

Universidad de Costa Rica

Facultad de Ingeniería

Escuela de Ingeniería Química

**Análisis de riesgos para los procesos de fermentación y  
desalcoholización para la producción de cerveza de acuerdo al sistema  
de certificación alimentaria FSSC 22000**

Informe de la Práctica dirigida de graduación sometida a la consideración de la  
Escuela de Ingeniería Química como requisito final para optar por el grado de  
Licenciatura en Ingeniería Química

**Itzel Castro Campos**

Ciudad Universitaria Rodrigo Facio

San José, Costa Rica

2018

## **Tribunal Examinador**

---

Análisis de riesgos para los procesos de fermentación y desalcoholización para la producción de cerveza de acuerdo al sistema de certificación alimentaria FSSC 22000

Práctica dirigida de graduación sometida a la consideración de la Escuela de Ingeniería Química como requisito final para optar por el grado de Licenciatura en Ingeniería Química

**Sustentante:** Itzel Castro Campos

**Aprobado por:**



Ing. Adolfo Ulate Brenes, M.Sc  
Profesor de la Escuela de Ingeniería Química

Presidente del Tribunal



Ing. Paula Solano Sánchez, M.Sc  
Profesora de la Escuela de Ingeniería Química

Directora de la Práctica dirigida



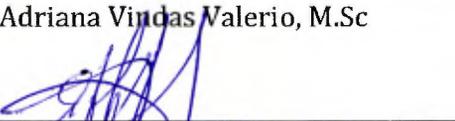
Ing. Laura Saborío Marín  
Profesora de la Escuela de Ingeniería Química

Lectora



Adriana Vindas Valerio, M.Sc

Lectora



Ing. Manuel Molina Córdoba  
Profesor de la Escuela de Ingeniería Química

Lector

## Dedicatoria

Se lo dedico primeramente a Dios y a la Virgen de Guadalupe, por guiarme durante todos estos años que dure en la carrera.

A mi mamá, mi papá, Carmelo y a toda mi familia tanto en Costa Rica como en México por su amor y apoyo incondicional.

A mi mejor amiga Sharon, amigos y amigas y compañeros de clases, que estuvieron ayudándome durante ésta etapa.

## Agradecimientos

A mi directora, mis lectoras y profesores por su tiempo y su guía.

A todo el personal de Elaboración en especial a Adriana Vindas, Tatiana Rodríguez, María José Gutiérrez y todos los operarios de Fermentación-Maduración y Filtros, gracias por su apoyo y enseñanzas durante el desarrollo de esta práctica.

## Resumen

El objetivo principal de esta práctica dirigida es realizar un análisis de riesgos para los procesos de fermentación y desalcoholización para la producción de cerveza de acuerdo al sistema de certificación alimentaria FSSC 22000.

Para el cumplimiento de este objetivo se inició con la observación en planta e investigación sobre el proceso de fermentación y desalcoholización, y la elaboración de varios documentos del programa de prerrequisitos como: procedimientos operativos estándar, instructivos de limpieza, lecciones en un punto, instructivo operativo y registros.

Seguidamente se identificó los peligros físicos, químicos y biológicos que poseen las diferentes etapas de los procesos estudiados, y se determinó la severidad y la probabilidad de ocurrencia, y con estas variables definidas se logró especificar el tipo de riesgo que presenta cada uno de los peligros.

Después de realizar el análisis de riesgos de todas las etapas se concluyen que no existen puntos críticos de control, esto se debe a que cada peligro encontrado cuenta con una medida de control y una probabilidad de ocurrencia baja. De igual forma se elaboró una metodología para no conformidades con respecto a la inocuidad, la cual es una herramienta que permite encontrar las acciones correctivas que se deben aplicar en caso que se presente un problema que afecte la inocuidad de la cerveza.

Entre las recomendaciones se propone que cualquier variación que tenga algún procedimiento de limpieza se efectúen los cambios necesarios en los respectivos documentos del programa de prerrequisitos. Igualmente realizar un análisis microbiológico más minucioso al dióxido de carbono desde que sale de los tanques de almacenamiento hasta que se agrega a las cervezas A, B, C y D.

# Índice General

	Página
Tribunal Examinador.....	ii
Dedicatoria .....	ii
Agradecimientos .....	ii
Resumen .....	iv
Índice General .....	v
Índice de Figuras.....	vii
Índice de Cuadros.....	viii
Capítulo 1. Marco teórico.....	1
1.1. Elaboración de la cerveza .....	1
1.2. Proceso de fermentación y maduración.....	3
1.3. Proceso de desalcoholización .....	5
1.4. Sistema de certificación alimentación FSSC 22000.....	8
1.5. Análisis de peligros y puntos críticos de control.....	10
1.6. Programas de prerrequisitos .....	16
1.7. Costa Rica y la Seguridad Alimentaria .....	16
Capítulo 2. Descripción del proceso de fermentación y maduración.....	18
2.1. Proceso de fermentación y maduración .....	18
Capítulo 3. Programa de prerrequisitos para el proceso de fermentación y maduración.....	22
Capítulo 4. Etapas del proceso de fermentación y maduración e identificación de peligros.....	37
4.1. Etapas del proceso .....	37
4.2. Identificación de peligros en las etapas de fermentación y maduración.....	40
Capítulo 5. Análisis de riesgos del proceso de fermentación y maduración.....	42
5.1. Proceso de fermentación y maduración de la cerveza A, B, C y D .....	43

5.2. Proceso de fermentación y maduración de la cerveza E .....	51
Capítulo 6. Descripción del proceso de desalcoholización .....	57
6.1 Proceso de desalcoholización .....	57
Capítulo 7. Programa de prerrequisitos para el proceso de desalcoholización .....	60
Capítulo 8. Etapas del proceso de desalcoholización e identificación de peligros ...	62
8.1. Etapas del proceso .....	62
8.2. Identificación de peligros en el proceso de desalcoholización .....	64
Capítulo 9. Análisis de riesgos del proceso de desalcoholización .....	66
Capítulo 10. Metodología para las no conformidades que se presenten en el proceso de fermentación y maduración y desalcoholización .....	76
Conclusiones y Recomendaciones .....	85
Conclusiones .....	85
Recomendaciones .....	86
Bibliografía .....	87
Anexos .....	90
Anexo 1. Diagramas de flujo del proceso de fermentación y maduración para las cervezas A, B, C y D .....	91
Anexo 2. Diagramas de flujo del proceso de fermentación y maduración para la cerveza E .....	92
Anexo 3. Diagramas de flujo del proceso de desalcoholización .....	93

## Índice de Figuras

	Página
Figura 1.1. Cambios en el desarrollo de temperatura, contenido de extracto y pH durante la fermentación principal .....	4
Figura 1.2. Matriz para análisis de riesgo.....	12
Figura 1.3. Modelo de árbol de decisiones .....	13
Figura 2.1. Diagrama de proceso de formación-maduración de las cervezas.....	18
Figura 2.2. Curva de fermentación-maduración de la cerveza A, B, C y D.....	21
Figura 6.1. Diagrama del proceso de desalcoholización de la cerveza J y L.....	57
Figura 6.2. Dibujo en 3D de la planta desalcoholizadora .....	58
Figura 10.1. Ejemplo de diagrama de causa y efecto de Ishikawa.....	79

## Índice de Cuadros

	Página
Cuadro 1.1. Ejemplos de los diferentes tipos de peligros .....	11
Cuadro 5.1. Etapas del proceso de fermentación y maduración de las cervezas A, B, C y D con respectivos peligros físicos (F), químicos (Q) y biológicos (B), sus medidas de control, su probabilidad de ocurrencia, severidad y tipo de riesgo.....	44
Cuadro 5.2. Codificación de las medidas de control que presentan los peligros químicos, físicos y biológicos. ....	46
Cuadro 5.3. Etapas del proceso de fermentación y maduración de la cerveza E con respectivos peligros físicos (F), químicos (Q) y biológicos (B), sus medidas de control, su probabilidad de ocurrencia, severidad y tipo de riesgo. ....	52
Cuadro 7.1. Registro asociado al procedimiento operativo estándar limpieza general de la planta desalcoholizadora.....	61
Cuadro 9.1. Etapas del proceso de desalcoholización con sus respectivos peligros físicos (F), químicos (Q) y biológicos (B), medidas de control, probabilidad de ocurrencia, severidad y tipo de riesgo. ....	66
Cuadro 10.1. Parte inicial del registro de la metodología para no conformidades con respecto a la inocuidad del proceso de fermentación y maduración.....	78
Cuadro 10.2. Parte inicial del registro de la metodología para no conformidades con respecto a la inocuidad proceso de desalcoholización.....	78

Cuadro 10.3. Hoja de trabajo del análisis de peligros y operatividad .....	81
Cuadro 10.4. Registro de verificación de las acciones correctivas.....	82
Cuadro 10.5. Registro de la metodología para no conformidades con respecto a la inocuidad del proceso de fermentación y maduración.....	82
Cuadro 10.6. Registro de la metodología para no conformidades con respecto a la inocuidad del proceso de desalcoholización.....	84

# Capítulo 1. Marco teórico

## 1.1. Elaboración de la cerveza

Es difícil definir la fecha exacta cuando se empezó a elaborar la cerveza sin embargo de acuerdo con la evidencia arqueológica su nacimiento no fue posterior al 3000 a.C. Con el paso del tiempo este proceso ha evolucionado de un método muy artesanal a uno industrial. (Li, Wang, & Liu, 2017).

Como lo menciona Kunze (2006) para la fabricación de cerveza se requiere cuatro materias primas básicas: cebada, lúpulo, agua y levadura. Su elaboración está ligada a una sucesión de tres procesos bioquímicos: la formación de enzimas en el grano de cereal germinante, la degradación de almidón a azúcar justamente por parte de esas enzimas y la fermentación del azúcar a alcohol y CO<sub>2</sub>.

Se presentan dos categorías principales en la cerveza y también las más reconocidas que son: ale y lager, esta clasificación se basa en la levadura utilizada en la elaboración. La cerveza ale se diferencia de las demás por su temperatura de fermentación, las cepas de levadura y sabor, generalmente se fermenta a una temperatura entre 15 °C a 24 °C, tiene más compuestos de ester y otros productos secundarios y aroma que hacen que el sabor de la cerveza sea más frutal. En el caso de la cerveza lager la temperatura de fermentación es menor que la cerveza ale, las cepas de levaduras tienden a hundirse en el fondo del tanque de fermentación y este tipo de cerveza enfatiza los sabores de sus materias primas como el lúpulo y la malta (Li et al., 2017).

En los siguientes párrafos Díaz (2015) nos describe el proceso en general de elaboración de cerveza; la cual comienza con el malteado, que consiste en hacer germinar los granos, introduciéndolos primero en agua fría y después extendiéndolos

para que por efecto de la humedad y el calor aparezcan las raicillas y actúen las enzimas que desdoblan el almidón en azúcares. En este momento el grano cambia de nombre y ya no es cebada porque se ha convertido en "malta verde". La germinación se detiene mediante el secado, reduciendo la humedad por debajo del 5 % y a continuación se eleva la temperatura para proceder al tostado, que variará en su intensidad dependiendo del tipo de cerveza que queramos obtener. Cuanto más fuerte sea el tostado, más oscura será la cerveza, y cuanto más lento sea este proceso mayor será la formación de aromas, debido a las transformaciones de azúcares y aminoácidos.

Luego se muele el producto y se pone en maceración, mezclándolo con agua caliente para extraer los azúcares mediante procesos enzimáticos. De la temperatura y la duración de este proceso dependerán el tipo y la calidad de la cerveza obtenida. El líquido resultante es el mosto, que es necesario filtrar para eliminar los restos sólidos. Una vez limpio, el mosto se lleva a una olla de cocimiento, donde se calienta a ebullición junto con el lúpulo, normalmente añadiendo diferentes variedades en distintos momentos, por lo que este paso se conoce como lupulización y durante el que se obtendrá el amargor y aroma típico de la cerveza.

La transformación más importante se produce durante la fermentación y son tres factores que van a condicionar las características del producto final: el primero es la composición del mosto, las levaduras utilizadas y finalmente las condiciones de temperatura, tiempo y presión en las que se produce la fermentación. Una vez finalizado el proceso de fermentación y maduración se filtra la cerveza para limpiarla y clarificarla, y luego se puede envasar en barriles, botellas de vidrio o botes metálicos para poder comercializarla.

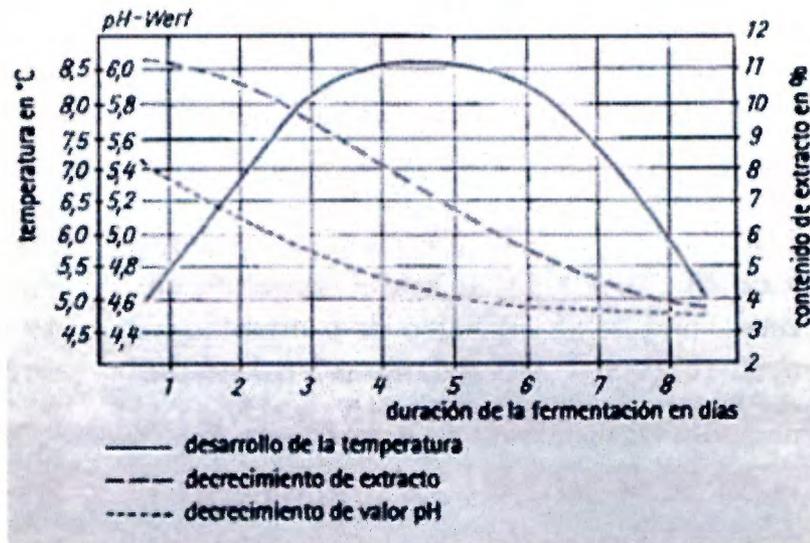
## 1.2. Proceso de fermentación y maduración

Durante la fermentación la levadura consume los azúcares simples, liberando energía, produciendo etanol y otros subproductos metabólicos aromatizantes. Los principales cambios biológicos, que se producen en el proceso de elaboración de la cerveza, son catalizados por las enzimas producidas naturalmente de la cebada y la levadura. Antes que comience el proceso de fermentación, el mosto es aireado, este paso es necesario ya que se requiere oxígeno para la síntesis de esteroides y ácidos grasos insaturados, que son incorporados en la membrana celular de la levadura (Willaert, 2005).

Como lo menciona Kunze (2006) en los sucesivos párrafos una vez que ha sido adicionada la levadura, el mosto es denominado cerveza verde o cerveza joven, durante la fermentación principal la cerveza joven pasa por los siguientes estados normales de fermentación: fermentación vigorosa joven o al inicio de la fermentación, fermentación vigorosa, espuma en colapso y capa colapsada. Este proceso se puede realizar en un tanque cilindro cónico o en dos tanques; en donde se realiza la fermentación en uno y la maduración en otro.

La fermentación inicia cuando el tanque se cubre de una capa blanca de espuma formada por pequeñas burbujas, donde la aireación del mosto y la dosificación de levadura son factores decisivos para el inicio rápido e intensivo de la fermentación ya que la levadura es sensible frente a cambios de temperatura y, en el caso de un enfriamiento abrupto, muestra indicaciones de shock, afectando la fermentación y la propagación celular.

Uno de los aspectos fundamentales que se deben controlar y regular es el aumento de la temperatura durante la fermentación principal y sobre todo medir la disminución de extracto en los últimos días de la fermentación principal, en la Figura 1.1 se muestra una serie de parámetros importantes en el desarrollo de la fermentación.



**Figura 1.1.** Cambios en el desarrollo de temperatura, contenido de extracto y pH durante la fermentación principal (Kunze, 2006)

Es importante mencionar que la levadura sedimentada debe ser extraída del tanque tan pronto como lo permita su consistencia, y esa levadura cosechada es utilizada para el inicio de fermentación del próximo cocimiento, esta debe ser almacenada a bajas temperaturas, también es recomendable desde el punto de vista económico y medioambiental recuperar el CO<sub>2</sub> generado durante la fermentación (Kunze, 2006).

Durante la fermentación una serie de productos de metabolismo es pasada por la levadura a la cerveza, estos productos secundarios de fermentación tienen una influencia decisiva sobre la calidad de la cerveza en formación, y son los siguientes (Kunze, 2006):

- Diacetilo
- Alcoholes superiores
- Ésteres
- Aldehídos
- Compuestos de azufre
- Sustancias de bouquet de cerveza verde

Como lo describe Kunze (2006) en los siguientes párrafos entre estos productos destaca el diacetilo el cual le otorga a la cerveza al exceder el índice de perceptibilidad un sabor impuro, dulzón hasta desagradable, el cual en elevada concentración es responsable del aroma a mantequilla. La degradación del diacetilo se desarrolla durante el proceso de maduración y se considera como el criterio esencial para el grado de maduración de una cerveza, donde el valor aproximado para el contenido total de diacetilo para una cerveza totalmente madura es como máximo 0,1 mg/L.

Luego de la maduración todas las cervezas deberían ser refrigeradas a una temperatura de -1 °C a -2 °C para alcanzar una necesaria estabilidad coloidal, y se las debería dejar reposar a esa temperatura durante siete días como mínimo, después de este tiempo se lleva a cabo un proceso de filtración el cual pretende extraer las células de levadura y otras sustancias de turbidez que todavía contenga la cerveza con el fin de que durante un tiempo prolongado no se produzcan cambios visibles.

### **1.3. Proceso de desalcoholización**

La cerveza se describe como una bebida aromáticamente sensible, lo que significa que incluso modificaciones menores aportan cambios importantes en el perfil de aroma de las cervezas. La eliminación del etanol de la cerveza afecta en gran medida las propiedades sensoriales del producto. Hay dos estrategias principales para producir cerveza libre de alcohol: una es utilizando métodos físicos y la otra forma es por procesos biológicos. Los métodos físicos se basan en la eliminación del alcohol de la cerveza normal usando la destilación al vacío, diálisis, destilación osmótica entre otros, y los métodos biológicos se basan en la formación limitada de etanol durante la fermentación (Szollosi et al., 2016).

A continuación, se describirán los métodos físicos y biológicos que se pueden realizar para eliminar el alcohol de la cerveza (Sohrabvandi, Mousavi, Razavi, Mortazavian, & Rezaei, 2010):

- a. Destilación al vacío: Consiste en dos etapas primero se da la evaporación al vacío y luego sucede la condensación fría (por ejemplo, 38 °C a 48 °C / 0,06 bar a 0,1 bar). La evaporación al vacío tiene la limitación de que también elimina (en cierta medida) otros componentes volátiles como los compuestos de sabor y fragancia y los gases disueltos como el dióxido de carbono y el dióxido de azufre, que son importantes en las características sensoriales, ya que controlan la acidez de la bebida y sus efectos bacteriostáticos sobre los microorganismos destructivos. Los componentes de sabor que se pierden durante la destilación deben restaurarse después de la desalcoholización y este procedimiento agrega un costo adicional al proceso y no puede proporcionar el equilibrio inicial entre los compuestos de sabor en la cerveza normal. La cerveza ordinaria, previamente pasteurizada, se desgasifica a una presión de aproximadamente 1 bar (con recuperación de la espuma y los componentes de sabor) y luego se desalcoholiza mediante un evaporador al vacío (0,05 bar a 0,12 bar), a una temperatura entre 30 °C a 50 °C. La espuma y los compuestos de sabor se reinyectan después de la desalcoholización y la cerveza se le agrega dióxido de carbono a bajas temperaturas y para este proceso se puede obtener cervezas que contienen menos de 0,5 % (v/v) de etanol.
- b. Método de arrastre gaseoso: La extracción es una práctica en la que el vapor de agua o un gas neutro (nitrógeno o dióxido de carbono) se pasa a través del mosto al vacío para eliminar el etanol del grueso. Al final de la fermentación, la extracción repentina del dióxido de carbono que se produce durante la fermentación en el tanque de fermentación conduce a la eliminación del alcohol de la cerveza. Esta es la razón por la cual se requiere una diferencia de alta presión entre el interior del tanque de fermentación y el entorno exterior; alrededor de 1 bar.

- c. Eliminación de alcohol adsorbente: Se realiza mediante el uso de sustancias que adsorben químicamente el alcohol. El alcohol puede luego recuperarse en una etapa posterior mediante la aplicación de diferentes métodos. En la práctica, sin embargo, esta técnica es bastante difícil de escalar para fines industriales ya que aumenta el precio y el tiempo del proceso.
- d. Diálisis: Este proceso opera a baja temperatura y utiliza la selectividad de una membrana semipermeable. Las moléculas pequeñas pasan a través de la membrana al medio de diálisis, y esto fluye a una columna de destilación al vacío, donde el alcohol se elimina continuamente, y la corriente de licor de diálisis sin alcohol regresa a la unidad de diálisis. El producto final puede contener tan poco como 0,5 % de alcohol.
- e. Osmosis inversa: En este método, el mosto fermentado pasa a través de una membrana semipermeable en condiciones de alta presión (por encima de la presión osmótica natural). La membrana es permeable al agua, alcohol y otros materiales que tienen moléculas pequeñas.
- f. Elaboración de cerveza sin fermentación: No se agrega levadura al mosto; en otras palabras, se elimina la etapa de fermentación. Sin embargo, las características sensoriales esperadas del producto final se deben mejorar mediante el uso de diferentes aditivos. Este método es más fácil de realizar y más económico en comparación con otros procedimientos que no producen alcohol y actualmente es aplicado en algunos países islámicos como Irán.
- g. Usando cepas especiales de fermentación de levaduras: Se realiza modificaciones genéticas a cepas de *Saccharomyces cerevisiae* para que no produzcan alcohol en cantidades apreciables porque no pueden producir alcohol deshidrogenasa (ADH).
- h. Reducir el contenido de glucosa en el mosto: La levadura de cerveza sintetiza un grupo de enzimas llamadas "alcohol deshidrogenasa-2" (ADH<sub>2</sub>), que es reprimida por la glucosa. Es decir, mientras exista una cantidad apreciable de glucosa en el mosto, esta enzima no se producirá. Cuando la concentración de

glucosa es limitada en el mosto no fermentado, la levadura consume la glucosa disponible mediante fermentación anaeróbica y produce una baja cantidad de alcohol y sustancias aromáticas.

#### **1.4. Sistema de certificación alimentación FSSC 22000**

La certificación del sistema de gestión de la inocuidad es un tema que con el paso del tiempo va teniendo mayor importancia en el sector industrial alimentario, existen diferentes esquemas para la gestión de la inocuidad; los más conocidos son: BRC-Global Standard for Food Safety, SQF, IFS y FSSC 22000, todos estos esquemas se encuentran aprobados por la Iniciativa Global de la Inocuidad Alimentaria conocida por sus siglas en inglés: GFSI (Global Food Safety Initiative), la cual es la entidad que marca la pauta actualmente en estos temas (CACIA, 2016).

Los esquemas de la gestión de la inocuidad antes mencionados presentan diferentes características como son el alcance que poseen, el detalle de cada uno de los criterios, su estructura, el proceso de certificación, la validez y la forma en que se presenta la información, pero en general están compuestos por tres apartados en común (CACIA, 2016):

- Sistema de gestión: donde se especifica el nivel de compromiso necesario por parte de la empresa, la evaluación y gestión.
- Análisis de peligros y puntos críticos de control: donde es necesario seguir los principios establecidos para realizar el análisis.
- Los prerrequisitos: cuales son procedimientos de limpieza y desinfección y las buenas prácticas de manufactura.

El sistema de certificación en seguridad alimentaria 22000 conocido por sus siglas en inglés como: FSSC 22000 (Food Safety Certification) fue desarrollado en Europa en el año 2009 y surgió del interés de grandes compañías como Nestle, Danone, Unilever y

Coca Cola, entre otras, de adoptar un nuevo modelo de certificación en inocuidad para todos sus proveedores de materias primas. Está basado en la integración de la Norma ISO 22000 y especificaciones técnicas para los prerrequisitos del programa (Bernal, 2015).

Según Nordenskjold (2012) la FSSC 22000 ha sido elaborada para certificar los sistemas de inocuidad de las organizaciones que procesen o fabriquen productos: de origen animal, vegetales perecederos, con larga vida útil, ingredientes alimenticios como aditivos, vitaminas y cultivos biológicos, así como materiales para el empaque de alimentos e incluye transporte y almacenamiento en el sitio, si este hace parte de la operación. Es aplicable a todas las plantas de manufactura, independiente del tamaño, complejidad y tipo de organización ya sea pública o privada.

Al estar basada en la norma ISO 22000 estándar internacional para la gestión de la inocuidad de los alimentos, la cual establece los requisitos para las organizaciones relacionadas con la cadena de suministro de alimentos; es decir desde que se producen los alimentos hasta que llegan a la mesa del consumidor, incluyendo compañías de abastecimiento y empaque, con el propósito de controlar los peligros que puedan afectar la inocuidad. La norma combina reconocidos elementos clave para garantizar la inocuidad de los alimentos a lo largo de la cadena alimentaria, incluyendo: comunicación participativa, gestión del sistema, control de riesgos de inocuidad a través de programas de prerrequisitos y planes de un sistema de análisis de peligros y de puntos críticos de control, así como la mejora continua y la actualización del sistema de gestión (Sehgal, 2013).

## 1.5. Análisis de peligros y puntos críticos de control

El sistema de análisis de peligros y puntos críticos de control (APPCC) más conocido por sus siglas en inglés HACCP, el cual es un procedimiento sistemático y preventivo, reconocido internacionalmente para abordar los peligros biológicos, químicos y físicos mediante la previsión u la prevención, en vez de la inspección y comprobación de los productos finales. Este sistema se basa en siete principios los cuales son (FAO, 2002):

1. Realizar un análisis de peligros
2. Determinar los puntos críticos de control (PCC)
3. Establecer un límite o límites críticos
4. Establecer un sistema de vigilancia de control de los PCC.
5. Establecer las medidas correctoras que han de adoptarse cuando la vigilancia indica que un determinado PCC no está controlado.
6. Establecer procedimientos de verificación para confirmar que el sistema de APPCC funcione eficazmente.
7. Establecer un sistema de documentación sobre todos los procedimientos y los registros apropiados para estos principios y su aplicación.

Como lo menciona Carro y Gonzalez (2012) en los siguientes dos párrafos el análisis de peligros constituye el primer principio del APPCC, este es de gran importancia ya que permite identificar, cuáles son los peligros que, por su naturaleza, resulta indispensable eliminar o reducir a niveles aceptables para producir un alimento inocuo. El peligro se define como un agente biológico, químico o físico presente en el alimento, o bien la condición en que este se halla, que puede causar un efecto adverso para la salud. En el Cuadro 1.1 se puede ver algunos ejemplos de los diferentes tipos de peligros.

Una vez que se tenga detallado los peligros que se presenten se realiza un análisis de riesgos, se entiende por riesgo una estimación de la probabilidad de que se prevenga

un peligro, donde se da la combinación de datos técnicos, microbiológicos, probabilidad de exposición y términos en tiempo de exposición.

**Cuadro 1.1. Ejemplos de los diferentes tipos de peligros (Carro & González, 2012).**

Clase de peligro	Agente casual	Posible fuente
Biológico	Cualquier agente vivo como: bacterias, virus, hongos, parásitos y toxinas de estos agentes	Ingredientes, personal, procesamiento y ambiente
Químico	Tóxicos, residuos, pesticidas y agroquímicos, aditivos, metales pesados, detergentes, pintura, lubricantes	Ingredientes, aditivos, maquinarias, negligencia humana
Físico	Metales, vidrio, piedras, fragmentos de madera, plásticos	Ingredientes, equipamiento, procesamiento y empleados

Algunas consideraciones que se deben tomar en cuenta para realizar el análisis de riesgos son las siguientes (Tompkins, 2009):

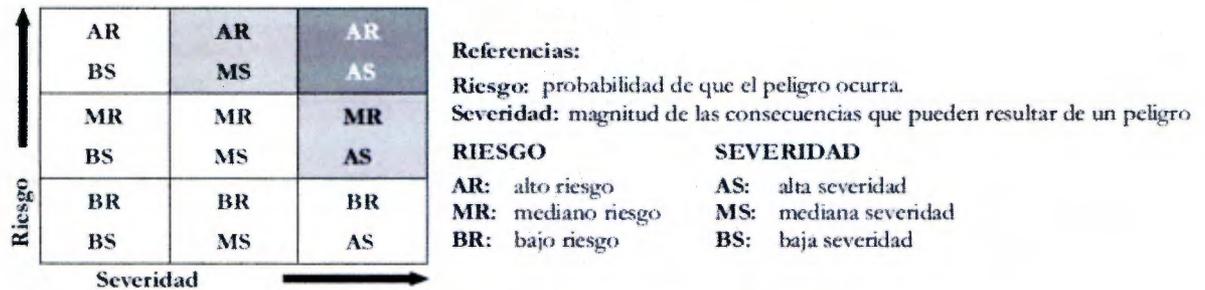
1. Identificación de los peligros.
2. Caracterización del peligro: evaluación cuantitativa y cualitativa de los efectos adversos del peligro en los seres humanos.
3. Evaluación de la exposición: evaluación cuantitativa o cualitativa del grado probable de exposición al peligro.
4. Caracterización del riesgo: integración de los primeros tres componentes para llegar a una estimación de los probables efectos adversos en la población objetivo.

Como lo menciona Tompkins (2009) un riesgo también se puede definir como probabilidad de ocurrencia por la severidad, esto permite asignarle a cada riesgo un valor numérico y así determinar a qué tipo de riesgo corresponde. Para encontrar ese

valor numérico se clasifica la severidad y probabilidad de ocurrencia en tres tipos: alta, media y baja, donde los niveles altos tienen un valor de 3, los medios a 2 y los bajos a un valor de 1, y al multiplicar el valor de la severidad y probabilidad se obtiene el resultado del tipo de riesgo, los cuales presentan tres tipos:

- Riesgo bajo = 1 a 3, cuando sea apropiado se crean medidas de control
- Riesgo medio = 4 a 6, se establecen medidas de control
- Riesgo alto = 7 a 9, existe un punto crítico de control

Una vez que se encuentren clasificados la severidad y probabilidad de ocurrencia se puede utilizar la metodología de matriz de riesgos en la cual ayuda a determinar la existencia de puntos críticos, ver Figura 1.2, las partes sombreadas en la matriz corresponde a puntos críticos de control.

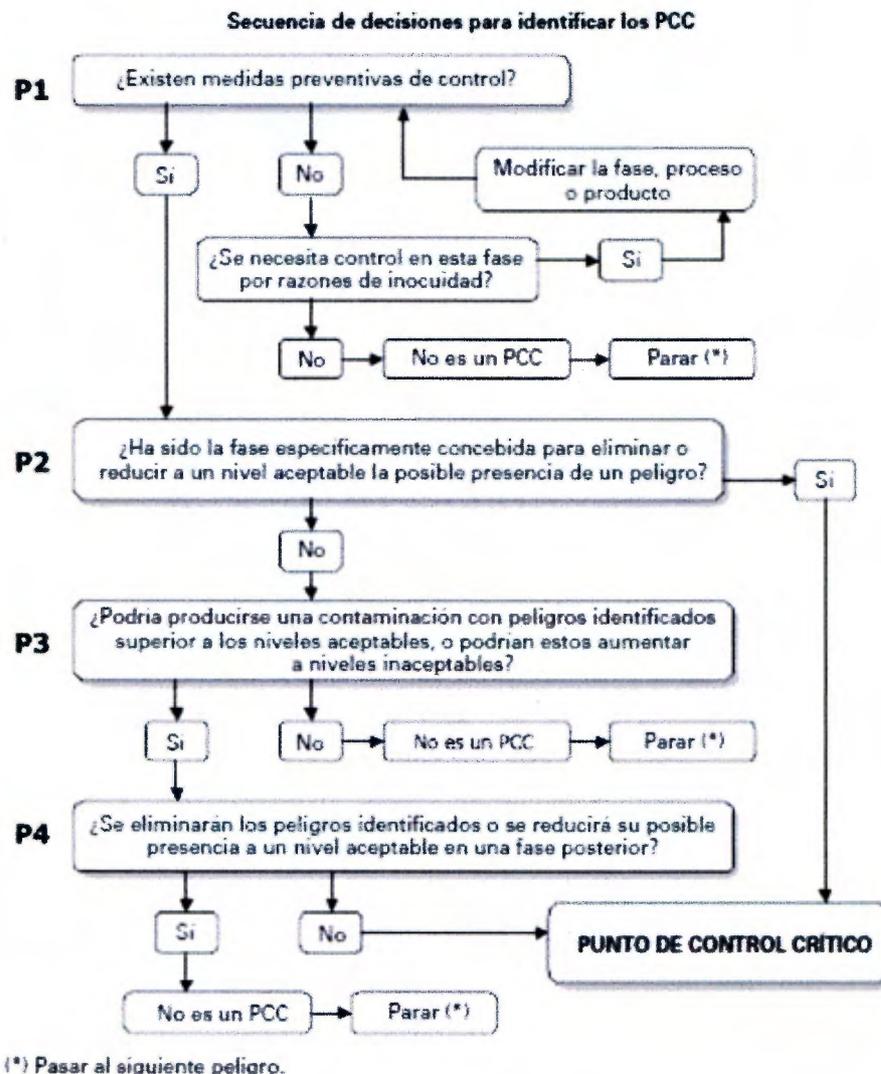


**Figura 1.2.** Matriz para análisis de riesgo (*Carro & González, 2012*)

Después de realizar el análisis de riesgo se determina los puntos críticos de control (PCC), los cuales se definen como una fase en la que puede aplicarse un control y que es esencial para prevenir o eliminar un peligro relacionado con la inocuidad de los alimentos o para reducirlo a un nivel aceptable (*Carro & González, 2012*).

Para determinar los PCC se debe tomar en cuenta si los peligros encontrados se pueden controlar con las buenas prácticas de manufactura, en caso de no ser controlados de esta forma si se considera para que sea un PCC. Entre las metodologías para establecer

si es un PCC, se utiliza el árbol de decisiones el cual consiste en cuatro preguntas destinadas a identificar si el peligro en una operación específica es un punto crítico de control. En la siguiente Figura se puede ver un ejemplo de un árbol de decisiones (FAO, 2002).



**Figura 1.3.** Modelo de árbol de decisiones (Couto, 2010)

El plan APPCC no tendrá el enfoque deseado si se identifican puntos críticos de control innecesarios, solo deben considerarse aquellos puntos donde la falta de control implica

ocurrencia de peligros que no pueden ser corregidos satisfactoriamente en un paso posterior (Carro & González, 2012).

Luego de identificar los PCC se establecen los límites críticos los cuales se definen como los criterios que permiten distinguir entre lo aceptable y lo inaceptable, representa la línea divisoria que se utiliza para juzgar si una operación está produciendo productos inocuos. Entre los criterios aplicados suelen figurar las mediciones de temperatura, tiempo, dimensiones físicas del producto, la actividad del agua, humedad, concentraciones de sal, acidez, características sensoriales como la textura y aroma (FAO, 2002).

Posteriormente Carro y Gonzales (2012) nos mencionan que se establece un sistema de vigilancia de control donde se realiza un monitoreo de los puntos críticos de control mediante ensayos u observaciones programados, donde se pretende indicar cuando ha ocurrido una pérdida o desvió del PCC y poder realizar una acción correctiva, y proveer la documentación escrita para la evaluación del proceso y para la verificación del APPC. Cuando un punto crítico de control no esté bajo control se debe establecer las medidas correctivas, las cuales deben contar con tres componentes:

- Corregir, eliminar la causa de la desviación y restaurar el control del proceso.
- Identificar y disponer del alimento producido durante la desviación del proceso y determinar su destino.
- Debe registrarse todo lo actuado

Se establecen los procedimientos para comprobar que el sistema APPCC funciona adecuadamente y se deben incluir diversas actividades como las siguientes (Couto, 2010):

- ✓ La validación del sistema APPCC
- ✓ Las auditorías del sistema APPCC
- ✓ La calibración de los equipos

- ✓ La toma de muestras seleccionadas y su análisis

Para validar un sistema APPCC se debe comprobar que los procedimientos y las medidas de control contenidos en el plan APPCC y los prerrequisitos son efectivos para los peligros identificados, donde los objetivos de seguridad alimentaria son capaces de cumplirse utilizando el sistema diseñado (Couto, 2010).

## **1.6. Programas de prerrequisitos**

Un programa de prerrequisitos (PRP) se puede definir como cada actividad o instalación específica y documentada que se implementa con el propósito de crear requisitos básicos que son necesarios para la producción y el procesamiento de alimentos seguros en todas las etapas de la cadena de comida. Los programas de requisitos previos cubren las buenas prácticas de higiene, buenas prácticas de manufactura, y legislación (Membré, 2014).

Como lo menciona Wallace y Mortimore (2016) los programas prerrequisitos son las prácticas y condiciones necesarias antes y durante la implementación del APPCC y que son esenciales para la inocuidad de los alimentos. Para desarrollar PRP efectivos, el personal debe tener el conocimiento y la experiencia de las mejores prácticas actuales en la gestión de la higiene alimentaria, así como una apreciación de los aspectos clave que se gestionarán en su funcionamiento.

Dentro de los PRP están los procedimientos operativos estándar, conocidos por sus siglas en inglés como SOP, los cuales son una parte esencial de estos programas. Estos procedimientos especifican claramente el "quién, por qué, qué, dónde, cuándo y cómo" se realizará una tarea. El desarrollo y uso de SOP para funciones clave es una parte integral de la operación diaria de procesamiento o manipulación de alimentos. Los elementos que deben estar presentes en un SOP son los siguientes (Schmidt & Pierce, 2016):

- Una identificación clara y precisa.
- Información o instrucciones específicas y dirigidas de manera tal que los individuos puedan realizar efectivamente tareas y deberes asignados
- Una base para una capacitación efectiva.
- Una comprensión de los riesgos involucrados si no se realizan e implementan de manera efectiva.
- Una plantilla o esquema para la documentación e implementación de un esquema de seguimiento y verificación para asegurar que los procedimientos se están implementando de manera efectiva.

Los SOP son importantes para garantizar que los programas de inocuidad alimentaria en una instalación de manejo de alimentos sean efectivos. El uso de SOP es una excelente manera de demostrar la competencia de tareas o funciones tales como los controles del proceso, limpiezas diarias o sistema de saneamiento. Se debe realizar un monitoreo de los SOP; este suele ser subjetivo y periódico, pero podría implicar un monitoreo continuo con dispositivos instrumentales. Por ejemplo, los procedimientos típicos de monitoreo utilizados para evaluar un SOP para limpiar y desinfectar una superficie en contacto con alimentos pueden incluir: observación visual de que las tareas se completaron, inspección visual de que la superficie está limpia, pruebas químicas (Schmidt & Pierce, 2016).

## **1.7. Costa Rica y la Seguridad Alimentaria**

Actualmente el país rige el Reglamento técnico centroamericano RTCA 67.04.54:10 “Alimentos y bebidas procesadas. Aditivos Alimentarios” y RTCA 67.01.33:06 “Industrias de alimentos y bebidas procesadas. Buenas prácticas de manufactura. Principios Generales” en el cual se estable las disposiciones generales sobre los aditivos alimentarios y sus límites máximos permitidos en las diferentes categorías de alimentos. A las empresas productoras o empaquetadoras de alimentos no se les exige

ninguna certificación en seguridad alimentaria por parte de entidades gubernamentales, pero debido a las exigencias del mercado con el paso de los años más empresas han optado por buscar estas certificaciones.

Como lo menciona CACIA (2016) entre los beneficios que presenta un sistema de certificación en seguridad alimentaria es que es reconocido nacional como internacionalmente por lo tanto aporta confianza tanto a los consumidores como a los clientes, permite mejorar la estandarización de procesos, está centrada en la seguridad alimentaria, abarca toda la cadena alimentaria y reduce los riesgos para la salud de los consumidores.

Ya que los riesgos que corre la población mundial a causa de los peligros en los alimentos, dependen en gran medida del grado de control que ejerzan los productores, los elaboradores y las autoridades oficiales encargadas del control de alimentos, con el fin de prevenir los riesgos o reducirlos a un grado aceptable. (Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación y el Ministerio de Sanidad y Consumo de España, 2002).

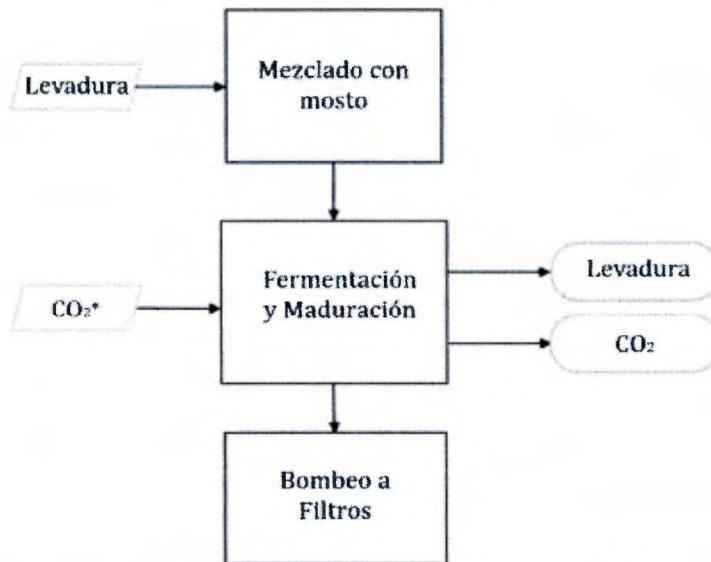
En abril de 2018 en el país se tiene un total de 90 empresas certificadas con la FSSC 22000 de las cuales destacan (FSSC 22000, 2018): Productora la Florida S.A (Planta Cerveza), Cooperativa de productores de leche Dos Pinos R.L (Planta Coyol y San Carlos), Grupo Agroindustrial Numar S.A, Compañía de galletas Pozuelo DCR S.A, Molinos de Costa Rica S.A, Congelados del Monte S.A, Bimbo de Costa Rica S.A y Productora La Florida S.A División Refrescos y Lácteos Planta Cristal.

Entre las casas certificadoras se encuentra: INTECO, APPLUS, DQS, SGS y LSQA.

## Capítulo 2. Descripción del proceso de fermentación y maduración

### 2.1. Proceso de fermentación y maduración

El primer proceso que se estudiará es la fermentación y maduración de la cerveza. En la planta productora de cerveza se realizan diferentes tipos donde todas comparten pasos en común con respecto al proceso de fermentación y maduración, en la Figura 2.1 se pueden observar los pasos principales de este proceso.



\*Se agrega una pequeña cantidad para homogenizar la temperatura

**Figura 2.1.** Diagrama de proceso de formación-maduración de las cervezas

Las cervezas que se elaboran son cerveza A, B, C, D y E, pueden presentar variación en el tiempo de fermentación y maduración; pero su proceso es igual para todas, el cual se describirá a continuación. La primera etapa es la recepción del mosto el cual proviene del área de cocimiento, es importante mencionar que todos los trasiegos que se realicen en este proceso se hacen en tuberías de acero inoxidable. El mosto llega por etapas al área de fermentación y maduración y en la primera etapa se

realiza la inyección de levadura cosechada o propagada por lo que el mosto llega en conjunto con la levadura al tanque cilindro cónico el cual es de acero inoxidable.

Una vez que se llenó el tanque cilindro cónico se queda en reposo el mosto con la levadura y empieza el proceso de fermentación; en esta etapa la levadura transforma los azúcares disponibles en el mosto y los convierte en alcohol y CO<sub>2</sub>. La temperatura inicial es superior a los 7 °C y al pasar unas horas se da la recuperación de CO<sub>2</sub>, al cual se le realiza un proceso de purificación para que después pueda ser incorporado de nuevo al proceso.

Luego de unas horas de haber llegado el mosto con la levadura al tanque cilindro cónico se da un aumento de temperatura, es en esta etapa donde se da un mayor consumo de oxígeno y de nutrientes, y empieza la reducción de extracto, después de las veinticuatro horas se mantiene el mosto con la levadura a una temperatura establecida. Como parte del seguimiento del proceso es fundamental la medición del extracto aparente para saber el comportamiento que va tener; donde se espera que su valor disminuye al pasar los días.

Después del quinto día se da un nuevo incremento en la temperatura donde se da el enfriamiento en el cono y se retira el enfriamiento en la parte superior del tanque cilíndrico cónico; esto permite que la levadura flocule ya que se reduce el metabolismo de la misma. Posteriormente se debe retirar la levadura del tanque cilindro cónico lo cual es conocido como cosecha de levadura, esa levadura puede ser reutilizada o destinada para la venta. Se deja que aumente la temperatura del tanque para dar el reposo del diacetilo, en esta etapa se busca reducir este compuesto hasta el nivel deseado para garantizar que no se va a percibir en el producto terminado.

Para continuar el proceso de maduración se debe cumplir dos condiciones: que la diferencia entre el extracto aparente y la fermentación rápida sea menor de 0,3 y que

el valor del diacetilo esté por debajo de la especificación. Cuando se llega a la temperatura deseada en la parte cónica del tanque cilíndrico cónico se adiciona una pequeña cantidad de CO<sub>2</sub> para homogenizar de una forma más rápida la temperatura en todos los niveles del tanque.

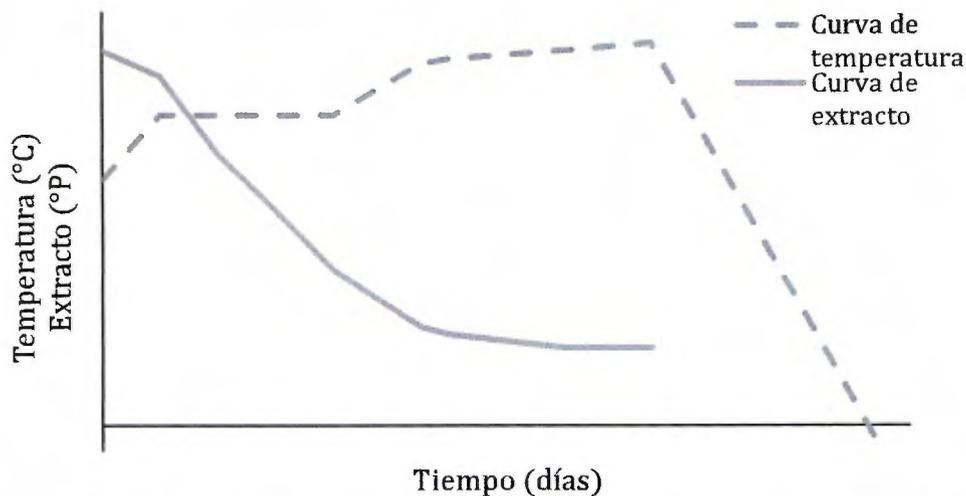
Durante el proceso de maduración la cerveza se mantiene a una temperatura inferior a 0 °C, donde se obtiene una cerveza madura, luego se realiza el trasiego con ayuda de una bomba al área de filtros, antes de realizar el trasiego es necesario realizarle una purga al tanque cilindro cónico para eliminar restos de levadura que floclaron después de haber sido realizada la cosecha. En esta parte la cerveza madura se pasa por un intercambiador de placas que permite bajarle la temperatura ya que facilita el proceso de filtración.

En la Figura 2.2 se puede observar la curva ideal del proceso de fermentación y maduración para las cervezas A, B, C, D; la cual cuenta con una curva de temperatura y otra del extracto. Esta curva corresponde a la representación gráfica del proceso descrito anteriormente, donde de una manera sencilla se puede observar cómo sería el comportamiento ideal el cual permite comparar con los datos reales y de esta forma poder ver si sucede alguna desviación durante el proceso.

En la curva de fermentación y maduración se encuentra en el eje horizontal el tiempo; el cual está dado en días, donde se inicia cuando el mosto con levadura entra al tanque cilindro cónico; el eje vertical está en grados Celsius (°C) y los grados plato (°P). Para la curva de temperatura se utiliza como unidades los grados Celsius y para la curva de extracto se utiliza los grados Plato. En el gráfico se observa que durante el proceso de fermentación se da una disminución acelerada del extracto, llega a una etapa en que el aumento del alcohol en el medio hace que este sea tóxico para las levaduras y que no se tenga suficiente alimento en el medio, por lo que se cosecha la levadura. Luego al llegar a la etapa de maduración esta disminución de extracto se

desacelera hasta el punto de estabilizarse. La curva de temperatura presenta diferentes cambios durante el proceso y esto se debe a que está muy relacionada a la actividad de la levadura.

Para la cerveza E se presenta una única variante con respecto a las demás la cual es que la primera fermentación se lleva a cabo en un tanque horizontal y días después se realiza un trasiego a un tanque cilindro cónico, la segunda fermentación y maduración son lo mismo que se describió anteriormente donde la levadura va a consumir los azúcares disponibles en el mosto para transformarlos en alcohol y  $\text{CO}_2$ . Cuando la cerveza ha alcanzado una temperatura inferior a  $1^\circ\text{C}$  y después de unos días de reposo se puede realizar el trasiego de la cerveza madura al área de filtración. Este proceso presenta una curva de fermentación y maduración muy parecida a la que se puede observar en la Figura 2.2.



**Figura 2.2.** Curva de fermentación-maduración de la cerveza A, B, C y D

En el Anexo 1 y Anexo 2 se encuentran los diagramas de flujo de proceso para las cervezas A, B, D y la cerveza E respectivamente.

### **Capítulo 3. Programa de prerrequisitos para el proceso de fermentación y maduración**

Como se mencionó en el capítulo 1 sección 1.6 los programas de prerrequisitos son programas básicos necesarios para implementar el sistema de análisis de peligros y puntos críticos de control, y gestión de inocuidad de los alimentos establecidos en iniciativas mundiales de seguridad alimentaria.

En esta práctica dirigida se desarrollaron varios tipos de documentos como son procedimientos operativos estándar, instructivos de limpieza, lecciones en un punto e instructivos operativos. Para llevar a cabo su elaboración primeramente se observó en sitio los diferentes procedimientos de limpieza que realizan los operarios en el área de Fermentación y Maduración; esto permitió saber cuáles son los productos de limpieza que se usan, conocer cuales equipos se limpian, los tiempos que se duran haciendo cada actividad, prestar atención que peligros puede afectar a cada etapa del proceso y valorar si el proceso de limpieza es adecuado.

Al tener una idea general de los procedimientos de limpieza, se llevó a cabo una revisión de la documentación ya establecida para comprobar si se ajusta a lo que realmente se hace o se deben implementar cambios. Esto también permite ver cuales documentos tienen un registro asociado; así poder darles trazabilidad a los diferentes procesos y verificar que las limpiezas se estén realizando.

De igual forma se analizaron todos los documentos para establecer una mejora en su estructura; donde el documento incluyera todos los pasos que se realizan y que su redacción fuera fácil de comprender para que toda esta información quedara para los operarios actuales y los que entrarán en el futuro.

Se debe tomar en cuenta que ya existían varios documentos sobre los procesos de limpieza que se realizan solo que estos ocupaban que se revisaran y se actualizaran los pasos donde se habían presentado cambios, así todo el personal contaría con esta información y cuando fuera necesario hacer capacitaciones para nuevos operarios esta fuera mucho más fácil.

De primero se trabajó con los procedimientos operativos estándar (conocidos por sus siglas en inglés como SOP) los cuales deben contener la siguiente información:

- En la portada tiene un encabezado donde se describe la empresa, área, título del SOP, el código del SOP, la versión, cantidad de páginas, estado de la máquina, clasificación y frecuencia. Se indica el equipo de protección personal que se debe utilizar y se establecen los peligros existentes y las acciones preventiva a seguir
- En las demás páginas se indica el código del SOP, la versión, las páginas, equipo de protección personal y los pasos numerados donde se describe el procedimiento que se debe realizar utilizando texto y una fotografía para apoyar la acción que se debe realizar
- En la última página se muestra de igual forma el código del SOP, la versión, las páginas, equipo de protección personal, los pasos numerados donde se explica el procedimiento y la fecha en que fue elaborado, revisado y aprobado con las respectivas firmas de los encargados

Los documentos que se analizaron de primero fueron los que se habían realizado anteriormente ya que muchos de los pasos en los procedimientos de limpieza fueron cambiados, también se debía mejorar la estructura del documento y verificar que los procedimientos donde fuera necesario un registro este existiera, a continuación se presenta un resumen de los procedimientos operativos estándar:

1. SOP Cambio de componentes de toma muestra:

Para realizar el cambio de la toma muestra que se encuentra unida a un tanque se utiliza la herramienta adecuada para aflojar la base, y se pueda retirar la base de la toma muestra, una vez retirado se efectúa una revisión y limpieza de los empaques, ya que en caso de encontrarse dañados se deben cambiar. Luego se realiza la inspección necesaria de la toma muestra y se vuelve a colocar en el tanque, una vez que se está seguro de que se colocó de forma adecuada queda lista para su uso normal.

## 2. SOP procedimiento de limpieza profunda de tanque propagador:

Se debe realizar la limpieza profunda del tanque propagador de levadura, la cantidad de veces recomendadas, donde se empieza desarmando los componentes del tanque, los cuales se revisan y los empaques que se encuentran en estos se cambian en caso de ser necesario. Luego se desarma y revisa las válvulas de aireación, válvulas de entrada del mosto y válvula inferior, donde se cambian los componentes dañados. También se debe desmontar la bomba de retorno y suministro, para limpiarlas y examinarlas, una vez que se inspeccionó todos los componentes de suministros auxiliares del tanque propagador de levadura se arma y se asegura que todo quede colocado en la posición correcta.

## 3. SOP procedimiento de limpieza utilizando compuesto quince con compuesto dieciséis en tanques usados para levadura:

La limpieza profunda de los tanques de levadura empieza conectando todos los paneles, codos y mangueras necesarias, se identifican las válvulas que interfieren en el proceso de limpieza, ya que algunas van a tener que cerrarse dependiendo del tanque que se tenga que limpiar. Una vez que todo el equipo esté listo se comienza con la recirculación con el agente de limpieza y luego se llevan a cabo los enjuagues necesarios hasta la total neutralidad dentro del tanque.

#### 4. SOP Cosecha de levadura:

Para realizar la cosecha de la levadura se cuenta con la ayuda de un programa computacional; ya que todo se realiza de forma automática, en el programa se selecciona el tanque que se desea cosechar y se confirman los pasos a realizarse para que se pueda dar una trazabilidad del proceso.

#### 5. SOP Limpieza de la tubería con la cosecha:

La limpieza de la tubería de cosecha comienza conectando los codos necesarios, luego se abren las purgas respectivas de acuerdo con la condición de cada panel y se abre el bypass de la bomba a utilizar. Una vez que todo esté conectado y colocado de forma adecuada se empieza con la limpieza de la línea utilizando la dosis recomendada y productos autorizados.

#### 6. SOP Limpieza de la tubería con levadura:

Se colocan los codos y mangueras necesarias en el panel de distribución de tanques, se verifica que todas las válvulas se encuentren en la posición correcta, luego se acciona la bomba encargada de la recirculación del agente de limpieza autorizado y el último enjuague es con agua; de esta forma se elimina cualquier residuo que pudiera quedar.

#### 7. SOP Trasiego de cerveza:

Se describe todos los pasos para realizar el trasiego de cerveza de un tanque a otro tanque, esto sucede de forma automática con ayuda de un programa computacional, por lo que se debe seleccionar el tanque que se le retirará la cerveza y el que la recibirá, también se debe examinar los diferentes sensores con que cuentan los tanques para garantizar que la transferencia suceda correctamente.

#### 8. SOP Titulación de soda cáustica:

Para realizar la titulación de la soda cáustica, se toma una pequeña muestra de la misma y se le agrega como indicador la fenolftaleína, se adiciona ácido hasta que el

color del indicador cambie y luego con la cantidad de gotas gastadas se puede determinar la concentración de la soda caustica.

9. SOP Inspección de bombas de recirculación y cosecha de levadura:

Se desarmen las bombas de recirculación y cosecha con la herramienta adecuada y se revisa el estado interno, las partes que se encuentre sucias se limpian y piezas que se encuentren dañadas se cambian. Una vez que se completó la limpieza y revisión, se arma la bomba siguiendo los pasos inversos.

10. SOP Chequeo y control de enfriamiento de levaduras durante su almacenamiento:

Para que suceda el enfriamiento de cada uno de los tanques se especifica que botones o sistema se debe accionar y se establece la temperatura de almacenamiento que debe tener cada tanque y como modificar esa temperatura en caso que se encuentre en un valor no apropiado.

11. SOP Espumeo y desinfección:

Se agrega agua al espumeador más otro producto aprobado por la jefatura con ayuda de una manguera se conecta a una toma que posee el tanque, dejar actuar la cantidad necesaria y después lavar con agua.

12. SOP Enfriamiento de levadura durante la cosecha:

Después de realizar la cosecha de acuerdo a la programación establecida, en el tanque donde se encuentra la levadura se inicia su enfriamiento, abriendo las válvulas necesarias y utilizando un enfriador. Con la ayuda de un panel de control se regula la temperatura y se verifica que el flujo de la levadura sea el adecuado.

Posteriormente se crearon varios procedimientos operativos estándar desde cero con el objetivo de documentar diferentes procesos de limpieza que sucedían en el área de fermentación y maduración, pero no contaban con una documentación

formal y codificada, fue fundamental realizar entrevistas con el personal y observaciones en sitio para tener conocimientos sobre el proceso, agentes de limpieza utilizados, medidas de seguridad que se deben considerar y conocer el paso a paso de cada procedimiento. A continuación, se puede observar un resumen de estos documentos:

13. SOP Limpieza de la tubería de aire:

Se empieza con purgar la tubería de aire en la cual se coloca una manguera de seguridad. Luego se desarma el filtro de aire y se abren las válvulas de entrada, se comienza la limpieza con la ayuda de un agente de limpieza, después se realiza un enjuague final con agua; para retirar el agente de limpieza, y se cierran las válvulas involucradas en el sistema de aire.

14. SOP Recirculación de levadura:

Para efectuar la recirculación de la levadura, se colocan los codos necesarios en el panel de distribución, luego se abre la válvula ubicada en el panel que permite que sucede la recirculación de la bomba en un tiempo seleccionado y se verifica la presión del tanque de esta forma poder darle velocidad a la bomba.

15. SOP Desarme y limpieza tanques con levadura:

Las diferentes partes del tanque como parte superior e inferior, al igual que su toma muestra se desarman con las herramientas adecuadas y se limpian con un producto de limpieza autorizado. Además, se desarma el panel al que está conectado el tanque y las válvulas que se encuentran en la tubería, estas piezas también se limpian y se revisa el estado en que se encuentran los empaques. Una vez que todo esté limpio se procede armar todas las piezas y colocar todo en su lugar correspondiente.

16. SOP Limpieza de implementos de limpieza:

Después de utilizar todos los implementos de limpieza estos deben lavarse con un producto de limpieza recomendado el cual se retira con suficiente agua y una vez que termina este proceso se colocan en su lugar respectivo.

17. SOP Limpieza de tanques con levadura:

Se conectan todos los codos y mangueras necesarias, asegurándose que todas las válvulas estén en la posición correcta y se inicia la limpieza utilizando solo productos autorizados.

18. SOP Limpieza profunda de la tubería con mosto:

Coordinar con las áreas involucradas para poder iniciar con la limpieza, asegurarse que todos los codos y paneles de distribución se encuentren en la posición correcta, con ayuda de un programa computacional se selecciona la tubería a la cual se le realizara la limpieza y una vez que termina todo dejar listo para que empiece con la producción normal.

19. SOP Limpieza de toma muestras en tanques con cerveza:

Después de terminado el lavado del tanque, se limpia la toma muestra con productos químicos autorizados, se enjuaga con abundante agua y se procede a llamar al personal del laboratorio de microbiología para que puedan tomar una muestra y realizar las pruebas microbiológicas necesarias para analizar las últimas aguas de enjuague.

20. SOP Agregar lúpulo a la cerveza:

Con la ayuda de un programa computacional se confirman todos los pasos necesarios para poder agregar el lúpulo de forma correcta al tanque, en donde al terminar este proceso se realizar una limpieza en la tubería, se debe verificar que todos los codos y válvulas se encuentren en la posición correcta.

21. SOP Limpieza revisión y cambio de componentes en válvula reguladora de entrada de mosto:

Se retira la válvula reguladora de la tubería en que se encuentra, se desarma y se retiran todos los empaques que se encuentren dañados, se procede a realizar una limpieza de la válvula y se colocan los nuevos empaques y cuando esta lista se arma y se instala en su posición original.

22. SOP Cambio y revisión de filtro de partículas en tubería con aire:

Se retira el filtro de partículas de la tubería con las herramientas necesarias, se revisa y se cambia, se aplican los pasos de manera inversa para que se encuentre todo en su posición normal y se llena el registro correspondiente.

23. SOP Limpieza y cambio del empaque interno en la válvula para gasificación:

La válvula de gasificación se retira de la base del tanque utilizando la herramienta adecuada, se desarma, se limpia y se realiza el cambio del empaque interno y una vez listo esto se arma la válvula y se coloca nuevamente en el tanque.

24. SOP Cambio de empaques y revisión de la válvula de retorno:

Se retira la válvula de retorno de la tubería utilizando la herramienta adecuada, se desarma, se revisan los empaques y los dañados se cambian por nuevos, se limpia cuidadosamente la válvula y arma y se coloca en su posición original.

25. SOP Limpieza general del tanque propagador:

Se colocan todos los codos y válvulas en la posición adecuada y con la ayuda de un panel de control se inicia la limpieza del tanque, en el cual se verifica la temperatura del agente limpiador que se esté utilizando, una vez que este termine la limpieza se debe llenar un registro correspondiente.

26. SOP Limpieza de la línea de trasiego de mosto e inyección de levadura propagada en el propagador:

Se comienza revisando que todos los codos, válvulas y la bomba se encuentren en la posición correcta, se acciona la bomba la cual permite recircular el agente de limpieza autorizado, una vez que pasa el tiempo establecido para la limpieza, se

realiza la prueba de fenolftaleína a la última agua de enjuague y se llena el registro correspondiente.

#### 27. SOP Verificación de neutralización de soda cáustica:

Para determinar si el procedimiento de limpieza puede terminar se toma una muestra a la cual se le agregan unas gotas de fenolftaleína para observar la coloración que da la muestra, en caso de que esta sea incolora se puede finalizar. Es importante contar siempre con el equipo de protección personal como guantes y lentes.

Otro de los documentos que se trabajó fueron los instructivos de limpieza los cuales permiten describir paso a paso cada uno de los procedimientos de limpieza que se deben realizar en las diferentes etapas del proceso, los elementos con los que cuenta estos documentos son los siguientes:

- En la primera página tiene un encabezado donde se describe la empresa, área, título del instructivo de limpieza, el código del instructivo de limpieza, la versión, cantidad de páginas.
- Se indica el objetivo y alcance que tienen el instructivo de limpieza.
- Las generalidades que este presenta y se menciona el equipo de protección personal que se debe utilizar para realizar los diferentes procedimientos.
- Se presentan las responsabilidades en las cuales se menciona las tareas que tiene cada uno de los puestos: gerente, jefe y operarios.
- Se menciona la frecuencia con que se efectuara las limpiezas y se describe ampliamente los pasos que se deben realizar para efectuar la limpieza correctamente.
- En la última página se indica el registro que está asociado el instructivo y la fecha en que fue elaborado, revisado y aprobado con las respectivas firmas de los encargados.

La gran mayoría de estos instructivos de limpieza ya se encontraban en la planta lo que faltaba era verificar cuales habían cambiado, que equipos se habían modernizados y si las cantidades de agente de limpieza se habían modificado, por lo que fue necesario realizar una investigación en el área para detectar los cambios que se debían hacer y efectuar instructivos de limpieza de acuerdo a la situación actual del área.

Los siguientes son los instructivos de limpieza que se realizaron en el proceso de fermentación y maduración, en donde se explica un breve resumen de su contenido.

1. Limpieza y desinfección de tanques cilindro cónico:

Se realiza una limpieza profunda de los tanques cilindro cónico y accesorios móviles como válvulas, toma muestra y empaques, utilizando la cantidad adecuada de agentes de limpieza debidamente aprobados y etiquetados. Tiene como objetivo describir los pasos necesarios para asegurarse la limpieza y desinfección del interior de un tanque cilindro cónico, garantizando que no queden residuos de agentes de limpieza.

2. Limpieza y desinfección de tanques con levadura:

Se realiza una limpieza y desinfección al tanque con levadura y accesorios móviles inmediatamente después de haber sido desocupado, utilizando la cantidad y concentraciones recomendadas de agentes de limpieza autorizados. Su objetivo es garantizar la limpieza y desinfección del interior del tanque de levadura asegurando que no queden trazas de alguno de los agentes de limpieza.

3. Limpieza y desinfección de tuberías para el trasiego de levadura:

Se efectúa la limpieza de la tubería antes de cada cosecha utilizando los agentes de limpieza debidamente autorizados en las concentraciones recomendadas. También se limpia todos los conectores, válvulas y empaques que se encuentren unidos a la

tubería. Su objetivo es garantizar que no queden residuos de agentes de limpieza en la tubería que se utilizan para el trasiego de levadura.

4. Instructivo para revisión, limpieza y desinfección de domos principales de los tanques cilindro cónicos:

La limpieza de domo se realiza cuando el tanque está vacío, se utiliza un agente de limpieza autorizado para eliminar toda la suciedad o polvo que se encuentre. Se reporta el estado del domo en su registro correspondiente y se tiene como objetivo asegurar que los domos de los tanques cilindro cónicos se revisen, limpien y desinfecten regularmente.

5. Limpieza y desinfección de tuberías de mosto y cerveza:

Las tuberías se limpian antes de su uso, a media semana y al final de la producción semanal o según requerimientos dictados por la jefatura, se utilizan agentes de limpieza debidamente autorizados y etiquetados en las concentraciones recomendadas. Su objetivo es asegurar que las tuberías para el trasiego de cerveza y mosto sean sometidas a una limpieza y desinfección que garantice que se elimine la posibilidad de contaminación por microorganismos y presencia de trazas de agentes químicos.

6. Limpieza profunda de tanques cilindro cónico:

Además de la limpieza interior de los tanques cilindro cónico se efectúa una limpieza profunda de todos los accesorios como válvulas, toma muestra y empaques, incluyendo el exterior del tanque cilindro cónico y partes no móviles del mismo. El objetivo es describir los pasos necesarios para realizar la limpieza profunda y asegurar la eliminación de posibles incrustaciones y contaminación por microorganismos.

7. Limpieza general de áreas de trabajo y aseo personal:

Se describe las operaciones de limpieza de paredes, pisos y superficies de trabajo en el área, utilizando agentes de limpieza aprobados y debidamente etiquetados. Su objetivo es garantizar la limpieza del área de trabajo en donde se lleva a cabo todo el proceso de fermentación y maduración.

#### 8. Limpieza de tuberías de aire de los propagadores:

Se describe la limpieza de la tubería de aire que se realiza semanalmente en el cual el personal del laboratorio de microbiología tiene participación y que su objetivo es garantizar la limpieza de la tubería y eliminar la posible contaminación con microorganismos o agentes químicos.

Además, se trabajaron los documentos lecciones en un punto más conocidos por sus siglas en inglés OPL, los cuales son documentos donde se evidencia las mejoras que se realizan en un procedimiento, equipo o instalaciones de la planta. En estos se debe incluir la siguiente información:

- Este tipo de documento es de solo una página y su encabezado contiene el nombre de la empresa, el área, el título de la lección en un punto, el código y la versión.
- Tiene una fotografía del antes y el después de la mejora que se realizó y cada fotografía viene acompañada de un texto explicando el cambio que se realizó.
- En la parte inferior de la hoja se indica la fecha en que fue elaborado, revisado y aprobado con las respectivas firmas de los encargados.

Entre las mejoras que se establecen en estos documentos va desde el mejoramiento de equipos, accesorios, utensilios de limpieza y mejoras de acuerdo al programa 6s. La siguiente lista corresponde a los títulos de las lecciones en un punto realizadas para el área de fermentación y maduración:

1. Colocación de dispositivo de regulación y restricción de flujo a la manguera
2. Soldaduras internas en las tuberías en el cuarto de levadura
3. Rotulación de la estación de limpieza
4. Eliminación de tramo muerto en donde se muestrea agua
5. Eliminación de tramo muerto en la tubería
6. Limpieza de pisos
7. Etiquetado de la tubería de ducha de ojos
8. Cambio en tubería para reducción de presión
9. Limpieza de punto de inyección de levadura
10. Tipos de empaques presentes en los tanques cilindro cónicos
11. Cambio de mangueras de bombas
12. Cambio de contador de levadura
13. Inspección de temperatura de tanque cilindro cónicos
14. Accesorios válvula toma muestra
15. Limpieza profunda de tanques cilindro cónicos
16. Cambio de empaques en válvulas de tanques cilindro cónico
17. Implementación de sistema de purgas
18. Mejora en el sistema de aireación
19. Rotulación de carretilla
20. Colocación de etiquetas en tuberías de mosto y levadura
21. Colocación de etiqueta en la tubería de agua pluvial
22. Rotulación de basureros
23. Colocación de etiquetas en tuberías eléctrica
24. Erradicación por contaminación cruzada de levaduras
25. Incremento en tiempo de hidratación

También se realizó un instructivo operativo en el cual se describe el funcionamiento de algún equipo, recepción de materias primas, descripción de los pasos para

chequear algún procedimiento o equipo, este documento cuenta con los siguientes elementos:

- En la primera página tiene un encabezado donde se describe la empresa, área, título del instructivo operativo, el código del instructivo operativo, la versión, cantidad de páginas.
- Se indica el objetivo y alcance que tienen el instructivo operativo
- Las generalidades que este presenta y se menciona el equipo de protección personal que se debe utilizar para realizar los diferentes procedimientos
- Se presentan las responsabilidades en las cuales se menciona las tareas que tiene cada uno de los puestos: gerente, jefe y operarios
- Se menciona la frecuencia y se describe ampliamente los pasos que se deben realizar para realizar adecuadamente un procedimiento
- En la última página se indica el registro que está asociado el instructivo y la fecha en que fue elaborado, revisado y aprobado con las respectivas firmas de los encargados

El instructivo operativo que fue realizado fue la calibración del pH-metro en el cual se describió paso a paso como se debe efectuar una calibración correctamente y cuál es la frecuencia recomendada para hacerlo, este instructivo presenta un registro asociado.

De ultimo se trabajó los registros los cuales tienen como función brindar una trazabilidad de los diferentes procesos de limpieza que se realizan en el área, los documentos que cuentan con registros son los instructivos de limpieza, algunos procedimientos operativos estándar y el instructivo operativo realizado. El contenido de cada registro puede variar, pero siempre deben contar con lo siguiente:

- Contar con un encabezado que indique el documento al cual está asociado, área, código, cantidad de páginas, versión, año y el consecutivo.

- En el cuerpo del registro se dispondrá de una tabla dividida en varias columnas en donde en la primera fila se describirá la fecha, operador responsable, firma del supervisor y observaciones.

Dependiendo del tipo de registros en estos se puede incluir la concentración de soda cáustica o ácido que se utilice en un procedimiento de limpieza, indicar el número del tanque cilindro cónico que se va limpiar, la realización de la prueba de fenolftaleína y la hora de inicio y finalización de una limpieza. La siguiente es una lista con los documentos donde se elaboró un registro asociado:

1. Instructivo de limpieza y desinfección de tanques cilindro cónico
2. Instructivo de limpieza y desinfección de tanques con levadura
3. Instructivo de limpieza y desinfección de tuberías para el trasiego de levadura
4. Instructivo de limpieza para revisión, limpieza y desinfección de domos principales de los tanques cilindro cónicos
5. Instructivo de limpieza y desinfección de tuberías de mosto y cerveza
6. Instructivo de limpieza profunda de tanques cilindro cónico
7. Instructivo de limpieza general de áreas de trabajo y aseo personal
8. Instructivo de limpieza de tuberías de aire de los propagadores
9. Procedimiento operativo estándar agregar lúpulo a la cerveza
10. Procedimiento operativo estándar cambio y revisión de filtro de partículas en tubería con aire
11. Procedimiento operativo estándar verificación de neutralización de soda caustica
12. Procedimiento operativo estándar limpieza general del tanque propagador
13. Procedimiento operativo estándar limpieza de la línea de trasiego de mosto e inyección de levadura propagada en el propagador
14. Instructivo operativo calibración del pH-metro

## Capítulo 4. Etapas del proceso de fermentación y maduración e identificación de peligros

### 4.1. Etapas del proceso

Para poder estudiar y realizar un mejor análisis del proceso de fermentación y maduración de las cervezas A, B, C y D este se dividió en etapas las cuales se describen seguidamente:

**A1. Entrada de mosto al tanque cilindro cónico e inyección de levadura:** El mosto que proviene del área de Cocimiento entra al área de Fermentación y Maduración ingresando por las tuberías de acero inoxidable dirigiéndose a los tanques cilindro cónico. Se le realiza una limpieza al tanque cilindro cónico con soda cáustica y ácido, antes de que el mosto ingrese, de igual forma se le efectúa una limpieza a la tubería donde se da el trasiego. Los pasos que describen como se debe efectuar la limpieza se encuentran en un instructivo de limpieza, y se cuenta con un registro en el cual se documenta que tanque se limpia y en qué fecha se realizó.

**A2. Limpieza de la tubería antes de realizar la cosecha:** La cosecha se refiere al proceso donde se retira la levadura del tanque cilindro cónico por medio de una purga, y esta se dirige a tanques de almacenamiento de levadura, donde en la mayoría de veces esa levadura se vuelve a utilizar para otros lotes. Antes de realizar la cosecha de la levadura se realiza una limpieza de la tubería con soda cáustica y ácido, todos los pasos de la limpieza se encuentran documentados en un procedimiento operativo estándar.

**A3. Recuperación de CO<sub>2</sub>:** Después de cierta cantidad de horas el CO<sub>2</sub> que se produce en los tanques cilindro cónico es llevado al área de Sala de Máquinas

en la cual se le realiza un proceso de purificación. Se efectúa una limpieza en la línea de dióxido de carbono de recuperación hasta la trampa de espuma; la cual se encarga de retener partículas sólidas, restos de espuma y levadura que se pueden encontrar en el gas, toda esta sección se limpia profundamente cada 3 meses y se cuenta con un procedimiento operativo estándar que describe los pasos que se deben desarrollar para una limpieza efectiva. De la trampa de espuma el dióxido de carbono de recuperación se dirige a Sala de Máquinas, y esta tubería no se le realiza ninguna limpieza.

**A4. Gasificación con CO<sub>2</sub> (con el CO<sub>2</sub> recuperado en el proceso de fermentación):**

Se inyecta una pequeña cantidad de CO<sub>2</sub> a la cerveza, el cual fue purificado en el área de Sala de Máquinas. Antes de ingresar el dióxido de carbono al área de Fermentación y Maduración se le realiza pruebas de pureza, punto de rocío y análisis sensorial. La tubería por donde viene el CO<sub>2</sub> para realizar la gasificación no se le realiza ninguna limpieza.

**A5. Trasiego de la cerveza madura al área de Filtración:** Corresponde a la etapa final del proceso de fermentación y maduración donde la cerveza ya está lista para ingresar al área de Filtración, la limpieza de la tubería de trasiego a Filtración se realiza con soda cáustica y ácido, todos los pasos para efectuar la limpieza se encuentran en un procedimiento operativo estándar y se cuenta con un registro el cual permite llevar control de qué día y hora se trasiega cerveza madura al área de Filtración.

A continuación, se detalla las etapas en el proceso de fermentación y maduración para la cerveza E:

**E1. Entrada de mosto al tanque horizontal e inyección de levadura:** El mosto que proviene del área de Cocimiento entra al área de Fermentación y Maduración ingresando por las tuberías de acero inoxidable dirigiéndose a un tanque

horizontal. Antes de que ingrese el mosto al tanque horizontal se le realiza una limpieza con soda cáustica y ácido, de igual forma se le realiza a la tubería donde se efectúa el trasiego, todos los pasos para realizar la limpieza y desinfección se documentan en un instructivo de limpieza el cual tiene un registro asociado.

**E2. Trasiego de tanque horizontal al tanque cilindro cónico:** Después de haber transcurrido unas horas se da el trasiego de cerveza joven a un tanque cilindro cónico, la tubería donde se realiza el trasiego se limpia con soda cáustica y ácido, la descripción de todo el proceso para limpiar las tuberías se explica en un instructivo de limpieza el cual cuenta con un registro donde se documenta la hora y tanques involucrados en el trasiego.

**E3. Limpieza de la tubería antes de realizar la cosecha:** En esta etapa se retira la levadura del tanque cilindro cónico por medio de una purga, esa levadura puede ser reutilizada para otros lotes de la misma cerveza. Antes de efectuar la cosecha de la levadura se realiza una limpieza de la tubería con soda cáustica y ácido, y se cuenta con un procedimiento operativo estándar donde se explica los pasos necesarios para llevar a cabo la limpieza.

**E4. Trasiego de la cerveza madura al área de Filtración:** Cuando la cerveza terminó todo su proceso de maduración se realiza su trasiego al área de Filtración, la tubería en la cual se realiza el trasiego se limpia con soda cáustica y ácido antes de que se envíe la cerveza madura al área de Filtración, la limpieza se desarrolla siguiendo los pasos que se describen en un procedimiento operativo estándar, y se mantiene un registro en el cual se anota el día, la hora y el tanque al que se le retira la cerveza madura.

## **4.2. Identificación de peligros en las etapas de fermentación y maduración**

Para realizar el análisis de riesgos del proceso de fermentación y maduración de las cervezas A, B, C, D y E se comienza identificando los peligros físicos, químicos y biológicos que presentan estas cervezas, para determinar los diferentes peligros se realizó una inspección y observación en sitio. A continuación, se describen los peligros físicos, químicos y biológicos que se observaron en las diferentes etapas del proceso de fermentación y maduración:

Peligros físicos: un peligro que se puede presentar es que quede atrapada alguna herramienta; ya sea una llave corofija, tuercas o tornillos en un tanque o tubería, esto podría suceder debido a un descuido a la hora de cerrar el tanque o tubería después de realizar la limpieza profunda; ya que en esta se abre el cono del tanque cilindro cónico y se retiran varias piezas del mismo, así como parte de la tubería conectada al tanque.

Otro peligro que se puede encontrar es que al realizar una reparación de una válvula o visor quede alguna herramienta en la tubería. Esto puede afectar a cualquier etapa del proceso de fermentación y maduración ya que se encuentran válvulas que permiten abrir y cerrar los tanques cilindro cónico, visores en la tubería, válvulas conectadas a paneles que permiten el trasiego de la cerveza. Es importante mencionar que este peligro solo se presentaría cuando se realice un arreglo a una pieza dañada.

Peligros químicos: uno de los peligros que afecta a todas las etapas del proceso de fermentación y maduración es que quede alguna traza de soda cáustica o ácido en la tubería o en el tanque cuando se realiza una limpieza, ya que es muy frecuente que durante todo el proceso se efectúen varias limpiezas, en algunos casos se utiliza primero una soda cáustica de baja concentración y luego una con concentración más

alta; esto con fin de eliminar toda la materia orgánica que se puede encontrar en la tubería o tanque cilindro cónico.

Otro peligro que se encuentra es que se utilice un producto de limpieza incorrecto o no inocuo durante alguno de los procedimientos de limpieza en las diferentes etapas que tienen las cervezas A, B, C, D y E.

Peligros biológicos: uno de peligro que se puede presentar es que la cerveza se contamine microbiológicamente, al igual que la levadura, mosto o el CO<sub>2</sub>, también se podría dar la presencia de aguas sucias las cuales contaminarían el producto, y todo esto afectaría la inocuidad del proceso. Para estudiar este peligro es necesario estudiar los tipos de microorganismos que pueden estar involucrados y en qué condiciones son las que se desarrollan.

Otro peligro que se encuentra es la contaminación microbiológica de tanques, tuberías y accesorios debido a limpiezas deficientes, las cuales facilitarían la acumulación de materia orgánica provocando una contaminación en la etapa del proceso que se presente.

## **Capítulo 5. Análisis de riesgos del proceso de fermentación y maduración**

Después de identificar los diferentes peligros que presenta cada una de las etapas, se analizó la probabilidad de ocurrencia y la severidad. Teniendo en cuenta que la probabilidad de ocurrencia hace referencia a la cantidad de veces que el peligro observado afectó a la inocuidad del proceso. Se definió que es probabilidad alta cuando sucede más de una vez al mes, una probabilidad media cuando se presenta máximo una vez al mes y una probabilidad baja si esta actividad ocurre una vez al año. Para determinar el valor que presenta la probabilidad de ocurrencia en el proceso de fermentación y maduración se consultó con el personal de la planta, y se investigó si existen registro o documentos que indiquen si algunas de las etapas fueron afectadas por los peligros antes mencionados.

La severidad se clasificó según el peligro que genere a la salud de las personas que consuman este producto, un peligro alto significaría enfermedades potencialmente mortales probablemente causadas por una contaminación microbiana, contaminación con sustancias químicas, lesiones con cuerpos extraños capaces de causar enfermedad o lesiones permanentes que ponen en peligro la vida. Un peligro medio es cuando ocurre una contaminación peligrosa para la salud que causa enfermedades crónicas, contaminación con sustancias químicas o cuerpos extraños que causan enfermedades o lesiones temporales y un peligro menor es cuando se da la contaminación de un producto provocando una enfermedad moderada o cuando se la ingesta de sustancias químicas o cuerpos extraños que causan incomodidad, náuseas, dolor de cabeza entre otros.

Con el fin de evaluar el nivel de riesgo en cada peligro que se presenta en las diferentes etapas del proceso se le asignó un puntaje a cada probabilidad de ocurrencia y severidad, de esta forma determinar si corresponde a un riesgo bajo, medio o alto. En el caso de una probabilidad alta esta cuenta con un puntaje de 3, para una probabilidad media un puntaje de 2 y una probabilidad baja un puntaje de 1. Una severidad alta corresponde a un puntaje de 3, en una severidad media cuenta con un puntaje de 2 y para una severidad baja un puntaje de 1.

Para determinar si es un riesgo bajo, medio o alto se realizó una multiplicación entre el puntaje de la probabilidad de ocurrencia y la severidad, el resultado de la multiplicación indica el tipo de riesgo asociado a ese peligro, la clasificación y el intervalo de valores que posee cada riesgo se puede ver en la sección 1.5 del Capítulo 1. Conociendo el tipo de riesgo se determinará la existencia de puntos críticos de control, y si se deben establecer medidas de control, límites críticos y acciones correctivas.

En caso de ser necesario se puede utilizar otra metodología para el análisis de riesgo que es el árbol de decisiones, el cual permite identificar la existencia de puntos críticos de control utilizando cuatro preguntas, las cuales se pueden observar en la Figura 1.3.

### **5.1. Proceso de fermentación y maduración de la cerveza A, B, C y D**

Luego de determinar cuáles son los peligros que afectan en cada etapa del proceso de fermentación y maduración de la cerveza A, B, C y D, se le asignó la probabilidad en que podría ocurrir cada uno de esos peligros y la severidad que podrían tener, y se encontró que tipo de riesgo presenta, en el Cuadro 5.1 se puede observar el resultado que se obtuvo para cada una de las etapas, la columna de medidas de control se encuentra codificada y en el Cuadro 5.2 se describe el significado de cada número.

**Cuadro 5.1.** Etapas del proceso de fermentación y maduración de las cervezas A, B, C y D con respectivos peligros físicos (F), químicos (Q) y biológicos (B), sus medidas de control, su probabilidad de ocurrencia, severidad y tipo de riesgo.

<b>Etapas del proceso</b>	<b>Peligros</b>	<b>Medidas de control*</b>	<b>Probabilidad de ocurrencia</b>	<b>Severidad</b>	<b>Tipo de riesgo</b>	
<b>A1.</b> Entrada de mosto al tanque e inyección de levadura	F : Presencia de tornillos en el tanque	102	Baja (1)	Baja (1)	Bajo	
	F : Presencia de herramientas en el tanque	100 y 101	Baja (1)	Baja (1)	Bajo	
	Q :	Trazas de soda cáustica o ácido	103	Baja (1)	Baja (1)	Bajo
		Uso de producto químico de limpieza incorrecto o no inocuo	104 y 105	Baja (1)	Baja (1)	Bajo
	B :	Uso de levadura contaminada	101,106, 107, 108 y 109	Baja (1)	Baja (1)	Bajo
		Mosto contaminado microbiológicamente	112 y 113	Baja (1)	Baja (1)	Bajo
		Contaminación de tanque, tuberías, accesorios u otros utensilios	106, 110, 111 y 114	Baja (1)	Baja (1)	Bajo
		Presencia de remanente de últimas aguas de limpieza	115 y 116	Baja (1)	Baja (1)	Bajo
	<b>A2.</b> Limpieza de la tubería antes de realizar la cosecha	F : Presencia de tornillos en el tanque	102	Baja (1)	Baja (1)	Bajo
		F : Presencia de herramientas en el tanque	100 y 101	Baja (1)	Baja (1)	Bajo
Q :		Trazas de soda cáustica o ácido	103	Baja (1)	Baja (1)	Bajo
		Uso de producto químico de limpieza incorrecto o no inocuo	104 y 105	Baja (1)	Baja (1)	Bajo
B :		Contaminación de tanque, tuberías, accesorios u otros utensilios	106, 110, 111 y 114	Baja (1)	Baja (1)	Bajo
		Presencia de remanente de últimas aguas de limpieza	121	Baja (1)	Baja (1)	Bajo

Continuación del **Cuadro 5.1.** Etapas del proceso de fermentación y maduración de las cervezas A, B, C y D con respectivos peligros físicos (F), químicos (Q) y biológicos (B), sus medidas de control, su probabilidad de ocurrencia, severidad y tipo de riesgo.

<b>Etapa del proceso</b>	<b>Peligros</b>	<b>Medidas de control*</b>	<b>Probabilidad de ocurrencia</b>	<b>Severidad</b>	<b>Tipo de riesgo</b>
<b>A3.</b> Recuperación de CO <sub>2</sub>	F : Presencia de tornillos en el tanque	102	Baja (1)	Baja (1)	Bajo
	Q : Presencia de herramientas en el tanque	100 y 101	Baja (1)	Baja (1)	Bajo
	Q : Trazas de soda o ácido	103	Baja (1)	Baja (1)	Bajo
	Q : Uso de producto químico de limpieza incorrecto o no inocuo	104 y 105	Baja (1)	Baja (1)	Bajo
	B : Contaminación de tanque, tuberías, accesorios u otros utensilios	106, 110, 111 y 114	Baja (1)	Baja (1)	Bajo
	CO <sub>2</sub> contaminado	119	Baja (1)	Baja (1)	Bajo
<b>A4.</b> Gasificación de CO <sub>2</sub>	F : No existen peligro	101			No existe
	Q : No existen				No existe
	B : CO <sub>2</sub> contaminado	119	Baja (1)	Baja (1)	Bajo
<b>A5.</b> Trasiego de la cerveza madura al área de Filtración	F : Presencia de tornillos en el tanque	102	Baja (1)	Baja (1)	Bajo
	Q : Presencia de herramientas en el tanque	100 y 101	Baja (1)	Baja (1)	Bajo
	Q : Trazas de soda o ácido	103	Baja (1)	Baja (1)	Bajo
	Q : Uso de producto químico de limpieza incorrecto o no inocuo	104 y 105	Baja (1)	Baja (1)	Bajo
	B : Presencia de remanente de últimas aguas de limpieza	115 y 116	Baja (1)	Baja (1)	Bajo
	B : Contaminación de tanque, tuberías, accesorios u otros utensilios	106, 110, 111 y 114	Baja (1)	Baja (1)	Bajo
	Cerveza contaminada microbiológicamente	119	Baja (1)	Baja (1)	Bajo

**Cuadro 5.2.** Codificación de las medidas de control que presentan los peligros químicos, físicos y biológicos.

<b>Medidas de control</b>	<b>Codificación</b>
Inventario de herramientas	100
Sistema cerrado	101
Piezas y herramientas de gran tamaño	102
Análisis de las últimas aguas en los procesos de limpieza, prueba de fenolftaleína	103
Control y registro de recepción de los productos que se usan en los procesos de limpieza y desinfección	104
Solo se usan materiales de limpieza aprobados	105
Programa de limpieza y desinfección	106
Controles microbiológicos del proceso	107
Limpieza después del mantenimiento	108
Proceso de selección de levadura utilizando criterios técnicos	109
Verificación de las últimas aguas de enjuague	110
Monitoreos microbiológicos	111
El mosto es hervido y enfriado, por lo que se encuentra estéril	112
El mosto se inocula con levadura	113
Cada vez que se efectúan cambios de las condiciones de limpieza se realizan verificaciones microbiológicas	114
Sensores de mínimo nivel que garantizan que el tanque quede vacío	115
Se realiza una purga antes de que se pase el producto	116
No se desarma la tubería	117
Proveedores con certificación y cumplimientos de todas las normativas	118
Análisis microbiológicos	119
Análisis fisicoquímicos y sensoriales	120
Empuje con agua antes que se pase el producto por la tubería, esta agua se drena	121

Con lo mostrado en el Cuadro 5.1 se obtiene que todos los peligros presentes en el proceso de fermentación y maduración para las cervezas A, B, C y D son riesgos bajos ya que presentan una probabilidad de ocurrencia y severidad baja, con estos resultados

se puede deducir que no existe la presencia de puntos críticos de control con respecto a la inocuidad, de igual forma se analizará todas las etapas para justificar ese resultado.

En la mayoría de las etapas se presentan dos tipos de peligros físicos los cuales son que quede atrapada alguna herramienta o tornillos en la tubería o tanque cilindro cónico, y la única etapa que no lo presenta es la A4. Es importante mencionar que todo este proceso es automático; por lo que ningún operario tiene una manipulación directa con el producto y los tanques cilindro cónico se mantiene cerrados durante todo el proceso a una presión interna recomendada.

Los peligros antes mencionados se pueden presentar cuando se realizan limpiezas profundas a los tanques cilindro cónicos, estas suceden una vez al año, además los operarios cuentan con un inventario de herramientas el cual permite tener un control de lo que se está utilizando y que al finalizar la limpieza se cuente con todas las herramientas. También se puede presentar al efectuar una reparación de una tubería, válvula o visor, las cuales ocurren muy pocas veces al año, de igual forma el mismo inventario de herramientas sirve para registrar que ninguna pieza falte al finalizar el trabajo.

Además es importante indicar que las herramientas, tornillos y tuercas que se utilizan son de gran tamaño; esto se debe a que los tanques cilindro cónicos que se encuentran en esta área son de gran capacidad, por lo que si sucediera un error humano de que alguna pieza quedara dentro de un tanque o tubería esta quedaría atrapada en la bomba que se utiliza para desplazar la cerveza, y se debe tomar en cuenta que la cerveza al llegar al área de Filtración pasa por varios filtros los cuales no permitirían el paso de cuerpos extraños.

Para la etapa A4 no existe un peligro físico debido a que no se desarma la tubería donde ingresa el CO<sub>2</sub> al tanque cilindro cónico, por ser una tubería cerrada no hay posibilidad

que alguna herramienta, tornillo o tuerca ingrese a esta y se pueda presentar un peligro físico que afecte a la inocuidad de la cerveza.

Los peligros químicos en la mayoría de las etapas son los mismos y poseen un riesgo bajo; ya que su probabilidad de ocurrencia es baja porque nunca se han manifestado problemas que afecten la inocuidad de la cerveza causados por productos químicos, y su severidad también es baja ya que los problemas de salud que puede presentar una persona son leves debido a las condiciones del proceso. Entre los peligros encontrados están presencia de trazas de ácido o soda cáustica en el tanque cilindro cónico o tubería y que se utilice un producto de limpieza no inocuo o incorrecto, la única etapa que no presenta estos peligros es la A4.

El primer de los peligros mencionados surge por la gran cantidad de limpiezas que se desarrollan durante todo el proceso y esta cuenta con medidas de control como es analizar las aguas del último enjuague realizando la prueba de fenolftaleína; la cual permite indicar si hay presencia de soda cáustica. Se debe tomar en cuenta que al ser trazas de un producto de limpieza estas no van a afectar seriamente el proceso ni a las personas; ya que son una cantidad muy pequeña en comparación a la cantidad de cerveza que se encuentra en el tanque cilindro cónico, además que la cerveza presenta un pH ácido.

También se tienen todos los pasos de los procedimientos de limpieza documentados en instructivos de limpieza y procedimientos operativos estándar, y cada uno de ellos cuenta con un registro asociado el cual permite llevar un control del día, la hora y el operario que la realizó. Igualmente se debe mencionar que la cerveza posee un buffer el cual permite detectar fácilmente si esta se contaminó con un agente de limpieza, ya que si entra en contacto con alguno de los productos químicos que se utilizan el pH de la cerveza cambia drásticamente.

El otro peligro que se presenta es utilizar un producto no inocuo o incorrecto para realizar la limpieza, se cuenta con las siguientes medidas de control como es que solo se utilizan materiales de limpiezas aprobados por parte de la jefatura, en donde se verifica que los proveedores cumplan con todos los requisitos que pide el sistema de certificación alimentaria, y existe un control y registro de los productos que se usan en los procesos de limpieza y desinfección, además que todos los productos de limpieza que se utilizan debe ser grado alimentario. En caso que se presentará un error y se utilizara un producto no inocuo o incorrecto lo que podría provocar es que la limpieza no retire toda la suciedad presente en tanques cilindro cónico o tuberías, pero esto sería un caso aislado y no afectaría toda la inocuidad del proceso, por eso los operarios realizan revisiones y se aseguran que los productos que se vayan a utilizar sean los aprobados.

En la etapa A4 como no se realiza ninguna limpieza con productos químicos por lo que no presenta ningún peligro químico, se puede considerar que su riesgo es bajo o nulo y por lo tanto no va presentar ningún punto crítico de control.

Todos los peligros biológicos que se presentan en el Cuadro 5.1 presentan un riesgo bajo, debido a que tanto la probabilidad de ocurrencia como la severidad son bajas. Las etapas A1, A2, A3 y A5 tienen en común que presentan dos peligros iguales que son la contaminación de tanques, tuberías, accesorios u otro utensilio y la presencia de algún remanente de últimas aguas de limpieza. Para el primer peligro nombrado se tiene como medida de control que cuenta con programas de limpieza y desinfección; donde todo está documentado ya sea en un procedimientos operativos estándar o un instructivo de limpieza y estos poseen un registro asociado, también cada vez que se efectúa un cambio en las condiciones de limpieza se realiza las verificaciones microbiológicas para garantizar la eficiencia del nuevo procedimiento, al igual que constantemente se desarrollan seguimientos microbiológicos.

El segundo peligro descrito es la presencia de remanente de últimas aguas de limpieza en tuberías o tanques, para el caso de los tanques se cuenta como medida de control que estos cuenten con sensores de mínimo nivel que garantizan que el tanque quede vacío después de efectuar una limpieza profunda o en general, tanto para las tuberías como para el tanque se realiza una purga antes que el producto se trasiegue de un equipo a otro, esto garantiza que si se encuentra algún residuo con la purga se pueda retirar y no llegue a tener contacto con el mosto o levadura.

En la etapa A1 se presenta el peligro que el mosto este contaminado microbiológicamente, como medida de control se tiene que este es hervido y enfriado por lo que se encuentra estéril al llegar al área de Fermentación y Maduración. El otro peligro muestra es que la levadura esté contaminada microbiológicamente se tienen varias medidas de control como: los programas de limpieza y desinfección, programas de limpieza después de realizar mantenimiento en equipos, selección de levaduras con criterios técnicos, control microbiológico durante el proceso y esto es un sistema cerrado en el cual es un proceso de fermentación anaerobio por lo que no hay crecimiento de microorganismos patógenos.

Las etapas A3 y A4 poseen el mismo peligro biológico, que el CO<sub>2</sub> se encuentre contaminado microbiológicamente, solo que este peligro se presenta en diferentes partes del proceso para el caso de la etapa A4; que es cuando una pequeña cantidad CO<sub>2</sub> ingresa a los tanques cilindro cónicos, se tiene como medida de control que antes de llegar el CO<sub>2</sub> al área de Fermentación y Maduración se le realizan pruebas microbiológicas como pruebas de cultivo aerobio, anaerobio y anaerobio estricto. En la etapa A3 que corresponde a la etapa cuando se recupera el CO<sub>2</sub> de los tanques cilindro cónico, la medida de control que se aplica es que antes que se dirija el CO<sub>2</sub> a Sala de máquinas se realiza un análisis fisicoquímico y sensorial.

En la etapa A5 se presenta el peligro que la cerveza esté contaminada microbiológicamente como lo mencionan Menz, Aldred y Vriesekoop (2009) la cerveza es resistente a la contaminación microbiana, esto se debe principalmente a que se tiene una serie de factores que se combinan y provocan que la supervivencia de los microorganismos patógenos sea muy difícil, entre los factores tenemos: la presencia del etanol, compuestos amargos del lúpulo, pH bajo, el dióxido de carbono disuelto elevado, bajo nivel de oxígeno y falta de sustancias nutritivas.

También se realizó la consulta a la licenciada en microbiología y química clínica María José Gutiérrez Brenes encargada de la planta de cerveza, que confirmó que la cerveza no presenta microorganismos patógenos y que las pruebas microbiológicas que se le realizan a la cerveza están orientadas a la calidad y no inocuidad de la misma ya que esta no va perjudicar la salud de los clientes.

## **5.2. Proceso de fermentación y maduración de la cerveza E**

Después de analizar el proceso para las cervezas A, B, C y D se estudió los peligros que afectan a la cerveza E, para poder asignarles un valor en la probabilidad de ocurrencia y severidad. Se realizó entrevistas con el personal, se observó con detalle todo el proceso, se identificó similitudes y diferencias con respecto a las otras cervezas, se consultó si alguno de los peligros mencionados anteriormente había afectado la inocuidad del proceso y se revisó la documentación existente. En el Cuadro 5.3 se puede observar las diferentes etapas del proceso con el peligro físico, químico o biológico asociado, la probabilidad de ocurrencia y la severidad, al igual que el Cuadro 5.1 las medidas de control se encuentran codificadas y en el Cuadro 5.2 se puede observar el significado de cada uno de los números.

**Cuadro 5.3.** Etapas del proceso de fermentación y maduración de la cerveza E con respectivos peligros físicos (F), químicos (Q) y biológicos (B), sus medidas de control, su probabilidad de ocurrencia, severidad y tipo de riesgo.

Etapa del proceso	Peligros	Medidas de control	Probabilidad de ocurrencia	Severidad	Tipo de riesgo
<b>E1.</b> Entrada de mosto al tanque horizontal e inyección de levadura	F : Presencia de tornillos en el tanque	102	Baja (1)	Baja (1)	Bajo
	F : Presencia de herramientas en el tanque	100 y 101	Baja (1)	Baja (1)	Bajo
	Q : Trazas de soda cáustica o ácido	103	Baja (1)	Baja (1)	Bajo
	Q : Uso de producto químico de limpieza incorrecto o no inocuo	104 y 105	Baja (1)	Baja (1)	Bajo
	B : Uso de levadura contaminada	101,106, 107, 108 y 109	Baja (1)	Baja (1)	Bajo
	B : Mosto contaminado microbiológicamente	112 y 113	Baja (1)	Baja (1)	Bajo
<b>E2.</b> Traslado de tanque horizontal a tanque cilindro cónico	F : Presencia de tornillos en el tanque	102	Baja (1)	Baja (1)	Bajo
	F : Presencia de herramientas en el tanque	100 y 101	Baja (1)	Baja (1)	Bajo
	Q : Trazas de soda cáustica o ácido	103	Baja (1)	Baja (1)	Bajo
	Q : Uso de producto químico de limpieza incorrecto o no inocuo	104 y 105	Baja (1)	Baja (1)	Bajo
	B : Contaminación de tanque, tuberías, accesorios u otros utensilios	106, 110, 111 y 114	Baja (1)	Baja (1)	Bajo
	B : Presencia de remanente de últimas aguas de limpieza	121	Baja (1)	Baja (1)	Bajo
	Cerveza contaminada microbiológicamente	119	Baja (1)	Baja (1)	Bajo

Continuación del **Cuadro 5.3**. Etapas del proceso de fermentación y maduración de la cerveza E con respectivos peligros físicos (F), químicos (Q) y biológicos (B), sus medidas de control, su probabilidad de ocurrencia, severidad y tipo de riesgo.

Etapa del proceso	Peligros	Medidas de control	Probabilidad de ocurrencia	Severidad	Tipo de riesgo	
<b>E3.</b> Limpieza de la tubería antes de realizar la cosecha	F :	Presencia de tornillos en el tanque	102	Baja (1)	Baja (1)	Bajo
		Presencia de herramientas en el tanque	100 y 101	Baja (1)	Baja (1)	Bajo
	Q :	Trazas de soda cáustica o ácido	103	Baja (1)	Baja (1)	Bajo
		Uso de producto químico de limpieza incorrecto o no inocuo	104 y 105	Baja (1)	Baja (1)	Bajo
	B :	Contaminación de tuberías, accesorios u otros utensilios	106, 110, 111 y 114	Baja (1)	Baja (1)	Bajo
		Presencia de remanente de últimas aguas de limpieza	121	Baja (1)	Baja (1)	Bajo
<b>E4.</b> Trasego de la cerveza madura al área de Filtración	F :	Presencia de tornillos en el tanque	102	Baja (1)	Baja (1)	Bajo
		Presencia de herramientas en el tanque	100 y 101	Baja (1)	Baja (1)	Bajo
	Q :	Trazas de soda cáustica o ácido	103	Baja (1)	Baja (1)	Bajo
		Uso de producto químico de limpieza incorrecto o no inocuo	104 y 105	Baja (1)	Baja (1)	Bajo
	B :	Presencia de remanente de últimas aguas de limpieza	115 y 116	Baja (1)	Baja (1)	Bajo
		Contaminación de tuberías, accesorios u otros utensilios	106, 110, 111 y 114	Baja (1)	Baja (1)	Bajo
	Cerveza contaminada microbiológicamente	119	Baja (1)	Baja (1)	Bajo	

Se analizó los tipos de peligros que presentan cada una de las etapas del proceso de fermentación y maduración de la cerveza E, y como se observa en el Cuadro 5.3 todos

los riesgos son bajos por lo que no existen puntos críticos de control con respecto a la inocuidad de esta cerveza.

En todas las etapas los peligros físicos que se presentan tienen una probabilidad de ocurrencia baja al igual que su severidad esto se debe a que nunca que se han presentado problemas que afectaran la inocuidad de la cerveza ni la salud de una persona. Entre los peligros analizados esta que quedara alguna pieza o herramienta dentro del tanque o tubería, al igual como se mencionó para la cerveza A, B, C y D; todo el proceso es automático y es un sistema cerrado por lo que la manipulación de los operarios con el producto es nula.

En ninguna de las etapas cuando se realiza una limpieza profunda o limpieza en general se desarma completamente el tanque o tubería por lo que este peligro solo se presentaría en caso de realizarse una reparación en alguna válvula, tubería o tanque, como medida de control se cuenta con un inventario de herramientas que permite asegurarse que no falte ninguna herramienta al terminar la reparación. También se debe considerar que el tamaño de las piezas como herramientas, tornillo o tuercas son grandes; esto se debe a gran capacidad que tiene el tanque horizontal y el tanque cilindro cónico que se utilizan en este proceso, esto facilita la manipulación y que no pasen desapercibidas por los operarios al realizar un trabajo.

En caso de presentar un error humano y quede alguna pieza en un tanque o tubería esta será retenida por las bombas que realizan el trasiego de la cerveza al área de Filtración, en donde se encuentran varios filtros por los cuales pasa la cerveza y estos garantizan que ninguna pieza llegará a los clientes.

Como los peligros químicos que se encuentran en las diferentes etapas tienen un riesgo bajo y son los mismos; la única variación que presentan es que si sucede en una tubería o tanque, su análisis se realizará en conjunto, los dos peligros observados son: la

presencia de trazas de soda cáustica o ácido y la utilización de un producto de limpieza incorrecto o no inocuo.

Para el primer peligro antes mencionado se cuenta con la medida de control que después de cada limpieza se analiza la última agua de enjuague por medio de una prueba de fenolftaleína la cual va permitir determinar si hay presencia de soda cáustica. Se debe tomar en cuenta que las trazas son una pequeña cantidad y que en caso de quedar en el tanque o tubería no afectarían significativamente la cerveza debido a que presenta un pH ácido, además la cerveza posee un buffer que ayuda a determinar si esta se contaminó con algún producto químico ya que produce un cambio drástico en el pH.

El segundo peligro mencionado es el uso de productos incorrectos o no inocuos entre las medidas preventivas para que este peligro no suceda se tienen que solo se utilizan productos autorizados los cuales cuentan con un control y registro de su ingreso a la empresa, de igual se garantiza que el proveedor cumpla con todas las normas establecidas y que todos los productos sean grado alimenticio. También se cuenta con registros que permite tener la información sobre las limpiezas que se realicen como es día, hora, encargado, cantidad de producto utilizado entre otras.

Al observar los peligros biológicos que presentan las etapas en esta cerveza se encontró que todos presentan un riesgo bajo debido a una probabilidad baja ya que nunca se han presentado problemas con la inocuidad de la cerveza y una severidad baja ya que los peligros hallados no afectarían la salud de los consumidores. Todas las etapas tienen estos peligros en común: remanente de ultimas de agua de limpieza y contaminación de tuberías, tanque y accesorios, por eso se pueden analizar en conjunto. Las medidas de control que presenta el primer peligro es realizar una purga en la tubería o tanque antes de cualquier trasiego de esta forma evitar que si quedara algún residuo este entraría en contacto con el producto y los tanques cuentan con un sensor de mínimo

nivel que permite garantizar que cuando se terminan las limpiezas el tanque queda vacío. Para el segundo peligro descrito se cuenta con las siguientes medidas de control: seguimientos microbiológicos, programas de limpieza y desinfección, verificación de aguas de último enjuague y cada vez que se realiza un cambio en alguno de los procedimientos se realizan verificaciones microbiológicas.

Otro de los peligros que se presentó en la etapa E2 y E4 es tener cerveza contaminada microbiológicamente, se tiene como medidas de control los análisis microbiológicos y como se mencionó en el análisis de riesgos de las cervezas A, B, C y D la cerveza es intrínsecamente segura, ya que las condiciones que presenta no permiten que los microorganismos patógenos lleguen a desarrollarse por lo que no hay un peligro biológico real.

En la etapa E1 se encontró el peligro que el mosto y la levadura estuvieran contaminados microbiológicamente, como medidas de control para asegurarse la inocuidad del mosto se tiene que este se hierve y enfría por lo que sufre un proceso de esterilización y se inocula con la levadura. Para la levadura las medidas de control son las siguientes: se cuenta con controles microbiológicos del proceso, un programa de limpieza y desinfección que se aplica a todos los equipos que se utilizan, el proceso de selección de levadura se realiza con un criterio técnico, se efectúan limpiezas después del mantenimiento de cualquier equipo y es un sistema cerrado por lo tanto el personal en el área de Fermentación y Maduración no entra en contacto directo con la levadura.

## Capítulo 6. Descripción del proceso de desalcoholización

### 6.1 Proceso de desalcoholización

El segundo proceso que se estudiara es el de desalcoholización de la cerveza el cual se realiza en una planta destinada exclusivamente para esto y en el área de Filtración, en la Figura 6.1 se puede observar de forma general los pasos que se le realiza a la cerveza J y L para extraerle el alcohol, aromas y dióxido de carbono, y como al final del proceso se vuelve a inyectar dióxido de carbono y aromas.

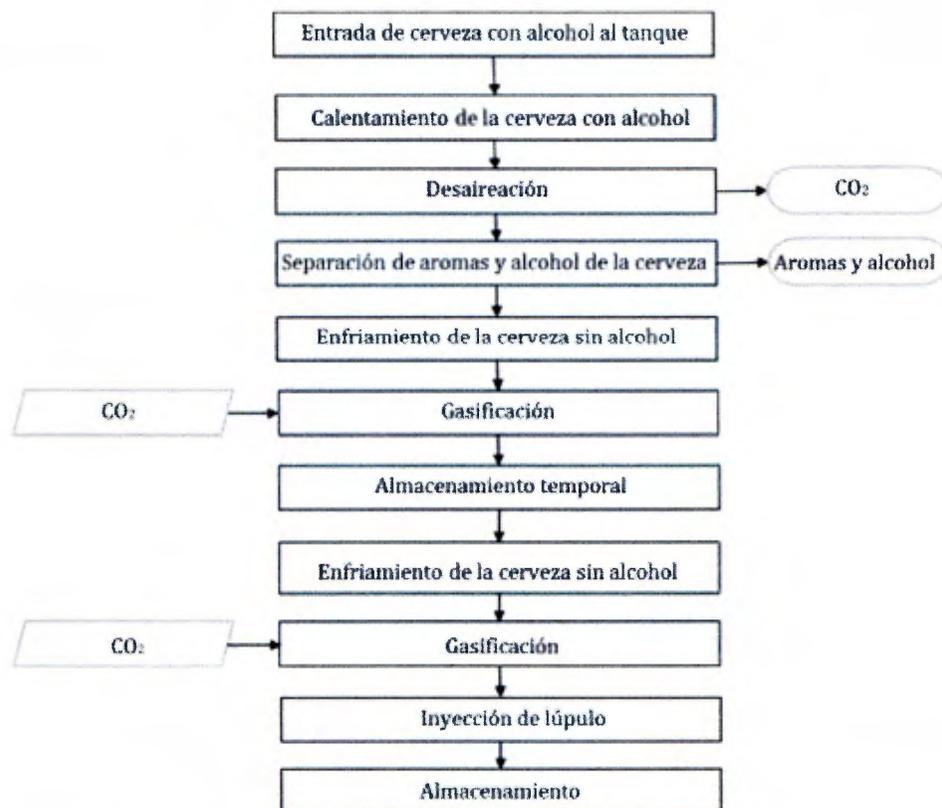
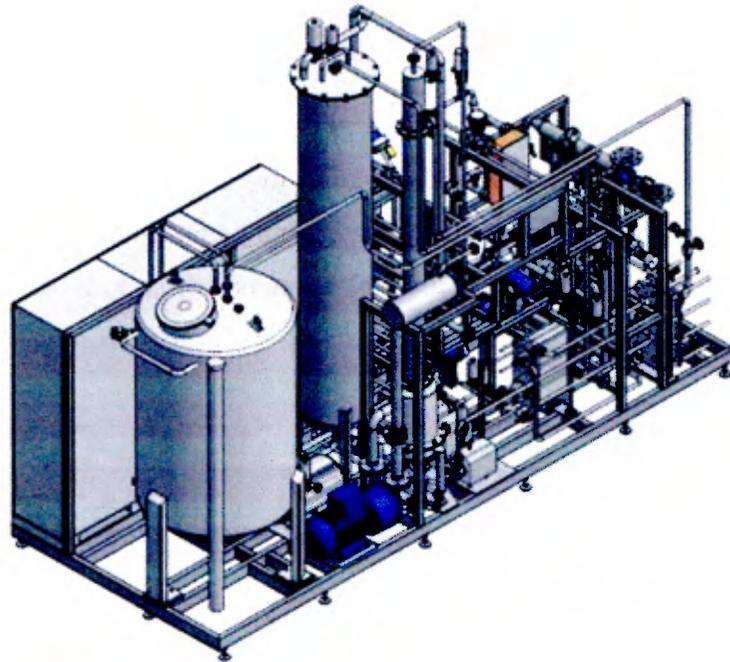


Figura 6.1. Diagrama del proceso de desalcoholización de la cerveza J y L

Este proceso empieza cuando la cerveza entra a la planta desalcoholizadora, la cual es un conjunto de equipos como: intercambiadores de calor, columnas de

rectificación, desgasificador y condensador, en la Figura 6.2 se puede observar un dibujo en 3D de la planta desalcoholizadora.



**Figura 6.2.** Dibujo en 3D de la planta desalcoholizadora

Primeramente, la cerveza ingresa a un intercambiador de calor a  $-1\text{ }^{\circ}\text{C}$  y sale a una temperatura superior a los  $32\text{ }^{\circ}\text{C}$ , inicialmente se da un intercambio de calor con agua caliente y una vez que se tiene una cantidad suficiente de cerveza caliente se da el intercambio de calor entre cerveza caliente y cerveza fría. La cerveza caliente se trasiega al desgasificador el cual se encarga de extraer el  $\text{CO}_2$  que posee la cerveza, es necesario calentarla para que se pueda retirar el  $\text{CO}_2$  fácilmente.

Después la cerveza caliente entra a una columna de rectificación rellena; con empaques de acero inoxidable, la cerveza desciende por la columna de rectificación mientras que el vapor fluye hacia arriba de esta forma permitiendo que los aromas y alcohol se separen de la cerveza. En los fondos sale la cerveza sin alcohol y en la parte superior sale los aromas y alcohol, estos ingresan a un condensador donde se

da su separación, el alcohol que se encuentra entre 30 % a 35 % se dirige a una columna de rectificación rellena y los aromas a un condensador.

El alcohol ingresa a una de la columna de rectificación y sale a 80 %, se trasiega a un intercambiador de calor que sirve de precalentamiento y luego pasa a un condensador; el cual se encarga de pasar el alcohol de estado gaseoso a líquido y de esta forma pueda ser almacenado.

Los aromas son llevados a un evaporador flash el cual separa la fase líquida de la gaseosa, la fase líquida pasa por un intercambiador de calor y esta se recircula al evaporador flash; con el fin de regular las condiciones de la temperatura de los aromas, ya que en caso que tengan que ser agregados a la cerveza sin alcohol estos deben ir a baja temperatura ya que se inyectan antes de gasificar y no es conveniente en el caso que se tenga que agregar los aromas a la cerveza sin alcohol.

Luego la cerveza sin alcohol es llevada a un evaporador de película descendente y posteriormente pasa por un intercambiador de placas en el cual baja la temperatura de la cerveza hasta los 0 °C luego se gasifica la cerveza con CO<sub>2</sub>, es importante que la cerveza sin alcohol llegue a esa temperatura para que sea más fácil su gasificación con CO<sub>2</sub>. Posteriormente se lleva a un almacenamiento temporal, el cual se encuentra en el área de Filtración después se realiza el trasiego de la cerveza a un intercambiador de calor el cual permite bajar la temperatura de la cerveza ya que se vuelve agregar CO<sub>2</sub> y luego se le adiciona lúpulo, una vez concluidos estos pasos estaría lista para envasarla, por lo que se almacena en un tanque y se realiza su trasiego al área de Envasado. Es importante mencionar que el proceso para las dos cervezas es muy similar la única diferencia es que la cerveza L se le inyectan los aromas después de gasificar y a la cerveza J no, esta inyección de los aromas sucede antes que se realice la primera gasificación. En el Anexo 3 se puede ver el diagrama de flujo de proceso.

## **Capítulo 7. Programa de prerrequisitos para el proceso de desalcoholización**

Como se ha mencionado antes los documentos incluidos en el programa de prerrequisitos son importantes para estandarizar los procedimientos de limpieza, facilitar la capacitación de todo el personal, tener documentado la cantidad de agente de limpieza que se utiliza y el tiempo estimado en cada procedimiento. Al igual que en Capítulo 3 se revisaron y elaboraron varios documentos relacionados a los procedimientos de limpieza del proceso de desalcoholización, el cual incluye tanto la planta desalcoholizadora como el área de Filtros.

Primeramente, se revisó todos los documentos y se encontró que ya se cuenta con un plan de limpieza actualizado el cual indica la frecuencia de limpieza de cada equipo, los agentes de limpieza autorizados que se deben usar y su registro asociado. También se halló que se tiene un instructivo de limpieza el cual indica paso por paso las limpiezas que se realizan a las tuberías de cerveza y agua desaireada, y como se realiza la limpieza a la planta desalcoholizadora utilizando soda cáustica y ácido en las concentraciones recomendadas, el objetivo de este instructivo es que se reduzca la eventual contaminación química o microbiológica y garantizar que no quede ninguna traza de agente químico en alguno de los equipos.

Después se elaboró un procedimiento operativo estándar desde cero con el fin de documentar la limpieza, el cual si se efectúa en el área solo que no se encuentra el documento formal y codificado, para realizarlo fue necesario realizar entrevistas con el personal, conocer sobre los agentes de limpieza autorizados que se utilizan y observar el proceso, el siguiente es un resumen de este documento:

Título: SOP de limpieza general de la planta desalcoholizadora

Área: planta desalcoholizadora

Equipo de protección personal: zapatos de seguridad y cofia

Peligros existentes: Derrame de sustancias químicas

Acciones preventivas a seguir: revisión de los equipos y utilizar equipo de protección personal

Pasos:

1. Antes de iniciar verificar que la planta desalcoholizadora no va producir más cerveza sin alcohol.
2. Abrir el programa respectivo en la computadora y buscar la opción de limpieza con soda cáustica y ácido; utilizando la concentración recomendada, y darle inicio.
3. Confirmar los pasos y esperar a que termine la limpieza.
4. Asegurarse que la limpieza se realizó de forma correcta y verificar por medio de prueba de fenolftaleína que no se presenta soda caustica en la última agua de enjuague.
5. Anotar en el registro respectivo el día, hora y encargado de realizar la limpieza.

El registro asociado para este procedimiento operativo estándar sería el siguiente:

**Cuadro 7.1.** Registro asociado al procedimiento operativo estándar limpieza general de la planta desalcoholizadora.

<b>Registro de control de limpieza general de la planta desalcoholizadora</b>			
Área: planta desalcoholizadora		Código	Consecutivo: 1
		Versión: 1	Año: 2018
Fecha de la limpieza	Observaciones	Operario responsable	Firma del supervisor

## Capítulo 8. Etapas del proceso de desalcoholización e identificación de peligros

### 8.1. Etapas del proceso

De igual forma como se analizó el proceso de fermentación y maduración se realizó para este proceso donde después de determinar las diferentes etapas del proceso se estableció una probabilidad de ocurrencia y una severidad que se puede presentar en cada etapa. Las etapas en que se divide el proceso de desalcoholización es el siguiente:

**D1. Trasiego de la cerveza con alcohol del tanque de almacenamiento a la planta desalcoholizadora:** la cerveza sin alcohol que se encuentra en el área de Filtración se trasiega a la planta desalcoholizadora para que empiece el proceso de desalcoholización.

**D2. Calentamiento de la cerveza con alcohol en el intercambiador de calor ubicado en la planta desalcoholizadora:** la cerveza con alcohol se calienta en el intercambiador de calor a una temperatura superior de 15 °C, esto permite que la siguiente etapa del proceso suceda de forma correcta.

**D3. Desaireación de la cerveza con alcohol:** la cerveza con alcohol caliente ingresa al desaireador el cual permite retirar el CO<sub>2</sub> que tiene.

**D4. Separación del alcohol y aromas de la cerveza en la columna de rectificación:** la cerveza con alcohol entra a la columna de rectificación la cual se encuentra entre una temperatura de 20 °C a 30 °C y sale la cerveza sin alcohol por los fondos de la columna de rectificación.

- D5. Trasiego y separación de los aromas del alcohol que sale de la columna de rectificación:** los aromas y alcohol que sale de la parte superior de la columna de rectificación llegan a un condensador en donde se da la separación de ellos, el alcohol se dirige a un sistema a parte para luego ser almacenado, y los aromas entran a un separador flash y a un intercambiador de calor que permiten controlar la temperatura de los aromas para que estos sean agregados a la cerveza sin alterar drásticamente su valor.
- D6. Paso de la cerveza sin alcohol por el evaporador de película descendente:** la cerveza sin alcohol entra al evaporador de película descendente en la cual es aprovechado el calor que esta posee.
- D7. Enfriamiento de la cerveza sin alcohol en el intercambiador de calor:** la cerveza sin alcohol entra al intercambiador de calor donde se enfría entre 8 °C a 1 °C.
- D8. Inyección de los aromas a la cerveza sin alcohol:** se agregan los aromas que se extrajeron de la columna de rectificación, estos aromas antes de ingresar a la cerveza sin alcohol son llevados a un sistema aparte donde se controla su temperatura para que al ser incorporados a la cerveza sin alcohol no la calienten ya que se ocupa que la cerveza se encuentre a cierta temperatura para que la siguiente etapa se realice fácilmente.
- D9. Gasificación con CO<sub>2</sub> a la cerveza sin alcohol:** a la cerveza sin alcohol que se está fría se le inyecta CO<sub>2</sub> en el gasificador que se encuentra en la planta desalcoholizadora.
- D10. Trasiego de la cerveza sin alcohol a un tanque de almacenamiento temporal:** una vez que se realizó la primera gasificación con CO<sub>2</sub> se realiza un trasiego

desde la planta desalcoholizadora al área de Filtración, en donde llega a un tanque de almacenamiento temporal.

**D11. Enfriamiento de la cerveza sin alcohol en el intercambiador de calor:** la cerveza sin alcohol es enfriada en el intercambiador de calor, esto permite que se pueda realizar una segunda gasificación fácilmente.

**D12. Gasificación con CO<sub>2</sub> a la cerveza sin alcohol:** a la cerveza sin alcohol se le agrega por segunda vez CO<sub>2</sub> en el gasificador que se encuentra en el área de Filtración; de esta forma queda la cerveza sin alcohol con la cantidad necesaria de este gas.

**D13. Inyección del lúpulo a la cerveza sin alcohol:** a la cerveza sin alcohol se le agrega lúpulo, el cual se inyecta en la tubería después de gasificar con CO<sub>2</sub> con la ayuda de una bomba.

**D14. Trasiego de la cerveza sin alcohol a un tanque de almacenamiento lista para ser envasada:** después de agregar el lúpulo se realiza un trasiego de la cerveza sin alcohol a un tanque de almacenamiento final que se ubica en el área de Filtración y quedaría lista para envasarse.

## 8.2. Identificación de peligros en el proceso de desalcoholización

Para efectuar el análisis de riesgos para el proceso de desalcoholización se inicia identificando los peligros físicos, químicos y biológicos que se presentan en las diferentes etapas, donde se realizó una inspección y observación en sitio, seguidamente se describen los peligros encontrados.

Peligros físicos: La planta de desalcoholizadora se encuentra en un solo bloque es decir todos los equipos se encuentran en un solo espacio unidos por tuberías y válvulas, un peligro que puede afectar es que al hacer una reparación de alguna válvula o equipo se quede alguna herramienta atrapada en la tubería. Es importante mencionar que este peligro solo se presentaría en caso de existir una pieza dañada, ya que no se desarma el equipo para una limpieza profunda.

La última parte del proceso de desalcoholización sucede en el área de Filtración en esta parte el peligro que se puede presentar es igual al de la planta desalcoholizadora, y de igual forma solo se daría en caso de darse una reparación de alguna válvula o equipo.

Peligros químicos: el peligro que se puede encontrar es que quede alguna traza de soda cáustica o ácido en la tubería o equipos, se tiene establecido que antes de utilizar la planta desalcoholizadora y después de su uso se realiza una limpieza en general, esta misma limpieza también se efectúa en el área de Filtración.

Otro de los peligros que se presentan es el uso de productos químicos de limpieza incorrectos o no inocuo a la hora de realizar las limpiezas en los equipos y tuberías.

Peligros biológicos: los peligros que se pueden hallar es la presencia de agua sucia en tuberías o equipos, contaminación de tuberías, equipos, tanque, accesorios u otros utensilios.

También se pueden dar la contaminación microbiológica de cerveza, lúpulo, aromas, CO<sub>2</sub>; por eso es necesario evaluar si las condiciones que se presentan son suficientes para que los microorganismos se desarrollen y pueden dañar el producto final.

## Capítulo 9. Análisis de riesgos del proceso de desalcoholización

Una vez que se identificó los peligros de las diferentes etapas se analizó la probabilidad de ocurrencia y la severidad, se escogieron los mismos criterios para definir el valor numérico de la probabilidad de ocurrencia y severidad como se realizó en el caso del proceso de fermentación y maduración. En el Cuadro 9.1 se puede observar el resultado que se obtuvo en cada etapa para la cerveza J y L, aclarando que la etapa D8 solo se realiza para la cerveza J, la columna de medidas de control se encuentra codificada y en el Cuadro 5.2 se puede ver el significado de cada número.

**Cuadro 9.1.** Etapas del proceso de desalcoholización con sus respectivos peligros físicos (F), químicos (Q) y biológicos (B), medidas de control, probabilidad de ocurrencia, severidad y tipo de riesgo.

Etapa del proceso	Peligros	Medidas de control	Probabilidad de ocurrencia	Severidad	Tipo de riesgo
F :	Presencia de tornillos en el tanque	102 y 101	Baja (1)	Baja (1)	Bajo
	Presencia de herramientas en el tanque	100 y 101	Baja (1)	Baja (1)	Bajo
D1. : Trasiego de la cerveza del tanque de almacenamiento a la planta desalcoholizadora	Q : Trazas de soda cáustica o ácido	103	Baja (1)	Baja (1)	Bajo
	Q : Uso de producto químico de limpieza incorrecto o no inocuo	104 y 105	Baja (1)	Baja (1)	Bajo
B :	Presencia de remanente de últimas aguas de limpieza	115 y 116	Baja (1)	Baja (1)	Bajo
	Contaminación de tanque, tuberías y accesorios	106, 110, 111 y 114	Baja (1)	Baja (1)	Bajo
	Cerveza contaminada microbiológicamente	119	Baja (1)	Baja (1)	Bajo

Continuación del **Cuadro 9.1.** Etapas del proceso de desalcoholización con sus respectivos peligros físicos (F), químicos (Q) y biológicos (B), medidas de control, probabilidad de ocurrencia, severidad y tipo de riesgo.

Etapa del proceso	Peligros	Medidas de control	Probabilidad de ocurrencia	Severidad	Tipo de riesgo
D2. Calentamiento y enfriamiento de cerveza	F : Presencia de tornillos en la tubería	102 y 101	Baja (1)	Baja (1)	Bajo
	F : Presencia de herramientas en la tubería	100 y 101	Baja (1)	Baja (1)	Bajo
	Q : Trazas de soda cáustica o ácido Uso de producto químico de limpieza incorrecto o no inocuo	103	Baja (1)	Baja (1)	Bajo
		104 y 105	Baja (1)	Baja (1)	Bajo
	B : Contaminación del intercambiador de calor, tuberías y accesorios Cerveza contaminada microbiológicamente	106, 110, 111 y 114	Baja (1)	Baja (1)	Bajo
		119	Baja (1)	Baja (1)	Bajo
D3. Desaireación de la cerveza con alcohol	F : Presencia de tornillos en la tubería	102 y 101	Baja (1)	Baja (1)	Bajo
	F : Presencia de herramientas en la tubería	100 y 101	Baja (1)	Baja (1)	Bajo
	Q : Trazas de soda cáustica o ácido Uso de producto químico de limpieza incorrecto o no inocuo	103	Baja (1)	Baja (1)	Bajo
		104 y 105	Baja (1)	Baja (1)	Bajo
	B : Contaminación del desaireador, tuberías y accesorios Cerveza contaminada microbiológicamente	106, 110, 111 y 114	Baja (1)	Baja (1)	Bajo
		119	Baja (1)	Baja (1)	Bajo

Continuación del Cuadro 9.1. Etapas del proceso de desalcoholización con sus respectivos peligros físicos (F), químicos (Q) y biológicos (B), medidas de control, probabilidad de ocurrencia, severidad y tipo de riesgo.

Etapa del proceso	Peligros	Medidas de control	Probabilidad de ocurrencia	Severidad	Tipo de riesgo
F	Presencia de tornillos en la tubería	102 y 101	Baja (1)	Baja (1)	Bajo
	Presencia de herramientas en la tubería	100 y 101	Baja (1)	Baja (1)	Bajo
D4. Separación del alcohol y aromas de la cerveza en la columna de rectificación	Q : Trazas de soda cáustica o ácido	103	Baja (1)	Baja (1)	Bajo
	Q : Uso de producto químico de limpieza incorrecto o no inocuo	104 y 105	Baja (1)	Baja (1)	Bajo
	B : Contaminación de la columna de rectificación, tuberías y accesorios	106, 110, 111 y 114	Baja (1)	Baja (1)	Bajo
	B : Cerveza contaminada microbiológicamente	119	Baja (1)	Baja (1)	Bajo
F	Presencia de tornillos en la tubería	102 y 101	Baja (1)	Baja (1)	Bajo
	Presencia de herramientas en la tubería	100 y 101	Baja (1)	Baja (1)	Bajo
D5. Traslado y separación de los aromas del alcohol que sale de la columna de rectificación	Q : Trazas de soda cáustica o ácido	103	Baja (1)	Baja (1)	Bajo
	Q : Uso de producto químico de limpieza incorrecto o no inocuo	104 y 105	Baja (1)	Baja (1)	Bajo
	B : Contaminación de la columna de rectificación, tuberías y accesorios	106, 110, 111 y 114	Baja (1)	Baja (1)	Bajo
	B : Alcohol y aromas contaminados microbiológicamente	119	Baja (1)	Baja (1)	Bajo

Continuación del Cuadro 9.1. Etapas del proceso de desalcoholización con sus respectivos peligros físicos (F), químicos (Q) y biológicos (B), medidas de control, probabilidad de ocurrencia, severidad y tipo de riesgo.

Etapa del proceso	Peligros	Medidas de control	Probabilidad de ocurrencia	Severidad	Tipo de riesgo
D6. Paso de la cerveza sin alcohol por el evaporador de película descendente	F : Presencia de tornillos en la tubería	102 y 101	Baja (1)	Baja (1)	Bajo
	F : Presencia de herramientas en la tubería	100 y 101	Baja (1)	Baja (1)	Bajo
	Q : Trazas de soda cáustica o ácido	103	Baja (1)	Baja (1)	Bajo
		Uso de producto químico de limpieza incorrecto o no inocuo	104 y 105	Baja (1)	Baja (1)
	B : Contaminación del evaporador de película descendente, tuberías y accesorios	106, 110, 111 y 114	Baja (1)	Baja (1)	Bajo
		Cerveza sin alcohol contaminada microbiológicamente	119	Baja (1)	Baja (1)
D7. Enfriamiento de la cerveza sin alcohol en el intercambiador de calor	F : Presencia de tornillos en la tubería	102 y 101	Baja (1)	Baja (1)	Bajo
	F : Presencia de herramientas en la tubería	100 y 101	Baja (1)	Baja (1)	Bajo
	Q : Trazas de soda cáustica o ácido	103	Baja (1)	Baja (1)	Bajo
		Uso de producto químico de limpieza incorrecto o no inocuo	104 y 105	Baja (1)	Baja (1)
	B : Contaminación del intercambiador de calor, tuberías y accesorios	106, 110, 111 y 114	Baja (1)	Baja (1)	Bajo
		Cerveza sin alcohol contaminada microbiológicamente	119	Baja (1)	Baja (1)

Continuación del Cuadro 9.1. Etapas del proceso de desalcoholización con sus respectivos peligros físicos (F), químicos (Q) y biológicos (B), medidas de control, probabilidad de ocurrencia, severidad y tipo de riesgo.

Etapa del proceso	Peligros	Medidas de control	Probabilidad de ocurrencia	Severidad	Tipo de riesgo
D8. Inyección de los aromas a la cerveza sin alcohol	F : Presencia de tornillos en la tubería	102 y 101	Baja (1)	Baja (1)	Bajo
	F : Presencia de herramientas en la tubería	100 y 101	Baja (1)	Baja (1)	Bajo
	Q : Trazas de soda cáustica o ácido	103	Baja (1)	Baja (1)	Bajo
	Q : Uso de producto químico de limpieza incorrecto o no inocuo	104 y 105	Baja (1)	Baja (1)	Bajo
	B : Contaminación de tuberías, accesorios	106, 110, 111 y 114	Baja (1)	Baja (1)	Bajo
	B : Aromas contaminada microbiológicamente	119	Baja (1)	Baja (1)	Bajo
D9. Gasificación con CO <sub>2</sub> a la cerveza sin alcohol	F : Presencia de tornillos en la tubería	102 y 101	Baja (1)	Baja (1)	Bajo
	F : Presencia de herramientas en la tubería	100 y 101	Baja (1)	Baja (1)	Bajo
	Q : Trazas de soda cáustica o ácido	103	Baja (1)	Baja (1)	Bajo
	Q : Uso de producto químico de limpieza incorrecto o no inocuo	104 y 105	Baja (1)	Baja (1)	Bajo
	B : Contaminación de tuberías, accesorios	106, 110, 111 y 114	Baja (1)	Baja (1)	Bajo
	B : CO <sub>2</sub> contaminado microbiológicamente	118 y 119	Baja (1)	Baja (1)	Bajo

Continuación del Cuadro 9.1. Etapas del proceso de desalcoholización con sus respectivos peligros físicos (F), químicos (Q) y biológicos (B), medidas de control, probabilidad de ocurrencia, severidad y tipo de riesgo.

Etapa del proceso	Peligros	Medidas de control	Probabilidad de ocurrencia	Severidad	Tipo de riesgo
D10. Trasego de la cerveza sin alcohol a un tanque de almacenamiento temporal	F : Presencia de tornillos en el tanque	102 y 101	Baja (1)	Baja (1)	Bajo
	F : Presencia de herramientas en el tanque	100 y 101	Baja (1)	Baja (1)	Bajo
	Q : Trazas de soda cáustica o ácido	103	Baja (1)	Baja (1)	Bajo
	Q : Uso de producto químico de limpieza incorrecto o no inocuo	104 y 105	Baja (1)	Baja (1)	Bajo
	B : Presencia de remanente de últimas aguas de limpieza	121	Baja (1)	Baja (1)	Bajo
	B : Contaminación de tanque, tuberías y accesorios	106, 110, 111 y 114	Baja (1)	Baja (1)	Bajo
	Cerveza sin alcohol contaminada microbiológicamente	119	Baja (1)	Baja (1)	Bajo
D11. Enfriamiento de la cerveza sin alcohol en el intercambiador de calor	F : Presencia de tornillos en la tubería	102 y 101	Baja (1)	Baja (1)	Bajo
	F : Presencia de herramientas en la tubería	100 y 101	Baja (1)	Baja (1)	Bajo
	Q : Trazas de soda cáustica o ácido	103	Baja (1)	Baja (1)	Bajo
	Q : Uso de producto químico de limpieza incorrecto o no inocuo	104 y 105	Baja (1)	Baja (1)	Bajo
	B : Presencia de remanente de últimas aguas de limpieza	121	Baja (1)	Baja (1)	Bajo
	B : Contaminación del intercambiador de calor, tuberías y accesorios	106, 110, 111 y 114	Baja (1)	Baja (1)	Bajo
	Cerveza sin alcohol contaminada microbiológicamente	119	Baja (1)	Baja (1)	Bajo

Continuación del **Cuadro 9.1.** Etapas del proceso de desalcoholización con sus respectivos peligros físicos (F), químicos (Q) y biológicos (B), medidas de control, probabilidad de ocurrencia, severidad y tipo de riesgo.

Etapa del proceso	Peligros	Medidas de control	Probabilidad de ocurrencia	Severidad	Tipo de riesgo
D12. Gasificación con CO <sub>2</sub> a la cerveza sin alcohol	F : Presencia de tornillos en la tubería	102 y 101	Baja (1)	Baja (1)	Bajo
	F : Presencia de herramientas en la tubería	100 y 101	Baja (1)	Baja (1)	Bajo
	Q : Trazas de soda cáustica o ácido	103	Baja (1)	Baja (1)	Bajo
		Uso de producto químico de limpieza incorrecto o no inocuo	104 y 105	Baja (1)	Baja (1)
	B : Presencia de remanente de últimas aguas de limpieza	121	Baja (1)	Baja (1)	Bajo
		Contaminación de tuberías, accesorios CO <sub>2</sub> contaminada microbiológicamente	106, 110, 111 y 114	Baja (1)	Baja (1)
119		Baja (1)	Baja (1)	Bajo	
D13. Inyección del lúpulo a la cerveza sin alcohol	F : Presencia de tornillos en la tubería	102 y 101	Baja (1)	Baja (1)	Bajo
	F : Presencia de herramientas en la tubería	100 y 101	Baja (1)	Baja (1)	Bajo
	Q : Trazas de soda cáustica o ácido	103	Baja (1)	Baja (1)	Bajo
		Uso de producto químico de limpieza incorrecto o no inocuo	104 y 105	Baja (1)	Baja (1)
	B : Presencia de remanente de últimas aguas de limpieza	121	Baja (1)	Baja (1)	Bajo
		Contaminación de tuberías, accesorios	106, 110, 111 y 114	Baja (1)	Baja (1)

Continuación del **Cuadro 9.1**. Etapas del proceso de desalcoholización con sus respectivos peligros físicos (F), químicos (Q) y biológicos (B), medidas de control, probabilidad de ocurrencia, severidad y tipo de riesgo.

Etapa del proceso	Peligros	Medidas de control	Probabilidad de ocurrencia	Severidad	Tipo de riesgo	
<b>D14.</b> Trasiego de la cerveza sin alcohol a un tanque de almacenamiento lista para ser envasada	F :	Presencia de tornillos en el tanque	102 y 101	Baja (1)	Baja (1)	Bajo
		Presencia de herramientas en el tanque	100 y 101	Baja (1)	Baja (1)	Bajo
	Q :	Trazas de soda cáustica o ácido	103	Baja (1)	Baja (1)	Bajo
		Uso de producto químico de limpieza incorrecto o no inocuo	104 y 105	Baja (1)	Baja (1)	Bajo
	B :	Presencia de remanente de últimas aguas de limpieza	115 y 116	Baja (1)	Baja (1)	Bajo
		Contaminación de tanque, tuberías, accesorios u otros utensilios	106, 110, 111 y 114	Baja (1)	Baja (1)	Bajo
	Cerveza sin alcohol contaminada microbiológicamente	119	Baja (1)	Baja (1)	Bajo	

Con la información presentada en el Cuadro 9.1 se puede determinar que en todas las etapas se presenta un riesgo bajo, y que a pesar que la planta desalcoholizadora y la parte del área de Filtración que es utilizada para este proceso no se encuentren en el mismo lugar, su funcionamiento es en conjunto; incluso las limpiezas que se realizan a los equipos se programan al mismo momento, para facilitar el análisis de riesgos se estudió en conjunto la planta desalcoholizadora y en el área de Filtración.

En todas las etapas del proceso de desalcoholización los peligros físicos presentan un riesgo bajo esto indica que ninguno va convertirse en un punto crítico de control. Esto se debe a que la probabilidad de ocurrencia es baja; ya que no se ha presentado ningún problemas que afecte la inocuidad la cerveza y su severidad es baja debido a que no atenta con la salud de los consumidores, además hay que considerar que solo se presentaría este peligro cuando se diera la reparación de un equipo, y en caso que alguna pieza quedara atrapada existe un filtro antes de envasar; el cual se encargaría de no permitir su paso y evitar que la pieza llegara al consumidor, y también se cuenta con un inventario de herramientas que se utiliza al finalizar cualquier trabajo de reparación.

Todas las etapas muestran los mismos peligros químicos como es la presencia de trazas de soda cáustica o ácido y la utilización de algún producto incorrecto o no inocuo. La medida de control que permite detectar si queda alguna presencia de soda cáustica es el análisis de las últimas aguas de enjuague esto por medio de una prueba de fenoltaleína. Como medida de control para evitar que se utilice un producto incorrecto o no inocuo es llevar un control y registro de los productos que se están utilizando, asegurarse que el proveedor cumpla con los requisitos establecidos, solo utilizar productos autorizados por la jefatura.

De igual forma se elaboró varios documentos donde se describe con detalle los procedimientos de limpieza que se deben llevar a cabo por los operarios, además se cuenta con registros asociado a diferentes procedimientos de limpieza; los cual permiten verificar el cumplimiento de las limpiezas.

En los peligros biológicos se encontró que todas las etapas presentan un peligro en común que es la contaminación de los equipos, tuberías y accesorios, como se puede observar en el Cuadro 9.1 para cada una de las etapas es diferente el equipo que se puede llegar a contaminar pero las medidas de control son las mismas: seguimientos

microbiológicos, programas de limpieza y desinfección, verificación de aguas de último enjuague y cada vez que se realiza un cambio en alguno de los procedimientos se realizan verificaciones microbiológicas.

Otro de los peligros que poseen varias etapas es la presencia de remanente de últimas aguas de limpieza, la cual se presenta en el tanque en las etapas D1, D10, D14 y en tuberías en las etapas D11, D12, D13 cuenta con medidas de control como es efectuar una purga antes de empezar el proceso de elaboración de cerveza sin alcohol y los tanques cuentan con sensores de mínimo nivel los cuales aseguran que el tanque quede vacío después de realizar una limpieza.

Las etapas D14, D10, D7, D4, D3, D2 y D1 presentan el peligro que la cerveza esté contaminada microbiológicamente para esto se cuenta con la medida de control de realizarle análisis microbiológicos durante el proceso y como se ha mencionado en el análisis de riesgos del proceso de fermentación y maduración, las condiciones que presenta la cerveza no permiten que existan microorganismos patógenos que puedan dañar la vida de las personas por eso su severidad y probabilidad de ocurrencia son bajas.

El último peligro que se encontró es la posible contaminación microbiológica del CO<sub>2</sub> en las etapas D9 y D12, las cuales tienen como medidas de control que se le realizan análisis microbiológicos, y se tiene un registro y control del proveedor y se asegura que este cumpla con todos los requisitos necesarios.

## **Capítulo 10. Metodología para las no conformidades que se presenten en el proceso de fermentación y maduración y desalcoholización**

Como se determinó en el Capítulo 5 y Capítulo 9 no hay puntos críticos de control y esto se debe a que se cuenta con programas de prerrequisitos, medidas de control, vigilancia constante del producto y verificaciones en caso de realizar cambio en el programa de limpieza y desinfección. Si todo lo mencionado anteriormente no se cumple y se empiezan a presentar una gran cantidad de errores humanos los peligros detectados en los dos procesos pueden llegar a convertirse en un punto crítico de control.

Por eso se debe contar con una metodología que ayude a detectar la causa del problema y que permita brindar una solución. Para establecer esta metodología se toma como base el Ciclo planificar, hacer, verificar y actuar; conocido por sus siglas en inglés como PDCA, el cual fue propuesto por W. Edwards Deming. Esta es una metodología que sirve para mejorar la efectividad de diferentes actividades, fue utilizado por primera vez en el campo de la gestión de la calidad y actualmente se emplea en diversas áreas (Sangpikul, 2017). A continuación, se muestra la metodología a seguir cuando se presente una no conformidad que afecte la inocuidad de la cerveza en alguno de los procesos estudiados.

### Metodología:

#### Objetivo y alcance

Esta metodología indica los lineamientos a seguir para gestionar las acciones correctivas que se generen por la presencia de algún problema en las medidas de control que se tienen en el proceso de fermentación y maduración y desalcoholización.

### Definiciones:

- **Corrección:** pasos tomados para identificar y corregir oportunamente un problema menor y aislado que ocurre durante la producción de alimentos (King & Bedale, 2018).
- **Acción correctiva:** acciones para identificar un problema con la implementación del control preventivo, reducir la probabilidad de que el problema vuelva a ocurrir, evaluar la seguridad de los alimentos afectados y evitar que ingrese al comercio (King & Bedale, 2018).
- **No conformidad:** Defecto u otra situación indeseable. Ejemplo: las acciones correctivas identificadas como resultado de una no conformidad para un producto son acciones preventivas cuando se implementan para evitar una disconformidad similar en otro producto (Rodríguez, 2016).
- **Verificación:** El acto de establecer la verdad y la corrección de un hecho, teoría, afirmación o condición (Hoyle, 2009).

Cuando sucede una no conformidad en alguno de los procesos de fermentación y maduración o desalcoholización se debe seguir una serie de pasos para poder eliminar ese incumplimiento y no poner en peligro la inocuidad del proceso. La detección de una no conformidad puede ser generada por: la jefatura, auditorías internas o externas.

### Procedimiento:

1. Describir el problema que afecta la inocuidad del producto: Se da una descripción detallada del problema donde se incluye: donde, cuando, como y que sucedió.
2. Ubicar en qué etapa del proceso se presenta ese problema y establecer cuáles son los equipos afectados y la fecha en que se detectó el problema: Se

describe cuáles son los equipos involucrados como tanques, tuberías, bombas o accesorios.

3. Se procede a llenar la primera parte del registro, la cual se puede observar en el Cuadro 10.1 para el proceso de fermentación y maduración y en la Cuadro 10.2 para el proceso de desalcoholización.

**Cuadro 10.1.** Parte inicial del registro de la metodología para no conformidades con respecto a la inocuidad del proceso de fermentación y maduración.

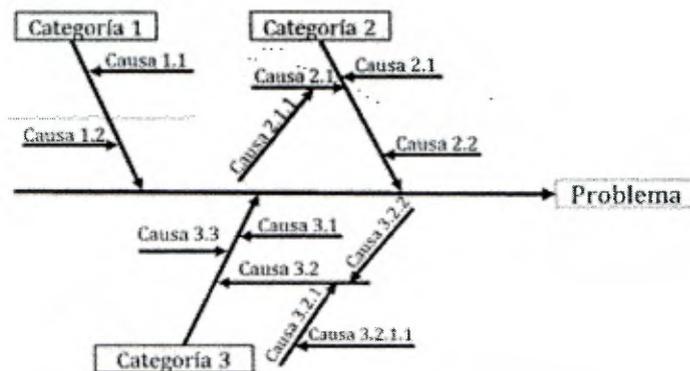
Área de Fermentación y Maduración	Registro de la metodología para no conformidades con respecto a la inocuidad	Año	Consecutivo	Paginas
Fecha en que se detectó el problema: / /	Numero de tanque:	Tubería:	Accesorios:	
Descripción del problema				

**Cuadro 10.2.** Parte inicial del registro de la metodología para no conformidades con respecto a la inocuidad proceso de desalcoholización.

Planta desalcoholizadora	Registro de la metodología para no conformidades con respecto a la inocuidad	Año	Consecutivo	Paginas
Fecha en que se detectó el problema: / /	Equipos:	Tubería:	Accesorios:	
Descripción del problema				

4. Indagar las causas del problema y establecer una acción correctiva: Se pueden usar una amplia gama de herramientas de resolución de problemas en el análisis de causa raíz entre ellas se encuentra el diagrama de causa y efecto de Ishikawa; conocido como el diagrama de espina de pescado y el análisis de peligros y operatividad conocido por sus siglas en inglés como HAZOP (Motarjemi & Wallace, 2014).

Para el primer método mencionado se realizan los siguientes pasos: primero identificar el problema analizar, segundo definir las principales causas que contribuyen al efecto que se estudia; estas son las etiquetas principales en las ramas del diagrama y se convierten en las categorías bajo las cuales se enumeran las causas relacionadas con esas categorías. Para el tercer paso se identifica y define los factores específicos que pueden ser las causas del efecto; las cuales son las subdivisiones de las ramas principales y como último paso se establecen las causas de lo encontrado en el tercer paso y esto se efectúa con el mayor detalle posible. A lo largo de toda la identificación de causas se deben realizar continuamente las preguntas de qué y por qué enfocadas en el proceso. En la siguiente Figura 10.1 se puede ver un ejemplo del diagrama (Rodríguez, 2016).



**Figura 10.1.** Ejemplo de diagrama de causa y efecto de Ishikawa  
(Rodríguez, 2016)

Este diagrama de causa y efecto tiene como lineamientos promover la participación de todas las personas involucradas en el proceso afectado, eliminar ideas triviales o frívolas y mantener la información lo más actualizada posible. Con todo lo encontrado en el diagrama se puede identificar las causas principales más probables de un problema y por medio del análisis de esas causas se puede establecer las acciones correctivas que se van aplicar para eliminar el problema que se presenta en el proceso.

Como lo describe Silvianita, Khamidi, Rochani y Chamelia (2015) el análisis de peligros y operatividad es un método cualitativo utilizado por gran cantidad de compañías, el cual permite definir posibles riesgos, fallas y problemas operacionales, y evalúa los problemas que estos pueden causar a los recursos humanos o a los equipos. Para emplear este método se conforma un equipo de cuatro a ocho personas involucradas en el sistema a estudiar, los pasos que se deben seguir son los siguientes:

- a. Definir el sistema o actividad que afecta la inocuidad del proceso; identificar y examinar el sistema o actividad a analizar.
- b. Definir los problemas de interés a analizar, los peligros potenciales y el impacto significativo en el sistema utilizando los parámetros de guía y desviación que se encuentran ya establecidos en el sistema.
- c. Registrar las causas del desvío en el proceso y establecer las sugerencias de acciones correctivas para erradicar el problema.
- d. Dar resultados los cuales deben ser registrados.

Los registros del análisis de peligros y operatividad se realizan como se muestran en el Cuadro 10.3, donde el significado de cada columna es el siguiente (Silvianita, Khamidi, Rochani, & Chamelia, 2015):

- ✓ Palabra guía: es una palabra clave para reconocer la desviación del sistema.

- ✓ **Desviación:** Se describe el problema que presenta el sistema con respecto a la inocuidad.
- ✓ **Posibles causas:** Se describen las causas por las que podría ocurrir una desviación que podría ocasionar la peor consecuencia posible.
- ✓ **Posible consecuencia:** Se mencionan las consecuencias o las desviaciones del problema que ocurren en el sistema.
- ✓ **Protección:** Se describe que actividades podrían evitar la causa o proteger contra las consecuencias antes mencionadas.
- ✓ **Acción correctiva:** Se detallan las acciones correctivas que se deben tomar cuando ocurre una desviación, así suprimir la causa y mitigar o eliminar las consecuencias.

**Cuadro 10.3.** Hoja de trabajo del análisis de **peligros y operatividad**

<b>Análisis de causa raíz</b>				
Palabra guía	Desviación	Posible causa	Posible consecuencia	Protección
<b>Acciones correctivas</b>				

5. **Aplicar la acción correctiva:** Después de identificar las causas del problema y seleccionar las acciones correctivas más adecuadas para mitigar el problema, se prepara la documentación necesaria para que el personal puede llevar a cabo las acciones correctivas.
6. **Verificar el efecto de la acción correctiva:** Se revisará toda la documentación para garantizar que el problema inicial fue subsanado y que no se presentan desvíos en el proceso, y se utilizaran listas de verificación y registros para documentar cualquier desvió.

7. Se procede a llenar el registro, el cual se puede observar en el siguiente Cuadro.

**Cuadro 10.4.** Registro de verificación de las acciones correctivas.

<b>Verificación de las acciones correctivas</b>		
Indicar con un Sí o un No si todavía existe el problema		
Fecha: / /		Observaciones:
Presencia del problema:		
Fecha: / /		Observaciones:
Presencia del problema:		
Fecha: / /		Observaciones:
Presencia del problema:		

8. Realizar la documentación necesaria y se capacita a todo el personal: Cuando se verifica el cambio establecido se crean procedimientos operativos estándar, lecciones en un punto para que todo el personal conozca los cambios.

El registro completo de la metodología describe se puede ver en el Cuadro 10.5 para el proceso de fermentación y maduración y en el Cuadro 10.6 para el proceso de desalcoholización.

**Cuadro 10.5.** Registro de la metodología para no conformidades con respecto a la inocuidad del proceso de fermentación y maduración.

Área de Fermentación y Maduración	Registro de la metodología para no conformidades con respecto a la inocuidad	Año	Consecutivo	Paginas
				1/1
Fecha en que se detectó el fallo:	Numero de tanque:	Tubería:	Accesorios:	
/ /				
<b>Descripción del problema</b>				

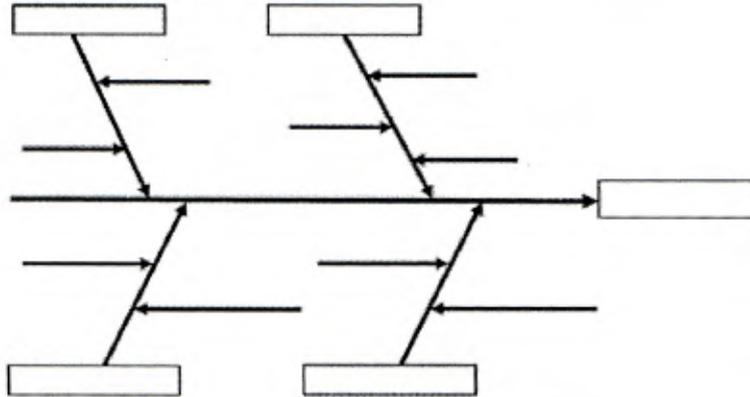
Continuación Cuadro 10.5. Registro de la metodología para no conformidades con respecto a la inocuidad del proceso de fermentación y maduración.

<b>Área de Fermentación y Maduración</b>	<b>Registro de la metodología para no conformidades con respecto a la inocuidad</b>	<b>Año</b>	<b>Consecutivo</b>	<b>Paginas</b>
				1/1

**Análisis de Causa Raíz**

Método:

**1) Diagrama de causa y efecto de Ishikawa**



**2) Análisis de peligros y operatividad**

Palabra guía	Desviación	Posible causa	Posible consecuencia	Protección
--------------	------------	---------------	----------------------	------------

**Acciones Correctivas**

**Verificación de las acciones correctivas**

Indicar con un Sí o un No si todavía existe el problema

Fecha:	/	/	Observaciones:
Presencia del problema:			
Fecha:	/	/	Observaciones:
Presencia del problema:			
Fecha:	/	/	Observaciones:
Presencia del problema:			

Firma del responsable

**Cuadro 10.6.** Registro de la metodología para no conformidades con respecto a la inocuidad del proceso de desalcoholización.

Planta desalcoholizadora	Registro de la metodología para no conformidades con respecto a la inocuidad	Año	Consecutivo	Paginas
				1/1
Fecha en que se detectó el problema:	Equipos:	Tubería:	Accesorios:	
/ /				
<b>Descripción del problema</b>				
<b>Análisis de Causa Raíz</b>				
Método:				
<b>1) Diagrama de causa y efecto de Ishikawa</b>				
<b>2) Análisis de peligros y operatividad</b>				
Palabra guía	Desviación	Possible causa	Possible consecuencia	Protección
<b>Acciones Correctivas</b>				
<b>Verificación de las acciones correctivas</b>				
Indicar con un Sí o un No si todavía existe el problema				
Fecha:	/	/	Observaciones:	
Presencia del problema:				
Fecha:	/	/	Observaciones:	
Presencia del problema:				
Firma del responsable				

## Conclusiones y Recomendaciones

### Conclusiones

1. Se elaboró los diagramas de flujo de proceso en los cuales se puede observar los diferentes productos de cada proceso y esto contribuyó a la documentación que ocupaba la empresa.
2. Se determinó que los programas de prerrequisitos que tienen los procesos de fermentación y maduración y desalcoholización son de gran importancia para que exista una estandarización de los procesos, poder llevar un control de cuando sucede cada limpieza y que la inocuidad de la cerveza no se afecte bajo ninguna circunstancia.
3. La documentación desarrollada en esta práctica dirigida contribuyó a que la empresa contara con el sistema de certificación alimentaria FSSC 22000.
4. Mediante el análisis de riesgos realizado a los procesos de fermentación y maduración y desalcoholización se obtiene que no existen puntos críticos de control con respecto a la inocuidad, por lo que la empresa puede asegurar a sus consumidores un producto inocuo y seguro.
5. La probabilidad de ocurrencia en todas las etapas examinadas en el análisis de riesgos; tanto en el proceso de fermentación y maduración como en el de desalcoholización presenta un nivel bajo debido a que no hay antecedentes de que sucediera ninguno de los peligros encontrados.
6. La metodología para no conformidades con respecto a la inocuidad permitirá hallar cual es el problema que ocasione un punto crítico de control en el proceso de fermentación o desalcoholización, y determinar las acciones correctivas que se deban aplicar.

## Recomendaciones

1. Se recomienda que cada vez que se realice una variación en el procedimiento, concentraciones de agentes de limpieza y tiempo de duración de limpieza, se efectúe el cambio en los respectivos documentos del programa de prerequisites con el fin de estandarizar los procesos y que todo el personal este informado de los cambios.
2. Crear el documento formal y codificado: procedimiento operativo estándar de la limpieza general de la planta desalcoholizadora y su registro asociado, ya que actualmente se realizan las limpiezas, pero no cuenta con el documento formal.
3. Implementar un plan de mantenimiento semestral válvulas, bombas y otros accesorios con el fin de llevar un seguimiento del estado en que se encuentra cada uno y evitar así un posible peligro físico.
4. Realizar un análisis microbiológico al dióxido de carbono más minucioso donde se contemplen todos los puntos desde que sale del tanque de almacenamiento hasta tener contacto con las cervezas A, B, C y D, y así evitar un posible peligro biológico.
5. Efectuar una limpieza y revisión de la tubería que trasiega el dióxido de carbono desde la trampa de espuma del dióxido de carbono a Sala de Máquinas, ya que no se le realiza ninguna limpieza y se recomienda tener un mayor control en esa parte del proceso.

## Bibliografía

- Bernal, L. (2015). Lineamientos para la implementación de FSSC22000-1; sistema de certificación en inocuidad de alimentos en una organización. *Scientia Agroalimentaria*, 25-31.
- CACIA. (2016). Una mirada a los sistemas de gestión de la inocuidad aprobados por GFSI. Obtenido de Revista Alimentaria : <http://alimentaria.cacia.org/edicion-144-2016/una-mirada-los-sistemas-gestion-la-inocuidad-aprobados-gfsi/>
- Carro, R., & González, D. (2012). Normas HACCP Sistema de Análisis de riesgos y puntos críticos de control. Universidad Nacional de Mar del Plata .
- Couto, L. L. (2010). Auditoría del sistema appcc: cómo verificar los sistemas de gestión de inocuidad alimentaria haccp.
- Díaz, I. (2015). Cerveza. Distribución y Consumo, 45-55.
- Hoyle, D. (2009). Preface - Preface to the Sixth Edition. {ISO} 9000 Quality Systems Handbook - updated for the {ISO} 9001:2008 standard (Sixth Edition), ix-xii. <https://doi.org/10.1016/B978-1-85617-684-2.00042-6>
- King, H., & Bedale, W. (2018). Implementation and Management of Preventive Controls. Hazard Analysis and Risk-Based Preventive Controls, 137-152. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-809475-4.00008-3>
- Li, Q., Wang, J., & Liu, C. (2017). Beers. En *Current Developments in Biotechnology and Bioengineering*, 305-351. <https://doi.org/10.1016/B978-0-444-63666-9.00012-1>
- Membré, J. M. (2014). Hazard Appraisal and Critical Control Point (HACCP): Establishment of Performance Criteria. *Encyclopedia of Food Microbiology: Second Edition*, 136-141. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-384730-0.00155-5>

- Menz, G., Aldred, P., & Vriesekoop, F. (2009). Pathogens in Beer. En *Beer in Health and Disease Prevention*, 403–413. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-373891-2.00039-0>
- Motarjemi, Y., & Wallace, C. A. (2014). *Incident Management and Root Cause Analysis. Food Safety Management: A Practical Guide for the Food Industry*. Elsevier Inc. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-381504-0.00040-8>
- Nordenskjold, J. (2012). Implementation of a quality management system in food production. Second cycle, A2E . Obtenido de Uppsala: Swedish University of Agricultural Sciences, Dept. of Microbiology : <http://stud.epsilon.slu.se/4676/>
- Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación y el Ministerio de Sanidad y Consumo de España. (2002). *Sistema de calidad e inocuidad de los alimentos Manual de capacitación sobre higiene de los alimentos y sobre el sistema de Análisis de Peligros y de Puntos Críticos de Control (APPCC)* . Roma: FAO.
- Rodriguez, J. (2016). CAPA in the Pharmaceutical and Biotech Industries. CAPA in the Pharmaceutical and Biotech Industries. <https://doi.org/10.1016/B978-1-907568-58-9.00011-4>
- Sangpikul, A. (2017). Implementing academic service learning and the PDCA cycle in a marketing course: Contributions to three beneficiaries. *Journal of Hospitality, Leisure, Sport and Tourism Education*, 83–87. <https://doi.org/10.1016/j.jhlste.2017.08.007>
- Schmidt, R. H., & Pierce, P. D. (2016). The Use of Standard Operating Procedures (SOPs). *Handbook of Hygiene Control in the Food Industry*. Woodhead Publishing Limited. <https://doi.org/10.1016/B978-0-08-100155-4.00016-9>
- Sehgal, S. (2013). *ISO 22 000: 2005 Food Satefy Management Systems*. Obtenido de Dairy Chemistry Division National India:

[http://www.ndri.res.in/ndri/Design/documents/e\\_publication/Compendium\\_DC\\_2009\\_8th%20april2013.pdf](http://www.ndri.res.in/ndri/Design/documents/e_publication/Compendium_DC_2009_8th%20april2013.pdf)

- Silvianita, Khamidi, M. F., Rochani, I., & Chamelia, D. M. (2015). Hazard and Operability Analysis (HAZOP) of Mobile Mooring System. *Procedia Earth and Planetary Science*, 14, 208–212. <https://doi.org/10.1016/j.proeps.2015.07.103>
- Sohrabvandi, S., Mousavi, S. M., Razavi, S. H., Mortazavian, A. M., & Rezaei, K. (2010). Alcohol-free beer: Methods of production, sensorial defects, and healthful effects. *Food Reviews International*, 26(4), 335–352. <https://doi.org/10.1080/87559129.2010.496022>
- Szollosi, A., Nguyen, Q. D., Kovacs, A. G., Fogarasi, A. L., Kun, S., & Hegyesne-Vecseri, B. (2016). Production of low or non-alcoholic beer in microbial fuel cell. *Food and Bioproducts Processing*, 98, 196–200. <https://doi.org/10.1016/j.fbp.2016.01.012>
- Tompkins, O. S. (2009). Hazard analysis and critical control point. *AAOHN journal : official journal of the American Association of Occupational Health Nurses*, 57(4), 176. <https://doi.org/10.3928/08910162-20090401-05>
- Wallace, C. A., & Mortimore, S. E. (2016). *Haccp. Handbook of Hygiene Control in the Food Industry*. Elsevier Ltd. <https://doi.org/10.1016/B978-0-08-100155-4.00003-0>
- Willaert, R. (2005). *Biochemistry and Fermentation of Beer*. En Y. ., Hui, Handbook of food science, tecnology, and engineering , 172-1 - 172-2 . CRC Press.

## **Anexos**

**Anexo 1. Diagramas de flujo del proceso de fermentación y maduración  
para las cervezas A, B, C y D**

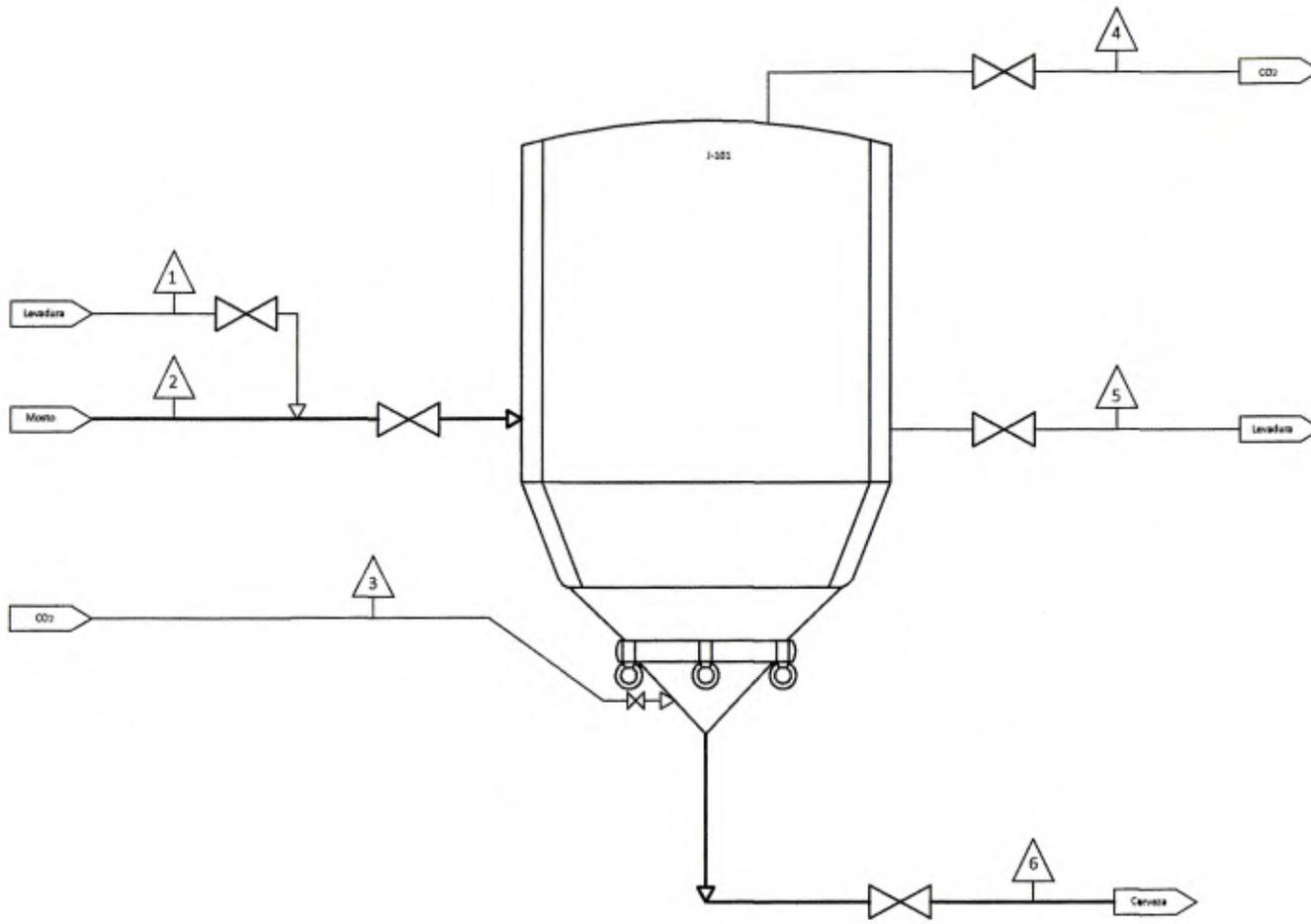


DIAGRAMA DE FLUJO DE PROCESO  
FERMENTACIÓN-MADURACIÓN DE  
CERVEZA

Simbología



Válvula de mariposa

	1	2	3	4	5	6
Nombre de corriente	Levadura	Mosto	CO <sub>2</sub>	CO <sub>2</sub>	Levadura	Cerveza
Temperatura, °C	2	10,5	-	-	9	-1
Flujo, hl/h	40	800	10	300	15	500
Presión, kPa	-	-	151,68	100	-	-

NOMENCLATURA	
J-101	Tanque cilíndrico cónico con chaveta

APROBACION COMISION REVISORA DE PERMISOS DE CONSTRUCCION

PROYECTO:  
Diagrama de flujo de proceso de fermentación-maduración de cerveza

PROFESIONISTA:

PROVINCIA	CANTON	DISTRITO
Araucario	Araucario	Rio Segundo

DIBUJO: Itzel Castro Caminos

PROFESIONAL RESPONSABLE:  
Nombre: Itzel Castro Caminos  
Firma:

PROFESIONAL RESPONSABLE DE DIRECCION TECNICA:  
Nombre: Itzel Castro Caminos

INFORMACION REGISTRO PUBLICO:  
Asesorado:  
No. de Oficio:  
2018

CONTENIDO:

ESCALA: Indefinida	
FECHA	LAMINA
2018	1/1

**Anexo 2. Diagramas de flujo del proceso de fermentación y maduración  
para la cerveza E**

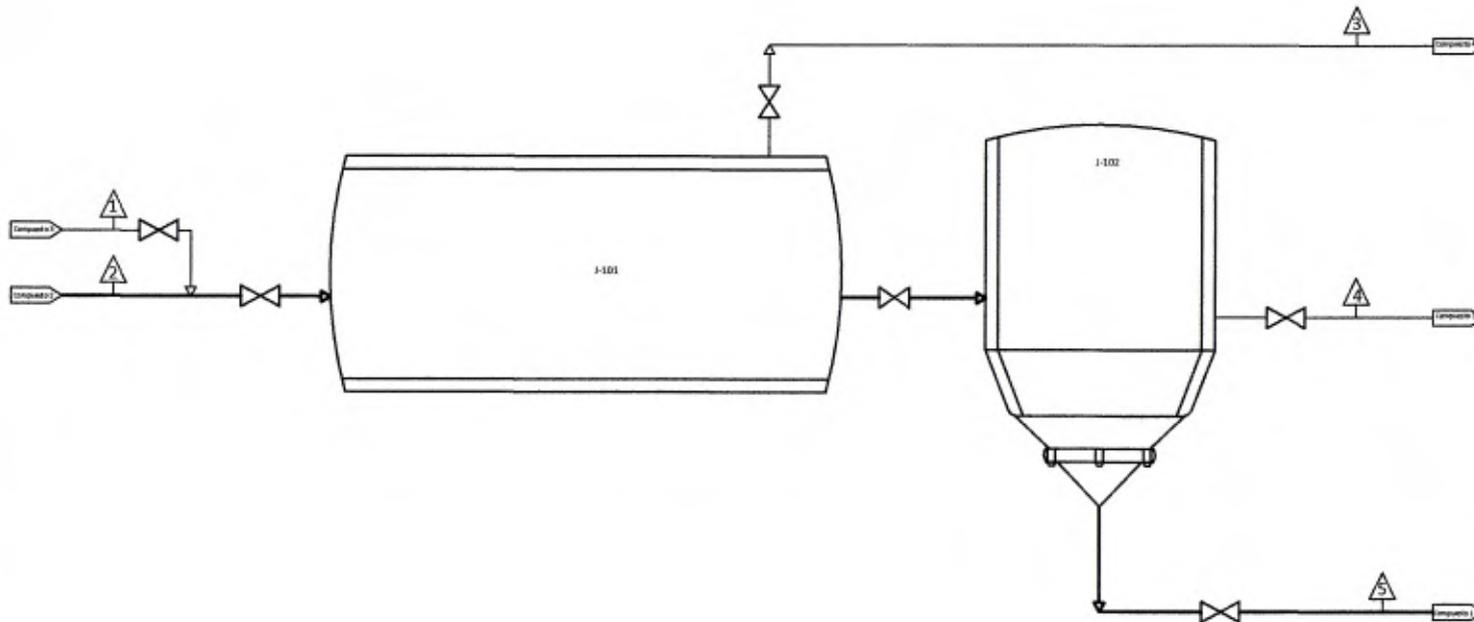


DIAGRAMA DE FLUJO DE PROCESO  
FERMENTACIÓN Y MADURACIÓN DE  
CERVEZA E

Simbología



Válvula de mariposa

	1	2	3	4	5
Nombre de corriente	Compuesto 3	Compuesto 2	Compuesto 4	Compuesto 3	Compuesto 1
Temperatura, °C	-	-	-	-	-
Flujo, m <sup>3</sup> /h	-	-	-	-	-
Presión, kPa	-	-	-	-	-

NOMENCLATURA	
J-101	Tanque horizontal
J-102	Tanque cilindro cónico con chaqueta

APROBACIÓN COMISION REVISORA  
DE PERMISOS DE CONSTRUCCION

PROYECTO:  
Diagrama de flujo de proceso de  
fermentación y maduración de cerveza

PROYECTANTE:

PROVINCIA	CANTON	DISTRITO

DIBUJADO: Itzel Castro Campos

PROFESIONAL RESPONSABLE:  
Nombre: Itzel Castro Campos

CONTENIDO:

ESCALA: Indefinida

FECHA	LÁMINA
2018	1/1

### **Anexo 3. Diagramas de flujo del proceso de desalcoholización**

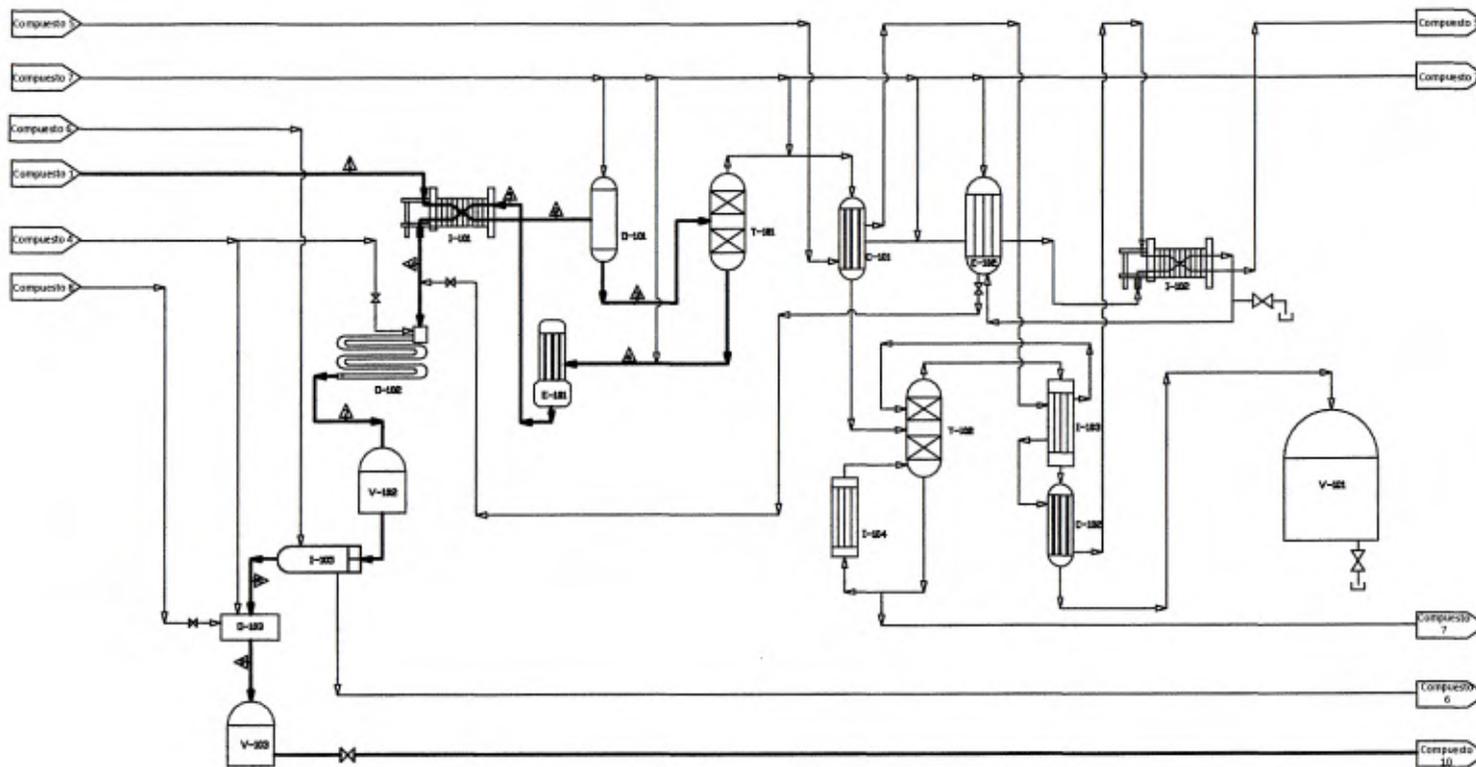


Diagrama de flujo de proceso de desalcoholización de cerveza



	1	1	14	12	12	12	11	11	13
Nombre de corriente	Compuesto 1	Compuesto 1	Compuesto 14	Compuesto 12	Compuesto 12	Compuesto 12	Compuesto 11	Compuesto 11	Compuesto 13
Temperatura, °C	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Flujo, l/h	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Presión, kPa	-	-	-	-	-	-	-	-	-

NOMENCLATURA	
C-101	Condensador
C-102	Condensador
E-101	Evaporador
E-102	Evaporador película descargante
E-103	Intercambiador de calor
E-104	Intercambiador de calor
E-105	Intercambiador de calor
E-106	Intercambiador de calor
E-107	Intercambiador de calor
E-108	Intercambiador de calor
E-109	Intercambiador de calor
E-110	Intercambiador de calor
O-101	Desgasificador
O-102	Gasificador
O-103	Gasificador
T-101	Torre de destilación
T-102	Torre de destilación
V-101	Almacenamiento temporal
V-102	Almacenamiento temporal
V-103	Almacenamiento temporal
V-104	Almacenamiento temporal

APROBACION COMISION REVISORA DE PERMISOS DE CONSTRUCCION

PROYECTO:  
Diagrama de flujo de proceso de desalcoholización de cerveza

PROYECTANTE:

PROVINCIA CANTON DISTRITO

DIBUJO: Itzel Castro Campos

PROFESIONAL RESPONSABLE:  
Nombre: Itzel Castro Campos No. de Reg:

DIRECCION TECNICA:  
Nombre: Itzel Castro Campos

CONTENIDO:  
Planta desalcoholizadora de cerveza

ESCALA: Indefinida

FECHA LAMINA  
2018 1/1