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

DISEÑO DE INVESTIGACIÓN DE UN SISTEMA DE RECIRCULACIÓN DE AGUA EN EL PROCESO DE LAVADO PARA REDUCIR EL CONSUMO DE AGUA SUAVE EN UNA EMPRESA DE ENVASADO DE BEBIDAS ALCOHÓLICAS UBICADA EN GUATEMALA

Johnattan Alberto Butz Marroquin
Asesorado por MBA. Inga. Alyson Sussana Ramírez Solórzano

Guatemala, enero de 2023

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA

FACULTAD DE INGENIERÍA

DISEÑO DE INVESTIGACIÓN DE UN SISTEMA DE RECIRCULACIÓN DE AGUA EN EL PROCESO DE LAVADO PARA REDUCIR EL CONSUMO DE AGUA SUAVE EN UNA EMPRESA DE ENVASADO DE BEBIDAS ALCOHÓLICAS UBICADA EN GUATEMALA

TRABAJO DE GRADUACIÓN

PRESENTADO A LA JUNTA DIRECTIVA DE LA
FACULTAD DE INGENIERÍA
POR

JOHNATTAN ALBERTO BUTZ MARROQUIN
ASESORADO POR MBA. INGA. ALYSSON SUSSANA RAMÍREZ SOLÓRZANO

AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE

INGENIERO QUÍMICO

GUATEMALA, ENERO DE 2023

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA

FACULTAD DE INGENIERÍA

NÓMINA DE JUNTA DIRECTIVA

DECANO	Inga. Aurelia Anabela Cordova Estrada
VOCAL I	Ing. José Francisco Gómez Rivera
VOCAL II	Ing. Mario Renato Escobedo Martínez
VOCAL III	Ing. José Milton De León Bran
VOCAL IV	Br. Kevin Vladimir Cruz Lorente
VOCAL V	Br. Fernando José Paz González
SECRETARIA	Ing. Hugo Humberto Rivera Pérez

TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO

DECANO	Ing. Pedro Antonio Aguilar Polanco
EXAMINADOR	Ing. César Alfonso García Guerra
EXAMINADOR	Ing. Jorge Emilio Godínez Lemus
EXAMINADOR	Inga. Ana Gloria Montes Peña
SECRETARIO	Inga. Lesbia Magaly Herrera López

HONORABLE TRIBUNAL EXAMINADOR

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

DISEÑO DE UN SISTEMA DE RECIRCULACIÓN DE AGUA EN EL PROCESO DE LAVADO PARA REDUCIR EL CONSUMO DE AGUA SUAVE EN UNA EMPRESA DE ENVASADO DE BEBIDAS ALCOHÓLICAS UBICADA EN GUATEMALA

Tema que me fuera asignado por la Dirección de la Escuela de Estudios de Postgrado con fecha 12 de noviembre de 2022.

Johnattan Alberto Butz Marroquin

EEPFI-PP-2056-2022
Guatemala, 12 de noviembre de 2022

Director
Williams G. Álvarez Mejía
Escuela De Ingenieria Quimica
Presente.

Estimado Ing. Álvarez

Reciba un cordial saludo de la Escuela de Estudios de Postgrado de la Facultad de Ingeniería.

El propósito de la presente es para informarle que se ha revisado y aprobado el Diseño de Investigación titulado: **DISEÑO DE INVESTIGACIÓN DE UN SISTEMA DE RECIRCULACIÓN DE AGUA EN EL PROCESO DE LAVADO PARA REDUCIR EL CONSUMO DE AGUA SUAVE EN UNA EMPRESA DE ENVASADO DE BEBIDAS ALCOHÓLICAS UBICADA EN GUATEMALA**, el cual se enmarca en la línea de investigación: **Área de Operaciones - Optimización de operaciones y procesos**, presentado por el estudiante **Johnattan Alberto Butz Marroquin** carné número **201314250**, quien optó por la modalidad del "PROCESO DE GRADUACIÓN DE LOS ESTUDIANTES DE LA FACULTAD DE INGENIERÍA OPCIÓN ESTUDIOS DE POSTGRADO". Previo a culminar sus estudios en la Maestría en ARTES en Gestion Industrial.

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

Atentamente,

"Id y Enseñad a Todos"

Mtra. Alysson Sussana Ramírez Solórzano
Asesor(a)

Mtro. Carlos Humberto Aroche Sandoval
Coordinador(a) de Maestría

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
ESCUELA DE POSTGRADO
FACULTAD DE INGENIERIA

Mtro. Edgar Dario Alvaréz Cotí
Director
Escuela de Estudios de Postgrado
Facultad de Ingeniería

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERIA
DIRECCIÓN
ESCUELA DE POSTGRADO

EEP.EIQ.1701.2022

El Director de la Escuela De Ingenieria Quimica de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer el dictamen del Asesor, el visto bueno del Coordinador y Director de la Escuela de Estudios de Postgrado, del Diseño de Investigación en la modalidad Estudios de Pregrado y Postgrado titulado: **DISEÑO DE INVESTIGACIÓN DE UN SISTEMA DE RECIRCULACIÓN DE AGUA EN EL PROCESO DE LAVADO PARA REDUCIR EL CONSUMO DE AGUA SUAVE EN UNA EMPRESA DE ENVASADO DE BEBIDAS ALCOHÓLICAS UBICADA EN GUATEMALA**, presentado por el estudiante universitario **Johnattan Alberto Butz Marroquin**, procedo con el Aval del mismo, ya que cumple con los requisitos normados por la Facultad de Ingeniería en esta modalidad.

ID Y ENSEÑAD A TODOS

Ing. Williams G. Álvarez Mejía; Mg.I.Q., M.U.I.E.
Director
Escuela De Ingenieria Quimica

Guatemala, noviembre de 2022

Decanato
Facultad de Ingeniería
24189101- 24189102
secretariadecanato@ingenieria.usac.edu.gt

LNG.DECANATO.OI.048.2023

La Decana de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer la aprobación por parte del Director de la Escuela de Ingeniería Química, al Trabajo de Graduación titulado: **DISEÑO DE INVESTIGACIÓN DE UN SISTEMA DE RECIRCULACIÓN DE AGUA EN EL PROCESO DE LAVADO PARA REDUCIR EL CONSUMO DE AGUA SUAVE EN UNA EMPRESA DE ENVASADO DE BEBIDAS ALCOHÓLICAS UBICADA EN GUATEMALA,** presentado por: **Johnattan Alberto Butz Marroquin ,** después de haber culminado las revisiones previas bajo la responsabilidad de las instancias correspondientes, autoriza la impresión del mismo.

IMPRÍMASE:

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
DECANA
FACULTAD DE INGENIERÍA

Inga. Aurelia Anabela Cordova Estrada
Decana

Guatemala, enero de 2023

AACE/gaoc

ACTO QUE DEDICO A:

Dios	Por guiarme a través de este camino, en el cual gracias a él y a su amor me permitió culminar con éxito una etapa más de mi vida.
Mis padres	Letty Marroquin y Juan Butz por apoyarme en toda la carrera, motivarme para alcanzar las metas y acompañarme en este proceso. Por estar a mi lado en los tiempos difíciles y darme su apoyo incondicional.
Mi hermano	Guillermo Butz, por su apoyo incondicional y motivación; este logro servirá también para demostrarte que se pueden alcanzar tus metas.
Mi familia	Por esta pendiente a lo largo de los años y motivarme en mi superación personal.
Mi novia	Andrea Martínez, por tu cariño, apoyo incondicional, paciencia y motivarme para ser mejor cada día.
Mis amigos	Por su amistad y apoyo en los trabajos para poder llegar al final de esta etapa.

AGRADECIMIENTOS A:

Universidad de San Carlos de Guatemala	Por permitirme formarme como profesional y pertenecer a esta gloriosa casa de estudios.
Facultad de Ingeniería	Por darme el conocimiento necesario para poder desarrollarme en la industria y poner en práctica todo lo aprendido
Escuela de Estudios de Postgrado	Por permitir expandir más mis conocimientos y alcanzar una nueva meta académica.
Mi asesor	MBA. Inga. Alysson Ramírez por su apoyo para que este proyecto sea ejecutado de manera correcta y enriquecedora.

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES V
LISTA DE SÍMBOLOS VII
GLOSARIO IX
RESUMEN XI

1. INTRODUCCIÓN 1

2. ANTECEDENTES 3

3. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA 7
3.1. Descripción del problema 7
3.2. Formulación del problema 8
3.2.1. Pregunta central 8
3.2.2. Preguntas de investigación 8
3.3. Delimitación de estudio 9
3.3.1. Límite temporal 9
3.3.2. Límite geográfico 9
3.3.3. Límite espacial 9
3.4. Viabilidad 9
3.5. Consecuencia de realizar la investigación 10
3.5.1. De realizarse 10
3.5.2. De no realizarse 10

4. JUSTIFICACIÓN 13

5. OBJETIVOS 15
5.1. General 15
5.2. Específicos 15

6. NECESIDADES A CUBRIR Y ESQUEMA DE SOLUCIÓN 17

7. MARCO TEÓRICO 19
7.1. Los licores y su industria 19
7.1.1. Salud y seguridad en la industria de licores 20
7.2. Proceso de envasado 21
7.2.1. Materia prima de envasado 22
7.2.2. Operación de envasado 22
7.2.3. Preparación de licor 23
7.2.4. Preparación de envase 23
7.2.5. Lavado de envase 23
7.2.6. Envasado de producto 24
7.2.7. Presupuesto de envasado 25
7.2.8. Calidad 25
7.2.9. Impacto ambiental 26
7.3. Proceso de recirculación de agua 27
7.3.1. Materia prima 27
7.3.2. Operación de envasado 28
7.3.3. Lavado de envase 28
7.3.4. Estudio económico 29
7.3.4.1. Inversión 29
7.3.4.2. Costos 30
7.3.5. Calidad 31
7.3.6. Pruebas de control de calidad del proceso 32

8. PROPUESTA DE ÍNDICE DE CONTENIDOS 35

9. METODOLOGÍA..... 37
9.1. Características del estudio 37
9.2. Variables e indicadores 38
9.2.1. Variables cualitativas 38
9.2.2. Variables cuantitativas 39
9.3. Matriz de consistencia 41
9.4. Fases de la investigación 42
9.4.1. Fase I: revisión documental 42
9.4.2. Fase II: diagnóstico del proceso de envasado 42
9.4.3. Fase III: análisis del proceso de lavado de envase 42
9.4.4. Fase IV: implementación del proceso de recirculación de agua 43
9.5. Población y muestra 43
9.6. Técnicas y metodología..... 44
9.7. Resultados esperados 45

10. TÉCNICAS DE ANÁLISIS DE INFORMACIÓN..... 47
10.1. Media..... 47
10.2. Varianza y desviación..... 47
10.3. Gráfico de histograma 48

11. CRONOGRAMA..... 49

12. FACTIBILIDAD DEL ESTUDIO 51

13. REFERENCIAS..... 53

14. APÉNDICES 57

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

FIGURAS

1. Diagrama de flujo del proceso de elaboración de licor 20
2. Área de lavado de envase 24
3. Diagrama de recirculación de agua 29

TABLAS

I. Matriz de variables 41
II. Cronograma de actividades para la implementación de un sistema de recirculación de agua en el lavado de envase 49
III. Recursos necesarios para la investigación 51

LISTA DE SÍMBOLOS

Símbolo	Significado
σ	Desviación estándar de la población
e	Error de estimación esperado
e	Error de estimación esperado
X	Media
Z	Nivel de confianza
Q	Quetzales
n	Tamaño de la muestra
N	Tamaño de la población
T	Tiempo

GLOSARIO

Abastecimiento Acción o actividad consistente en suministrar a alguien o a algo bienes necesarios.

Agua suave Es el agua que contiene una concentración relativamente baja de carbonato de calcio y otros iones.

Eficiencia Capacidad para realizar o cumplir adecuadamente una función.

Envasado Parte integrante del proceso de elaboración, cumple dos objetivos importantes: anunciar el producto y protegerlo adecuadamente para que se conserve durante un periodo determinado.

Envase Recipiente que facilita la conservación y transporte del producto que contiene.

Estrés hídrico Cuando la demanda de agua es más alta que la cantidad disponible durante un periodo determinado o cuando su uso se ve restringido por su baja calidad.

Licor Bebida alcohólica de alta graduación que se obtiene por destilación, en especial la de sabor dulce elaborada con esencias o extractos vegetales.

Recirculación de agua Conjunto de componentes y procesos que limpian continuamente el agua para ser utilizada nuevamente.

RESUMEN

La finalidad de la presente investigación es la propuesta de un sistema de recirculación de agua en el proceso de lavado de envase en una línea de producción de envasado de bebidas alcohólicas para la reducción del consumo de agua suave. Esto debido al aumento considerable de agua utilizada en la operación y la baja eficiencia operacional de la línea. Por lo cual se iniciará con una fase de documentación de antecedentes. Seguido de un planteamiento del problema, donde se especificará con mayor detalle los límites de la investigación.

Se realizará una recopilación de distintas literaturas acerca del tema, con lo cual se llegará a definir el proceso de envasado mediante una lista de chequeo al personal de planta. Luego se identificarán los factores que ocasionan el aumento del consumo de agua suave mediante una evaluación del proceso de lavado de envase. El cual nos llevará a determinar los indicadores que se deben contemplar para el sistema propuesta de recirculación de agua.

En la parte final se presentarán los resultados obtenidos del consumo de agua para la propuesta del sistema de recirculación de agua; estos serán discutidos y comparados con los datos originales para ver la variación de estos. Con lo cual se llegarán a concluir los datos obtenidos y hacer recomendaciones de dicha investigación.

1. INTRODUCCIÓN

Esta investigación tiene como objetivo la sistematización basada en el diseño de un sistema de recirculación de agua en el proceso de lavado de envase en una línea de producción de envasado de bebidas alcohólicas para la reducción del consumo de agua suave, el cual daría paso a una iniciativa de nuevos procesos ecológicos dentro de la planta de producción ubicada en Mixco dedicada al envasado de bebidas alcohólicas.

En el año 2021 se tuvo un incremento del 57 % de consumo de agua suave con respecto al año 2020. Esto ha sido derivado de una alta demanda local por la pandemia y la apertura del mercado internacional. Lo que ha ocasionado aumento de costos y un déficit en la eficiencia operacional por el alto uso de agua suave. Por otro lado, dado que no se tiene una cultura ecológica en la planta, se carece de procesos enfocados a la preservación del medio ambiente.

La importancia de diseñar un sistema de recirculación de agua para el proceso de lavado de envase es poder aprovechar el abastecimiento de agua y reducir su consumo. Con esto se busca optimizar el proceso de lavado de envases. Teniendo como resultado un aumento de la eficiencia operacional y reduciendo los costos del proceso.

Los aportes que se obtendrán de esta investigación en el área de producción de la empresa, es un sistema de recirculación de agua que permitirá abastecer de manera constante el área de lavado de envase y solucionar el problema de consumo de agua suave; adicional ayudará en el impacto del abastecimiento de fuentes naturales evitando un estrés hídrico.

2. ANTECEDENTES

Para el apoyo de esta investigación, se han tomado en cuenta trabajos realizados en los procesos que buscan aprovechar al máximo sus recursos, contemplando la rentabilidad del negocio y la importancia del impacto ambiental que generan los estudios.

Portillo (2019) en la tesis *Utilización de método Deming para mejorar el proceso de preparación de jarabe estándar, mediante la recuperación de azúcar contenida en agua de lavado de cocinas continuas, en una fábrica de confitería en el municipio de Escuintla,* de la Universidad de San Carlos de Guatemala, recalca la importancia que tiene determinar los parámetros y características organolépticas del agua que se recircula después del proceso de lavado, esto para evitar contaminación en el proceso y comprometer el producto.

El aporte para esta investigación son los parámetros que se deben de contemplar del agua recirculada para no comprometer el producto. De la misma manera da una propuesta de las partes importantes de un sistema de recirculación del proceso de lavado.

De forma similar en la investigación de Martínez (2018) en la tesis *Evaluación del sistema hídrico productivo del valle del Mezquital: costos y beneficios del tratamiento del agua residual* de la Universidad Nacional Autónoma de México, indica que “El agua debe ser una meta considerada para alcanzar el desarrollo sostenible, ya que la oferta de agua dulce es limitada y debe considerarse el recurrir al tratamiento y reúso de esta para la satisfacción de la demanda” (p. 19).

El aporte para esta investigación es el análisis de los elementos básicos que se deben de contemplar en una planta de producción: el crecimiento económico mediante el ahorro que se tendrá con la recirculación del agua, la conciencia social al involucrar al personal de la planta de la importancia que se tendrá con el sistema de recirculación en el proceso de lavado y la protección del medio ambiente al conservar las fuentes de abastecimiento de agua.

García (2018) expone que las empresas invierten una cantidad considerable de dinero y tiempo al cumplir con las normas ambientales que se les son impuestas, por lo cual el tener un sistema adecuado para cumplir las regulaciones ambientales permite tener una mejor optimización de costos. El aporte para esta investigación es la importancia de la aplicación de las normas ambientales que existen en cada país. En el caso de Guatemala el proceso debe estar regido por el Decreto 68-86, Ley de Protección y Mejoramiento del medio ambiente. Adicional del análisis de costos que se debe contemplar para el cumplimento de este.

En la investigación de Godínez (2019) plantea que “en el caso de la adaptabilidad para alimentarse, no se tenían garras y dientes como los grandes depredadores por lo que su ingenio logró encontrar alternativas, se crearon herramientas de piedra para facilitar la caza de grandes mamíferos” (p. 4). Con lo cual realiza una comparación de los beneficios que se tienen con las alternativas planteadas con respecto a la metodología original. El aporte para la presente investigación es el análisis comparativo que se debe realizar con la alternativa propuesta. Se debe comparar los aspectos más importantes del proceso de lavado actual con el proceso de lavado con el sistema de recirculación, para verificar los beneficios en las ramas principales.

En la investigación de Quiñonez (2017) indica que “el continuo crecimiento de la importancia de los recursos hídricos en todo el mundo pone de notoriedad la necesidad de garantizar que se pueden minimizar los impactos agregados o cumulativos sobre el abastecimiento de agua” (p. 48). El aporte para la presente investigación es el análisis que se debe de realizar de las fuentes hídricas que se usan en la empresa. Se debe de conocer la capacidad de los pozos de abastecimiento y cuanto es lo estipulado que se puede utilizar al año.

En la investigación de Mux (2022) indica que “en Guatemala no existe un índice que mida la sostenibilidad hídrica en los territorios y mucho menos en las cuencas” (p. 11). El aporte para la presente investigación es la importancia que se debe tener hacia las fuentes hídricas que se usan en la empresa, ya que al no tener un índice estas pueden ser utilizadas de mala manera y tener grandes consecuencias en los territorios aledaños. Después de cada capítulo se colocan tres espacios.

3. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Al finalizar el 2021 se realizaron los análisis de consumo de agua suave para la línea de producción N3 en una empresa dedicada al envasado de bebidas alcohólicas, lo cual, al comparar con los consumos del año 2020, se obtuvo un incremento de 94,000 litros siendo esto un 157 % más que el año anterior. Por lo cual se busca minimizar el consumo de agua en el proceso de lavado de envases en esa línea.

3.1. Descripción del problema

El aumento de la demanda local por la pandemia y la apertura nuevamente de mercados internacionales han provocado un aumento de horas en producción para poder satisfacer esta necesidad. Por otro lado, se tiene carencia de una cultura ecológica y la falta de optimización de procesos, da como resultado un sistema de producción sin una recirculación de agua; lo cual ha conllevado a un aumento de consumo de agua suave para el proceso de lavado de envases en el año 2021. En él año 2020 se utilizaron un total de 172,000 litros en la línea N3, siendo para el 2021 un total de 264,000 litros para la misma línea. Esto ocasionó un aumento en los costos de fabricación de cada producto y la posibilidad de un estrés hídrico.

Adicionalmente, ha tenido problemas con el almacenamiento de agua suave, dado que estaba diseñado para abastecer 10,000 litros al día, con un caudal de 800 litros por hora. Al tener consumos de agua suave arriba de esta capacidad, han tenido que regular las inyecciones de agua en el proceso de

lavado, lo que ha ocasionado una baja del 20 % en la eficiencia operacional de la línea N3.

3.2. Formulación del problema

En los incisos 3.2.1. y 3.2.2. se describen la pregunta central y preguntas auxiliares de la investigación.

3.2.1. Pregunta central

¿Cuál es el diseño de un sistema de recirculación de agua en la línea de producción N3 para el proceso de lavado en una empresa de envasado de bebidas alcohólicas para reducir el consumo de agua suave?

3.2.2. Preguntas de investigación

- ¿Cómo se realiza el proceso de envasado de producto en la línea de producción N3?

- ¿Qué factores ocasionan el aumento del consumo de agua suave en el proceso de lavado en la línea de producción N3?

- ¿Cuáles son los indicadores de un sistema de recirculación de agua en el procedimiento de lavado en la línea de producción N3?

3.3. Delimitación de estudio

La implementación del proceso de recirculación de agua se realizará en la Ciudad de Guatemala. El estudio de la investigación se realizará a partir del año 2022 hasta el año 2023.

3.3.1. Límite temporal

El estudio de investigación se realizará desde noviembre del año 2022 hasta finalizar en noviembre del año 2023.

3.3.2. Límite geográfico

La investigación se realizará en una empresa dedicada al envasado de bebidas alcohólicas en la Ciudad de Guatemala.

3.3.3. Límite espacial

La investigación se desarrollará en la línea de producción N3 en una empresa dedicada al envasado de bebidas alcohólicas.

3.4. Viabilidad

Para el presente estudio de investigación se cuenta con los permisos oportunos de parte de la empresa para acceder a los datos necesarios del consumo de agua en la planta. De igual manera se tiene la disposición por parte del personal de las líneas de producción para realizar los análisis y las entrevistas para la recolección de información necesaria. Los supervisores de producción y calidad para validar los procesos. Personal de mantenimiento para realizar

ajustes en el sistema de recirculación. Los recursos adicionales para el desarrollo de la investigación serán cubiertos en su totalidad por el investigador.

3.5. Consecuencia de realizar la investigación

El estudio de investigación ayudará a la empresa a crear una conciencia ecológica en el proceso de producción y a la planta de producción, el cual adicionalmente tendrá un impacto en el proceso productivo de la línea al poder determinar las causas que ocasionan el aumento de consumo de agua suave. Lo cual se presentan las consecuencias de realizarse y al no realizarse esta investigación.

3.5.1. De realizarse

Al realizar el presente trabajo de investigación se obtendrán resultados favorables para la empresa, el cual permitirá desarrollos importantes en los procesos como la reducción de costos de fabricación al disminuir el uso de agua suave en el proceso de lavado de envase, fomentar una conciencia ecológica en la planta al implementar la recirculación de agua y aumentar la eficiencia operacional en la línea al tener mayor disponibilidad de agua suave lo que permitirá un aumento en la velocidad de lavado de envase.

3.5.2. De no realizarse

Al no realizar el presente trabajo de investigación, se obtendrá un aumento de costos al ir aumentando la demanda de agua suave para el proceso de lavado, un aumento de consumo de agua a nivel general de la planta que puede ocasionar un estrés hídrico ocasionando problemas con el abastecimiento de agua en el pozo del sector. Adicionalmente se tendría una limitación en la

producción a futuro al no contar con la suficiente dosificación de agua para los procesos ocasionando una disminución de la eficiencia operativa.

4. JUSTIFICACIÓN

La investigación se sitúa en la línea de investigación de optimización de operaciones y procesos en el área de operaciones en Gestión Industrial de la Universidad de San Carlos de Guatemala, ya que se enfocará en realizar una propuesta para el diseño de un sistema de recirculación de agua en el proceso de lavado de envase en una línea de producción en una empresa dedicada el envasado de bebidas alcohólicas.

La necesidad de esta investigación surge de reducir el consumo de agua suave en el proceso de lavado de envase en el envasado de bebidas alcohólicas, debido a que en el año 2021 se tuvo un aumento del 150 % lo cual ha afectado seriamente los costos de fabricación, la eficiencia operacional y la posibilidad de un estrés hídrico.

La importancia de la investigación se encuentra en el proceso de lavado de envases para la empresa, ya que en este punto se asegura que el envase cumpla con las condiciones necesarias para que el producto al ser envasado no tenga problemas de calidad que pueda llegar a afectar la salud del consumidor y pueda llegar al cliente sin ningún inconveniente.

La motivación de esta investigación es la propuesta de la implementación de un sistema de recirculación de agua para el proceso de lavado de envase, dado los problemas que se presentaron en el año 2021 del aumento de consumo de agua suave, esto ayudará con la reducción de esta, al mismo tiempo en el cual se mejorarán los tiempos de producción.

Los beneficios están: los desarrollos importantes en los procesos como la reducción de costos de fabricación mediante la reducción de consumo de agua suave, la fomentación de una conciencia ecológica en la planta por medio de la implementación de procesos y aumentar la eficiencia operacional al tener mayor cantidad de agua disponible para el proceso de lavado.

Los beneficiarios con esta investigación serán las personas que pertenecen a la empresa, dado que esto ayudará con las metas establecidas de la empresa, el personal que conocerá de la importancia de tener procesos ecológicos en los procesos y el impacto que se puede tener con la concientización del manejo del agua en la empresa.

5. OBJETIVOS

Los objetivos de esta investigación están constituidos de la siguiente forma:

5.1. General

Elaborar un diseño para un sistema de recirculación de agua en el proceso de lavado para reducir el consumo de agua suave en una empresa de envasado de bebidas alcohólicas ubicada en la ciudad de Guatemala.

5.2. Específicos

- Diagnosticar el proceso de envasado en la línea de producción N3 en una empresa de bebidas alcohólicas.

- Identificar los factores que ocasionan el aumento del consumo de agua suave en el proceso de lavado en la línea de producción N3 en una empresa de bebidas alcohólicas.

- Determinar los indicadores de un sistema de recirculación de agua en el procedimiento de lavado en la línea de producción N3 en una empresa de bebidas alcohólicas.

6. NECESIDADES A CUBRIR Y ESQUEMA DE SOLUCIÓN

Este estudio surge de la necesidad de reducir el consumo de agua suave en el proceso de lavado de envase debido al aumento considerable de costos que se tiene, la baja eficiencia operacional de línea de producción y del posible desabasto de la fuente de agua con la cual funciona la planta. Con este estudio se evaluará la propuesta de integrar un sistema de recirculación de agua, con el cual se busca atacar los problemas principales que se tienen en la planta. En la siguiente investigación se hará una propuesta para implementar un sistema de recirculación en el proceso de lavado de envase para reducir el consumo de agua suave.

El esquema de solución propuesto se compone de cuatro fases: la cual en la fase inicial se realizará un proceso de recopilación de bibliografías sobre procesos de envasado de bebidas alcohólicas; adicional de la recolección de las bitácoras de producción que permitan comprender el proceso. Posteriormente se procederá con la documentación del proceso de envasado en la planta de producción mediante unas entrevistas hacia el personal de producción y calidad. Así como los procesos de producción y análisis de producción que se realizan en el día a día.

En la tercera fase se evaluará y recopilará los consumos de agua suave que se tienen en el procedimiento de lavado de envase, el cual adicionalmente se realizará una lista de chequeo para identificar cómo se realiza este procedimiento. Con lo que se finalizará la última fase al desarrollar una implementación de un sistema de recirculación de agua con sus respectivos indicadores para verificar los beneficios de este.

7. MARCO TEÓRICO

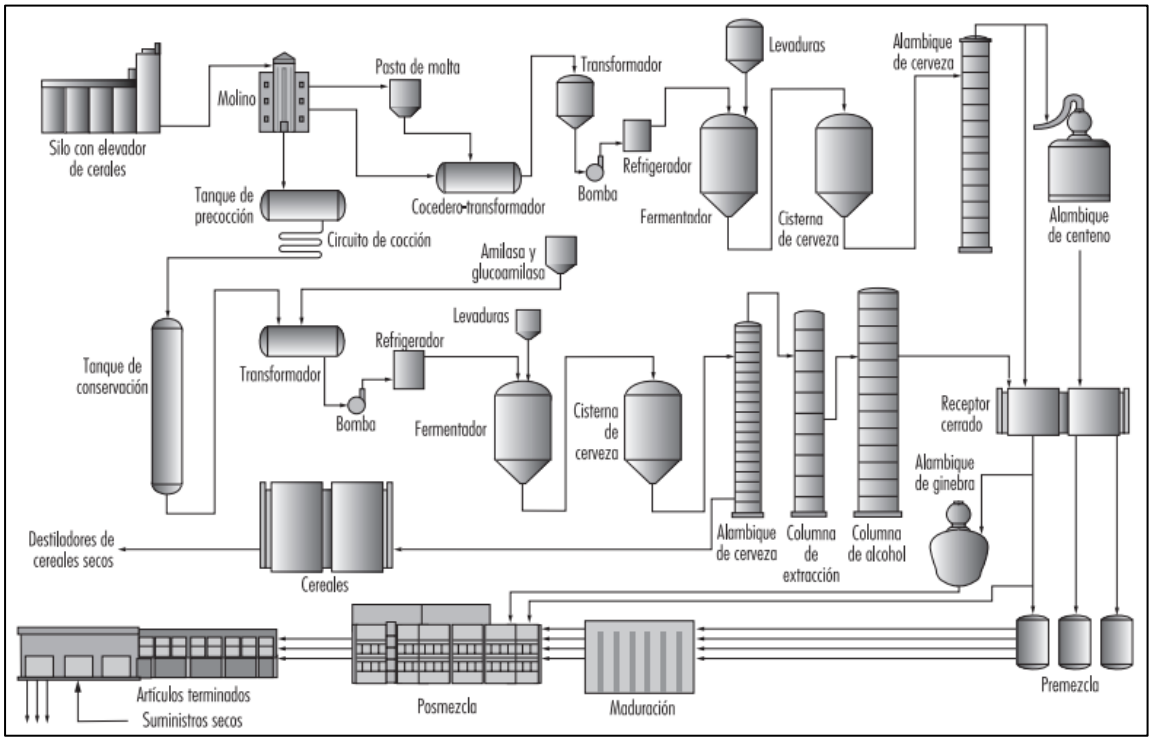
7.1. Los licores y su industria

Las bebidas alcohólicas se separan en grupos distintos dependiendo la metodología con la cual se elaboren, esta tiene una infinidad de proveedores, con metodologías distintas de envasado, procesos productivos, materiales y productos finales distintos. Con lo que al pasar el tiempo se van realizando mejoras a cada una de estas partes con los avances tecnológicos.

> Bebidas fermentadas, como el vino y la cerveza, y bebidas destiladas como el whisky y el brandy. Los licores se preparan básicamente mezclando zumos o extractos de frutas, frutos secos u otros productos alimenticios. La producción de licores destilados comprende de las siguientes fases: recepción, de los cereales, molienda, cocción, fermentación, destilación, conservación, mezclado y embotellado. (Ward, 2012. p. 10)

En la figura 1 se observa un diagrama con el proceso en la elaboración de licor.

Figura 1. **Diagrama de flujo del proceso de elaboración de licor**



Fuente: Ward. (2012). *Industria de las bebidas.*

7.1.1. Salud y seguridad en la industria de licores

Uno de los mayores peligros debido al manejo de granos y su posibilidad de incendio. Al tener concentraciones grandes de cereales, el tener un mantenimiento bueno ayuda a reducir este riesgo. De igual manera se debe contemplar que hay ciertos tipos de cereales que húmedos o almacenados por un tiempo prolongado emiten calor lo cual pueden ser fuente de un incendio. Realizar una rotación de estos aplicando una metodología JIT.

Otro aspecto importante a considerar para la fabricación de licor es que todo el personal tanto en planta como administrativo debe conocer los riesgos que se tienen en el día a día en el proceso. “La revisión anual de un sistema de información sobre materiales peligrosos en el lugar de trabajo, como el Canadian WHMIS, puede aportar la ocasión para impartir este tipo de formación continua” (Ward, 2012, p. 12).

El personal debe conocer y saber utilizar la información que se encuentra en los materiales para la mitigación de algún siniestro, esto brinda una información importante al ocurrir algún tipo de emergencia en la cual se tiene el conocimiento sobre a que se está expuesto y sus medidas correctas para actuar ante ella. Por lo cual estos deben estar expuestos de manera clara. De la misma manera se debe disponer de ciertos puestos para mitigar las emergencias como: el lavado de ojos, puestos con agua para lavar el área afectada y estaciones con kit médicos para atender al personal de la planta.

> Los riesgos profesionales derivados de los procesos de embotellado son semejantes a los de la mayoría de las instalaciones de embotellado. El EPP es común en toda la instalación de embotellado. Es obligatorio para los trabajadores de la zona de embotellado llevar gafas de seguridad para protegerse los ojos y protectores de oídos en los lugares donde están expuestos a altos niveles de ruido. Se debe implantar un programa de seguridad relativo al calzado, para que los trabajadores lleven zapatos de punta de acero. (Ward, 2012. p. 12)

7.2. Proceso de envasado

El proceso de envasado constituye una parte de la cadena de abastecimiento en la empresa. A continuación, se detallará los aspectos más

importantes en la investigación como la materia prima de envasado, la operación de envasado en la cual se contempla la preparación de licor, preparación de envase, lavado de envase y envasado de producto.

7.2.1. Materia prima de envasado

Parte importante del proceso de envasado son las materias primas que se utilizan, estas suelen ser de distintos proveedores de distintas partes del mundo. Las empresas suelen cotizar o tener más de un proveedor para sus materias primas por si se tuviera algún inconveniente con alguno, se podría reaccionar con otra distinta fuente ya evaluada. Por otro lado, para el envasado se tienen productos principales para su desarrollo.

> Las principales materias primas amiláceas en la obtención de alcohol etílico para fabricar aguardiente son los cereales y las patatas. El centeno y el trigo se utilizan para fabricar destilados de granos y aguardientes y el mijo, la cebada, el maíz, la harina de tapioca y las patatas se usan principalmente para la fabricación de aguardiente. Cuanto menor es el contenido en agua y en proteína de los cereales tanto mayor es su contenido en almidón. (Carretero, 2006. p. 73)

7.2.2. Operación de envasado

Uno de los factores a considerar en el análisis es la parte operativa del proceso de envasado. Esta parte operativa involucra todos aquellos procesos que sean claves para que el flujo de trabajo sea constante y se pueda tener una producción eficaz y productiva. En esta parte es fundamental la correcta coordinación del personal de producción, calidad, supervisores y áreas especializadas en cada proceso.

7.2.3. Preparación de licor

Ya que se tiene conocimiento de las materias primas necesarias para poder realizar el producto y cómo se realiza la operación, se debe contemplar un paso importante para que el producto sea exitoso. La preparación del licor es una de las partes vitales para que se alcance el éxito deseado, por lo cual debe ser llevado a cabo de manera ordenada.

> En primer lugar, se obtiene el jugo azucarado de las remolachas previo cortado y trituración de estas. Puesto que el jugo bruto obtenido contiene muchos gérmenes, la mayoría bacterias procedentes de la fermentación de la remolacha, es preciso someterlo a un tratamiento de esterilización previo a la fermentación; ésta se efectúa preferentemente en grandes reactores provistos de sistemas de agitación mediante levaduras de destilería o de fábrica de aguardiente. (Carretero, 2006. p. 79)

7.2.4. Preparación de envase

El envase es recolectado de las instalaciones del proveedor hacia la empresa. Al ingresar este envase se realiza una inspección para la verificación que cumpla los parámetros establecidos para su uso. Posteriormente se procede a un trasegado del empaque de proveedor a unas cajillas plásticas. Ya en las cajillas se traslada al carril de la línea de producciones para que siga su proceso.

7.2.5. Lavado de envase

Al ser colocados en el carril de línea de producción, una máquina se encarga de separar todo el conjunto de envases de sus cajillas plásticas. Los envases pasan por un scanner el cual desecha aquellos envases que no cumplan

con los estándares establecidos previamente. Luego estos envases pasan a la lavadora en la cual se les introduce agua dura por medio de una varilla metálica con orificio en el centro.

Figura 2. **Área de lavado de envase**

Fuente: [Fotografía de Johnattan Butz]. (Mixco, Ciudad de Guatemala. 2022). Colección particular. Guatemala.

7.2.6. Envasado de producto

Al tener ya limpio el envase, se procede con la colocación de etiqueta dependiendo del producto a envasar. Posteriormente pasan al llenado del licor mediante una válvula que genera vacío ocasionando que el líquido ingrese hasta el nivel de la válvula. Ya con el líquido en la botella se procede a colocar la tapa en una máquina automática. Al estar el producto sellado pasa nuevamente por un scanner el cual verifica que el nivel del líquido sea el adecuado; de lo contrario este se desecha.

7.2.7. Presupuesto de envasado

Como indica Burbano (2011) un presupuesto es la estimación programada, de manera sistemática, de las condiciones de operación y de los resultados a obtener por un organismo en un periodo determinado. Los buenos dirigentes de las empresas deben planificar con inteligencia el tamaño de las operaciones, los ingresos y gastos, con el objetivo de la obtención de utilidades.

Cuanto menor será el grado de acierto en la predicción del presupuesto de una empresa, en consecuencia, la investigación que se debe de realizar sobre la influencia que ejercerán los factores no controlables por la gerencia sobre los resultados finales de un negocio será mayores.

> Las organizaciones hacen de una parte un medio económico en el que predomina la incertidumbre, por ello deben planear sus actividades si pretenden sostenerse en el mercado competitivo, puesto que cuanto mayor sea la incertidumbre, mayores serán los riesgos por asumir. (Burbano, 2011, p. 19)

7.2.8. Calidad

Es de suma importancia que todos los procesos en las empresas cuenten con sus respectivas normas y estándares de calidad; esto permite que se lleve un control adecuado en cada proceso y se asegure al final un producto que no pueda perjudicar al cliente final. Adicional permiten que los productos puedan ser exportados y darle mayor mercado a la empresa.

> El diseño y los materiales de envasado deberán ofrecer una protección adecuada de los productos para reducir al mínimo la contaminación, evitar

daños y permitir un etiquetado apropiado. Cuando se utilicen materiales o gases para el envasado, éstos no deberán ser tóxicos ni representar una amenaza para la inocuidad y la aptitud de los alimentos en las condiciones de almacenamiento y uso especificadas. Cuando proceda, el material de envasado reutilizable deberá tener una duración adecuada, ser fácil de limpiar y, en caso necesario, de desinfectar. (Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación, 2002. p. 81)

Adicional, se debe analizar individualmente los elementos que interactúan durante el proceso para asegurar que a nivel general se cumplan los estándares. La calidad no debe ofrecerse única y exclusivamente en los productos finales, sino que debe estar presente a lo largo de todo el proceso de producción, incluyendo la fabricación. El agua es de suma importancia para los procesos industriales de todos los sectores. Es un recurso que nos ayuda en el tratamiento, procesamiento y refinamiento de productos, así como también para la limpieza de equipos y materiales empleados en el proceso.

7.2.9. Impacto ambiental

Con el pasar del tiempo, las empresas procuran cada vez ir mejorando sus procesos, pero al mismo tiempo hacerlos más amigables con el ambiente. Empresas alrededor del mundo se suman a este estilo productivo, por lo cual para poder realizar comercio entre empresas o países algunos requieren que su proceso productivo sea certificado o validado que cuenta con procedimientos que busquen reducir un impacto significativo en la naturaleza.

Las bebidas, tanto alcohólicas como no alcohólicas, se producen normalmente siguiendo unas directrices sanitarias estrictas establecidas por la legislación gubernamental. Para cumplir esas directrices, el equipo

de las fábricas de bebidas tiene que estar constantemente limpio y desinfectado con agentes de limpieza agresivos. (Ward, 2012. p. 12)

7.3. Proceso de recirculación de agua

Los procesos de recirculación de agua tienen el propósito de poder aprovechar al máximo este recurso por medio de distintas metodologías. En estas es necesario el constante control de parámetros del agua para asegurar que cumple con la función principal de limpiar y que este no deje residuos que puedan ocasionar alteración en el producto final.

7.3.1. Materia prima

Para el proceso de recirculación de agua en la línea es necesario la implementación de distintos equipos y materiales. Estos nos permiten asegurar que el agua que se esté recirculando cumpla con los parámetros de calidad y permitan mejorar la eficiencia operacional de la máquina. Por lo cual se necesitan los siguientes materiales:

- Luz UV: tal y como indica Wright y Cairns (1998) la luz ultravioleta (UV) es una alternativa establecida y de creciente popularidad al uso de químicos para la desinfección de agua, agua residual y de aguas industriales de varias calidades. Estos sistemas son diseñados para un rango vasto de aplicaciones siempre que se dé la atención debida a la calidad del agua siendo esta desinfectada y los objetivos de desinfección buscados.

- Filtros de 0.1 y 0.5 micras: el proceso de microfiltración se realiza mediante una filtración de un medio microporoso que se encarga de retener los sólidos suspendidos de un fluido. Este tamaño de poro de la membrana

está en un rango de 0.1 a 1 micra. Estos permiten que el agua pase a través de ellos, removiendo materia orgánica, pequeños coloides y bacterias.

- Bomba recirculante: las bombas circuladoras son aquellas su función es la de impulsar y transportar un fluido salvando las pérdidas y saltos energéticos que puedan ocasionar. Estas deben tener la suficiente potencia para poder mantener un circuito cerrado y continuo en el cual el caudal alimentado sea constante.

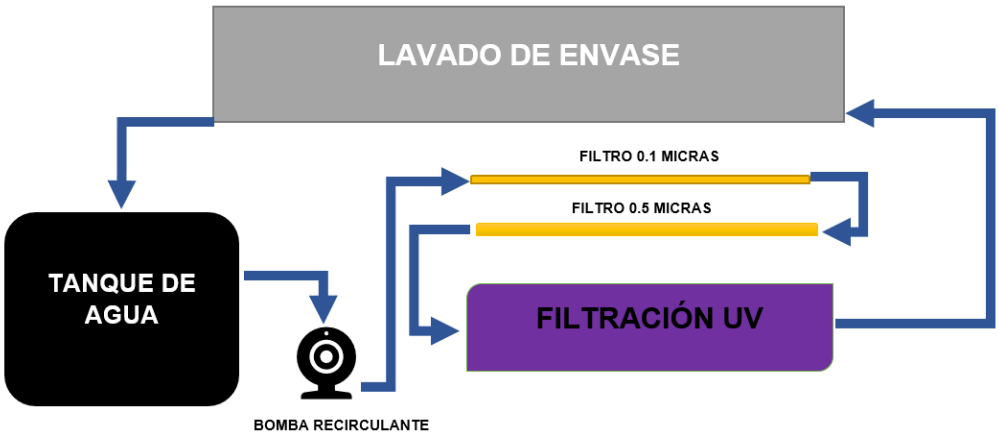
7.3.2. Operación de envasado

Con el implemento del sistema de recirculación de agua en la parte de lavado de envase, la operación sufre modificaciones para asegurar que el producto salga en correctas condiciones. Por lo cual se debe verificar que el nuevo procedimiento sea avalado por la parte de producción, mantenimiento y control de calidad.

7.3.3. Lavado de envase

El lavado de envase tiene una pequeña adición en la cual el agua en lugar de desecharse pasa a un pequeño tanque en el cual se mezcla con una solución acuosa con alcohol en un rango de 20 % a 30 %. Posterior a ello esta agua es impulsada por una bomba circuladora. Esta pasa por un filtro de 0.1 micras y posterior a un filtro de 0.5 micras. En su última etapa este atraviesa por una luz ultravioleta para nuevamente ingresar al circuito de lavado de envase.

Figura 3. **Diagrama de recirculación de agua**



Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft PowerPoint.

7.3.4. Estudio económico

Según Baca (2006), un estudio económico se basa en ordenar y sistematizar los datos relacionados a las características monetarias de los proyectos. Estos datos son los resultados de la investigación, que sirven como una base fundamental para verificar la rentabilidad económica del proyecto de investigación. Estos son realizados por la parte financiera de la empresa la cual traslada los resultados a la gerencia o las financiadoras del proyecto.

7.3.4.1. Inversión

Como indica Foncrei (2000), la inversión es la especificación de los recursos financieros necesarios para la instalación y la puesta en funcionamiento de la planta industrial. Esta se divide en dos tipos: inversiones fijas que pueden ser tangibles e intangibles y en las inversiones en activos circulantes o capital de trabajo.

- Inversiones fijas tangibles: estas son las que se obtienen únicamente al comienzo de la instalación del proyecto y son utilizadas hasta el final de su vida útil. En estos podemos contemplar terrenos, maquinaria, equipos, construcciones, muebles, equipos de oficina, instalación y montaje (Foncrei, 2000).

- Inversiones fijas intangibles: en estos se presentan los aspectos no materiales que deben ser considerados para la correcta creación de una empresa. entre estos podemos tomar en cuenta: costos de la organización, costos del proyecto, costos de ingeniería y administración de la instalación, costoso de puesta en marcha, intereses durante la construcción e imprevistos (Foncrei, 2000).

7.3.4.2. Costos

Como indica Foncrei (2000), los costos se refieren a aquellos insumos que se incorporan al producto terminado en forma directa. Esto también es referido como esas inversiones necesarias para la producción del bien o el servicio. Estos se dan tanto en la parte administrativa de las industrias como en la parte productiva. Entre estos podemos contemplar:

- Costo de materias primas
- Costo de mano de obra directa
- Costo de agua
- Mantenimiento

7.3.5. Calidad

En el caso del agua recirculada, se deben de considerar diferentes aspectos que nos permitan validar que el producto a envasar no sufrirá ningún cambio que perjudique al consumidor final y que tampoco cambie las propiedades del producto. Por lo cual se debe tener un estricto cuidado para realizar las pruebas pertinentes.

> El agua recirculada para reutilización deberá tratarse y mantenerse en tales condiciones que de su uso no derive ningún peligro para la inocuidad y la aptitud de los alimentos. El proceso de tratamiento deberá supervisarse de manera eficaz. El agua recirculada que no haya recibido un tratamiento ulterior y el agua que se recupera de la elaboración de los alimentos por evaporación o desecación podrán utilizarse siempre que esto no represente un riesgo para la inocuidad y la aptitud de los alimentos. (Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación, 2002. p. 81)

Adicional se debe considerar los siguientes puntos críticos para el uso del agua:

- El agua se analiza mediante el proveedor o municipio, esto en un tiempo prudencial para verificar si esta es potable.

- El agua que su procedencia sea distinta a las que se proporciona el municipio, deben de ser tratadas y realizar las pruebas respectivas.

- Las conexiones entre los conductos que abastecen el agua potable y no potable deben estar separadas.

- Para el caso en donde el agua sea almacenada, el área de reposo debe ser adecuada para esto.

- La temperatura, volumen y presión del agua deben ser adecuadas para la requisición de planta durante su funcionamiento.

- Para el uso de productos químicos en el tratamiento de agua, no deben dejar residuos.

7.3.6. Pruebas de control de calidad del proceso

Debido a que el agua será un papel importante en el proceso de limpieza y lavado de envase, se deben considerar ciertas pruebas específicas para garantizar que el envase no esté comprometido y pueda llegar a afectar el producto envasado; por lo cual es importante considerar los siguientes parámetros:

- pH del agua: “la acidez y la alcalinidad son características muy importantes en un cuerpo de agua el pH se encarga de medirlo. En su mayoría los cuerpos de agua natural tienen un pH entre 5 a 10” (Vargas, 2017. p. 23). Por lo cual se debe mantener un rango de 6.5 a 9 para evitar posibles contaminantes con el producto a envasar y daños en el equipo.

- Análisis microbiológicos: “los miembros de los dos grupos de bacterias: coliformes y estreptococos fecales, son usados como indicadores microbiológicos universales de calidad del agua” (Neil, 2004. p. 45). Ya que en estos pueden identificarse heces humanas y heces animales. Para este proceso es importante verificar los siguientes indicadores: coliformes totales y E. coli.

- Grado alcohólico: el agua que se procederá a recircular se mezcla en una solución con alcohol etílico al 70 % como un método de limpieza de algún residuo que se haya quedado al limpiar el envase. Esta solución debe mantenerse en un rango de 20 % al 30 % de alcohol. Esto asegura que el agua a reingresar en el sistema no presente contaminación y de igual manera no dañe el equipo.

8. PROPUESTA DE ÍNDICE DE CONTENIDOS

ÍNDICE GENERAL
ÍNDICE DE ILUSTRACIONES
LISTA DE SÍMBOLOS
GLOSARIO
RESUMEN
PLANTEAMIENTO DE PROBLEMA
OBJETIVOS
METODOLOGÍA
INTRODUCCIÓN

1. MARCO TEÓRICO
    1.1. Los licores y su industria
        1.1.1. Salud y seguridad en la industria de licores
    1.2. Proceso de envasado
        1.2.1. Materia prima de envasado
        1.2.2. Operación de envasado
        1.2.3. Preparación de licor
        1.2.4. Preparación de envase
        1.2.5. Lavado de envase
        1.2.6. Envasado de producto
        1.2.7. Presupuesto de envasado
        1.2.8. Calidad
        1.2.9. Impacto Ambiental
    1.3. Proceso de recirculación de agua
        1.3.1. Materia prima

1.3.2. Operación de envasado
1.3.3. Lavado de envase
1.3.4. Estudio económico
1.3.4.1. Inversión
1.3.4.2. Costos
1.3.5. Calidad
1.3.6. Pruebas de control de calidad del proceso

2. DESARROLLO DE LA INVESTIGACIÓN
2.1. Revisión documental
2.2. Diagnóstico del proceso de envasado
2.3. Análisis del proceso de lavado de envase
2.4. Implementación del proceso de recirculación de agua

3. PRESENTACIÓN DE RESULTADOS

4. DISCUSIÓN DE RESULTADOS

CONCLUSIONES
RECOMENDACIONES
REFERENCIAS
APÉNDICES
ANEXOS

9. METODOLOGÍA

La metodología presentada en la siguiente investigación tiene un enfoque mixto, un diseño de investigación no experimental, un estudio transversal y de tipo descriptivo. Con lo cual a continuación se ampliará a detalle la metodología que se usará para reducir el consumo de agua suave para el proceso de lavado de envase en la línea de producción.

9.1. Características del estudio

El enfoque de la investigación es mixto, es decir que se compone de análisis cualitativo ya que observa como es el comportamiento de los colaboradores antes y después de la propuesta de un proceso de recirculación de agua en el lavado de envase, y variables cuantitativas como la medición del consumo de agua suave al día en la línea de producción.

El diseño de esta investigación es no experimental, porque se analizará el consumo de agua suave para el lavado de envases en la línea de producción se analizará en su estado original sin ninguna manipulación, esto se realizará para poder reducir el consumo de agua suave en la línea de producción. Adicional se utilizarán métodos estadísticos para el tratamiento de la información.

El tipo de estudio será transversal pues se analizarán las variables luego de la recopilación de datos. Se recolectarán datos en las condiciones iniciales de la línea de producción de consumo de agua suave para el proceso de lavado de envase y posteriormente a la implementación del sistema de recirculación de agua se volverá a recopilar los datos.

El alcance de la investigación será de tipo descriptivo, ya que se detallará como es el proceso de envasado, se especificará el proceso de lavado de envase con la implementación de recirculación de agua para el proceso de lavado de envase en la línea de producción para reducir el consumo de agua suave y cuáles son sus indicadores para el correcto funcionamiento.

9.2. Variables e indicadores

A continuación, se da una descripción conceptual de las variables e indicadores que se utilizarán durante el desarrollo del estudia de investigación, de la misma manera se dará la descripción operativa para el proceso de lavado de envase en la línea de producción enfocado en la reducción de consumo de agua suave:

9.2.1. Variables cualitativas

Las variables cualitativas nos permiten analizar y describir cualidades que no pueden ser definidas por un número. Por lo cual para la investigación es de mucha ayuda en las primeras fases de estudio para comprender el entorno inicial del proceso de envasado y cómo este se comportará posteriormente a la implementación del sistema de recirculación de agua en el proceso de lavado de envase.

Proceso de envasado: La importancia de los procesos fue apareciendo de forma progresiva en los modelos de gestión empresarial. No irrumpieron con fuerza como la solución, sino se les fue considerando poco a poco como unos medios muy útiles para transformar la empresa (Zaratiegui, 1999, p.82). Por lo que se establecerá cual es el proceso de envasado que debe realizarse en la planta.

9.2.2. Variables cuantitativas

Las variables cuantitativas nos permiten analizar y describir procesos por medio de un dato numérico. Por lo cual podemos aplicar métodos estadísticos que nos permiten conocer el estado de un proceso. Para la presente investigación serán de ayuda para determinar la cantidad de agua suave que se consume en el proceso de lavado en sus condiciones iniciales y ya con el sistema de recirculación de agua. Adicional de ver la eficiencia del sistema de recirculación de agua.

- Índice de consumo de agua del proceso de lavado: este índice nos permitirá conocer la cantidad de agua suave necesaria para el proceso de lavado de envase, para lo cual se trabajará con una base de 1,000 envases. Este se calculará con la cantidad de litros de agua suave consumidos para poder lavar 1,000 envases.

$$ICI = \frac{\text{Consumo ASI}}{\text{ENV}} \qquad \text{(Ec. 1)}$$

Dónde:

ICI = índice de consumo de agua suave en condiciones iniciales.
ASI = consumo de agua suave en condiciones iniciales.
ENV = cantidad de envases a analizar (1,000).

- Índice de consumo de agua del proceso de lavado con sistema de recirculación: este índice nos permitirá conocer la cantidad de agua suave necesaria para el proceso de lavado de envase ya con el sistema de recirculación implementado. Se trabajará con una base de 1,000 envases.

Este se calculará con la cantidad de litros de agua suave consumidos con el sistema de recirculación para poder lavar 1,000 envases.

$$ICR = \frac{\text{Consumo ASR}}{\text{ENV}} \qquad \text{(Ec. 2)}$$

Dónde:

ICR = índice de consumo de agua suave con sistema de recirculación.
ASR = consumo de agua suave con sistema de recirculación.
ENV = cantidad de envases a analizar (1,000).

- Eficiencia del sistema de recirculación de agua: para determinar si la implementación del sistema de recirculación de agua reduce el consumo, se evaluará la eficiencia de este. Este se calculará restando el índice de consumo de agua suave en condiciones iniciales del índice de consumo de agua suave con sistema de recirculación, dentro del índice de consumo de agua suave con sistema de recirculación multiplicado por 100.

$$ESR = \frac{ICI - ICR}{\text{ICR}} * 100 \qquad \text{(Ec. 3)}$$

Dónde:

ESR = eficiencia del sistema de recirculación de agua.
ICI = índice de consumo de agua suave en condiciones iniciales.
ICR = índice de consumo de agua suave con sistema de recirculación.

9.3. Matriz de consistencia

En la tabla I se muestran los objetivos de la investigación, las variables, indicadores y técnicas de recolección.

Tabla I. **Matriz de variables**

Objetivo	Variable	Tipo de variable	Indicador	Técnica de recolección
Diagnosticar el proceso de envasado en la línea de producción N3 en una empresa de bebidas alcohólicas	Proceso de envasado	Cualitativa	Condiciones iniciales	Observación / Encuestas / Lista de chequeo
Identificar los factores que ocasionan el aumento del consumo de agua suave en el proceso de lavado en la línea de producción N3 en una empresa de bebidas alcohólicas	Índice de consumo de agua del proceso de lavado	Cualitativa	(Consumo ASI) / ENV	Digitalización de datos
Determinar los indicadores de un sistema de recirculación de agua en el procedimiento de lavado en la línea de producción N3 en una empresa de bebidas alcohólicas	Índice de consumo de agua del proceso de lavado con sistema de recirculación	Cuantitativa	(Consumo ASR) / ENV	Digitalización de datos
	Eficiencia del sistema de recirculación de agua	Cuantitativa	(ICI -ICR) / ICR * 100	Digitalización de datos

Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Excel.

9.4. Fases de la investigación

El presente estudio de investigación será desarrollado en cuatro fases o etapas las cuales permitirán definir el proceso de envasado en las condiciones iniciales de la línea de producción, hasta la evaluación de la implementación de un proceso de recirculación de agua para la reducción del consumo de agua suave en el proceso de lavado de envase.

9.4.1. Fase I: revisión documental

En esta fase se tiene la elaboración del anteproyecto del estudio de investigación en la cual se toman en cuenta las preguntas de investigación las cuales nos darán una guía para cumplir con los objetivos del estudio. Se tomarán tesis de maestría nacionales e internacionales que servirán como consulta para establecerse como un antecedente sólido para la investigación.

9.4.2. Fase II: diagnóstico del proceso de envasado

En esta fase se determinará las condiciones y procesos con los que se trabaja en la línea de producción al envasar un producto. Esta información será recopilada mediante la observación de los procesos, entrevistas a los supervisores de producción, operarios de planta y personal de calidad. Adicional se analizarán los reportes de producción y análisis de calidad que se realizan a diario.

9.4.3. Fase III: análisis del proceso de lavado de envase

Para esta fase se necesitará la recopilación y evaluación de los consumos de agua suave que se tienen al día en la línea de producción para el proceso de

lavado de envase, así como el procedimiento que se realiza y cuál es el recomendado por el fabricante. Por medio de una lista de chequeo se analizará el proceso de lavado de envase, así como las personas y materiales involucrados en el mismo.

9.4.4. Fase IV: implementación del proceso de recirculación de agua

Esta fase final se desarrollará la propuesta para la implementación de un proceso de recirculación de agua, en la cual se tendrán indicadores que permitan verificar que el proceso sea efectivo y cumpla con los estándares de calidad. Los datos que se obtuvieron en la fase III del consumo diario de agua suave y los análisis de calidad serán utilizados como base para los indicadores.

9.5. Población y muestra

La población en estudio será el consumo diario de agua suave en línea de producción para el lavado de envases, específicamente se analizarán 90 muestras. Utilizando un muestreo de forma estadística con un nivel de confianza del 95 % y con un error del 5 % el tamaño de la muestra se determinará a partir de la siguiente ecuación:

$$n = \frac{\mathrm{N}\sigma^2 Z^2}{e^2 * (N-1) + \sigma^2 Z^2} \qquad \text{(Ec. 4)}$$

Dónde:

n = tamaño de la muestra
N = tamaño de la población
σ = desviación estándar de la población (0.5 por convención)

Z = nivel de confianza (95 % para este estudio)

e = error de estimación máxima esperado (5 % para este estudio)

Tomando 60 muestras como el tamaño de nuestra población se tiene:

$$n = \frac{90 * (0.5)^2 (95\ \%)^2}{(5\ \%)^2 * (90 - 1) + (0.5)^2 (95\ \%)^2} = 45.31\ \cong 45\ muestras$$

Con lo cual se hará un muestreo de consumo de agua suave en la línea de producción de 45 muestras, en los cuales se adicionarán los análisis de calidad. Luego de la instalación del sistema de recirculación, se hará nuevamente un muestreo de consumo de agua suave durante 45 días en conjunto con los análisis de calidad.

9.6. Técnicas y metodología

En la siguiente investigación se consideran las siguientes técnicas, metodologías y herramientas para la colección de información sobre las variables planteadas. Estos nos permitirán que los datos obtenidos de la investigación sean válidos y confiables para el estudio, permitiendo establecer resultados claros.

- Observación: por medio de la observación en el día a día, se recopilará información necesaria en la línea de producción para cada uno de los procesos involucrados; contemplando desde el inicio de la preparación de la línea, lavado de envase, llenado de producto y colocación de producto final para comprender mejor el proceso.

- Entrevistas: por medio de las entrevistas a los supervisores de producción y operarios de la línea de producción, se obtendrán datos que respaldarán

y ayudarán a comprender las variables y características que se involucran en el proceso de envasado. Adicional se entrevistará al personal de calidad y mantenimiento que participe en el proceso.

- Digitalización de datos: mediante la inspección de los documentos, es decir los datos de consumo de agua suave al día en la línea de producción, así como los análisis de calidad, el investigador podrá conocer la información de cómo se encuentran dichos procesos en sus condiciones iniciales.

9.7. Resultados esperados

Con la presente investigación se pretende reducir el consumo de agua suave con la implementación de un sistema que permita recircular el agua en el proceso de lavado de envase. Con lo cual esto se llevará a cabo estableciendo antecedentes de tesis de maestrías con temas relacionados, comprendiendo cómo se lleva a cabo el proceso de envasado en la planta y analizando los resultados obtenidos del consumo. Adicional se iniciará con la implementación de una conciencia ecológica en los procesos de producción en la planta.

10. TÉCNICAS DE ANÁLISIS DE INFORMACIÓN

Para analizar la información obtenida mediante la recolección de datos de las entrevistas, lista de chequeo, informes de consumo de agua suave, análisis de calidad; se presentan las herramientas estadísticas que ayudarán a su interpretación para poder concluir los resultados obtenidos. El estudio abarcará 45 días de análisis.

10.1. Media

La media nos ayudará a poder calcular los promedios de consumo de agua suave al día en el proceso de lavado de envase en la planta, esto tanto para el proceso inicial como para el proceso con el sistema de recirculación de agua. Adicional se calcularán los promedios de los valores de análisis de control de calidad del agua. Su fórmula es la siguiente:

$$\bar{X} = \frac{\sum_{i=1}^{n} x_i}{\mathrm{n}} \qquad \text{(Ec. 5)}$$

10.2. Varianza y desviación

La varianza y desviación estándar permitirán medir la dispersión de los datos recolectados del consumo de agua suave diario con las condiciones iniciales y los datos recolectados del consumo de agua suave diario ya con el sistema de recirculación en funcionamiento en la línea de producción. Su fórmula es la siguiente:

$$\sigma^2 = \frac{\sum_1^N (x_i - \bar{X})^2}{\mathrm{N}} \qquad \text{(Ec. 6)}$$

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum_1^N (x_i - \bar{X})^2}{\mathrm{N}}} \qquad \text{(Ec. 7)}$$

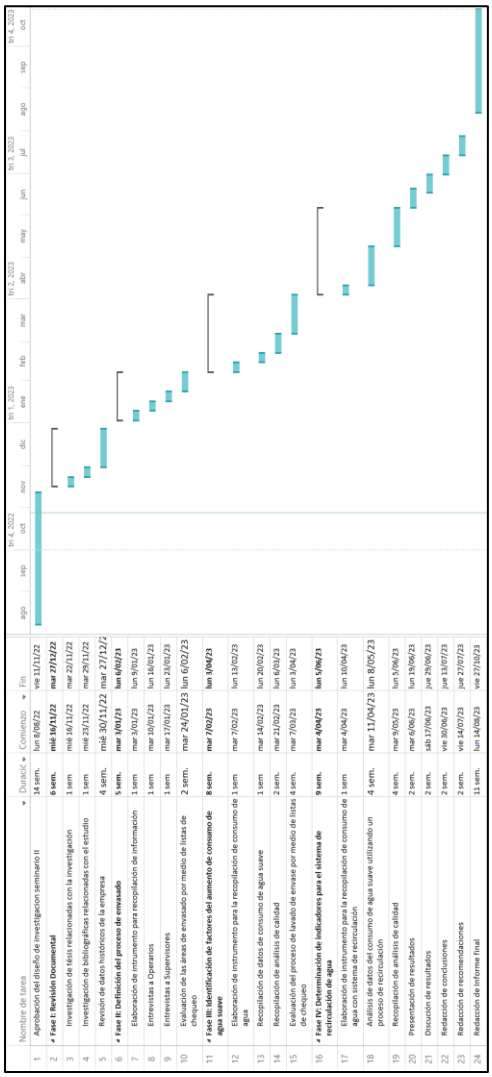
10.3. Gráfico de histograma

Los resultados obtenidos del consumo de agua suave diario con las condiciones iniciales serán comparados con el consumo de agua suave diarios con el sistema de recirculación implementado; mediante un histograma para visualizar en un panorama general la distribución de estos datos. Su fórmula es la siguiente:

$$W = \frac{\mathrm{R}}{\mathrm{K}} \qquad \text{(Ec. 8)}$$

11. CRONOGRAMA

Tabla II. **Cronograma de actividades para la implementación de un sistema de recirculación de agua en el lavado de envase**



	Nombre de tarea	Duración	Comienzo	Fin
1	Aprobación del diseño de investigacion seminario II	14 sem.	lun 8/08/22	vie 11/11/22
2	**Fase I: Revisión Documental**	**6 sem.**	**mié 16/11/22**	**mar 27/12/22**
3	Investigación de tésis relacionadas con la investigación	1 sem	mié 16/11/22	mar 22/11/22
4	Investigación de bibliográficas relacionadas con el estudio	1 sem	mié 23/11/22	mar 29/11/22
5	Revisión de datos históricos de la empresa	4 sem.	mié 30/11/22	mar 27/12/22
6	**Fase II: Definición del proceso de envasado**	**5 sem.**	**mar 3/01/23**	**lun 6/02/23**
7	Elaboración de instrumento para recopilación de información	1 sem	mar 3/01/23	lun 9/01/23
8	Entrevistas a Operarios	1 sem	mar 10/01/23	lun 16/01/23
9	Entrevistas a Supervisores	1 sem	mar 17/01/23	lun 23/01/23
10	Evaluación de las áreas de envasado por medio de listas de chequeo	2 sem.	mar 24/01/23	lun 6/02/23
11	**Fase III: Identificación de factores del aumento de consumo de agua suave**	**8 sem.**	**mar 7/02/23**	**lun 3/04/23**
12	Elaboración de instrumento para la recopilación de consumo de agua	1 sem	mar 7/02/23	lun 13/02/23
13	Recopilación de datos de consumo de agua suave	1 sem	mar 14/02/23	lun 20/02/23
14	Recopilación de análisis de calidad	2 sem.	mar 21/02/23	lun 6/03/23
15	Evaluación del proceso de lavado de envase por medio de listas de chequeo	4 sem.	mar 7/03/23	lun 3/04/23
16	**Fase IV: Determinación de Indicadores para el sistema de recirculación de agua**	**9 sem.**	**mar 4/04/23**	**lun 5/06/23**
17	Elaboración de instrumento para la recopilación de consumo de agua con sistema de recirculación	1 sem	mar 4/04/23	lun 10/04/23
18	Análisis de datos del consumo de agua suave utilizando un proceso de recirculación	4 sem.	mar 11/04/23	lun 8/05/23
19	Recopilación de análisis de calidad	4 sem.	mar 9/05/23	lun 5/06/23
20	Presentación de resultados	2 sem.	mar 6/06/23	lun 19/06/23
21	Discución de resultados	2 sem.	sáb 17/06/23	jue 29/06/23
22	Redacción de conclusiones	2 sem.	vie 30/06/23	jue 13/07/23
23	Redacción de recomendaciones	2 sem.	vie 14/07/23	jue 27/07/23
24	Redacción de informe final	11 sem.	lun 14/08/23	vie 27/10/23

Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Project.

12. FACTIBILIDAD DEL ESTUDIO

El estudio de investigación se considera factible debido a que los gastos reflejados en la tabla III serán costeados en su totalidad por el investigador. La empresa tiene la plena disposición para compartir la información necesaria para que se lleve a cabo la investigación. A continuación, se detalla cuáles son los recursos para utilizar:

Tabla III. **Recursos necesarios para la investigación**

Descripción	Unidades	Costo unitario	Costo total
Recurso humano			
Honorarios asesor (ad honorem)	1	Q.	Q.
Recursos materiales			
Impresiones	400	Q. 0.25	Q. 100.00
Papel bond tamaño carta (resma)	5	Q. 19.25	Q. 96.25
Tinta para impresora	4	Q. 115.00	Q. 460.00
Bolígrafo	5	Q. 1.25	Q. 6.25
Servicios			
Servicio de internet	6	Q 505.00	Q. 3,030.00
Transporte	6	Q 800.00	Q. 4,800.00
Servicio telefónico	6	Q. 300.00	Q. 1,800.00
Total			**Q. 9,372.50**

Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Excel.

13. REFERENCIAS

1. Baca, G. (2006). *Evaluación de proyectos.* México: Editorial McGrawHill.

2. Burbano, R. (2011). *Presupuestos Enfoque de gestión, planeación y control de recursos*. Guatemala: Universidad del Valle. Recuperado de https://catedrafinancierags.files.wordpress.com/2015/03/burbano-presupuestos-enfoque-de-gestic3b3n.pdf.

3. Carreteto, F. (2011). *Innovación Tecnológica en la Industria de Bebidas. Barcelona, España* (Tesis de licenciatura). Escuela Universitaria de Ingenieria Técnica Industrial de Barcelona, España. Recuperado de https://upcommons.upc.edu/bitstream/handle/2099.1/4867/00_Portada.pdf?sequence=1&isAllowed=y.

4. Chase, R., Jacobs, F. y Aquilano, N. (2009). *Administración de operaciones. Producción y cadena de suministros*. México: McGraw-Hill. Recuperado de https://www.academia.edu/36074469/Chase_R_Jacobs_R_and_Alquilano_N_2009_Administraci%C3%B3n_de_Operaciones_12_edici%C3%B3n.

5. Foncrei. (2000). *Manual para la formulación y evaluación de proyectos*. Venezuela: Autor.

6. Fontaine, E. (enero, 2008). La evaluación privada y social de proyectos: el rol del Estado. *Panorama Socioeconómico, 26*(36). 8-17. Recuperado de https://www.redalyc.org/pdf/399/39903602.pdf.

7. García, C. (2018). *Optimización de los costos de operación de la planta de tratamiento de agua residual de una industria manufacturera de productos de cuidado del hogar (jábón), cumpliendo el con el decreto ley 236-2006*. (Tesis de maestría) Universidad de San Carlos de Guatemala, Guatemala.

8. Godínez, P. (2019). *Metodología de innovación Design Thinking y su aplicación en el lanzamiento de un producto alimenticio* (Tesis de maestría). Universidad Nacional Autónoma de México, México.

9. Martínez, M. (2018). *Evaluación del sistema hídrico productivo del valle del Mezquital: costos y beneficios del tratamiento del agua residual* (Tesis de maestría). Universidad Nacional Autónoma de México, México. Recuperado de http://132.248.9.195/ptd2018/enero/0769746/0769746.pdf.

10. Mux, V. (2022). *Determinación del índice de sostenibilidad hídrica de ceucnas de la parte alta del río Naranjo* (Tesis de maestría). Universidad De San Carlos de Guatemala, Guatemala.

11. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (2002). *Sistemas de Caludad e Inocuidad de los Alimentos; Manual de capacitación sobre higiene de los alimentos y sobre el siste de Análisis de Peligros y de Puntos Críticos de*

Control (APPCC). Roma: Editorial Dirección de información de la FAO.

12. Portillo, M. (2019). *Utilización de método Deming para mejorar el proceso de preparación de jarabe estándar, mediante la recuperación de azúcar contenida en agua de lavado de cocinas continuas, en una fábrica de confitería en el municipio de Escuintla* (Tesis de maestría). Universidad de San Carlos de Guatemala, Guatemala.

13. Quiñonez, I. (2017). *Remoción de contaminantes emergentes en aguas residuales utilizando reactores anóxico y aerobio con membrana sumergida* (Tesis de maestría). Universidad Nacional Autónoma de México, México. Recuperado de http://132.248.9.195/ptd2017/agosto/0764593/0764593.pdf.

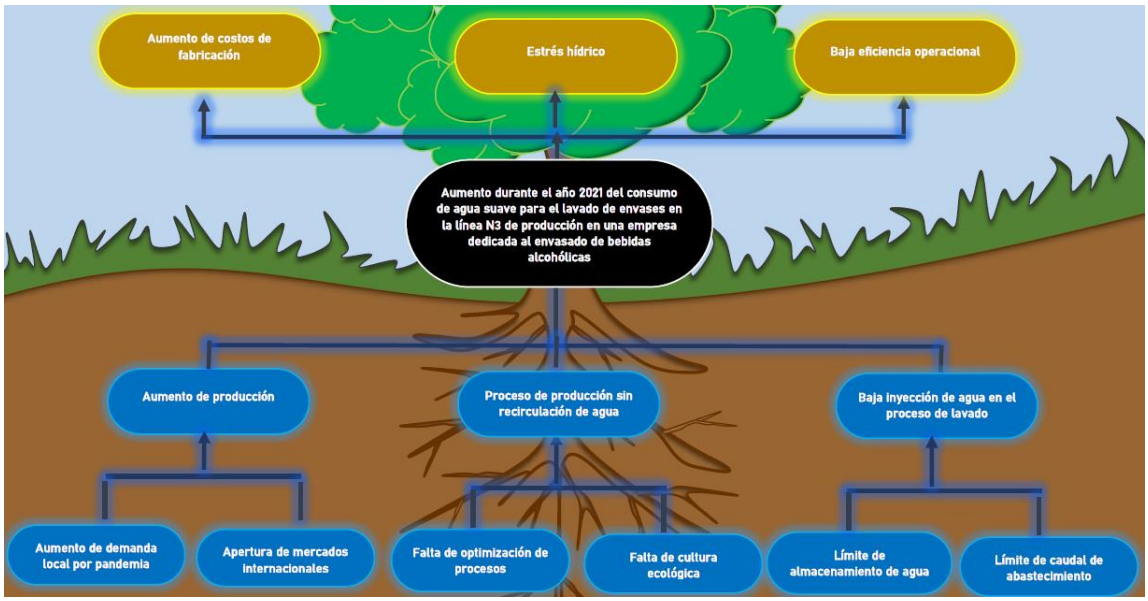
14. Vargas, A. (2017). *Uso de un sistema de recirculación acuaponico para conservar la calidad del agua en los estanques de producción de Tilapia (Oreochromis nicoticus) de la empresa Lima Vías Express, Chorrillos-Lima* (Tesis de licenciatura). Universidad César Vallejo, Perú. Recuperado de https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/12616.

15. Ward, L. (2012). *Enciclopedia de salud y seguridad en el trabajo.* Madrid, España: Editorial Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo.

16. Wright, H. y Cairns, W. (1998) *Desinfección de agua por medio de luz ultravioleta.* Ontario, Canada: Editorial Anales.

14. APENDICES

Apéndice 1. **Árbol del problema**



Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft PowerPoint.

Apéndice 2. **Matriz de coherencia**

Tema	Título	Problema	Pregunta Central	Preguntas Secundarias	Objetivo Central	Objetivos Secundarios
Área de operaciones y optimización de operaciones y procesos	Diseño de investigación de un sistema de recirculación de agua en el proceso de lavado para reducir el consumo de agua suave en una empresa de envasado de bebidas alcohólicas ubicada en Guatemala	Aumento durante el año 2021 del consumo de agua suave para el lavado de envases en la línea N3 de producción en una empresa dedicada al envasado de bebidas alcohólicas	¿Cuál sería el diseño de un sistema de recirculación de agua en la línea de producción N3 para el proceso de lavado en una empresa de envasado de bebidas alcohólicas para reducir el consumo de agua suave?	¿Cómo se realiza el proceso de envasado de producto en la línea de producción N3? ¿Qué factores ocasionan el aumento del consumo de agua suave en el proceso de lavado en la línea de producción N3? ¿Cuáles son los indicadores de un sistema de recirculación de agua en el procedimiento de lavado en la línea de	Elaborar un diseño para un sistema de recirculación de agua en el proceso de lavado para reducir el consumo de agua suave en una empresa de envasado de bebidas alcohólicas ubicada en la ciudad de Guatemala	Definir el proceso de envasado en la línea de producción N3 en una empresa de bebidas alcohólicas Identificar los factores que ocasionan el aumento del consumo de agua suave en el proceso de lavado en la línea de producción N3 en una empresa de bebidas alcohólicas Determinar los indicadores de un sistema de recirculación de agua en el procedimiento de lavado en la línea de producción N3 en una empresa de bebidas alcohólicas

Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Excel.