejercerse control y prevenirse un riesgo.

9. Establecimiento de los límites críticos para cada PCC. Se especificará el límite crítico para cada PCC. Entre las variables más utilizadas para el establecimiento de los límites críticos destacan: temperatura (T), pH, actividad del agua (a_w), tiempo (t), humedad total del producto (H), cloro activo (Cl) y parámetros organolépticos, tales como aspecto, textura, etc.
10. Establecimiento de un sistema de vigilancia. La vigilancia es la medición u observación programada de un PCC en relación con sus límites críticos. El sistema de vigilancia deberá ser capaz de detectar una pérdida de control en el PCC, y deberá proporcionar información para que se adopten oportunamente las medidas correctivas que correspondan. Una manera de realizar la vigilancia en forma ordenada es completar un cuadro de gestión en el que se incluye información de las diferentes fases de producción, junto con los riesgos asociados, las medidas preventivas, los PCC, los límites críticos, los procedimientos de vigilancia, las medidas correctivas y el registro.
11. Establecimiento del plan de acciones correctivas. Con la finalidad de subsanar las desviaciones que pudieran producirse, se deberán formular todas las medidas correctivas específicas para cada PCC del sistema ARCPC.
12. Establecimiento de un procedimiento de documentación. Los registros son importantes para las autoridades de registros, determinantes en caso de que se presentara algún problema, pues permitirá demostrar ante los tribunales que la empresa actúa con la diligencia debida y utilizando todos los medios para asegurar la higiene del producto, con repercusiones económicas favorables para la empresa.

13. Establecimiento de un procedimiento de verificación. Se establecerá un procedimiento para verificar que el sistema ARCPC funciona correctamente. Con ese fin se pueden utilizar métodos y ensayos de observación y comprobación, incluidos el muestreo aleatorio y el análisis.

14. Revisión. El objetivo de una revisión es determinar si el plan ARCPC existente resulta apropiado. (IICA y AECI, 1999, págs. 13-15).

El ARCPC consiste en llevar a cabo las actividades normales de fabricación de una forma sistematizada y enfocada en la prevención de riesgos, evitando de esta forma los errores antes de que se produzcan y minimizando los costos debidos a estos para la fábrica de cerveza.

8. PROPUESTA DE ÍNDICE DE CONTENIDOS

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

LISTA DE SÍMBOLOS

GLOSARIO

RESUMEN

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA Y FORMULACIÓN DE PREGUNTAS

ORIENTADORAS

OBJETIVOS

RESUMEN DEL MARCO METODOLÓGICO

INTRODUCCIÓN

1. MARCO TEÓRICO

- 1.1 Industria de bebidas
 - 1.1.1 La industria cervecera en Guatemala
 - 1.1.2 Historia de la elaboración de la cerveza
 - 1.1.3 La cerveza
 - 1.1.4 Materias primas
 - 1.1.4.1 Cebada
 - 1.1.4.2 Lúpulo
 - 1.1.4.3 Levadura
 - 1.1.4.4 Agua
 - 1.1.5 Aspectos generales de la fabricación

- 1.2 Caracterización fisicoquímica y microbiológica del agua
 - 1.2.1 Agua

- 1.2.2 Ciclo del agua
- 1.2.3 Consumo de agua en la fábrica de cerveza
- 1.2.4 Obtención del agua
 - 1.2.4.1 Extracción de agua subterránea
- 1.2.5 Requisitos que debe cumplir el agua como agua potable
 - 1.2.5.1 Parámetros físicos y sensoriales
 - 1.2.5.1.1 Temperatura
 - 1.2.5.1.2 Color
 - 1.2.5.1.3 Sabor y olor
 - 1.2.5.1.4 Turbidez
 - 1.2.5.1.5 pH, alcalinidad y acidez
 - 1.2.5.1.6 Sólidos suspendidos totales
 - 1.2.5.1.7 Conductividad
 - 1.2.5.2 Parámetros químicos
 - 1.2.5.2.1 Dureza total
 - 1.2.5.2.2 Cloruros
 - 1.2.5.2.3 Hierro
 - 1.2.5.2.4 Nitrato
 - 1.2.5.2.5 Nitrito
 - 1.2.5.2.6 Alcalinidad parcial y total
 - 1.2.5.2.7 Manganeso
 - 1.2.5.3 Parámetros microbiológicos
 - 1.2.5.3.1 Prueba presuntiva
 - 1.2.5.3.2 Prueba confirmativa
 - 1.2.5.3.3 Resultado
- 1.3 Sistema de control de la calidad
 - 1.3.1 Sistema
 - 1.3.2 Calidad

- 1.3.2.1 Reglamentos para la calidad del agua potable (Norma COGUANOR NGO 29 001)
 - 1.3.3 Requisitos que debe cumplir el agua como agua para cerveza
 - 1.3.3.1 Importancia de determinados iones
 - 1.3.4 Principales variables de la calidad del agua en la elaboración de cerveza
 - 1.3.4.1 Bicarbonatos
 - 1.3.4.2 Silicatos
 - 1.3.4.3 Arsénico
 - 1.3.5 Procesos para la mejora del agua
 - 1.3.5.1 Eliminación de contaminación biológica
 - 1.3.5.1.1 Desinfección primaria y secundaria
 - 1.3.5.1.2 Propiedades del dióxido de cloro
 - 1.3.5.1.3 Uso del ClO₂ en el tratamiento de agua
 - 1.3.5.1.4 Modo de acción del ClO₂
 - 1.3.5.2 Remoción o reducción de sólidos suspendidos
 - 1.3.5.3 Remoción o reducción de olores, sabores (adsorción)
 - 1.3.5.4 Ablandamiento del agua
2. DIAGNÓSTICO DEL TRATAMIENTO DEL AGUA
3. PRESENTACIÓN Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS
4. PROPUESTA DE UN SISTEMA DE CONTROL DE CALIDAD MEDIANTE CARACTERIZACIÓN FÍSICOQUÍMICA Y MICROBIOLÓGICA PARA

MEJORAR LA CALIDAD DEL AGUA UTILIZADA EN LA ELABORACIÓN DE CERVEZA

CONCLUSIONES

RECOMENDACIONES

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

APÉNDICES

ANEXOS

9. METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

La investigación propuesta tiene un enfoque mixto y diseño experimental. El enfoque es cualitativo, porque se vale de la observación directa y revisión documental, y es cuantitativo debido a que los datos de las muestras se recolectan en un tiempo determinado conforme se efectúa el muestreo. También es experimental porque emplea análisis en laboratorio para determinar la información que se utilizará en el proyecto, además considera toda la información disponible del entorno para el análisis. Por último, es transversal porque está delimitada en tiempo, existe una fecha de inicio y una de fin del proyecto.

La investigación propuesta se aborda con un alcance descriptivo y tipo analítico, puesto que se dan a conocer las características observables de la unidad de análisis, en este punto en concreto el agua para la elaboración de cerveza, así como los fenómenos percibidos durante la obtención de la información, discutiendo los resultados obtenidos de los análisis realizados. Luego se planteará una solución al problema proponiendo un sistema de control de calidad que aporte mejoras al producto final.

La metodología a seguir para la solución del problema está sustentada en la revisión de la literatura. La metodología de investigación se desarrollará en fases, cada una correlacionada a su pregunta de investigación y objetivo específico, cuya finalidad es ensayar la solución, buscando la resolución del problema planteado, comenzando por la fase de revisión documental que proporciona las bases para la elaboración de la investigación, desde la fase metodológica, hasta la teórica y práctica.

Tabla I. **Variables e indicadores**

Objetivos	Variable	Tipo de variable	Indicador	Plan de tabulación
<p>Describir y analizar las mejoras que se obtendrán al proponer un sistema de control de calidad utilizando análisis fisicoquímicos, microbiológicos y sensoriales al agua para la elaboración de cerveza.</p>	<p>Mejoras que se obtendrán al proponer el sistema de control de calidad con los resultados obtenidos de los análisis.</p>	<p>Independiente/ Cuantitativa cardinal</p>	<p>Interpretación de los resultados obtenidos de los análisis y propuesta de las mejoras a la calidad del agua.</p>	<p>Técnicas espectrofotométricas (análisis en laboratorio) Tabulación de datos en tablas (anexos)</p>
<p>Analizar mediante caracterización fisicoquímica, microbiológica y sensorial el agua, para verificar que cumpla con los requisitos de agua potable y los requeridos adicionalmente para la elaboración de cerveza.</p>	<p>Parámetros fisicoquímicos, microbiológicos y sensoriales para agua potable y adicional para elaboración de cerveza.</p>	<p>Independiente/ Cualitativa ordinal</p>	<p>Comparación de los resultados de los análisis fisicoquímicos, microbiológicos y sensoriales realizados con los especificados en las normas.</p>	<p>Entrevista Observación</p>
<p>Diagnosticar el tipo de tratamiento que se le aplica a la fecha al agua para la elaboración de cerveza.</p>	<p>Tratamiento a la fecha</p>		<p>Tratamiento que se le da a la fecha al agua para la elaboración de cerveza</p>	

Fuente: elaboración propia

- Fases de la metodología a aplicar

El proceso para cumplir con los objetivos del diseño de investigación se llevará a cabo de la siguiente manera:

Fase 1: investigación documental

Responde a la revisión documental para realizar la investigación de antecedentes del problema y el marco teórico relacionado al mismo.

Fase 2: descripción del tratamiento que se le realiza al agua

Para el cumplimiento del primero objetivo, se realizará la recolección de toda la información referente al tratamiento que se le realiza al agua que se utiliza para la elaboración de cerveza, a la fecha de elaboración de este proyecto. Se incluirá las áreas de la fábrica donde se utiliza el agua para elaborar la cerveza, todos los datos relacionados al tratamiento del agua para elaboración de cerveza, realizando una entrevista al jefe del centro de servicios (incluye el suministro de agua) y a los técnicos involucrados. Se realizan los cuestionamientos según lo establecen los parámetros esenciales de la norma guatemalteca para agua potable y los mínimos para la elaboración de cerveza.

Fase 3: realización de los análisis fisicoquímicos, microbiológicos y sensoriales. Validación de resultados. Análisis.

- Toma de muestras en los puntos de abastecimiento de agua para elaboración de cerveza.

- Ejecución de los análisis fisicoquímicos, microbiológicos y sensoriales, utilizando métodos estandarizados y de alta confiabilidad.
- Comparación de los resultados de los análisis fisicoquímicos, microbiológicos y sensoriales realizados con los especificados en la norma nacional y los requeridos para el agua en la elaboración de cerveza.

Según la información recabada en la fase anterior, a partir de los resultados obtenidos de los análisis que se realizarán a las muestras, se tiene la información suficiente para determinar las mejoras que se deben hacer al tratamiento actual que se le efectúa al agua y proponer procesos de mejora del agua para elaborar cerveza.

El diseño experimental utiliza:

- Métodos espectrofotométricos para la determinación de los parámetros fisicoquímicos: obtención de los resultados fisicoquímicos mediante kits de ensayos fotométricos, estos consistentes en reactivos. El componente de una muestra a analizar se convierte en un compuesto coloreado debido a una reacción específica. Estas reacciones de color se basan en la mayoría de los casos en procedimientos analíticos normalizados.
- Métodos de siembra en medios de cultivo para la determinación de los parámetros microbiológicos: obtención de los resultados microbiológicos mediante siembra en medios de cultivo.
- Evaluación sensorial: determinación de las propiedades organolépticas del agua mediante el uso de los sentidos, como olor, sabor, color.

Fase 4: preparación y presentación del informe final.

En esta fase se determinará los procesos de mejora que son necesarios para la mejora del agua utilizada en la elaboración de cerveza, a partir de los resultados de los análisis físicoquímicos, microbiológicos y sensoriales.

Una vez establecidos estos procesos y mediante el uso de la información directa recabada se incluirá la interpretación de los resultados obtenidos comparándolos con las especificaciones establecidas, y la presentación de un sistema de control de calidad del agua según los procesos de mejora para la calidad del agua en la elaboración de cerveza recomendados.

- Plan de muestreo

Las muestras se tomarán en puntos estratégicos donde se utiliza el agua para la elaboración de cerveza, siendo estos: cisterna de agua, entrada de agua para la elaboración de mosto, entrada de agua para la dilución de cerveza terminada, salida de agua deaireada y salida de agua para limpieza.

Se tomarán dos muestras de cada punto para realizar los análisis físicoquímicos y microbiológicos, posteriormente son llevadas al laboratorio para ejecutar los análisis mencionados.

Los recipientes que se utilizarán para la recolección de las muestras estarán debidamente identificados y, en el caso de los que se utilizarán para los análisis microbiológicos, deberán estar estériles.

El muestreo se realizará según lo establecido en la norma COGUANOR sobre agua para consumo humano y agua potable, así como recolección,

preservación, transporte y almacenamiento de muestras, como también generalidades.

En los apéndices del II al III se observa el diseño de los registros de recolección de los datos, conteniendo las especificaciones establecidas en la norma COGUANOR de calidad del agua.

- Resultados esperados

Con este trabajo de investigación se espera obtener en la industria de bebidas un sistema de control de calidad que, de acuerdo a los procesos de mejora propuestos, brinde una mejor calidad del agua utilizada en la elaboración de cerveza, esto con el único fin de que la empresa tenga mayor competitividad en el mercado sirviendo una cerveza de excepcional calidad y con procedimientos que aseguren la constante permanencia de esa calidad.

A través de la caracterización fisicoquímica, microbiológica y sensorial, es necesario apoyarse para brindar un diagnóstico de control permanente en las áreas de servicio de agua como materia prima en la elaboración de cerveza, para con esto brindar soporte al área de producción y a los demás departamentos involucrados en el apoyo para la elaboración de cerveza.

Se pretende proponer un sistema de control de calidad que brinde controles y mejora continua en la calidad del agua utilizada para elaborar cerveza, y que estas mejoras estén basadas no solo en los requisitos nacionales para agua potable, sino que consideren los requisitos adicionales de tecnología cervecera para obtener así agua con características selectivas y óptimas para su uso como materia prima.

10. TÉCNICAS DE ANÁLISIS DE LA INFORMACIÓN

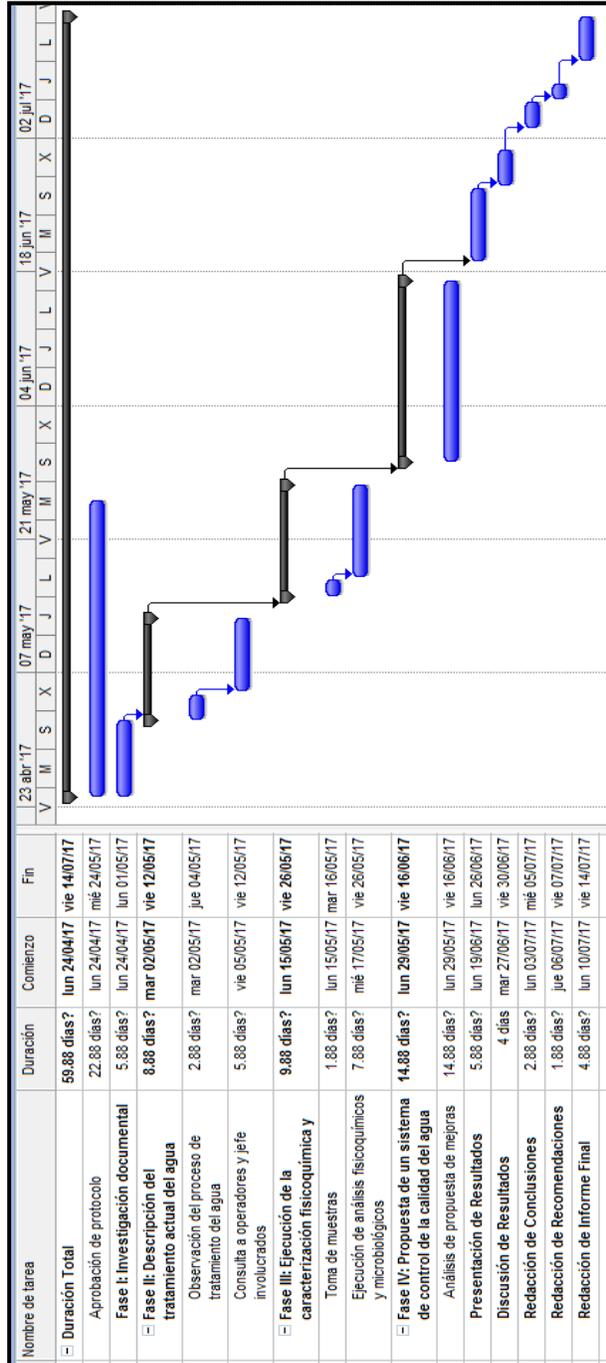
Las técnicas a utilizar para el procesamiento y análisis de la información son:

- Se utilizarán técnicas de estadística descriptiva en la recolección de la información directa como entrevista (anexo I) para obtener los datos del tratamiento que actualmente se le da al agua utilizada como materia prima en la elaboración de cerveza. Uso de la observación directa de los procesos que se le apliquen.
- Se utilizarán tablas que recolectan la información de la observación directa al aplicar las técnicas de análisis fisicoquímicos: el formato incluido en el anexo II sirve para tabular los datos obtenidos de los análisis fisicoquímicos y sensoriales, y en el anexo III se muestra el necesario para tabular los análisis microbiológicos, se incluyen con los parámetros establecidos en la norma nacional para agua potable y los requeridos adicionales de tecnología cervecera.
- Se utilizarán gráficos de control para la elaboración de la interpretación de los resultados obtenidos de los parámetros fisicoquímicos, microbiológicos y sensoriales de cada punto de muestreo. Con base en la documentación se realizará la propuesta de mejora a partir de los parámetros que estén fuera de norma.
- Se considera la participación de operadores, supervisores, coordinadores y jefe de proceso y laboratorio en la discusión de los resultados, con el

propósito de validar la información y que contribuya a generar las mejoras que agreguen valor a la calidad del agua para elaboración de cerveza.

11. CRONOGRAMA

Figura 1. Cronograma



Fuente: elaboración propia.

12. FACTIBILIDAD TÉCNICA Y FINANCIERA DEL ESTUDIO

El trabajo de investigación es factible debido a que se cuenta con los recursos necesarios para ejecutar cada una de las fases y cumplir con los objetivos propuestos.

La industria de bebidas autoriza la ejecución del presente trabajo de investigación suministrando los siguientes recursos:

- Humanos: personal a disposición para realizar tareas requeridas en la investigación.
- Tecnológicos: espectrofotómetro, equipos de laboratorio, cristalería, reactivos, para la obtención de los resultados.
- Información: acceso a la información requerida en la investigación guardando la confidencialidad de la industria.
- Equipo e infraestructura: todos los equipos de cómputo y ubicaciones disponibles que son necesarios para la realización de la investigación.

El recurso financiero requerido para la ejecución de la investigación será aportado por el investigador. Se presenta el siguiente presupuesto:

Tabla II. Presupuesto de costos

No.	Recurso	Descripción	Cantidad (Q)	Porcentaje
1	Humano	Asesor	2500.00	21%
2	Humano	Tiempo del investigador	5000.00	43%
3	Material	Papelería y útiles	1000.00	9%
4	Material	Reactivos	1000.00	9%
5	Otros recursos	Equipos, internet	500.00	4%
6	Transporte	Pasajes	1600.00	14%
Total			11,600.00	100.00%

Fuente: elaboración propia.

13. BIBLIOGRAFÍA

1. Amber. (2007). *Encuesta Ipsa Cerveceria*. Guatemala.
2. América, M. B. (1993). *The practical brewer*. United States of America: Edwards Brothers Inc.
3. Amnet, J. (1991). *Control de la calidad*. Barcelona, España: Fontanella.
4. Anastasi, M. (1992). *Control de calidad*. Lima: AGUILAR.
5. Benítez, A. (2002). *Acondicionamiento y optimización del agua para la elaboración de cerveza y servicios*. (Tesis de Posgrado). Universidad Autónoma de Nuevo León, México.
6. Chapman, D. (1992). *Water quality assessments*. London, UK: Chapman & Hall Ltd.
7. Coromines, J. (2008). *Diccionario crítico etimológico castellano e hispánico*.
8. Deininger, A. (1988). *Simposio regional sobre la calidad del agua*. Lima.
9. Ganj, K. (2001). *El agua cervecera*. Guatemala.
10. Hough, J. (1990). *Biología de la cerveza y de la malta*. Zaragoza, España, Acribia, S.A.

11. Javier, P. (2001). *Arsénico en el agua de Guanajuato, México*. Recuperado de <http://148.233.566/qp/datos/secciones/estados/2001/1040/estados.html>.
12. Kunze, W. (2006). *Tecnología para cerveceros y malteros*. Berlín, Alemania: VLB Berlin.
13. Norma Coguanor N. 2. (2010). *Especificaciones para agua potable*. Guatemala.
14. Powell, S. T. (1970). *Acondicionamiento de aguas para la industria*. México: Editorial Limusa-Wiley, S. A.
15. Ramos, F. J. (2006). *Análisis de la calidad del agua para consumo humano en el área urbana del Puerto de San José, Departamento de Escuintla*. (Tesis de pregrado). Universidad de San Carlos de Guatemala, Guatemala.
16. Sac, E. O. (2005). *Evaluación fisicoquímica y microbiológica para determinar la calidad de los abastecimientos de agua potable de la nueva red de distribución de la zona media urbana del Municipio de Quetzaltenango y propuesta de un sistema de cloración*. (Tesis de pregrado). Universidad de San Carlos de Guatemala, Guatemala.
17. Salguero, R. E. (2016). *Sistema de gestión de la calidad del agua que consume la población urbana del Municipio de El Progreso, Jutiapa, basado en la metodología del plan de seguridad para calidad del*

agua de la OMS. (Tesis de posgrado). Universidad de San Carlos de Guatemala, Guatemala.

18. Solórzano, R. Y. (2005). *Determinación de la calidad del agua para consumo humano y uso industrial proveniente de la planta de tratamiento La Carbonera, Municipio de Sanarate, Departamento de El Progreso, Guatemala*. (Tesis de pregrado). Universidad de San Carlos de Guatemala, Guatemala.
19. Urrutia, C. (s.f.). *Historia de la industria cervecera en Guatemala*. Recuperado de <http://www.guatemaladeayerblogspot.com>.
20. Williams S. L. (2017). *Comercial de alimentos, S.L. Williams*. Recuperado de http://www.comercialwilliams.es/Comercial_Williams/Cartera_de_Productos/Entradas/2016/10/13_Cerveza.html.

14. APÉNDICES

Apéndice 1. Entrevista

Guía de cuestionamientos:

- Según su conocimiento y experiencia, ¿qué variables fisicoquímicas y microbiológicas son las más importantes en el tratamiento del agua como materia prima para la elaboración de cerveza?
- ¿Podría indicar qué tipo de tratamiento fisicoquímico y/o microbiológico se le aplica actualmente al agua que se utiliza como materia prima y cómo se realiza?
- De acuerdo a sus respuestas anteriores, ¿cree que es suficiente el tratamiento que se le aplica al agua? Si su respuesta fuera NO, ¿qué procesos de mejora cree que debieran implementarse?
- ¿Qué ventajas tendría si se implementara un sistema de calidad según los procesos de mejora que mencionó?
- ¿Qué impacto generaría en la calidad y el proceso de producción de la fábrica si se implementara este sistema de calidad?

Fuente: elaboración propia.

Apéndice 2. Análisis fisicoquímicos y sensoriales

Variables fisicoquímicas y sensoriales para la calidad del agua

Punto de muestreo: _____ Fecha: _____

Parámetro	Valor obtenido	Norma Coguanor 29001/Recomendado Tecnología Cervecera
Alcalinidad "f", mg/L CaCO ₃		0
Alcalinidad "m", mg/L CaCO ₃		Máx. 100
Dureza total, mg/L CaCO ₃		LMA 100 LMP 500
Dureza de Calcio, mg/L CaCO ₃		
Dureza de Magnesio, mg/L CaCO ₃		
pH		LMA 7.0 – 7.5 LMP 6.5 – 8.5
Conductividad, µS/cm		100 a 700
Sólidos Disueltos mg/L		LMA 500 LMP 1000
Cloruros, mg/L		LMA 100 LMP 250
Silicio, mg/L		
Fosfatos, mg/L		Máx. 1
Hierro, mg/L		LMA 0.10 LMP 1.0
Nitritos, mg/L como Nitrógeno		LMP 1.0
Nitratos, mg/L como Nitrógeno		LMP 10
Amonio, mg/L		
Arsénico, mg/L		LMA 0.01
Manganeso, mg/L		LMA 0.10 LMP 1.0
Color		

Continuación apéndice 2.

Turbiedad		LMA 5.0 UTN LMP 15.0 UTN
Olor		No rechazable
Sabor		No rechazable

Fuente: elaboración propia.

Observaciones:

Apéndice 3. **Análisis microbiológicos**

Variables microbiológicas para la calidad del agua

Punto de muestreo: _____ Fecha: _____

Pruebas normales	Prueba presuntiva	Prueba confirmativa		
		Formación de gas		
Cantidad sembrada	Formación de gas 37°C	Total	E. Colli	Norma

Fuente: elaboración propia.

Observaciones:

