

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO



FACULTAD DE INGENIERÍA EN SISTEMAS, ELECTRÓNICA E INDUSTRIAL

MAESTRÍA EN PRODUCCIÓN Y OPERACIONES INDUSTRIALES

Tema: Implementación de una técnica de producción más limpia en el proceso de elaboración de vino de frutas, a través de la sustitución de la tecnología de pasteurización tradicional.

Trabajo de titulación previo a la obtención del grado académico de
Magister en Producción y Operaciones Industriales

Modalidad de titulación proyecto de desarrollo

Autor: Ingeniero Luis Rodrigo Valle Espinosa

Director: Ingeniero Manolo Alexander Córdova Suárez, Mg.

Ambato-Ecuador

2021

APROBACIÓN DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

A la Unidad Académica de Titulación de la Facultad de Ingeniería en Sistemas, Electrónica e Industrial.

El Tribunal receptor de la Defensa del Trabajo de Titulación presidido por la Ingeniera Elsa Pilar Urrutia Urrutia, Magíster, e integrado por los señores: Ingeniero, Edison Patricio Jordán Hidalgo Magíster, e Ingeniera, Jéssica Paola López Arboleda, Magister, designados por la Unidad Académica de Titulación de Posgrado de la Facultad de Ingeniería en Sistemas, Electrónica e Industrial de la Universidad Técnica de Ambato, para receptor el Trabajo de Titulación con el tema: “IMPLEMENTACIÓN DE UNA TÉCNICA DE PRODUCCIÓN MÁS LIMPIA EN EL PROCESO DE ELABORACIÓN DE VINO DE FRUTAS, A TRAVÉS DE LA SUSTITUCIÓN DE LA TECNOLOGÍA DE PASTEURIZACIÓN TRADICIONAL”, elaborado y presentado por el Señor Ingeniero Luis Rodrigo Valle Espinosa, para optar por el Grado Académico de Magíster en Producción y Operaciones Industriales; una vez escuchada la defensa oral del Trabajo de Titulación el Tribunal aprueba y remite el trabajo para uso y custodia en las bibliotecas de la Universidad Técnica de Ambato.



Firmado electrónicamente por:
**ELSA PILAR
URRUTIA**

Ing. Elsa Pilar Urrutia Urrutia, Mg.

Presidenta y Miembro del Tribunal de Defensa



Firmado electrónicamente por:
**EDISON
PATRICIO JORDAN
HIDALGO**

Ing. Edison Patricio Jordán Hidalgo, Mg.

Miembro del Tribunal de Defensa



Firmado electrónicamente por:
**JESSICA PAOLA
LOPEZ ARBOLEDA**

Ing. Jéssica Paola López Arboleda, Mg.

Miembro del Tribunal de Defensa

AUTORÍA DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

La responsabilidad de las opiniones, comentarios y críticas emitidas en el Trabajo de Titulación presentado con el tema: “IMPLEMENTACIÓN DE UNA TÉCNICA DE PRODUCCIÓN MÁS LIMPIA EN EL PROCESO DE ELABORACIÓN DE VINO DE FRUTAS, A TRAVÉS DE LA SUSTITUCIÓN DE LA TECNOLOGÍA DE PASTEURIZACIÓN TRADICIONAL”, le corresponde exclusivamente a: Ingeniero Luis Rodrigo Valle Espinosa, Autor bajo la dirección de Ingeniero Manolo Alexander Córdova Suárez, Magister, Director del Trabajo de Titulación; y el patrimonio intelectual a la Universidad Técnica de Ambato.



Firmado electrónicamente por:
**LUIS RODRIGO
VALLE
ESPINOSA**

Ing. Luis Rodrigo Valle Espinosa

AUTOR



Firmado electrónicamente por:
**MANOLO ALEXANDER
CORDOVA SUAREZ**

Ing. Manolo Alexander Córdova Suárez, Mg.

DIRECTOR

DERECHOS DE AUTOR

Autorizo a la Universidad Técnica de Ambato, para que el Trabajo de Titulación, sirva como un documento disponible para su lectura, consulta y procesos de investigación, según las normas de la Institución.

Cedo los Derechos de mi Trabajo de Titulación, con fines de difusión pública, además apruebo la reproducción de este, dentro de las regulaciones de la Universidad Técnica de Ambato.



Firmado electrónicamente por:
**LUIS RODRIGO
VALLE
ESPINOSA**

Ing. Luis Rodrigo Valle Espinosa

C.C.: 1803589355

ÍNDICE GENERAL

CONTENIDO

PORTADA	i
APROBACIÓN DEL TRABAJO DE TITULACIÓN	ii
AUTORÍA DEL TRABAJO DE TITULACIÓN	iii
DERECHOS DE AUTOR	iv
ÍNDICE DE TABLAS	vii
ÍNDICE DE FIGURAS	viii
AGRADECIMIENTO	ix
DEDICATORIA	x
RESUMEN EJECUTIVO	xi
EXECUTIVE SUMMARY	xiii
CAPITULO I	1
1.1 Introducción	1
1.2 Justificación	3
1.3 Objetivos	4
1.3.1 Objetivo general	4
1.3.2 Objetivos específicos	4
CAPITULO II	5
2.1 Estado del arte	5
2.2 Marco teórico	18
2.2.1 Producción más limpia en industrias de alimentos y bebidas	18
2.2.2 Reducción de residuos	21
2.2.3 Eficiencia energética	21
2.2.4 Sustitución de tecnologías en el procesamiento de bebidas	22
2.2.5 Reducción del consumo de agua	23
CAPITULO III	25
3.1 Ubicación	25
3.2 Equipos y materiales	25
3.2.1 Generador de Ozono	25
3.2.2 Equipo de inyección	26
3.2.3 Aparatos de medición	26
3.3 Tipo de investigación	27
3.4 Prueba de hipótesis	27
3.4.1 Variable independiente	27
3.4.2 Variable dependiente	27
3.4.3 Alcance	27
3.4.4 Hipótesis de investigación	28
3.4.5 Hipótesis nulas	28
3.5 Población o muestra	28
3.5.1 Población	28

3.5.2	Muestra	28
3.6	Recolección de la información	29
3.7	Procesamiento de la información y análisis estadístico	29
3.8	VARIABLES RESPUESTA	31
3.8.1	Delimitación de la línea base	31
3.8.2	Propuesta de sustitución	38
3.8.3	Identificación de mejoras	44
3.8.4	Ventajas competitivas	48
CAPITULO IV		50
4.1	Cuantificación de recursos (línea base)	50
4.2	Resultados de sustitución	54
4.3	Identificación de mejoras	58
4.3.1	Tiempo estándar de trabajo	59
4.3.2	Tiempo de ciclo del proceso	60
4.3.3	Productividad	61
4.3.4	Eficiencia	63
4.3.5	Costo de producción	64
4.3.6	Punto de equilibrio	66
4.3.7	Huella de carbono	68
4.3.8	Huella hídrica	69
4.4	Ventajas Competitivas	72
4.4.1	Matriz FODA	72
4.4.2	Matriz CANVAS	74
4.4.3	Matriz de PORTER	75
4.4.4	Resultado sensorial	76
4.5	Verificación de hipótesis	79
CAPITULO V		81
5.1	Conclusiones.....	81
5.2	Recomendaciones.....	82
5.3	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	83
5.4	ANEXOS.....	90

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Combinaciones de las muestras de vino ozonificado y pasteurizado para la prueba sensorial	30
Tabla 2. Matriz de selección para equipos de sustitución de la tecnología de pasteurización	40
Tabla 3. Cuantificación de recursos empleados durante la pasteurización por intercambio de calor	50
Tabla 4. Análisis de material particulado y emisiones	51
Tabla 5. Comparación de resultados con la legislación ambiental vigente	52
Tabla 6. Análisis bromatológico de efluente	53
Tabla 7. Recuento de mohos y levaduras (UFC/ml) de vino de frutas sin pasteurización, pasteurizada tradicionalmente y determinación del porcentaje de reducción microbiana	54
Tabla 8. Resultado microbiológico de muestra de vino aplicada una concentración de 1,5 mg/L de O ₃	55
Tabla 9. Resultados bromatológicos de muestra de vino tras inyección directa de ozono	56
Tabla 10. Datos relevantes para el cálculo del punto de equilibrio	66
Tabla 11. Distribución de frecuencias observadas y esperadas de la prueba sensorial triangular	76

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Ciclo de implementación de estrategias de P+L	11
Figura 2. Proceso de elaboración de vino de frutas	33
Figura 3. Diagrama de pasteurización de vino de frutas	34
Figura 4. Diagrama de un intercambiador de placas horizontal	34
Figura 5. Diagrama de caldero vertical	35
Figura 6. Equipo generador de ozono	41
Figura 7. Inyector Venturi de ½ pulgada de ozono en línea	42
Figura 8. Esquema de instalación del equipo ozonizador en línea continua	42
Figura 9. Herramienta huella de carbono 1+2	46
Figura 10. Herramienta Fuerzas Competitivas de PORTER	48
Figura 11. Comparación de los resultados bromatológicos de muestra de vino pasteurizada y muestra ozonificada	57
Figura 12. Comparación del empleo de recursos entre tecnologías de pasteurización	58
Figura 13. Gráfico comparativo de los resultados de identificación de mejoras	65
Figura 14. Gráfico de punto de equilibrio tras la sustitución de tecnología de pasteurización..	67
Figura 15. Mapa mundial de uso del agua en la industria de alimentos y bebidas	70
Figura 16. Distribución de frecuencias observadas y esperadas de la prueba sensorial triangular	77

AGRADECIMIENTO

“Concéntrate en el momento. Siente, no pienses, usa tu instinto”

A mi madre, por su apoyo incondicional, por su esfuerzo diario y por ser la mejor mamá del mundo, porque no alcanzan las palabras para describir y agradecer lo maravillosa que eres Mamita Chío.

A Soledad, *Amor de Mi Vida*, gracias por cada aventura, por cada minuto, por cada palabra de aliento, por tomar mi mano, por su apoyo y amor incondicional, ese que se siente en el corazón.

A mi silenciosa compañía, CHIKITIN, gracias por darme ánimo con tu tierna mirada y suspiros de aliento siempre estás conmigo.

A Industrias Licoreras Asociadas S.A. mi segunda casa, gracias por confiar en mí, por las oportunidades de crecimiento y desarrollo profesional.

POR SU CONFIANZA, SIEMPRE

Y a toda mi familia, gracias por su amor y cariño

DEDICATORIA

“Parte de la vida, la muerte es”

Para MAMINITA, porque en donde quiera que estés,
sé que siempre vas a estar orgullosa de mi.

TE AMO...

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO

FACULTAD DE INGENIERÍA EN SISTEMAS, ELECTRÓNICA E INDUSTRIAL

MAESTRÍA EN PRODUCCIÓN Y OPERACIONES INDUSTRIALES

TEMA:

“IMPLEMENTACIÓN DE UNA TÉCNICA DE PRODUCCIÓN MÁS LIMPIA EN EL PROCESO DE ELABORACIÓN DE VINO DE FRUTAS, A TRAVÉS DE LA SUSTITUCIÓN DE LA TECNOLOGÍA DE PASTEURIZACIÓN TRADICIONAL”

AUTOR: Ing. Luis Rodrigo Valle Espinosa

DIRECTOR: Ing. Manolo Alexander Córdova Suárez, Mg.

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:

- Medio ambiente

FECHA: 11 de julio, 2021

RESUMEN EJECUTIVO

Producción más limpia (P+L) consiste en implementar estrategias holísticas y continuas que permitan reducir los riesgos relevantes a las personas, al medio ambiente y a su entorno de manera preventiva e integrada a los procesos de producción, los productos y servicios como objetivos de una cadena de valor.

En Ecuador, la necesidad de desarrollar una industria amigable con el medio ambiente, consiente y que genere valor ambiental, viene descrita desde la constitución de la república, al ser el primer país en otorgarle a la naturaleza y el medio ambiente derechos reconocibles y legalmente establecidos, por lo cual a través del Ministerio del Ambiente (MAE) e instituciones adscritas al Programa de Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD) han desarrollado políticas ambientales como un incentivo a la industria nacional para la implementación de estrategias de producción más limpia.

Para el año 2019 únicamente el 15 % de la industria nacional de alimentos y bebidas ha implementado y mantiene políticas ambientales claras para mitigar impactos ambientales y corregir desviaciones, de allí la necesidad de incentivar el desarrollo de planes y estrategias de P+L. Para Industrias Licoreras Asociadas S.A. el cuidado del medioambiente, es uno de los ejes de desarrollo principal, con una visión de crecimiento al año 2025, la producción de vino de frutas representa el 40 % de sus utilidades netas y el tercer producto más comercial de su portafolio, por tanto, la optimización del proceso, apalancado en la implementación de una estrategia de producción más limpia reemplazando la tecnología de pasteurización con intercambio de calor por inyección directa de ozono, represento el incremento de la productividad en un 105 %, la reducción de los costos de operación en un 39 %, y una reducción del tiempo de ciclo por unidad en 70 segundos lo que permite procesar igual cantidad de vino de frutas en la mitad del tiempo en un día de trabajo de 8 horas.

Además, el cambio de tecnología permitió eliminar la dependencia de combustibles de fósil para la operación de pasteurización, y reemplazarla por energía eléctrica, que en Ecuador proviene de fuentes renovables, la reducción del 99 % del consumo de agua para el proceso y por tanto la eliminación del agua de descarga (efluente) como desperdicio, lo que en conjunto redujo la huella de carbono de la producción de vino de frutas de 3,22 toneladas equivalentes de CO₂ anuales a poco menos de 0.1 toneladas para el año 2021.

Por otro lado, la reducción de las emisiones a la atmosfera y el material particulado, en conjunto con los resultados mencionados, permitirán a ILA S.A. certificarse como empresa PUNTO VERDE, aval que otorga el MAE a empresas públicas y privadas comprometidas con el medio ambiente, con los beneficios tributarios y arancelarios correspondientes así como el aval y marketing de reconocimiento como una de las empresas del sector alimenticios, pionera en el país en ofertar una bebidas alcohólica de baja graduación alcohólica amigable con el medio ambiente y con sabores y experiencias sensoriales únicas, alineándose de esta manera con el principio fundamental de la Producción más Limpia y los Objetivos de Desarrollo Sostenibles.

Descriptor: Producción más limpia, huella de carbono, pasteurización, ozono, productividad.

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO

FACULTAD DE INGENIERÍA EN SISTEMAS, ELECTRÓNICA E INDUSTRIAL

MAESTRÍA EN PRODUCCIÓN Y OPERACIONES INDUSTRIALES

THEME:

“IMPLEMENTATION OF A CLEANER PRODUCTION TECHNIQUE IN THE FRUIT WINE PRODUCTION PROCESS BY REPLACING THE TRADITIONAL PASTEURIZATION TECHNOLOGY”

AUTHOR: Ing. Luis Rodrigo Valle Espinosa

DIRECTED BY: Ing. Manolo Alexander Córdova Suárez, Mg.

LINE OF RESEARCH:

- Environment

DATE: July 11th, 2021

EXECUTIVE SUMMARY

Cleaner production (CP) consists of implementing holistic and continuous strategies to reduce relevant risks to people, the environment and its surroundings in a preventive and integrated manner to production processes, products and services as objectives of a value chain.

In Ecuador, the need to develop an environmentally friendly industry, conscious and that generates environmental value, is described since the constitution of the republic, being the first country to grant nature and the environment recognizable and legally established rights, which is why through the Ministry of Environment (MAE) and institutions attached to the United Nations Development Program (UNDP) have developed environmental policies as an incentive to the national industry for the implementation of cleaner production strategies.

By 2019 only 15% of the national food and beverage industry has implemented and maintains clear environmental policies to mitigate environmental impacts and correct deviations, hence the need to encourage the development of CP plans and strategies. For Industrias Licoreras Asociadas S.A. environmental care is one of the main axes of development, with a vision of growth to 2025, the production of fruit wine represents 40% of its net profits and the third most commercial product of its portfolio, therefore, the optimization of the process, Therefore, the optimization of the process, leveraged on the implementation of a cleaner production strategy by replacing the pasteurization technology with heat exchange by direct ozone injection, represented a 105% increase in productivity, a 39% reduction in operating costs, and a reduction of the cycle time per unit by 70 seconds, which allows processing the same amount of fruit wine in half the time of an 8-hour workday.

In addition, the change in technology made it possible to eliminate dependence on fossil fuels for the pasteurization operation and replace it with electrical energy, which in Ecuador comes from renewable sources, the reduction of 99% of water consumption for the process and therefore the elimination of discharge water (effluent) as waste, which together reduced the carbon footprint of fruit wine production from 3.22 tons of CO₂ equivalent per year to just under 0.1 tons by 2021.

Furthermore, the reduction in atmospheric emissions and particulate matter, together with the aforementioned results, will enable ILA S.A. to be certified as a PUNTO VERTO company. to be certified as a GREEN DOT company, an endorsement granted by the MAE to public and private companies committed to the environment, with the corresponding tax and tariff benefits as well as the endorsement and marketing recognition as one of the companies in the food sector, pioneer in the country in offering an environmentally friendly low-alcoholic beverage with unique flavors and sensory experiences, thus aligning itself with the fundamental principle of Cleaner Production and the Sustainable Development Goals.

Descriptors: Cleaner production, carbon footprint, pasteurization, ozone, productivity

CAPITULO I

EL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

1.1 Introducción

De acuerdo con el Programa de Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA), se entiende por producción más limpia la aplicación continua de una estrategia integrada de prevención ambiental en los procesos, los productos y los servicios, teniendo como objetivos el reducir los riesgos para los seres humanos y para el medio ambiente, incrementar la competitividad de la empresa y garantizar la viabilidad económica, además generando el ahorro en materias primas, agua y energía, la eliminación, reducción y/o sustitución de ingredientes peligrosos y la disminución de la cantidad y peligrosidad de los residuos y las emisiones contaminantes (ONU, 2020).

La industria alimentaria moderna, tiene como finalidad no solo proveer alimentos seguros, nutritivos y de alto valor en términos de calidad a los consumidores, sino también que sus procesos de producción sean sustentables, amigables con el medioambiente y ecoeficientes a través de la implementación de iniciativas de producción más limpia y uso responsable de los recursos, con un mercado ambientalmente consciente cada vez más demandante (FAO, 2019).

La tecnología tradicional de pasteurización por intercambio de calor, mediante intercambiadores de placas, dentro del procesamiento de vino de frutas, se remonta a la década de 1940, formando parte fundamental de los procesos de producción y aseguramiento de la calidad de los productos; pretendiendo el empleo de combustibles fósiles, para la generación de vapor en la etapa de calentamiento, produciendo de esta manera emisiones atmosféricas y empleando cantidades considerables de agua en la etapa de enfriamiento, que luego de su uso integran el efluente industrial de la línea de producción (Nooi-Loo, 2017).

En los últimos años, la búsqueda de alternativas al proceso de pasteurización por intercambio de calor en la producción de vino de frutas ha llevado a los investigadores a emplear sustancias antimicrobianas efectivas, pero que, alteran las características organolépticas del producto final; abriendo la posibilidad del desarrollo de tecnologías innovadoras ambientalmente amigables, que aseguren la calidad del producto, su estabilidad biológica sin alterar sus características organolépticas (Guo et al., 2017).

La sustitución de la pasteurización tradicional por inyección directa de ozono (O_3) al vino de frutas, a un tiempo y a una concentración determinada, asegura la eliminación del 99.7 % de la carga microbiana presente, resultado de la etapa de fermentación. Además, para su operación únicamente requiere energía eléctrica, y aire circundante filtrado que asegura la concentración del O_3 producido, reduciendo significativamente los costos de operación en el proceso (Valle, 2016).

La implementación de alternativas de producción más limpia en la industria vinícola licorera nacional, permite la reducción de los costos de producción y el aumento de la competitividad frente a la apertura de fronteras comerciales por acuerdos vinculantes con la Comunidad Andina de Naciones (CAN) y la Unión Europea (UE). Según la Asociación Nacional de Fabricantes de Alimentos y Bebidas (ANFAB) la ejecución de estas estrategias, en 2019 representó un ahorro del 18 % de los costos de operación, el ahorro en el consumo de agua y la reducción de emisiones (ANFAB, 2018).

Por lo mencionado anteriormente, este estudio propuso, la sustitución del proceso tradicional de pasteurización de intercambio de calor, por inyección directa de ozono (O_3) en la producción de vino de frutas, como una alternativa de producción más limpia y uso eficiente de los recursos, remplazando el consumo de combustibles fósiles, por energía eléctrica, disminuyendo el consumo de agua para el proceso y reduciendo emisiones a la atmósfera.

1.2 Justificación

El desarrollo del presente trabajo de investigación, permitirá la eliminación de la dependencia de combustibles fósiles para la generación de vapor de agua, reemplazándolos por energía eléctrica en la etapa de pasteurización y la eliminación del 100 % de las emisiones a la atmósfera por combustión en el proceso de producción de vino de frutas; además, admitirá la reducción significativa del consumo de agua en alrededor del 95 %, debido a que la inyección directa de ozono (O₃), no emplea el recurso hídrico a diferencia del proceso tradicional de pasteurización.

Por otro lado, gracias a la sustitución del pasteurizador en la línea de producción, se conseguirá la automatización del flujo de vino de frutas, desde la etapa de decantación hasta la de llenado y con ello la reducción del tiempo de producción en alrededor de 4 horas, reduciendo los riesgos de seguridad alimentaria por contaminación cruzada y disminuyendo el costo de operación de la línea de vino de frutas.

Conscientes de que la pasteurización representa la etapa más costosa del proceso de fabricación de vino de frutas, existe un punto crítico de control de inocuidad alimentaria, el remplazo de la misma por inyección directa de ozono logro reducir los costos de producción en un 55 % y optimizar la estabilidad biológica del producto final al asegurar una reducción del 99.7 % de la carga microbiológica inicial, permitiendo minimizar los costos de reproceso del producto no conforme por problemas de estabilidad biológica (flor del vino).

La inversión inicial para la sustitución de la tecnología de pasteurización por inyección directa de ozono se estimo en \$ 4500 dólares americanos, con un tiempo de retorno de inversión de 15 meses y un costo de operación anual de \$ 750 dólares americanos, que solo en el primer mes de operación logró reducir el tiempo de retorno de inversión a 9 meses, por el aumento de la eficiencia del proceso de producción.

1.3 Objetivos

1.3.1 Objetivo general

- Implementar una técnica de producción más limpia en el proceso de elaboración de vino de frutas, a través de la sustitución de la tecnología de pasteurización tradicional.

1.3.2 Objetivos específicos

- Analizar la situación actual del consumo de agua, emisiones y desperdicios del proceso de pasteurización de vino de frutas (línea base).
- Proponer una alternativa de sustitución de la tecnología de pasteurización basada en técnicas de producción más limpia.
- Identificar las mejoras de productividad en el proceso de fabricación de vino de frutas después del remplazo de la tecnología de pasteurización.
- Evaluar las ventajas competitivas del proceso de producción de vino de frutas con la sustitución de la tecnología de pasteurización tradicional.

CAPITULO II

ANTECEDENTES INVESTIGATIVOS

2.1 Estado del arte

- **Producción más limpia.**

La definición de producción más limpia adoptada por el Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA), es "La aplicación continua de una estrategia ambiental preventiva integrada en los procesos, productos y servicios para aumentar eficiencia general, y reducir los riesgos para los seres humanos y el medio ambiente". La producción más limpia (P + L) puede aplicarse a cualquier proceso, producto o servicios, y contempla desde simples cambios en los procedimientos operacionales de fácil e inmediata ejecución, hasta cambios mayores, que impliquen la sustitución de materias primas, insumos o líneas de producción por otras más eficientes (ONU, 2020).

La filosofía de la P + L empezó a mediados de los ochenta y hoy en día forma parte de la política medioambiental de la mayoría de los países desarrollados, y cada vez más de algunos países en desarrollo. Es una estrategia de gestión empresarial preventiva, cuyo objetivo es minimizar emisiones tóxicas y de residuos, reduciendo así los riesgos para la salud humana y ambiental, y elevando simultáneamente la competitividad. Ello resulta de cinco acciones, sean éstas combinadas o no, consistentes en la minimización y consumo eficiente de insumos, agua y energía, minimización del uso de insumos tóxicos; minimización del volumen y toxicidad de todas las emisiones que genere el proceso productivo, el reciclaje de la máxima proporción de residuos en la planta y si no, fuera de ella; y reducción del impacto ambiental de los productos en su ciclo de vida, desde la planta hasta su disposición para el consumo final (Fryer, 2018).

La P + L tiene como propósito general incentivar y facilitar el aumento de la competitividad y el desempeño ambiental de las empresas, apoyando el desarrollo de la gestión ambiental preventiva para generar procesos de producción más limpios. La política de P + L, representa un eslabón que articula la política ambiental con la política

de desarrollo productivo, expresando así una importante dimensión de la estrategia de desarrollo sustentable, teniendo en cuenta que las tecnologías ambientales convencionales trabajan principalmente en el tratamiento de residuos y emisiones generados en un proceso productivo (Wu – Low, 2019).

En la práctica la aplicación del concepto de producción más limpia, tanto en los sistemas actuales de producción como en los productos y servicios, no significa una sustitución en sentido estricto por otros diferentes, sino mejorarlos continuamente, bajo el entendido que las nuevas tecnologías serán más limpias, asemejando un proceso planear, hacer, verificar, actuar (PHVA). En este contexto, la tecnología limpia es sólo un elemento integral, pero parcial, dentro del concepto de P + L, ya que éste incluye otros elementos como las actitudes y prácticas gerenciales de mejoramiento continuo de la gestión ambiental y de calidad, empresarial o administrativa (Henningsson et al., 2018)

De acuerdo con el PNUMA (2020), con la producción más limpia, las empresas lograrán posicionarse competitivamente en el mercado nacional e internacional de cara a los tratados de libre comercio, responder a las tendencias internacionales que emergen en cuanto a normas y estándares ambientales, influir en el desempeño ambiental de las empresas nacionales, contribuir al cumplimiento de la legislación ambiental vigente, generar el consumo y la demanda de productos elaborados con enfoque de P + L.

La implementación de estrategias de producción más limpia se basa en los siguientes principios:

- El principio de precaución: La precaución no es simplemente cuestión de evitar situaciones legalmente perjudiciales, sino también el asegurarse que los trabajadores están protegidos contra problemas de salud irreversibles y que la planta está protegida de daños irreversibles. El principio de precaución señala la reducción de agentes antropogénicos en el ambiente, y esto implica esencialmente un rediseño sustancial obligatorio del sistema industrial de producción y consumo, que depende hasta ahora de un fuerte procesamiento de materiales.

- El principio de prevención: La prevención es igualmente importante, especialmente en aquellos casos en que se conoce el daño que puede causar un producto o proceso. El principio preventivo indica la búsqueda adelantada de cambios en la cadena de producción y consumo. La naturaleza preventiva de la Producción Más Limpia exige que la nueva solución reconsidere el diseño del producto, la demanda del consumidor, los patrones de consumo de materiales, y ciertamente la base material completa de su actividad económica.
- El principio de integración: La integración implica la adopción de una visión holística del ciclo de producción, y un método para introducir tal idea es el análisis de ciclo de vida. Una de las dificultades con la solución preventiva es la integración de medidas de protección ambiental a través de fronteras sistémicas. La regulación tradicional de extremo del tubo generalmente se aplica hasta un punto específico en que rigen medidas de procesos integrados para la reducción de contaminantes. Al reducir la necesidad de emisiones de tales sustancias en el ambiente, estas medidas entonces brindan una protección integrada a todo el medio ambiente.

La producción más limpia requiere modificar actitudes, desarrollar una gestión ambiental responsable, crear las políticas nacionales convenientes y evaluar las opciones tecnológicas (PNUMA, 2020).

El desarrollo histórico de las iniciativas participativas en todos los niveles sobre los temas ambientales ha dado instrumentos y directrices para la gestación de la producción más limpia, la cual es el resultado de un proceso evolutivo de conceptualización realizado por diversos organismos internacionales que lleva casi 20 años. Es un concepto amplio que engloba términos tales como eco eficiencia, minimización de residuos o prevención de la contaminación, poniendo énfasis en cómo los bienes y servicios son producidos con el menor impacto ambiental teniendo en cuenta limitantes económicas y tecnológicas (Bates et al., 2020).

En principio, la P + L podría entenderse como aquella que no genera residuos ni emisiones, sin embargo en la realidad no es así, porque en el estado actual de desarrollo son escasas las tecnologías económicamente viables que logren cero emisiones; y si bien toda emisión puede generar una externalidad negativa o pérdida de bienestar social sin compensación, el nivel óptimo de contaminación no es igual a cero, sino aquel en que los beneficios sociales marginales de minimizar residuos sean equivalentes a los costos sociales marginales de lograr tales reducciones (Ikemoto, 2016).

La implementación de medidas de producción más limpia al interior de una empresa, cualquiera sea su tamaño, significa básicamente establecer prácticas preventivas tendientes a reducir la generación de residuos y emisiones, utilizar en mejor forma los recursos disponibles y mejorar la calidad de la producción. En este sentido la dimensión ambiental no tiene que ser asumida sólo como un costo para las empresas. De hecho, a mayor cantidad de emisiones y descargas, es posible constatar una mayor ineficiencia en los procesos productivos que, al ser corregida, puede generar beneficios económicos para la empresa más allá de lo que implica cumplir con las normativas (Jones, 2017).

Es decir, la producción más limpia, no es únicamente una iniciativa para la gestión ambiental, sino que es un conjunto de programas y estrategias para que las empresas modifiquen sus procesos productivos, pero que finalmente también sea beneficioso para la organización en términos económicos.

El interés que suscita la producción más limpia tanto a productores como al sector gubernamental, es el hecho de que existe una relación de no solamente proteger el medio ambiente por medio de los Acuerdos Ambientales Multilaterales (AAMs), sino de desarrollar e implementar estrategias para los temas económicos que beneficiarán a dichas empresas tanto a nivel nacional como internacional. Esto se demuestra con la aparición de los objetivos de desarrollo sostenible de ONU (2019), alcanzables para el año 2030 y que redundan en una mejor calidad de vida para los habitantes del mundo.

Por otro lado, en América Latina, los factores con más influencia a la hora de implementar estrategias de producción más limpia, se centran en los aspectos sociopolíticos medio ambientales, las demandas de las partes interesadas, la presión reguladora, y la presión externa gubernamental y legislativa internacional, bajo un concepto de prevención ambiental.

La industrialización en Latinoamérica ha incrementado los niveles de contaminación industrial y el agotamiento de los recursos, así como la exposición humana a sustancias tóxicas. Con la proyección de crecimiento económica para los próximos años en el hemisferio, estos impactos negativos parecen empeorar, a menos que se desarrollen intervenciones efectivas. La Producción más Limpia (P+L) ha venido a promover alrededor del mundo una estrategia para ayudar a las industrias a disminuir el impacto ambiental y los costos, al mismo tiempo que mejora la eficiencia y la productividad. Aunque desde hace cerca de dos décadas se ha promocionado la P+L y el establecimiento de Centros de Producción más Limpia (CP+L), las pequeñas empresas en Latinoamérica todavía carecen de conocimientos, recurso humano y financiero para implementar completamente tales estrategias (Abidin, 2018).

Producción Más Limpia (P+L) a menudo representa el primer paso hacia el Desarrollo Industrial Sostenible (DIS), que involucra una “estrategia integrada de prevención ambiental” para mejorar la eficiencia de los recursos, minimizar los riesgos y el impacto ambiental, y reducir además los desechos y los costos operativos de la empresa u organización. En los Estados Unidos, Canadá y Europa; P+L ha permitido que las empresas reduzcan sus costos y mejoren la eficiencia en sus operaciones, y ha abierto la puerta para una administración más funcional, incluyendo un incremento en la productividad, utilidades y porción del mercado. En contraposición, con América Latina que en los últimos veinte años ha intentado aplicar P+L y establecer Centros de P+L en muchos países, y sin embargo, son pocas las compañías que han adoptado la filosofía detrás del esquema de P+L. Micro, pequeñas y medianas empresas PyMES juegan un papel muy importante en la oferta de bienes, servicios y generación de empleo a través de canales formales e informales en América Latina, pero carecen del conocimiento, de los recursos humanos y financieros para implantar completamente las estrategias de P+L (Allen, 2019).

Alrededor del mundo, muchas empresas líderes han decidido considerar la problemática ambiental de su negocio con el fin de cumplir las regulaciones estatales y de los niveles más bajo de gobierno a fin de evitar multas y recargos por su no cumplimiento, y han visto las líneas ambientales como un medio para reducir costos, incrementar la eficiencia y obtener mejores negocios. Aunque la mayoría de empresas varían en el tamaño y en el enfoque de las actividades, hay una serie de buenas prácticas ambientales y normativa general que permite que el enfoque de P+L aplique para cualquier empresa (Bates, & Phillips, 2018).

La industria tiene dos importantes retos que cumplir al día de hoy. Por una parte, debe producir de forma eficiente a fin de disminuir sus costos y ser más competitiva en el mercado y, por otra parte, debe cumplir con estándares medioambientales que se están exigiendo en más y más medida, tanto por instituciones financieras, como por los gobiernos en sus compras públicas, como por parte del consumidor final (Maxime, 2016).

Muchas de las mejores prácticas ambientales han sido adoptadas por la industria en América Latina, pero las compañías pequeñas han ido poco a poco debido a dificultades administrativas, así como problemas específicos relacionados con el tema de producción más limpia. En general las PyME están limitadas por las habilidades profesionales administrativas, y del sistema, incluyendo: la toma de decisiones se centra en el dueño del negocio, limitado control y seguimiento, así como finanzas inestables y fuentes de fondos.

En los últimos años ONUDI se han dedicado a combinar la optimización de recursos, con P+L con el fin de fortalecer la sinergia entre productividad, ambiente y además han dado instrucciones precisas para revisar e implantar programas de reducción de energía, agua y recursos materiales, de forma tal que se mejore el desempeño de las PyMEs. Hoy hay doce centros de P+L en América Latina que conforman la Red Latina de P+L, lo que constituye el socio perfecto para compartir información relacionada con prácticas de P+L y se facilita la comunicación en línea (ONU, 2020).

De esta manera, de acuerdo con el programa de implementación de estrategias de producción más limpia del PNUD en el 2021, se identifican 7 pasos de un ciclo continuo de manejo ambiental, que permitan a la organización la maximización de los resultados, los pasos para la implementación de una estrategia de producción más limpia para la industria se presentan en la figura 1 y a continuación su contexto.

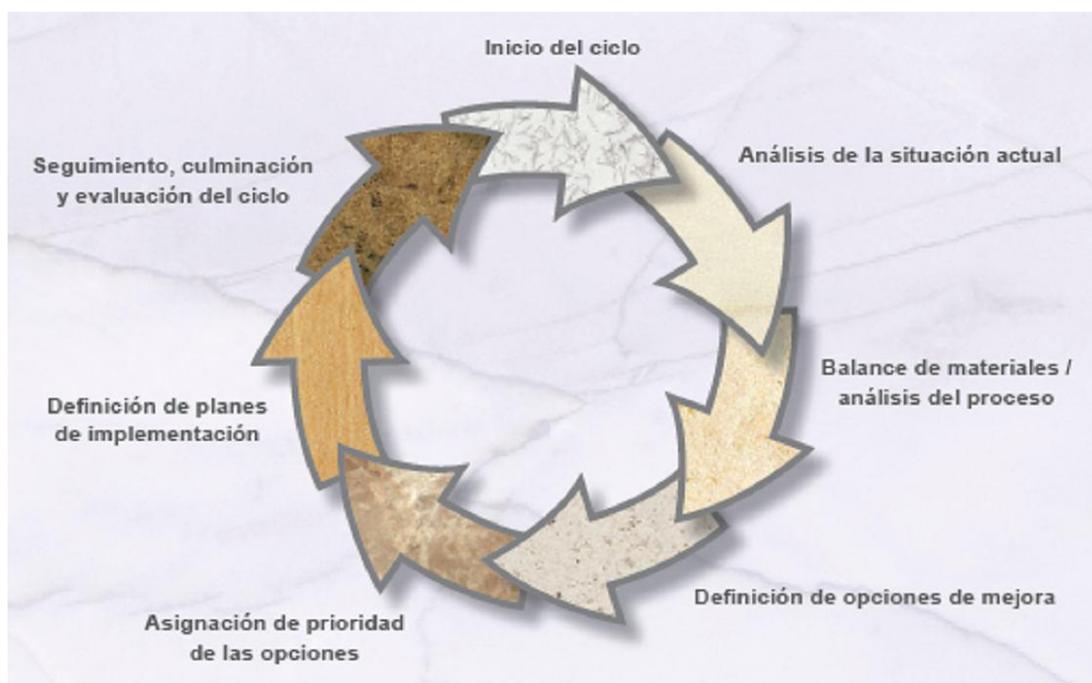


Figura 1. Pasos para la implementación de estrategias de P+L.
Fuente: PNUD, 2021.

- **Paso 1. Inicio del ciclo:** Esta fase consiste en lograr el apoyo gerencial, definir los objetivos principales del programa y realizar la planificación de actividades generales. La empresa debe asignar personal de diversos departamentos para formar un grupo de P+L dentro de la organización.
- **Paso 2. Análisis de la situación actual:** Para plantear mejoras, es necesario conocer cómo se encuentra la empresa en el momento inicial. Por esto, debe realizarse una recopilación de la información disponible de la organización, visitas in situ para identificar los sitios de alto consumo de materias y recursos, y los que posee emisiones o vertidos importantes.

- **Paso 3. Análisis del proceso objetivo:** Cuando se han identificado los procesos de interés de la empresa junto con las operaciones unitarias que los conforman, se inicia con el seguimiento de parámetros. De esta forma, se definen los recursos y materias primas que se van a cuantificar, así como los puntos y períodos de tiempo para la cuantificación. En esta etapa, también se lleva a cabo un análisis de las posibles causas de los problemas identificados.
- **Paso 4. Definición de opciones de mejora:** Esta etapa requiere una importante capacidad de análisis por parte del grupo de P+L de la empresa. Se deben abrir sesiones de discusión para la generación de opciones de mejora, que respondan a un análisis holístico de las alternativas a implementarse.
- **Paso 5. Asignación de prioridad a las opciones:** Llegado a este punto, se lleva a cabo un análisis orientado a definir el orden de prioridad de implementación de las opciones generadas en la etapa anterior. Es así como se realiza una categorización inicial de las opciones que pueden llevarse a cabo inmediatamente, además, de un análisis de factibilidad técnica, ambiental y económica de cada opción encontrada y que no es sujeta a implementación inmediata empleando una herramienta de ponderación aritmética simple.
- **Paso 6. Planes de implementación:** En este paso se ejecutan todas las acciones de implementación coordinadas entre todos los departamentos de la compañía para lo cual es de suma importancia definir actividades, responsables, fechas de inicio y culminación, recursos necesarios, costos de implementación y ahorros esperados. Es necesario también desarrollar indicadores de eficiencia con los que en un inicio se cuantifique la situación antes de llevar a cabo las mejoras (establecimiento de la línea base), y que luego sirvan para monitorear los avances o retrocesos resultantes de la implementación de las medidas.
- **Paso 7. Seguimiento, culminación y evaluación del ciclo:** En esta última fase se evaluarán las acciones implementadas, beneficios económicos obtenidos, mejoras de producción y presentación de resultados a la alta gerencia u organismos de tercera parte.

- **Vino de frutas.**

Los orígenes del vino se remontan a la antigüedad, en torno a los años 6.000 - 5000 a.C, con indicios del cultivo de la especie salvaje *Vitis vinífera sylvestris* y de la obtención de bebidas a partir de uva y otras combinaciones de frutos nativos de esa época. Actualmente, la manufactura de vinos de frutas distintas a la uva es popular en varios países donde las condiciones climáticas impiden el desarrollo de la viticultura. Se define al vino de fruta como una bebida obtenida a partir de fermentación alcohólica del zumo de frutas diferentes a la uva pero que, si bien el método de elaboración es semejante al del vino, no lo es en sentido estricto (Dubourdieu, 2006).

Su descubrimiento se pierde en el lejano horizonte de la antigüedad. Tomando el nombre de Osiris con los egipcios, Adonis entre los árabes y líber entre romanos. Una característica especial de los vinos griegos era la frecuente adición de hierbas, perfumes y otros productos aromatizantes. En la práctica sobrevive en distintos vinos que contienen hierbas como el Vermut. Los diferentes métodos para producir vinos fueron objeto de descripciones, se disponían en recipientes de madera y barro guardándose por muchos años en vasijas de vidrio. Aparecen métodos primitivos de clarificación, prevención del deterioro y tratamiento de vinos ya agrios. Los romanos tenían el paladar cultivado en el vino, por lo que dedicaban grandes cuidados a su producción y crearon muchas obras literarias y artísticas en alabanza del vino. En la edad media la producción de vino se extendió a Francia y Alemania, la necesidad del vino como bebida religiosa y el gran número de monasterios dieron lugar a la producción especial de vinos en los monasterios. Al perfeccionarse el arte del tonelero, se hizo menos cara la fabricación de botellas y sobre todo se dispuso de tapones de corcho, con lo cual los vinos pudieron conservarse con seguridad por largo tiempo (Kilcast, 2014).

Los romanos heredaron la afición al vino de los griegos, gracias a las viñas plantadas por los etruscos. Los chinos fueron conocedores en al arte de fermentar mostos de la uva y los primeros en reglamentarlo. Durante la edad media la elaboración del vino fue una importante tarea en los monasterios. Cada uno poseía su propio viñedo, de

donde se extraían los vinos litúrgicos, de tal modo que los monjes medievales pueden considerarse precursores de la moderna viticultura, cultivo de uva, vinicultura y fabricación del vino (Hampson, 2000).

La obtención de vinos de frutas ha sido probada en varios países al elaborarlos de diversas frutas como piña, banana, granada, papaya, etc. Siendo uno de los más populares y mayor éxito comercial de Naranja o frutos rojos. Para su fabricación se parte de jugos de frutas y hierbas, se controlan condiciones de fermentación y obtención del producto al cual se le determinan Acidez volátil y total, Azúcares reductores Bióxido de azufre, Extracto seco, cenizas, contenido de Metanol y Etanol. Los vinos de frutas obtenidos y la infusión presentan características sensoriales agradables en sabor, color y aroma. Bajo contenido de estrato seco, metanol y acidez, lo que permite catalogar a la bebida como vino dulce por su contenido de azúcares reductores incluso para la infusión a base de hierbas (OIV, 2020).

Actualmente, la Organización Internacional de la Viña y el Vino (2020), define los vinos de frutas como una bebida alcohólica obtenida por la fermentación parcial o completa de jugos de frutas frescos, jugo concentrado o reconstituido; macerado de pulpa con la adición de agua, azúcar o miel. Según la estimación de esta organización, la producción mundial de vino de frutas en 2018, se situó en 252 millones de hectolitros (hl), 15 millones menos que en el año anterior. El primer país productor de vino y vino de frutas fue Francia, con 41,4 millones de hl, seguido por Italia con 40,1 millones de hl y España con 30,4 millones de hl. Con menor volumen, la producción creció en Portugal, Grecia y disminuyó en Alemania.

Con respecto a Ecuador, PROECUADOR (2017), señala que aunque Ecuador no es un país con tradición en el consumo de vino de frutas, el crecimiento promedio de más del 178 % en las importaciones de este producto en los últimos 10 años refleja un aumento en el gusto por esta bebida; y en términos de índices económicos significan al menos \$ 10 millones de dólares que importa el país de este producto, abriendo amplios mercados para la producción nacional y la tecnificación de los procesos con

el enfoque del desarrollo de la matriz productiva y considerando el incremento de tasas arancelarias a este producto.

Según Kenneth (2011), un vino de frutas se obtiene por la fermentación de los azúcares contenidos en el mosto que se transforman en alcohol, principalmente, junto con otros compuestos orgánicos. Este complejo proceso se lleva a cabo por la mediación de las levaduras que al quedarse sin aire van metabolizando los azúcares en alcohol y gas carbónico.

Los vinos de frutas son el producto resultante de la fermentación alcohólica normal de mostos de frutas frescas y sanas distintas a la uva, mostos, concentrados de frutas sanas, que han sido sometidos a las mismas prácticas que los vinos de uva y cuya graduación alcohólica mínima es de 8 grados alcoholímetros. Durante la fermentación alcohólica, el zumo de fruta puede sufrir una serie de variaciones que se pueden controlar. Dependiendo de la fruta utilizada, hay algunos parámetros importantes que se tendrán que mantener para la aceptación de los consumidores finales, tales como el color (Kilcast, 2009), aroma (Olajire, 2020) y el sabor distintivo, más otros como sus propiedades funcionales.

Diversos investigadores han estudiado la utilización de frutas diferentes a las uvas en la obtención de vinos, buscando la idoneidad y resultados satisfactorios en cuanto a graduación alcohólica y propiedades sensoriales. Por otro lado, durante el procesamiento del vino, la estabilización microbiológica involucra la aplicación de tratamientos, tales como: el uso de anhídrido sulfuroso, la filtración esterilizante o la pasteurización, con el propósito de garantizar la ausencia de las levaduras utilizadas en la fermentación alcohólica y de cualquier microorganismo alterante que pudiera afectar posteriormente la calidad del vino (Valle, 2016).

- **Aseguramiento de la calidad e inocuidad del vino de frutas**

La pasteurización o pasterización, es el proceso térmico realizado a líquidos (generalmente alimentos) con el objetivo de reducir la presencia de agentes patógenos (como por ejemplo ciertas bacterias, protozoos, mohos, levaduras, etc.) que puedan contener. Es una "esterilización parcial" de los alimentos, alterando lo menos posible su estructura física, sus componentes químicos y sus propiedades organolépticas. Tras la operación de pasteurización, los productos tratados se enfrían rápidamente y se sellan herméticamente con fines de seguridad alimentaria; por esta razón, es básico en la pasteurización el conocimiento del mecanismo de la transferencia de calor en los alimentos. A diferencia de la esterilización, la pasteurización no destruye totalmente las esporas de los microorganismos, ni elimina todas las células de microorganismos termófilos, de allí la necesidad de emplear tratamientos combinados o nuevos procesos (Alonso, 2010).

Desde el punto de vista microbiológico la muerte de los microorganismos se define generalmente como la pérdida de su capacidad de reproducción, pudiendo entonces definirse este concepto como la “temperatura límite de crecimiento”, independientemente de otros factores del vino que también pueden influir. Otro concepto es el “punto de destrucción térmica”, donde las temperaturas aplicadas consiguen la muerte efectiva de los microorganismos, siendo aproximadamente unos 10 grados más elevadas que las temperaturas límites de crecimiento (Adams, 2008).

- **Ozono en la industria de alimentos y bebidas**

La molécula de oxígeno está constituida por dos átomos de oxígeno, mientras que la molécula de ozono está formada por tres átomos de oxígeno. La razón de las particularidades del O₃ radica en el hecho de que las fuerzas de atracción entre átomos (enlace covalente) son muy pequeñas, lo cual hace a la molécula de ozono muy inestable. Dicha inestabilidad da al ozono la característica de ser muy oxidante, ya que fácilmente cede uno de sus átomos a otros compuestos oxidándolos, por la cual es empleado como desinfectante y germicida (Hill, 1982).

La inactivación de microorganismos con ozono es considerada como una reacción de oxidación. La membrana de los microorganismos es el primer lugar de ataque del ozono; las vías de acceso pueden ser dos, por el camino de las glicoproteínas o glicolípidos, o a través de los aminoácidos. El ozono también rompe la actividad enzimática de los microorganismos al actuar sobre los grupos sulfhídricos en ciertas enzimas. En este momento los microorganismos pierden su capacidad de degradar azúcares y producir gases. El deshidrogenado de fosfato-6 de glucosa es afectado del mismo modo que el sistema enzimático. La muerte del microorganismo puede ser debido a los cambios en la permeabilidad celular, posiblemente seguido de una lisis celular. Existen reportes de que el ozono tiene capacidad de inactivar a las esporas bajo condiciones de esterilización clínica (Adams, 2008).

El uso de ozono en la elaboración de alimentos ha sido aprobado en diversos grados en muchos países, incluidos los EE.UU., Japón, Australia, Francia y Canadá. En las últimas dos décadas el uso de ozono en la elaboración de alimentos se ha convertido cada vez más en un punto importante de investigación y aplicación, esto como consecuencia de la afirmación del ozono como sustancia química GRAS en 1997 y su posterior aprobación por parte de la FDA de los EE.UU. como un aditivo antimicrobiano para que pueda ser empleado al contacto directo con los alimentos de todo tipo (Graham, 2008).

La FDA aprobó el uso de ozono en 2011 como un aditivo alimentario antimicrobiano, siempre y cuando se aplique de acuerdo con los instrumentos normativos de Buenas Prácticas de Manufactura (BPM); este aditivo puede ser usado directa o indirectamente sobre el alimento a ser tratado. Pruebas de terceros empleando los equipos disponibles en el mercado para producir agua que contiene ozono para la pulverización en las plantas de procesamiento de alimentos para una serie de aplicaciones de lavado, han demostrado que proporcionan de entre 2 a 6 reducciones logarítmicas de los microorganismos que se encuentran típicamente en las plantas de procesamiento de alimentos, así como los alimentos susceptibles a estos como frutas y verduras (FDA, 2011).

2.2 Marco teórico

Debido a que esta investigación se centra en evaluar la sustitución de la tecnología de pasteurización en la fabricación de vinos de frutas, mediante la inyección directa de ozono, como una alternativa de producción más limpia en la industria de alimentos y bebidas, a continuación, se muestra un compendio de trabajos relacionados, considerando puntos de vista como I) producción más limpia en industrias de alimentos y bebidas, II) reducción de residuos III) eficiencia energética, IV), sustitución de tecnologías en el procesamiento de bebidas y V) reducción del consumo de agua.

2.2.1 Producción más limpia en industrias de alimentos y bebidas

La producción más limpia representa un enfoque industrial proactivo y preventivo en favor del medio ambiente mediante la búsqueda de soluciones integradas de proceso y/o producto que sean a la vez ambiental y económicamente eficiente ("eco-eficiencia"). Los pioneros en este campo fueron las grandes industrias de procesos en los Estados Unidos de América (desde finales de los 70), pero hasta principios de los 90, la producción menos contaminante fue generalmente reconocido como un enfoque valioso para las grandes y medianas empresas en todos los sectores industriales (Berkel, 2018).

ANFAB (2018), presenta en contexto que las estrategias de producción más limpia son la aplicación continua de políticas integradas y metodologías ambientales preventivas aplicadas a los procesos, productos y servicios para aumentar así la eficiencia general en un 30 % y la competitividad empresarial, por tanto, la aplicación de estas estrategias es de aplicación indispensable en la industria de procesamiento de alimentos y bebidas.

Para la industria alimentaria, las oportunidades de producción más limpia (P + L) pueden ser aplicadas al minimizar la pérdida de materias primas, mejorar la eficiencia energética, aumento de la eficiencia del consumo de agua, mejores prácticas de

limpieza y mantenimiento, mejoras en los procesos de empaquetado y separación adecuada de los desechos.

Guo et al. (2016), plantean que la industria de alimentos y bebidas es potencialmente una industria verde, y los residuos son seguros y bio amigables. Sin embargo, estos residuos pueden plantear graves problemas ambientales si no se manejan adecuadamente. Nooi-Loo (2017), afirman que, en todo el mundo, un gran porcentaje de los efluentes totales de aguas residuales es liberado por empresas procesadoras de alimentos sin tratamiento alguno.

Además, señalan que, en específico la industria de bebidas alcohólicas cuyo proceso principal es la fermentación alcohólica y acética; en Malasia para 2018 aportaron con el 35 % del total de efluentes de aguas residuales industriales, representando la quinta industria más contaminante del país, de tal forma que la aplicación de estrategias de mitigación ambiental es esencial para la industria de bebidas, partiendo de iniciativas estatales y conciencia ambiental corporativa.

En la actualidad, existe una gran demanda en la investigación sobre factores que influyen en la adopción de tecnologías ambientalmente amigables en la industria de alimentos y bebidas. Este concepto es apoyado por Bates et al. (2020), que sugirieron que la investigación dentro de la industria de alimentos y bebidas debe intensificarse para mejorar la eficiencia en el tratamiento de los desechos, y para reducir al mínimo los residuos en el procesamiento de alimentos y operaciones de fabricación.

Fryer (2018), considera que desde el punto de vista del consumidor la aplicación de estrategias de producción más limpia en la industria de bebidas alcohólicas y no alcohólicas no representa un punto de enfoque en comparación con estrategias de inocuidad alimentaria, sin embargo, el crecimiento constante de mercados ecológicos y consumidores ambientalmente conscientes, representan un punto de partida importante en la adopción de estrategias eco amigables de producción.

Henningson et al. (2018), describen que la minimización de los desechos puede tener tanto éxito en la industria de bebidas alcohólicas como en otras industrias que a

menudo se consideran más contaminantes. Trece empresas realizaron un ahorro anual de 1,1 millones de libras esterlinas en el Proyecto de Minimización de Desechos en la Industria de Bebidas de Angola Oriental. Estas empresas de producción de bebidas alcohólicas redujeron anualmente: el uso de materias primas y la producción de residuos sólidos en 1400 toneladas; las emisiones de dióxido de carbono (CO₂) en 670 toneladas; y el uso de agua en 70.000 metros cúbicos (m³).

Abidin et al. (2018), afirma que alrededor del mundo existen aspectos no reglamentarios comunes y que son las principales limitantes a la hora de implementar estrategias de producción más limpia en la industria de alimentos y bebidas que son: características de la tecnología ambiental, redes de comunicación y eficiencia de las tecnologías eco amigables, los mismos que deben ser adaptados a la realidad nacional y el giro de negocio de cada compañía.

En países de Latinoamérica no existen políticas claras de incentivo para la adopción de estrategias de producción más limpia, pero en contraste iniciativas aisladas público - privadas que fundamentan la implementación de las mismas, sin embargo, en varios países estas iniciativas son más consistentes que en otros, basadas en su relación con la tecnología y sus procesos de adopción. Estas características incluyen la ventaja relativa que ofrece en comparación con los costos de implementación, su complejidad y compatibilidad con los procesos de producción y cómo se presentan los resultados de la innovación (Nilsson, 2017).

De acuerdo con ANFAB (2018), en Ecuador a partir de 2017 la industria de alimentos y bebidas ha desplegado varias iniciativas de implementación de estrategias de producción más limpia, que permitan la optimización de los procesos de producción y el cuidado del medioambiente. De ahí la necesidad de continuar en la búsqueda de alternativas como la sustitución de tecnologías en los procesos de producción; apalancadas en exenciones tributarias, incentivos y certificaciones gubernamentales (punto verde, hace bien, hace mejor) y líneas de crédito privadas con tasas de interés preferenciales para industrias con iniciativas ecológicas.

2.2.2 Reducción de residuos

Wu y Low (2018), proponen una alternativa de producción más limpia para la industria de fermentación y producción de alcohol mediante el reciclaje de residuos de destilería (vinazas) y el empleo de ultrafiltración con una membrana cerámica lo que incremento el rendimiento medio de la producción de etanol en un 8,8 %, lo que permite eliminar las etapas de tratamiento de la vinaza mediante los procesos de tratamiento biológico convencionales, como la digestión anaeróbica y las etapas de lodos activados que se utilizan actualmente en la industria, reduciendo los desechos en 92 % del proceso de producción.

Notarnicola et al. (2018), ponen énfasis en que, la cadena de producción agroindustrial, cantidades significativas de material de grado alimenticio son rechazadas de la línea de producción por su calidad insatisfactoria o fuera de estándar por razones visuales, físicas, microbiológicas o de composición (química o bioquímica).

La reducción del uso de materias primas conlleva el mayor potencial de ahorro financiero debido a que este enfoque de reducción en la fuente superó en más de dos órdenes de magnitud los ahorros correspondientes en los costos de vertido en un análisis en la industria de bebidas alcohólicas de Reino Unido en 2015. Esto refuerza la importancia de que las empresas identifiquen las oportunidades de reducción en la fuente, en lugar de soluciones al final del proceso y el costo relativamente bajo de la eliminación para la industria de bebidas.

2.2.3 Eficiencia energética

Actualmente, con el objetivo de maximizar la reducción de desechos las industrias de alimentos y bebidas, aplican la metodología de la evaluación del ciclo de vida (ECV), la cual proporciona el marco organizativo para evaluar holísticamente los impactos ambientales de los productos y los sistemas de producción. De acuerdo con Özbaya y Demirer (2018), el uso de la ECV en la gestión y sostenibilidad ambientales de las industrias de alimentos y bebidas, ha crecido rápidamente en los últimos años, como lo demuestra el creciente número de documentos publicados sobre la metodología y los estudios de casos de la ECV, que ascendieron a más de 4.500 en 2019 solo en

Europa, centrados en la reducción del consumo de energía o eficiencia energética en la cadena ECV.

Ikemoto et al. (2016) afirman que dentro de la industria alimentaria se incluye muchas operaciones de uso intensivo de energía como la esterilización/ pasteurización, secado y hasta la refrigeración de los productos durante la distribución, almacenamiento y venta al por menor. Todo esto dicta la necesidad de minimizar el consumo de la energía por ser un elemento clave, por tanto, no es factible considerar sólo las operaciones de procesamiento de forma aislada de la cadena de suministro completa.

2.2.4 Sustitución de tecnologías en el procesamiento de bebidas

Hyde et al. (2019), a través del análisis de su caso de éxito en la industria de bebidas alcohólicas de Angola Oriental, describen que los cambios en la tecnología de procesamiento de bebidas alcohólicas, trajeron ahorros significativos en mano de obra, así como en materiales y servicios. Los cambios de procedimiento a menudo se centran en los procesos, la manipulación de materiales y la capacitación del personal, y con un bajo costo de capital asociado, éstos resultados representan ser claves para el éxito en la implementación de estrategias de producción más limpia.

De acuerdo con Jones (2017), una de las alternativas fundamentales a la hora de la sustitución de tecnologías dentro de la industria de alimentos y bebidas, es el aprovechamiento de la energía eléctrica de fuentes renovables para los procesos, de tal manera que, como alternativas a métodos tradicionales de conservación de alimentos (pasteurización) se analizaron métodos de microondas, pulsos eléctricos, y radio frecuencia, impulsados por energía eléctrica, que demostraron la eficiencia de los procesos asegurando la inocuidad de los alimentos como el proceso tradicional.

Rahim y Raman (2015), presentan un estudio en el que se evaluó la viabilidad del uso de las estrategias de P + L en una planta de producción de jugos de frutas y cuyo objetivo principal fue reducir las emisiones de dióxido de carbono (CO₂) teniendo en cuenta los aspectos económicos, de salud y seguridad. El análisis mostró que la emisión total de CO₂ generada en esta planta era de 0,07 kilogramos (kg) de CO₂ por litro de zumo de fruta, de los cuales el 88 % era aportado por la combustión de

combustible de fósil, generando opciones de P + L como la sustitución de los equipos de pasteurización por pulsos eléctricos, que tras la implementación redujo la emisión de CO₂ en alrededor del 20 % a través de una inversión económicamente viable con una tasa de recuperación de 2 años.

Valle (2016), demostró que la aplicación de ozono al mosto de vino de frutas permite asegurar la calidad e inocuidad del producto final, aportando, además, características organolépticas ideales perceptibles por el consumidor, sustituyendo la necesidad de combustibles de fósil para el proceso tradicional de pasteurización, demostrando que el proceso de inyección de ozono elimina con mayor eficiencia la carga microbiana presente en el producto, de manera concluyente.

2.2.5 Reducción del consumo de agua

La industria de bebidas alcohólicas es uno de los mayores usuarios industriales de agua, a pesar de las importantes mejoras tecnológicas de los últimos 20 años; el consumo de energía, las aguas residuales, los residuos sólidos y los subproductos y las emisiones a la atmósfera siguen siendo los principales desafíos ambientales de la industria. Olajire (2020), presenta un análisis en el cual se examinan los principales desafíos de la industria de bebidas alcohólicas centrándose en estas cuestiones clave y las mejores prácticas de gestión ambiental que no comprometen la calidad de producto final.

Como resultado del trabajo, demostró que las sustituciones de las tecnologías en la producción de bebidas alcohólicas reducen significativamente el consumo de agua en los procesos, las emisiones a la atmósfera y los residuos sólidos, viables económicamente para las industrias e incentivando la conciencia ambiental mediante la aplicación de este tipo de estrategias, sustentando la necesidad del desarrollo de alternativas como la del presente trabajo.

Yi et al. (2018), en su trabajo de investigación realiza un análisis del crecimiento y competitividad de las industrias de alimentos eco eficientes que maximizan el consumo de agua en sus procesos, en la provincia de Heilongjiang demostrando que es probable que la tendencia general de crecimiento de la industria de alimentos

ecológicos con un menor consumo de agua en sus procesos y certificados por el gobierno de China, aumento en un 220 % para finales de 2018, lo que deja en evidencia que el mercado cada vez es ecológicamente consciente y obliga a una competitividad ecológica a las empresas de alimentos y bebidas.

CAPITULO III

MARCO METODOLÓGICO

3.1 Ubicación

La presente investigación se desarrolló en la ciudad de Ambato, provincia de Tungurahua, en las instalaciones de Industrias Licoreras Asociadas S.A., empresa familiar con más de 52 años de presencia en el mercado nacional, dedicada a la elaboración, destilación, rectificación y mezcla de bebidas alcohólicas y elaboración vino de frutas, ubicada en la parroquia La Merced, barrio Ingahurco bajo, calles Portugal S/N y Alemania.

3.2 Equipos y materiales

3.2.1 Generador de Ozono

Para el proceso de inyección de ozono se empleó un equipo de generación de ozono industrial por radiación ultravioleta, marca ENERZEN serie AHUAW-10000AT de fabricación canadiense, suministrado por la empresa GRAFFIOLI. El equipo cuenta con una capacidad de generación de 10000 mg/h; cuenta con un controlador Redox (ORP) para regular la cantidad de ozono residual en el fluido tratado; además, de un panel LED para su puesta a punto y control. Por otro lado, el equipo cuenta con el selector de capacidad de generación de acuerdo al volumen a tratarse y controladores automáticos integrados.

Este equipo fue seleccionado considerando la demanda necesaria de O₃ para tratar el estándar de producción de 8500 litros de mosto de vino de frutas, por otro lado, se consideró su eficiencia en el consumo eléctrico que de acuerdo con el fabricante tiene una clasificación B de eficiencia de consumo energético de acuerdo con la clasificación de consumo eléctrico de la unión europea.

3.2.2 Equipo de inyección

Para la operación de inyección de O₃ se empleó una válvula venturi de ½ pulgada acoplada a una sección de tubería, por la cual circula el fluido que se desea ozonificar; en esta sección de tubería se tiene una reducción de su diámetro, de tal forma, que la caída de presión en el tubo venturi origina una fuerza de succión del gas; de esta forma, se logra el contacto y la mezcla del ozono con el fluido y su integración al caudal nominal.

La selección de este sistema estuvo basada en la facilidad de su instalación y acople a línea principal de envase y llenado automático porque, si bien se considera como alternativa de inyección de ozono la integración por micro burbujas empleando difusores de roca volcánica o diatomeas, el volumen de mosto de vino de frutas a tratar se adapta a sistemas continuos mediante válvulas venturi como en los procesos de desinfección de agua (H₂O).

3.2.3 Aparatos de medición.

Para la cuantificación del consumo de agua y combustible se emplearon caudalímetros de medición con vuelta a cero, y sensores colocados a la entrada del equipo de pasteurización y del quemador del caldero, para determinar la cantidad de efluente del proceso se colocó un medidor al final de la descarga, se manejó un cronometro con vuelta a cero. Para la determinación del consumo de energía eléctrica se utilizó el diferencial de uso marcado por el medidor de consumo del tablero central de la planta de producción de ILA S.A.

Los análisis de laboratorio para los parámetros de emisiones y material particulado, fueron realizados por el laboratorio de tercera parte acreditado por SAE, ALS CORPLAB bajo acreditación NTE INEN-ISO/IEC 17025:2006 “Requisitos generales para la competencia de los laboratorios de ensayo y de calibración”, equivalente a la norma ISO/IEC 17025:2005, y con los criterios y procedimiento de acreditación del SAE.

3.3 Tipo de investigación

El presente trabajo de investigación tiene un enfoque cuantitativo experimental, en el cual se propone la sustitución de la tecnología de pasteurización de intercambio de calor, por inyección directa de ozono, como resultado de la modificación del proceso: la reducción del consumo de agua, la reducción de las emisiones a la atmósfera y la sustitución de combustibles de fósiles por energía eléctrica, considerando que, a través de ese cambio tecnológico en el proceso, existirá una reducción del consumo de agua, emisiones y desechos en el proceso, analizadas mediante comparaciones estadísticas y ciencias exactas, partiendo de los datos iniciales de costos de producción, eficiencia del proceso, tiempos de producción, y cuantificación de desechos; tomando a los datos de la tecnología tradicional en contraste con la inyección directa de O₃; todo esto basado en el principio químico oxidativo de la molécula de ozono que permite eliminar el 99.7 % de la carga microbiológica inicial en un fluido.

3.4 Prueba de Hipótesis

3.4.1 Variable independiente

Sustitución de la tecnología tradicional de pasteurización

3.4.2 Variable dependiente

Implementación de una técnica de producción más limpia en el proceso de elaboración de vino de frutas

3.4.3 Alcance

El alcance de la presente investigación fue de carácter mixto, descriptivo / exploratorio, porque, en principio, se investigó un fenómeno poco estudiado como es la sustitución de la tecnología de pasteurización en la fabricación de vino de frutas y por otro lado se describió los efectos que tiene dicho cambio, como alternativa de producción más limpia al reducir el consumo de agua y las

emisiones generadas, sustituyendo la necesidad de combustibles de fósiles por energía eléctrica. Es así como la investigación se enmarcó en un contexto de investigación de campo, pues se analizó los cambios en el proceso de producción de vino de frutas tras la sustitución de la tecnología, combinada con una investigación bibliográfica documental mediante el análisis de como la industria emplea técnicas de producción más limpia (P+L) en la industria de alimentos y bebidas.

3.4.4 Hipótesis de investigación:

H₁: La sustitución de la tecnología por inyección directa de ozono, representa una alternativa de producción más limpia.

3.4.4 Hipótesis nulas:

H₀: La sustitución de la tecnología por inyección directa de ozono, no representa una alternativa de producción más limpia.

3.5 Población o muestra:

3.5.1 Población

De acuerdo con el objetivo de esta investigación, la población se ha enfocado en los procesos de transformación de alimentos y procesos biotecnológicos para la producción de vino de frutas desarrollados por Industrias Licoreras Asociadas S.A.

3.5.2 Muestra

La muestra para el desarrollo de la presente investigación fueron los parámetros de consumo de agua, emisiones a la atmósfera y cuantificación de desechos del proceso de pasteurización de vino de frutas, divididos en dos grupos uno como control, antes de la sustitución de la tecnología y otro como experimental tras el cambio de proceso de pasteurización.

3.6 Recolección de información:

Para la recolección de los datos de tiempo de producción, consumo de agua, consumo de diésel, emisiones a la atmósfera, y cantidad de producto terminado de vino de frutas, se escogieron días de producción aleatorios comprendidos entre los meses de septiembre de 2020 y abril de 2021, meses de mayor demanda del producto vino de frutas; un día de producción consta de 8 horas de trabajo divididas en 5 horas destinadas únicamente al proceso de pasteurización y las otras 3 a los procesos de envase, sellado, etiquetado y empacado, en un día de producción se envasan 8500 litros de vino de frutas en 11000 botellas de 750 centímetros cúbicos (cm³) de capacidad, contabilizando un desperdicio diario aproximado de 250 litros en el proceso.

Para la cuantificación del consumo de agua y diésel para el proceso de pasteurización, se emplean los datos de los registros de producción diario de ILA S.A., con objetivo de contar con los datos reales del proceso. Para determinar la cantidad de emisiones a la atmósfera y del material particulado se realizan mediciones durante un día de producción de vino de frutas respectivamente por parte del laboratorio acreditado ALS CORPLAB, cabe recalcar que las muestras tomatadas son transportadas en cadena de custodia hasta la entrega de los resultados por el personal acreditado por dicho laboratorio.

Se emplearon además herramientas tecnológicas disponibles en línea del Gobierno de España para la cuantificación de huella de carbono e hídrica y ecuaciones matemáticas para comparar costos de operación, eficiencia y tiempo de procesamiento, antes y después de la sustitución de la tecnología.

3.7 Procesamiento de la información y análisis estadístico:

Con el fin de procesar los resultados y analizarlos de una manera adecuada, se emplea el software IBM SPSS en su versión 2020.

Tras la tabulación de los datos obtenidos de los registros de producción y los informes de resultados, se usa pruebas estadísticas básicas para determinar el

promedio, varianza y desviación estándar de los datos, además se empleó la prueba de normalidad T – student, para un número de datos menor a 30, y la prueba ANOVA. Además de empleo la prueba Tau-b de Kendall que reconoce las concordancias y discordancias entre dos variables ordinales, con el fin de determinar la correlación de las hipótesis.

Con la finalidad de determinar si existen diferencias perceptibles del producto ozonificado frente a la muestra patrón de vino de frutas pasteurizado por intercambio de calor tradicional, considerando además que, las características sensoriales en alimentos y bebidas representan una de las características más importante a evaluarse, se realizó una prueba triangular a un panel de 20 catadores semi entrenados, con una repetitividad aleatoria de 3 ocasiones cada combinación en los vértices de la hoja de catación como se muestran en la tabla 1 (Saltos, 2010).

Tabla 1: Combinaciones de las muestras de vino ozonificado y pasteurizado para el desarrollo de la prueba sensorial.

Muestra X: Vino de frutas ozonificado. Muestra Y: Vino de frutas pasteurizado.	Series	XYY
		XXY
		XYX
		YXX
		YYX
		YXY

Elaborado por: el investigador.

La hipótesis planteada para la prueba sensorial fue unilateral de la siguiente forma:

- Ha: los catadores si identificaron la muestra de vino de frutas ozonificada.
- Ho: Los catadores no identificaron la muestra de vino de frutas ozonificada.

Los números aleatorios para identificar las muestras en las hojas de catación fueron: 007, 425 y 896.

3.8 Variables respuesta:

3.8.1 Delimitación de la línea base

El proceso de pasteurización es un proceso térmico aplicado en alimentos líquidos con la intención de reducir la presencia de microorganismos que puedan alterar la inocuidad y seguridad de los mismos, convirtiéndose en una operación de vital importancia durante la producción de vino de frutas para asegurar la calidad e inocuidad del producto final, mediante la eliminación de los mohos y levaduras presentes a partir del proceso de fermentación alcohólica.

Para la determinación de la situación actual de la operación de pasteurizado dentro del proceso de producción de vino de frutas, y en base a los datos suministrados por ILA S.A., se procedió a cuantificar el consumo de agua mediante la medición del caudal de entrada al intercambiador durante un tiempo estándar de trabajo de 5 horas y una cantidad de producto a tratar de 8500 litros de mosto de vino de frutas, dividido en 4 lotes de producción considerando que la capacidad máxima del mismo es de 2250 L.

El proceso requiere de gran cantidad de agua tanto para la producción de vapor que calentará el equipo, como para enfriar el fluido tratado con el fin de producir el choque térmico adecuado y con ello la inactivación de los microorganismos. Además, de acuerdo con el procedimiento operativo estándar de limpieza y desinfección, al finalizar el día de trabajo el equipo debe ser limpiado en su totalidad empleando agua caliente y tenso activos de grado alimenticio. Como resultado de esta medición el consumo de agua para el proceso de pasteurización fue de 6000 litros de H₂O divididos en 3500 litros para la generación de vapor y 2500 para el choque térmico, mientras que para la limpieza y desinfección del equipo se emplean 105 litros de agua.

Es importante mencionar que ILA S.A., cuenta con una adjudicación por 10 años de 2 vertientes subterráneas de agua para su uso y aprovechamiento, por lo que no incurre en costos mensuales por el uso del recurso y únicamente

cancela una tasa anual a la autoridad ambiental que asciende a \$150 dólares americanos; sin embargo, para la utilización del H₂O en los procesos de producción y considerando que representa en promedio cerca del 85 % del contenido total de los productos finales y con el objetivo de salvaguarda la vida útil de los equipos y maquinas, el costo de tratamiento del agua para la compañía representa un valor de \$4000 dólares americanos por año.

Debido a que el equipo de pasteurización no cuenta con un sistema de reciclaje y enfriamiento de agua, el agua tibia producto del choque térmico se destina en una proporción del 90 % como efluente y el 10 % restante para tareas de riego de jardineras y limpieza de áreas externas a la planta de producción, lo que representan 2250 litros de efluente al alcantarillado público y 250 litros distribuidos en la red externa aproximadamente; por lo cual, en términos generales el agua posterior al proceso de pasteurización está catalogada como un desecho. Para términos contables y estándares del proceso, ILA S.A., considera una merma del 2 % en la operación de pasteurización de vino de frutas.

Para el mantenimiento preventivo y correctivo del equipo de pasteurización se requieren 3 operadores con un tiempo de duración de trabajo de 72 horas, este proceso se lo debe realizar cada 6 meses con el fin de mantener la eficiencia del equipo, el costo de manteamiento anual asciende a \$ 2500 dólares en el que se incluyen partes y repuestos además de lubricantes de grado alimenticio.

El equipo de pasteurización es de maraca SEITZ de procedencia alemana fabricado en 1983, de acuerdo al estándar de depreciación anual el equipo cumplió con su tiempo de vida útil, pero que, tras varios procesos mantenimiento correctivo ha logrado mantenerse en operación; sin embargo, presenta problemas constantes que afectan la productividad y eficiencia de la producción de vino de frutas.

En la figura 2 se muestra el diagrama de flujo del proceso de producción de vino de frutas de ILA S.A.

VINO DE FRUTAS

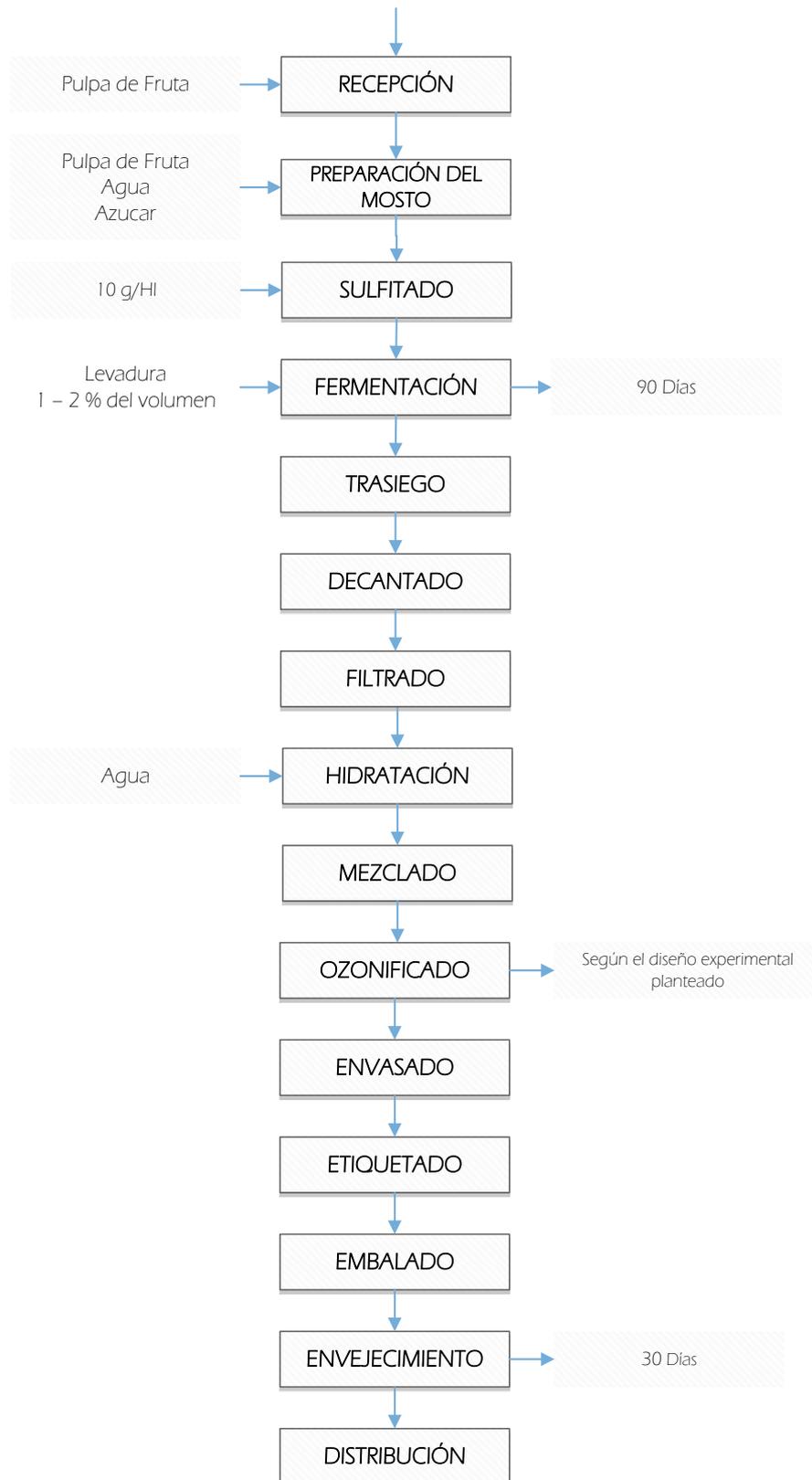


Figura 2. Proceso de elaboración de vino de frutas.
Fuente: ILA S.A., 2021.

En la figura 3 se muestra el diagrama de intercambio de calor (pasteurización) del proceso de pasteurización de vino de frutas.

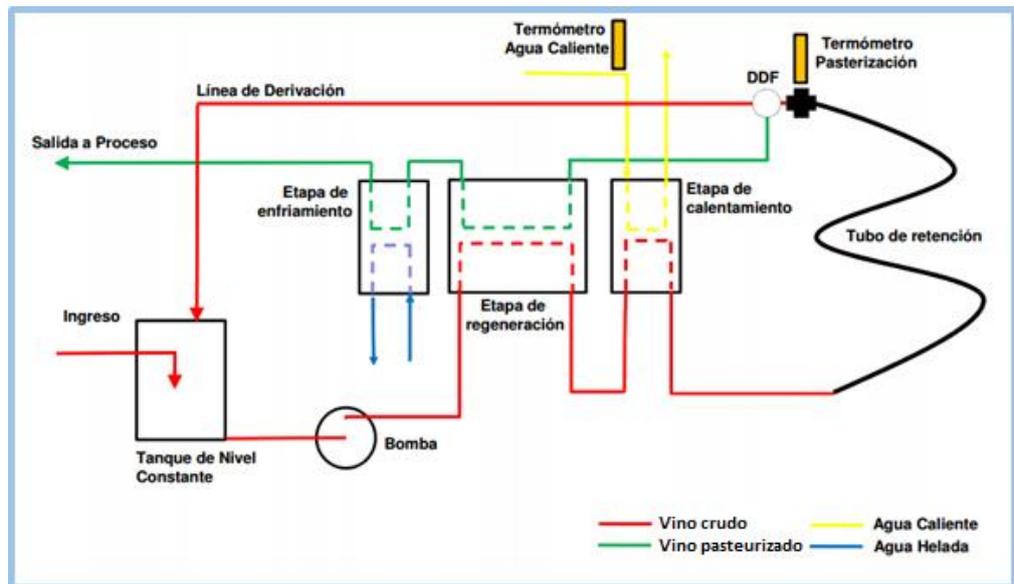


Figura 3. Diagrama de pasteurización de vino de frutas.

Fuente: ILA S.A., 2021.

En la figura 4 se muestra el diagrama básico del intercambiador de placas empleado en el proceso de pasteurización de vino de frutas.

Partes de un intercambiador de Calor a Placas

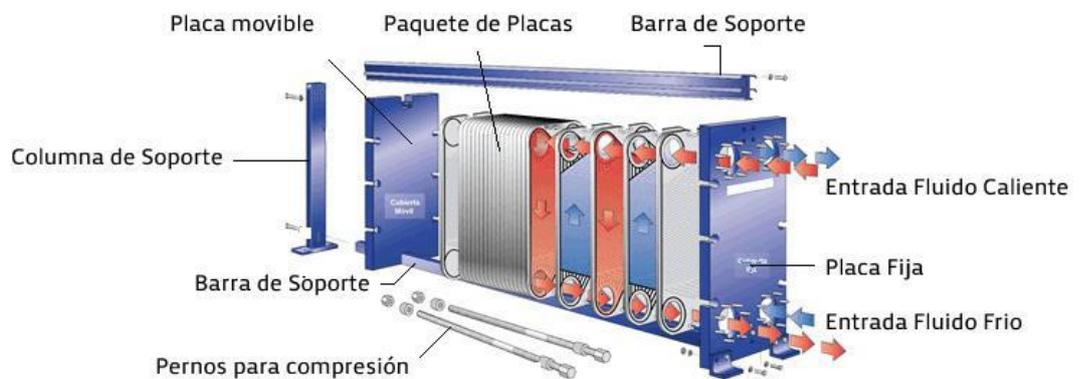


Figura 4. Diagrama de un intercambiador de placas horizontal.

Fuente: GEA - NIRO, 2021.

Por otro lado, para la generación de vapor, se emplea un caldero vertical marca YorkShipley con capacidad de 30 HP y una eficiencia de combustión de 84.20 %, el mismo que para su puesta a punto de inicio consume 20 galones de diésel Premium y 9 galones por cada hora de funcionamiento, sumando 45 galones de combustible por un día de operación de 5 horas; debido al ajuste mensual en el valor de comercialización del diésel Premium luego de la aplicación del decreto presidencial 1183, para efectos prácticos de este trabajo de titulación se ha considerado un precio promedio por galón de \$ 1,35 dólares americanos. En la figura número 5 se presenta el diagrama del caldero vertical y sus componentes de ILA S.A.

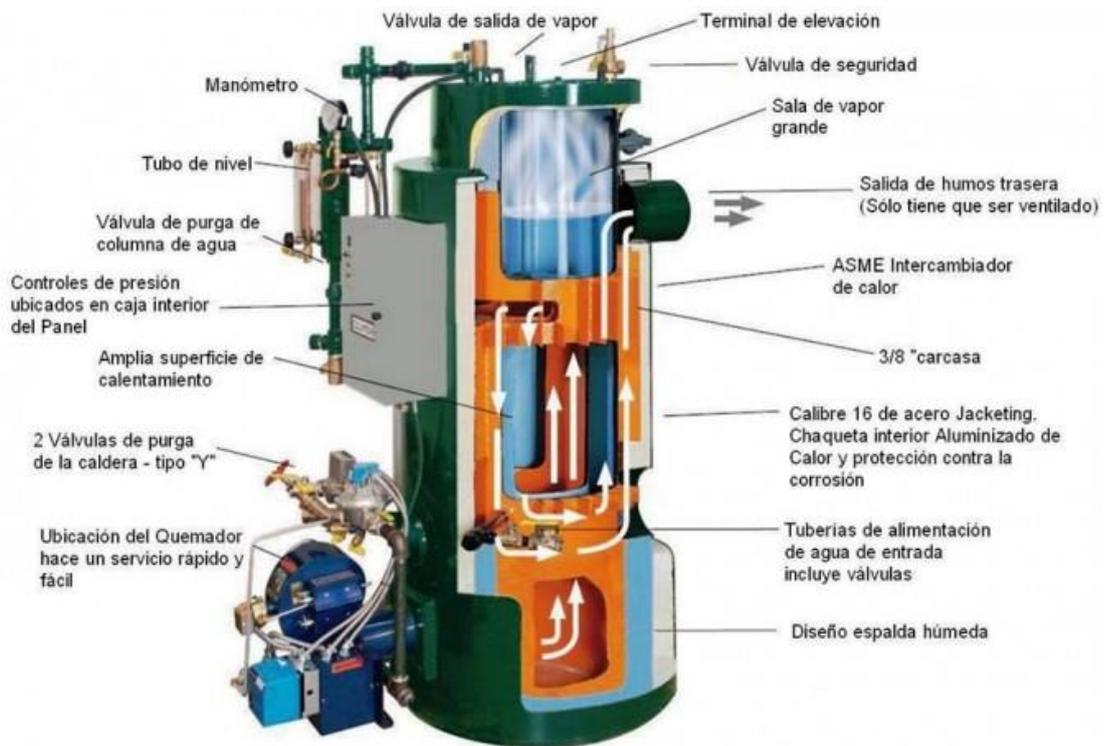


Figura 5. Diagrama de caldero vertical.

Fuente: ILA S.A., 2021.

El proceso de combustión para la generación de vapor produce material particulado y emisiones a la atmósfera, las mismas que de acuerdo al protocolo ambiental de la compañía y lo determinado por la autoridad ambiental competente deber ser cuantificadas y medidas 2 vez al año para asegurar que

dichas emisiones de fuentes fijas se encuentren dentro de los parámetros establecidos en el Libro VI del Texto Unificado de Legislación Ambiental Secundaria, esta medición la realizó el laboratorio de tercera parte ALS CORPLAB acreditado por el Organismo de Acreditación Ecuatoriano (SAE).

Todas mediciones fueron realizadas y registradas bajo cadena de custodia por el personal técnico del laboratorio, bajo estándares y procesos de medición aprobados.

Uno de los objetivos de ILA S.A., es lograr la eficiencia de sus procesos y reducir el impacto ambiental de sus operaciones, de allí la necesidad de buscar e implementar una alternativa más eficiente y amigable con el ambiente que brinde una oportunidad de mejora al proceso de pasteurización tradicional y agregue valor al producto final, que además permita una mejor competitividad en el mercado y la certificación como industria PUNTO VERDE por parte del Ministerio del Ambiente de Ecuador (MAE).

El MAE (2016) con el objetivo de incentivar al sector empresarial en el empleo de nuevas y de mejores prácticas productivas y de servicios, desarrolló PUNTO VERDE como una herramienta para fomentar la competitividad del sector industrial y de servicios que se encuentran comprometidos con el medio ambiente. Esta certificación ambiental tiene como objetivo incentivar la implementación de estrategias preventivas de eficiencia de recursos, buenas prácticas ambientales, producción más limpia y disminución de la contaminación como herramientas para el mejoramiento del desempeño ambiental y posicionamiento competitivo en el mercado nacional, regional e internacional.

La base legal de la Certificación Ecuatoriana Ambiental Punto Verde consta en el Acuerdo Ministerial 140. Marco Institucional para Incentivos Ambientales, expedido en el Registro oficial 387 del 04 de noviembre de 2015. Estos incentivos ambientales, implican importantes beneficios para los postulantes de la CEA Punto Verde, como:

- Económicos: Deducciones a impuestos, créditos con consideraciones ambientales, entre otros.; además la disminución en el consumo de recursos.
- Honoríficos: Facultad de utilizar el logo Punto Verde como un medio de publicidad y marketing, aumentar el valor agregado y preferencia comercial de sus productos y servicios, lo cual posibilita el acceso a nuevos mercados.

Por lo tanto, la certificación PUNTO VERDE del MAE brindaría a ILA S.A., la posibilidad de alinear sus objetivos estratégicos ambientales con las expectativas de crecimiento con una visión al año 2025, apalancada en los beneficios tributarios, aduaneros y arancelarios, así como también del acceso a líneas de crédito verde, y el marketing posicional y branding, asociado a una empresa ambientalmente responsable, con el objetivo de posicionarse dentro del top 30 de empresas responsables con el medio ambiente de acuerdo con el ranking anual ecuatoriano de ADVANCE CONSULTORA y dentro del reducido grupo de industrias de procesamiento de alimentos alineadas con los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) del Programa de Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD).

Los Objetivos de Desarrollo Sostenible, se adoptaron por todos los Estados Miembros en 2015 como un llamado universal para poner fin a la pobreza, proteger el planeta y garantizar que todas las personas gocen de paz y prosperidad para 2030. Los 17 ODS están integrados desde un punto de vista holístico, porque reconocen que las intervenciones en un área afectarán los resultados de otras y que el desarrollo debe equilibrar la sostenibilidad medio ambiental, económica y social.

Para el presente trabajo de investigación se reconocen como primordiales y alineados a los objetivos del trabajo de investigación los siguientes ODS:

- Objetivo 6: Agua limpia y saneamiento
- Objetivo 7: Energía asequible y no contaminante

- Objetivo 9: Industria, innovación e infraestructura
- Objetivo 12: Producción y consumo responsable

3.8.2 Propuesta de sustitución

Con el objetivo de satisfacer la necesidad de ILA S.A., de implementación de una tecnología de pasteurización eficiente y amigable con el ambiente que además, pueda considerarse como alternativa de producción más limpia, que remplace al intercambio de calor que actualmente se emplea y que, tras un análisis microbiológico previo únicamente reduce el 80,0 % de la carga de mohos y levaduras iniciales del proceso de fermentación; en consecuencia, esta reducción microbiana no es suficiente para asegurar la estabilidad biológica del producto final, lo que ha ocasionado un problema tecnológico de reflora y sedimentación en el vino envasado conocido como “flor del vino”, se plantea a la inyección de ozono como un método que se ajusta a las necesidades de la compañía; considerando la innovación y eficiencia tecnológica como sus puntales importantes.

Además, la elección de la tecnología de inyección de ozono al mismo tiempo está sustentada en el criterio técnico administrativo del equipo de certificación de ILA S.A., considerando una experiencia previa con la tecnología para la inocuidad del agua que se emplea en los procesos de producción.

La inyección directa de ozono en los procesos de producción de alimentos como una alternativa segura y eficaz para garantizar la inocuidad y seguridad alimentaria de los productos ha propuesto una nueva arista al desarrollo y aplicación de esta tecnología, por lo que para el desarrollo de esta investigación se propone a la inyección directa de ozono al vino de frutas como una alternativa para el remplazo del proceso tradicional de pasteurización por intercambio de calor como una alternativa de producción más limpia, considerando que para la operación del equipo de generación de ozono únicamente se requiere de energía eléctrica y mínimos cambios al flujo del proceso de producción, no genera emisiones a la atmósfera ni material particulado; además, se reduce en el 99 % la cantidad de agua necesaria para

el proceso; manteniendo la seguridad alimentaria e inocuidad del vino de frutas.

El proceso de esterilización de ozono es considerado como el más eficiente de la naturaleza por su alto poder oxidativo, se lo conoce como el mayor oxidante de la naturaleza. La inactivación de microorganismos con ozono es considerada como una reacción de oxidación. La membrana de los microorganismos es el primer lugar de ataque del O₃; también rompe la actividad enzimática de los microorganismos al actuar sobre los grupos sulfhídricos en ciertas enzimas. La muerte de los microorganismos se produce debido a los cambios en la permeabilidad celular, seguido de una lisis celular. Existen reportes de que el ozono tiene capacidad de inactivar a las esporas bajo condiciones de esterilización clínica. (Adams, 2008)

Otro punto importante a considerar para elegir a la inyección directa de ozono como método alternativo de pasteurización, es el costo de implementación de la tecnología; que, en comparación con actualizaciones por equipos de intercambio de calor más eficientes que cuenten con sistemas de reciclaje de agua o sistemas con auto refrigeración, el costo del equipo de ozono y los cambios en la línea de flujo, representan una diferencia del 75 %, además que, para el montaje de estos nuevos equipos se requiere de espacio adicional en la planta de producción y para el caso específico de los equipos con refrigeración, el uso de gases derivados de propano altamente dañinos para el medio ambiente, suponiendo una no conformidad en el proceso de certificación como industria PUNTO VERDE.

El costo de implementación del equipo asciende a \$ 4500 dólares americanos, de los cuales \$ 500 corresponde a la construcción del sistema de inyección y montaje en la línea de pasteurización. El costo de mantenimiento anual del equipo será de \$ 500 dólares americanos de acuerdo con datos suministrados por el proveedor del equipo.

Consecuentemente, para la limpieza externa del equipo únicamente se requiere una mínima cantidad de agua y un tenso activo de grado alimenticio para acero inoxidable, mientras que, para el mantenimiento preventivo se requiere una inspección visual del panel electrónico externo en el que se muestra la eficiencia de generación de O₃, así como también el tiempo de vida útil restante del diodo ultravioleta. En cuanto al mantenimiento correctivo y de adecuación del equipo, únicamente se requiere de un operador que cierre las válvulas de flujo, suspenda el suministro de energía por un momento y reemplace el diodo UV a través de la escotilla de acceso, una limpieza de las válvulas de succión del venturi o cambios simples en el sistema de tuberías; una vez realizado este proceso el equipo entra en pleno funcionamiento reseteando automáticamente sus sensores y contadores en el panel LED.

Con base en la información expuesta, a continuación, en la Tabla 2, se presenta una matriz de selección determinada por una escala aritmética sencilla: 1=bajo, 2=medio, 3=alto. En esta escala, se puede apreciar que, la tecnología que presenta mayor beneficio para la sustitución de la tecnología de pasteurización es la inyección directa de ozono.

Tabla 2. Matriz de selección para equipos de sustitución de la tecnología de pasteurización.

CRITERIO DE EVALUACIÓN	EQUIPO	
	Inyección de ozono	Pasteurizador con recirculación
<i>Facilidad de uso</i>	3	2
<i>Facilidad de limpieza</i>	3	1
<i>Facilidad de mantenimiento</i>	3	2
<i>Costo</i>	3	1
<i>Manejo/conocimiento</i>	2	2
<i>Beneficio ambiental</i>	3	1
TOTAL	17	9

Elaborado por: el investigador.

NOTA: Comparación entre un equipo de inyección de ozono y un equipo pasteurizador con recirculación de agua.

Los argumentos presentados anteriormente en conjunto con el conocimiento previo generado por el autor del presente trabajo de investigación, y la experiencia de uso y familiaridad con la tecnología de ozono por parte del equipo de certificación y operadores de ILA. S.A, corroboran a la implementación de la inyección directa de ozono como sustituto de la tecnología de pasteurización para el vino de frutas, como una alternativa de producción más limpia eliminar por completo la dependencia de combustibles de fósiles, eliminar las emisiones a la atmósfera y material particulado del proceso y reducir al máximo el empleo y desperdicio de agua como efluente, en concordancia con las premisas descritas en los Objetivos de Desarrollo Sostenible de ONU número 9: Industria innovación e infraestructura y número 12: Producción y consumo responsable.

En la figura 6 se muestra el diagrama del equipo de generación de ozono industrial empleado en el presente trabajo de investigación.



Figura 6. Equipo generador de ozono.
Fuente: ILA S.A., 2021.

En la Figura 7 se muestra un inyector Venturi convencional de ½ pulgada empleado en el acople del sistema de tuberías.



Figura 7. Inyector Venturi de ½ pulgada de ozono en línea.
Fuente: Beutelspacher & Calderón, 2014.

En la figura 8 se muestra el acople de tuberías y cambio en la línea de flujo empleado en el proceso de inyección de ozono.

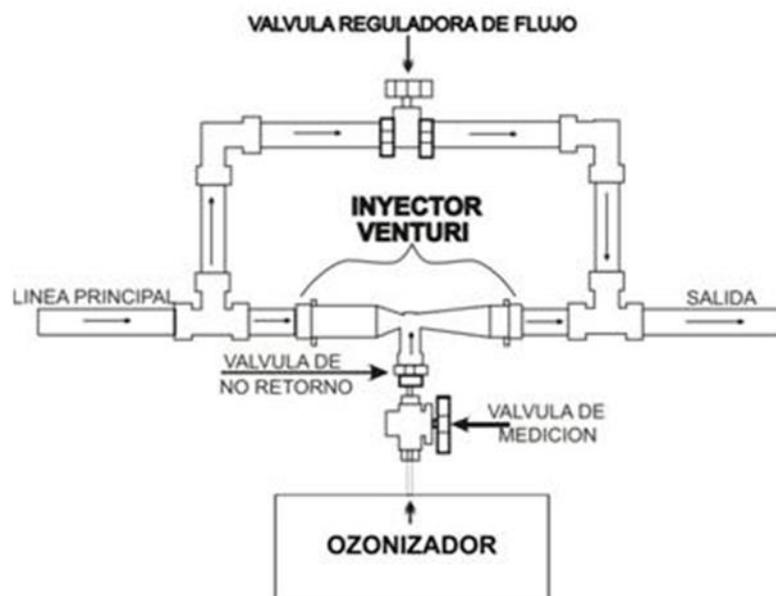


Figura 8. Esquema de instalación del equipo ozonizador en línea continua.
Fuente: Beutelspacher & Calderón, 2014.

Con base en una investigación previa, se determinó que la aplicación (inyección) de 1,5 mg/L de O_3 , es suficiente para conseguir un conteo microbiológico de mohos y levaduras < 1 y una reducción del 99,9 % de la carga microbiana inicial del vino de frutas tras el proceso de fermentación, sin que este proceso afecte los componentes bromatológicos del vino de frutas, mejorando además la sensación residual y de frescura del producto terminado.

El diferencial de reducción de carga microbiana se lo determino empleando la ecuación 1:

$$\% \text{ Reducción microbiana} = \frac{UFC_{iniciales} - UFC_{finales}}{UFC_{iniciales}} * 100 \quad (1)$$

El consumo energético del equipo generador de ozono para producir 1.5 mg/L, es de 5 kW/h de acuerdo con el historial de consumo energético suministrado por ILA S.A., lo que concuerda con la información suministrada por la empresa GRAFFIOLI proveedora del equipo.

Cabe destacar que, la concentración de ozono inyectada al fluido, se encuentra dentro de los valores máximos para la esterilidad del agua empleadas en procesos quirúrgicos y de potabilización de acuerdo con la FDA y la Agencia Europea de Medicamentos, porque al aplicar entre 0.7 y 1 mg/L de O₃ durante 30 segundos es suficiente para la desinfección de 1 litro de agua sin la necesidad de emplear otro método posterior. Además, se considera que el vino de frutas en su composición final contiene alrededor de un 91 % de agua; pues, el producto final contiene un 8 % de alcohol volumen sobre volumen (vol.) (Graham, 2008).

En las últimas dos décadas el uso de ozono en la elaboración de alimentos se ha convertido cada vez más en un punto importante de investigación y aplicación, esto como consecuencia de la afirmación del ozono como sustancia química Generalmente Reconocida como Segura (GRAS); en 1997 y su posterior aprobación en el 2011 por parte de la Administración de Alimentos y Medicamentos (FDA) de los EE.UU. como un aditivo antimicrobiano que puede ser empleado en contacto directo o indirecto con alimentos de todo tipo (Graham, 2008).

3.8.3 Identificación de mejoras

Luego de la sustitución de la tecnología de pasteurización de intercambio de calor por inyección de 1.5 mg/L de O₃ al vino de frutas, se analizaron las mejoras que dicha sustitución tubo sobre el proceso de producción y la cuantificación de los recursos necesarios, para lo cual se emplearon los formatos del manual de producción más limpia de la Organización de las Naciones Unidas para el Desarrollo Industrial (ONUDI).

Cabe recalcar que debido a los problemas sanitarios de conocimiento público a causa de la pandemia mundial producto de la infección por el virus SARSCOV2 – Covid19, el proceso de recolección de información, así como la realización de los análisis externos, extendió el tiempo del desarrollo del análisis y conclusión de resultados del presente trabajo de investigación, sin que pierdan su objetividad y calidad.

Para la determinación del costo de operación, tiempo de procesamiento, y eficiencia del proceso, se emplearon como datos iniciales el histórico contable y de producción de ILA S.A., previo a la sustitución de la tecnología de pasteurización, y la cuantificación de los mismos tras la inyección de ozono, las ecuaciones empleadas se presentan a continuación:

Para la determinación del tiempo estándar para la fabricación de una botella de vino de frutas antes y después de la sustitución de la tecnología se empleó la ecuación 2:

$$TS = \frac{TT}{N} * ID \quad (2)$$

Para la determinación del tiempo de ciclo del proceso de pasteurización se empleó la ecuación 3:

$$Tc = \frac{TP}{UR} \quad (3)$$

La productividad del proceso de pasteurización se calcula mediante la siguiente ecuación 4:

$$PP = \frac{UR}{T * H} \quad (4)$$

Un parámetro importante es medir la eficiencia del proceso de pasteurización de vino de frutas, para lo cual se empleó la ecuación 5:

$$E = \frac{TS}{NE * Tc} * 100 \quad (5)$$

El costo de producción antes y después de la sustitución de la tecnología de pasteurización del vino de frutas se la determino empleando la ecuación 6:

$$CP = \frac{CF + CVU}{NU} \quad (6)$$

Para la determinación del punto de equilibrio del proceso de producción de vino de frutas luego del proceso de inyección de ozono como alternativa a la pasteurización tradicional se empleó la ecuación:

$$P. eq = \frac{CF}{PVP - CVU} \quad (7)$$

Para otorgarle al presente trabajo una visión más práctica, y con el fin de presentar una cuantificación de los recursos empleados en el proceso de pasteurización antes y después de la sustitución de la tecnología de procesamiento, y aseverar que el remplazo del proceso de pasteurización se enmarca como una estrategia de producción más limpia, al reducir el consumo de recursos y minimizar los desperdicios, se empleó la Calculadora de huella de carbono de Organización. Alcance 1+2 del Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico del Gobierno de España como se muestra en la figura 9.

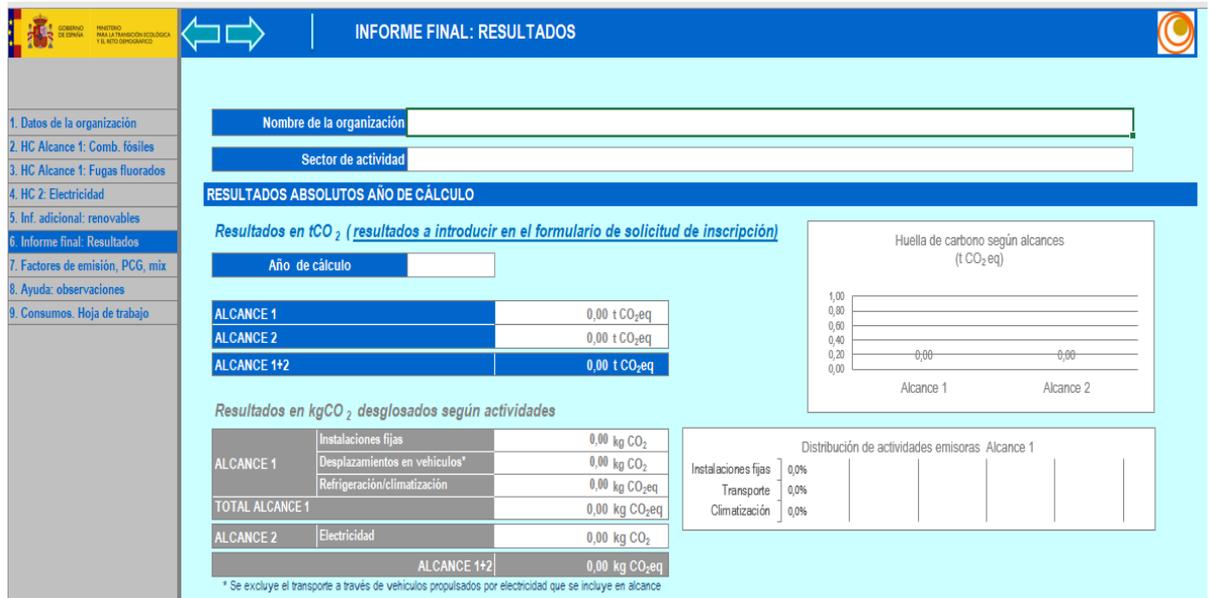


Figura 9. Herramienta huella de carbono 1+2.

Fuente: Gobierno de España, 2021.

La matriz de libre acceso está desarrollada en un archivo Excel, el mismo que cuenta con 10 pestañas en las cuales se describe toda la información para su correcto uso, así como las instrucciones, valores constantes para la cuantificación, factores de emisión, observaciones adicionales, y versión de desarrollo de la herramienta; los datos necesarios para su uso provienen de la cuantificación del consumo de energía de las fuentes relevantes ya sean energía eléctrica o combustión de combustibles de fósil en el periodo de medición, el uso de climatización, energía renovable propia y su fuentes, de la siguiente manera:

- **1 Datos generales de la empresa:** En esta pestaña se colocarán la información administrativa de la compañía, así como el periodo en el cual se realizará el análisis y la cuantificación.
- **2 Combustibles fósiles:** En esta ventana se listarán los combustibles fósiles y su tipo de acuerdo al uso en las operaciones unitarias, así como también el valor cuantificable empleado en el periodo de tiempo analizado.
- **3 Fluorados:** En el caso de que una organización emplee equipos de calefacción o refrigeración, en esta pestaña se deberá colocar la

información relevante al uso de compuestos fluorados u órgano fosforados empleados como refrigerantes o climatizantes, para la presente investigación estos parámetros permanecen en blanco.

- **4 Electricidad:** En esta pestaña se incluirá la cuantificación del consumo eléctrico de las operaciones unitarias del proceso evaluado, además se deberá analizar si las fuentes de la energía eléctrica son consideradas como energía limpia o no, sin embargo, ya que en Ecuador la energía eléctrica en su mayoría proviene de fuentes renovables se considerará como energía limpia.
- **5 Información adicional:** En esta pestaña se incluirá información relevante con respecto a la generación propia de energía renovable ya sea energía eléctrica o biomasa, en el caso de que la organización las genere.
- **6 Resultados:** En esta pestaña se desplegará el informe final de resultados con respecto a la huella de carbono del proceso analizados expresado en toneladas equivalentes de monóxido de carbono como se muestra en la figura 9.

Para evaluar la huella hídrica del proceso de pasteurización de vino de frutas se empleó la herramienta en línea de Water Footprint Network (WFN) con el fin de determinar un estimado de la misma, el resultado es una extrapolación del consumo de agua de industrias de procesamiento de alimentos de Ecuador y en específico de producción de bebidas.

Uno de los puntos importantes a considerar, como resultado del remplazo de la tecnología, fue la modificación del sistema de producción; pues, con el empleo del equipo de pasteurización por intercambio de calor y su capacidad, necesariamente el proceso se lo realizaba por lotes, de 4 para una procesamiento de 8500 Litros de mosto de vino de frutas; sin embargo, mediante la inyección directa de ozono el proceso se transformó a un método

en línea, lo que acarrea una oportunidad para ILA S.A., de incrementar su volumen de producción en el mismo tiempo.

3.8.4 Ventajas competitivas

Con el objetivo de conocer los beneficios administrativos, tributarios y competitivos que conllevaron la implementación de la nueva tecnología, se empleó un análisis FODA, enfocado en la sustitución de la tecnología de pasteurización, de tal manera que, el análisis pueda ser útil para el crecimiento y desarrollo de la compañía.

De la misma manera, se empleó la matriz CANVAS enfocada en el producto vino de frutas ozonificado con el fin de determinar un modelo de negocio innovador para el producto, considerando que el producto sería pionero en el mercado en la utilización de ozono para el aseguramiento de la inocuidad del mismo y de esta manera explotar su innovación tecnológica.

Para la determinación de las ventajas competitivas del producto se empleó la herramienta de análisis de las Fuerzas Competitivas de PORTER vinculando las potenciales ventajas del vino de frutas ozonificado frente a los productos existentes en el mercado y los objetivos estratégicos de la compañía, como se muestra en la figura 10.



Figura 10. Herramienta Fuerzas Competitivas de PORTER.
Fuente: Economipedia, 2021.

En la industria de alimentos, las características sensoriales de un producto, son consideradas como la principal ventaja competitiva en el mercado, porque a través de cierta característica resaltada se puede ofrecer un efecto diferenciado apreciable por el consumidor. Es por esto que, es de vital importancia la evaluación sensorial del producto tras la sustitución de la tecnología de pasteurización.

Como punto de partida inicial, durante el análisis sensorial a priori del producto, se encontró que la inyección de O₃ otorgaba al vino de frutas una sensación residual agradable al paladar, descrito como un producto ligero y refrescante muy similar a productos que han sufrido una la inyección intencional de CO₂ para gasificarlo, sin que exista la sensación de explosión del gas en la lengua del consumidor, lo que representa un valor agregado de palatabilidad al vino de frutas ozonificado en comparación con el producto original, lo que abre una posibilidad de mercado y de explotación comercial y de marketing, considerando que las nuevas tendencias del mercado de bebidas alcohólicas, están enfocadas en bebidas de moderación con un grado alcohólico menor a 10 % en volumen, de sabores exóticos, dulces y astringentes gasificados o no, de acuerdo con la OIV en el 2020.

CAPITULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1 Cuantificación de recursos (línea base)

El proceso de pasteurización por intercambio de calor, tiene como objetivo principal asegurar la inocuidad y calidad del producto final, eliminando la carga microbiológica de las levaduras en la causa de fermentación alcohólica; tradicionalmente es un proceso que se lo usa desde 1720; pero que, sin embargo dentro de la industria de alimentos es un asunto que consume gran cantidad de recursos naturales, en específico H₂O requerida, tanto para la generación de vapor como para producir el choque térmico con agua fría necesaria para la inactivación de los microorganismos.

En este momento existen equipos de pasteurización, que han sufrido actualizaciones tecnológicas que permiten una recirculación de agua o empleo más eficiente de su capacidad térmica para el calentamiento, sin embargo, son en extremo costosos y perpetúan la dependencia de combustibles fósiles y agua para el núcleo del proceso.

En la Tabla: 3, se presenta la cuantificación de recursos empleados en el tratamiento de 8500 litros de mosto de vino de frutas por pasteurización tradicionalmente por intercambio de calor.

Tabla 3. Cuantificación de recursos empleados durante la pasteurización por intercambio de calor.

<i>RECURSO</i>	CANTIDAD
<i>Agua</i>	6105 Litros
<i>Diésel</i>	65 Galones
<i>Energía Eléctrica</i>	0.03 kW/h
<i>Efluente</i>	2500 Litros

Fuente: ILA S.A., 2021.

La reducción del consumo de agua en el procesamiento de alimentos y bebidas, el empleo más eficiente de estos elementos, es cuando sean estrictamente necesarios para el procesamiento, son parte de los Objetivos de desarrollo sostenibles planteados por el PNUD con visión al año 2030. El proceso de pasteurización tradicional que ILA S.A., emplea para su producción de vino de frutas, utiliza una gran cantidad de agua de la cual el 41 % tras su uso termina como efluente del sumario, demostrando la ineficiencia del uso del recurso.

También, la dependencia de combustibles de fósiles para los procesos productivos, los cuales son una fuente importante de contaminación ambiental y productores de gases de efecto invernadero en países industrializados, de acuerdo con Cho en 2019 representara para el año 2025 la principal estrategia de mitigación de la industria manufacturera mundial, con el objetivo de remplazarlos con energía amigable con el ambiente y de fuentes sostenibles; la meta es reducir la temperatura en 1.5 grados centígrados antes de 2050.

Para ILA S.A., de acuerdo con su política ambiental y los estándares establecidos en la legislación ambiental, demandan que las emisiones cumplan con los estándares establecidos en el Código Orgánico Ambiental (COA) y sus legislaciones conexas, en la Tabla: 4, se presentan los resultados de los análisis de material particulado y de emisiones a la atmosfera; en la Tabla: 5, se muestra la comparativa entre los resultados y los parámetros establecidos en el COA.

Tabla 4. Análisis de material particulado y emisiones.

<i>PARÁMETROS ANALIZADOS</i>	<i>RESULTADOS OBTENIDOS EN LA MEDICIÓN</i>		<i>INCERTIDUMBRE (K = 2)</i>
	<i>CONCENTRACIÓN NO CORREGIDA</i>		
	<i>VALOR</i>	<i>UNIDAD</i>	
Oxígeno	9,77	%	± 0,50 %
Monóxido de carbono	107	ppm	± 23,16 ppm
Óxidos de nitrógeno	38.7	ppm	± 5,2 ppm
Dióxido de azufre	< 15	ppm	*****
Monóxido de nitrógeno	39	ppm	± 3,30 ppm
Dióxido de nitrógeno	< 10	ppm	*****
Dióxido de carbono	8,32	%	± 0,50 %
Material particulado	8,55	mg/m ³	*****
Velocidad de los gases	4,51	m/s	No aplica
Humedad de los gases	3,75	%	No aplica

Fuente: ALS CORPLAB., 2021.

Tabla 5. Comparación de resultados con la legislación ambiental vigente.

COMPARACIÓN CON NORMATIVA O LEGISLACIÓN			
PARÁMETROS ANALIZADOS	CONCENTRACIÓN CORREGIDA (mg/m ³)	LÍMITE MÁXIMO PERMISIBLE (mg/m ³)	CRITERIO DE RESULTADOS
<i>Monóxido de carbono</i>	203	NO APLICA	NO APLICA
<i>Óxidos de nitrógeno</i>	121	850	CUMPLE
<i>Dióxido de azufre</i>	0	2004	CUMPLE
<i>Material particulado</i>	< 33	430	CUMPLE

Fuente: ALS CORPLAB., 2021.

Luego de la medición de los parámetros del componente aire por parte del equipo técnico del laboratorio ALS CORPLAB, el informe de resultados determina que no existe un daño significativo al componente aire por la emisión de material particulado y gases pesados producto de la combustión, al compararlos con los estándares del COA, por tanto, la emisión de monóxido de Carbono (CO) y óxidos de nitrógeno (N_xO_y) debido a sus efectos adversos en la salud sus niveles han sido regulados con normas ambientales y de exposición. Los óxidos de nitrógeno, una vez liberados al aire por las combustiones, a través de reacciones fotoquímicas, forman contaminantes secundarios, como smog fotoquímico o niebla tipo Los Ángeles, típica de las zonas con gran concentración de vehículos de motor o fuentes industriales de combustión.

En la Unión Europea, la Directiva europea 50/2008, fijo los niveles máximos para emisiones de este tipo de gases contaminantes y de efecto invernadero denominándola como norma EURO 3, que comparada con los niveles obtenidos en el resultado de ILA S.A., cumplirían con los límites máximos para este estándar; que al compararlos con la norma EURO 5 actualizada a noviembre de 2019, dichos valores se encontrarían sobre el estándar en 3 puntos porcentuales, dejándolos como una no conformidad mayor en un proceso de certificación ambiental; esto permite concluir que la legislación ambiental ecuatoriana es un tanto permisiva con respecto a estándares de países industrializados en el componente ambiental aire, debido a una falta de revisión continua de los estándares con el fin de ajustarlos cada tiempo determinado a valores más amigables con el entorno de desarrollo y promoviendo una industria más ambientalmente comprometida.

De la misma manera, en concordancia con la legislación ambiental vigente, todo efluente industrial debe cumplir con el estándar del componente ambiental agua para su descarga segura al alcantarillado, por lo que en la Tabla: 6, se muestra el análisis bromatológico del efluente (agua de descarga) del proceso de producción de vino de frutas.

Es importante señalar que para el análisis del componente agua, no solo se considera la cantidad de agua necesaria para el proceso de pasteurización, sino además, se suma el consumo de agua necesario para el proceso de lavado de botellas previo al envase.

Tabla 6. Análisis bromatológico de efluente.

PARÁMETROS ANALIZADOS	METODOLOGÍA DE REFERENCIA	MÉTODO INTERNO ALS	UNIDAD	67374-2	INCERTIDUMBRE (K=2)	⁽¹⁾ LÍMITE MÁXIMO PERMISIBLE	⁽²⁾ CRITERIO DE RESULTADOS
				A2			
DEMANDA BIOQUÍMICA DE OXÍGENO	Standard Methods Ed. 23, 2017, 5210 B	PA - 45.00	mg/l	9,10	± 0,79 mg/l	250,0	CUMPLE
DEMANDA QUÍMICA DE OXÍGENO	Standard Methods Ed. 23, 2017, 5220 D	PA - 01.00	mg/l	26,7	± 2,3 mg/l	500,0	CUMPLE
POTENCIAL HIDRÓGENO	Standard Methods Ed. 23, 2017, 4500-H+ A y 4500-H+ B	POS - 25.00	U pH	8,10	± 0,08 U pH	6 - 9	CUMPLE
SÓLIDOS SUSPENDIDOS TOTALES	Standard Methods Ed. 23, 2017, 2540 A y 2540 D	PA - 16.00	mg/l	20,0	± 1,7 mg/l	220,0	CUMPLE
ACEITES Y GRASAS GRAVIMÉTRICO	Standard Methods Ed. 23, 2017, 5520 B	PA - 43.00	mg/l	<20,0	± 4,4 mg/l	70,0	CUMPLE
SULFATOS	EPA 375.4 SO ₄ ²⁻ , 1978	PA - 17.00	mg/l	90,2	± 1,96 mg/l	400,0	CUMPLE
CLORUROS	Standard Methods Ed. 23, 2017, 4500-Cl ⁻ B	PA - 44.00	mg/l	34,9	± 1,1 mg/l	NO APLICA	NO APLICA
TENSOACTIVOS	Standard Methods Ed. 23, 2017, 5540 A y 5540 C	PA - 12.00	mg/l	0,13	± 0,03 mg/l	2,0	CUMPLE
CAUDAL(*)	FLOTADOR/ VOLUMÉTRICO/ MOLINETE	POS - 28.00	l/s	2,50	± 0,01 l/s	NO APLICA	NO APLICA
TEMPERATURA	Standard Methods Ed. 23, 2017, 2550 B	PA - 47.00	°C	19,6	± 0,2 °C	<40,0	CUMPLE

Fuente: ALS CORPLAB., 2021

De forma semejante o similar, al comparar los resultados obtenidos con los parámetros establecidos en el COA, se concluye que, en todos los parámetros bajo acreditación los resultados cumplen con la normativa legal vigente de acuerdo al método empleado para su análisis; sin embargo, es de importancia considerar el parámetro de caudal que muestra una descarga de 2.50 l/s, que en comparación con estándares de la Unión Europea para industria de alimentos y bebidas, sobrepasa el estándar en 10 % de lo permitido para industrias que no requieren de tratamiento

o disposición final del efluente, lo que acrecienta la necesidad de ajustar el consumo de agua del proceso.

4.2 Resultados de la sustitución

Como se mencionó en el capítulo anterior, la inyección de ozono como método alternativo de pasteurización, permitirá alinear los objetivos ambientales de ILA S.A., con su política y la legislación ambiental vigente para la obtención de la certificación PUNTO VERDE por implementación de estrategias de producción más limpia.

Asegurar la calidad y la inocuidad del producto final es uno de los objetivos fundamentales de la industria de alimentos y de la investigación de tecnologías de inocuidad alimentaria, por lo que, para la presente investigación se analizó y cuantifico el poder de acción del ozono sobre el vino de frutas frente a una muestra de vino de frutas pasteurizada tradicionalmente como sigue.

En lo que respecta al vino, los resultados del análisis microbiológico de la muestra testigo de vino sin ser sometida a ningún tratamiento de pasteurización y de la muestra pasteurizada tradicionalmente mediante intercambio de calor se presentan en la Tabla 7.

Tabla 7: Recuento de mohos y levaduras (UFC/ml) de vino de frutas sin pasteurización, pasteurizada tradicionalmente y determinación del porcentaje de reducción microbiana.

ENSAYO	MÉTODOS UTILIZADOS	RECuento (UFC/100 ml)		REDUCCIÓN MICROBIANA [%]
		VINO DE FRUTAS SIN PASTEURIZAR	VINO DE FRUTAS PASTEURIZADO (80 °C – 9 seg.)	
Mohos y Levaduras	PE-07-5.4-MB INEN 1529-10. 1998	4. x 10 ³	8.0 x 10 ²	80,0
Condiciones Ambientales: 21.2[°C]; 51 % HR.				

Fuente: ILA S.A., 2021.

De acuerdo con Kilcast (2014), un proceso de pasteurización se considera aceptable cuando existe una reducción de al menos el 90 % de la carga microbiana inicial; es decir, la reducción de 1 log, los resultados de la muestra testigo de vino

de frutas pasteurizada mediante intercambio de calor presenta un valor de $8,0 \times 10^2$ UFC/100 ml.; de esta manera, se observa que el proceso tradicional de pasteurización por intercambio de calor que se emplea en ILA S.A., reduce solamente el 80,0 % de la carga de mohos y levaduras; en consecuencia, esta reducción microbiana no es suficiente.

En la práctica esto conlleva a que una vez envasado el producto en su tiempo de estancia de cuarentena (envejecido) desarrolle un problema tecnológico denominado la flor del vino, que es el crecimiento y reflora de mohos y levaduras que no fueron inactivadas durante la pasteurización, lo que implica reprocesos al producto final e ingentes pérdidas económicas.

En la tabla 8 se muestra el resultado del análisis microbiológico de la muestra de vino ozonificada aplicada una concentración de 1.5 mg/l de O₃.

Tabla 8: Resultado microbiológico de muestra de vino aplicada una concentración de 1,5 mg/L de O₃.

MUESTRA	ENSAYOS REALIZADOS	MÉTODOS UTILIZADOS	RESULTADOS (UFC/ml)	REDUCCIÓN MICROBIANA [%]
Vino de frutas ozonificada	Mohos y Levaduras	BAM CAP 18''	1	99,88

Fuente: ILA S.A., 2021.

Aplicando una concentración de 1,5 mg/L de O₃ al vino de frutas como método alternativo de pasteurización al intercambio de calor tradicional, se obtuvo una reducción de la carga microbiana en alrededor de 3 logaritmos, en comparación con la carga inicial, resultado obtenido con la fórmula 1 que sigue:

$$\% \text{ Reducción microbiana} = \frac{UFC_{iniciales} - UFC_{finales}}{UFC_{iniciales}} * 100 \quad (1)$$

$$\% \text{ Reducción microbiana} = \frac{8,0 \times 10^2 - 1}{8,0 \times 10^2} * 100 = 99,88 \%$$

Si se compara los porcentajes de reducción microbiana entre el proceso de pasteurización tradicional, frente al recuento de la muestra pasteurizada con ozono, se observa que existe una diferencia de 19.9 puntos porcentuales de reducción entre la pasteurización tradicional (80 %) y la muestra tratada con ozono (99.88 %), lo que por sí, representa un aumento de la eficiencia del método de pasteurización del 20 % y ratifica la efectividad del método de pasteurización aplicado desde el punto de vista de inocuidad alimentaria y aseguramiento de la calidad del producto final.

Por otro lado, para analizar posibles cambios en la estructura bromatológica del vino de frutas, tras el proceso de inyección de ozono, se realizó un análisis de las características físico químicas del producto y se contrastaron con los requisitos de la Norma Técnica Ecuatoriana INEN 374 Vino de Frutas. Requisitos, dicha comparación mostro que el producto final cumple con el estándar de calidad suscrito por el Servicio Ecuatoriano de Normalización, y que no existen cambios significativos en los parámetros del producto final tras la inyección de O₃.

En la Tabla 9: se presentan los resultados del análisis bromatológico de la muestra de vino de frutas tras el proceso de inyección de ozono.

Tabla 9. Resultados bromatológicos de muestra de vino tras inyección directa de ozono.

PARÁMETROS	MÉTODOS UTILIZADOS	UNIDADES	RESULTADOS
Densidad	Gravimétrico	g/ml	1,0608
Grado alcohólico a 20 °C	NTE INEN 340	°GL	9,2
Acidez total como ácido acético	NTE INEN 341	mg/ 100 ml	21,4
Furfural	NTE INEN 2014 C.G.	mg/ 100 ml	0,09
Metanol	NTE INEN 2014-1194	mg/ 100 ml	3,7
Aldehídos como etanal	NTE INEN 2014 C.G.	mg/ 100 ml	0,0
Alcoholes superiores	NTE INEN 2014 C.G.	mg/ 100 ml	4,0
Azucares totales	HPLC	%	25,7

Fuente: ILA S.A., 2021.

En la Figura 11, se presenta la comparación de los valores bromatológicos analizados entre la muestra de vino de frutas pasteurizada por intercambio de calor y la muestra de vino tratada por inyección de ozono, en la que se distingue que no

existe diferencias significativas en los parámetros analizados para las muestras en cuestión.

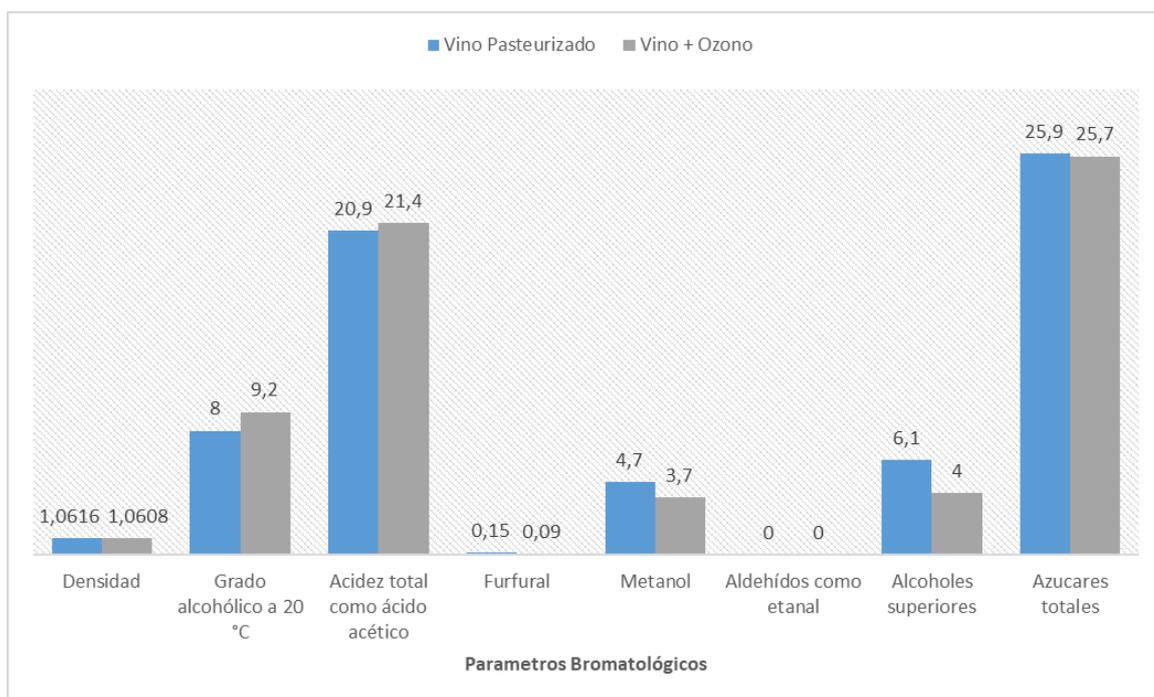


Figura 11. Comparación de los resultados bromatológicos de muestra de vino pasteurizada y muestra ozonificada.

Realizado por: el investigador.

Para el presente trabajo de investigación resulta fundamental mostrar una comparación de la cuantificación de los recursos antes y después de la sustitución de la tecnología de pasteurización convencional, como se presenta en la figura 12, todo esto con el objetivo de demostrar las diferencias significativas en el empleo de los recursos para cada una de las operaciones, el consumo de agua y la cuantificación del efluente están expresados en litros, el consumo de energía en kWh, mientras que la cuantificación del diésel se presenta en galones del combustible como sigue:

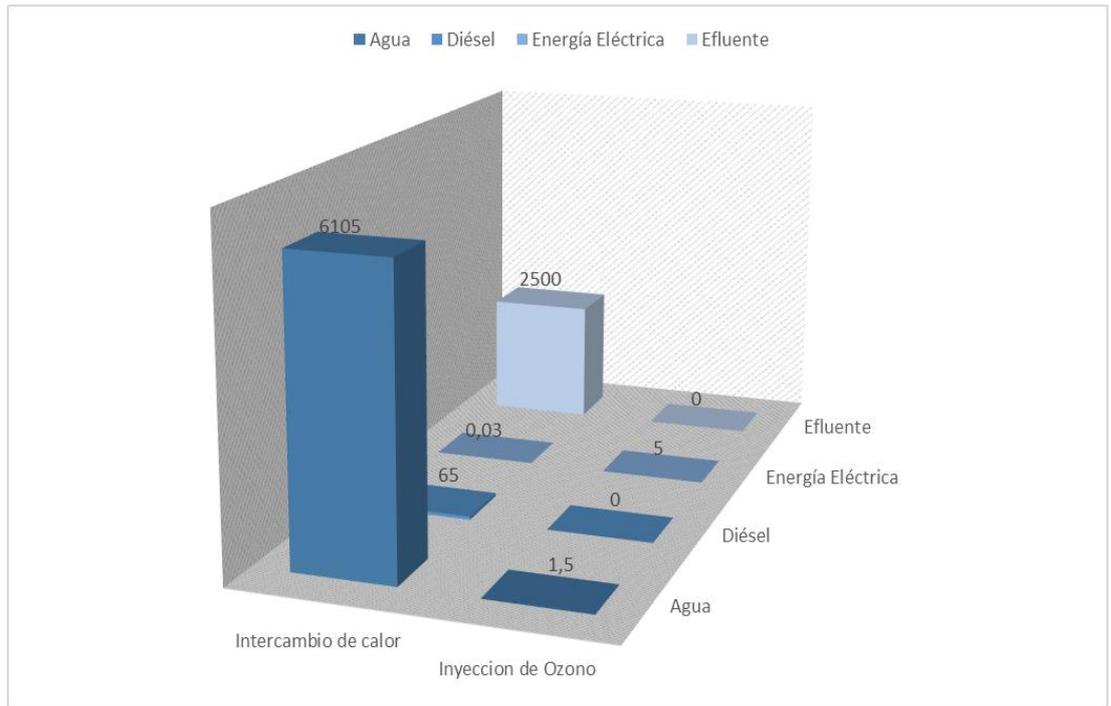


Figura 12. Comparación del empleo de recursos entre tecnologías de pasteurización. **Realizado por:** el investigador.

Como se aprecia, la disminución del consumo de agua, la eliminación de la necesidad de emplear combustibles de fósil (diésel) y la reducción a 0 del efluente cuantificable del proceso de pasteurización luego de la sustitución de la tecnología, consigue la eficiencia de los procesos, y la optimización del proceso para el aseguramiento de la estabilidad biológica del producto final, pese a que exista un incremento en el consumo energético de 4.97 kWh para la operación, sin embargo dado que en el país la energía eléctrica proviene de fuentes renovables, de acuerdo con el PNUD, es considerada como energía limpia y sustentable lo que garantiza el cumplimiento de los parámetros regulatorios en materia ambiental.

4.3 Identificación de Mejoras

Con el objetivo de identificar las mejoras del proceso de producción de vino de frutas, a continuación, se presenta la evaluación de los parámetros más importantes para el proceso de producción, antes del remplazo de la tecnología de pasteurización tradicional por intercambio de calor y tras la sustitución por inyección de ozono.

4.3.1 Tiempo estándar de trabajo

La determinación del tiempo estándar de trabajo permite estimar la capacidad de producción de una línea de trabajo, y conocer además la eficacia del proceso de producción, para calcular el tiempo estándar de producción de vino de frutas, se empleó la ecuación 2 como sigue:

$$TS = \frac{TT}{N} * ID \quad (2)$$

En donde: $TS =$ *Tiempo estándar (minutos)*
 $TT =$ *Tiempo trabajado (minutos)*
 $N =$ *Número de unidades producidas (unidades)*
 $ID =$ *Índice de desempeño*

Para el cálculo del tiempo estándar ILA S.A. ha definido un índice de desempeño de 95 %, una medición de tiempo de trabajo total empleando intercambio de calor de 8 horas y con inyección de ozono de 5 horas.

- **Intercambio de calor**

$$TS = \frac{480 \text{ min.}}{11000 \text{ unidades}} * 0.95$$

$$TS = 0.042 \text{ minutos}$$

- **Inyección de ozono**

$$TS = \frac{300 \text{ min.}}{11000 \text{ unidades}} * 0.95$$

$$TS = 0.026 \text{ minutos}$$

Como conclusión, la sustitución de la tecnología de pasteurización por inyección directa de ozono redujo el tiempo estándar de trabajo de 2.5 segundos por botella de 750 cm³ a 1.6 segundos por unidad; de acuerdo con Henningsson en 2018 en un proceso de producción en línea, la reducción de 0.50 segundos en el tiempo de procesamiento de un producto, representa para la compañía un ahorro del 1 % del costo total de producción lo que en comparación con ILA S.A., representaría un ahorro de 0.09 centavos de dólar por botella producida.

4.3.2 Tiempo de ciclo del proceso

El tiempo de ciclo es una métrica que estima lo que tarda un ítem en cambiar de operación unitaria durante un proceso productivo, esta métrica permite determinar los tiempos de inicio y fin de cada trabajo, de allí la necesidad de determinar el tiempo de ciclo del proceso de pasteurización empleando la ecuación 3 que sigue:

$$Tc = \frac{TP}{UR} \quad (3)$$

En donde: $Tc =$ *Tiempo estándar (segundos)*

$TP =$ *Tiempo de producción de la estación (segundos)*

$UR =$ *Unidades requeridas (unidades)*

Para el cálculo del tiempo de ciclo el promedio de la medición de tiempo de producción del proceso de pasteurización empleando intercambio de calor de 4 horas y con inyección de ozono de 1 hora y 45 minutos.

- **Intercambio de calor**

$$Tc = \frac{14400 \text{ seg.}}{11000 \text{ unidades}}$$

$$Tc = 1.30 \text{ segundos}$$

- **Inyección de ozono**

$$Tc = \frac{6600 \text{ seg.}}{11000 \text{ unidades}}$$

$$Tc = 0.60 \text{ segundos}$$

Luego de la sustitución de la tecnología de pasteurización tradicional por inyección directa de ozono el tiempo de ciclo del proceso de pasteurización se redujo en un 54 %, lo que permite que en la línea de envasado de vino de frutas no exista cuellos de botella y WIP innecesarios; además, de reducir 2 estaciones de trabajo, por cuanto el proceso de inyección de ozono se lo realiza en línea, y es dependiente del sistema de llenado automático.

Es por esta razón, que la puesta a punto de la línea automática de producción es de vital importancia para la operación; de acuerdo con el sistema de Buenas Prácticas de Manufactura (BPM) implementado por ILA S.A., la línea automática se calibra y prepara con 24 horas de antelación al procesamiento de vino de frutas.

4.3.3 Productividad

La productividad es la relación entre la cantidad de productos fabricados por un sistema productivo y los recursos utilizados; además, se considera como la relación entre los resultados y el tiempo empleado para fabricar cierto número de artículos y la mano de obra, de esta manera el cálculo de productividad antes y después de la sustitución de la tecnología de pasteurización se calculó mediante la ecuación 4:

$$P = \frac{UR}{T*H} \quad (4)$$

En donde: $P =$ *Productividad*
 $UR =$ *Unidades requeridas (unidades)*
 $T =$ *Número de trabajadores (personas)*
 $H =$ *Tiempo de trabajo (horas)*

- **Intercambio de calor**

$$P = \frac{11000 \text{ unidades}}{9 \text{ trabajadores} * 8 \text{ horas}}$$

$$P = 152.77$$

- **Inyección de ozono**

$$P = \frac{11000 \text{ unidades}}{7 \text{ trabajadores} * 5 \text{ horas}}$$

$$P = 314.29$$

Analizando los resultados, se demuestra que la inyección de ozono como alternativa del proceso de pasteurización tradicional, incremento la productividad del proceso en 105.7 %, lo que sobrepasa las expectativas de progreso de un proceso industrial convencional, lo cual fundamenta la necesidad de las empresas de invertir en la actualización de sus tecnologías de procesamiento.

Desde otra perspectiva, se muestra además una reducción en el número de horas de trabajo que toma el procesamiento del vino de frutas producción pasando de 8 horas a 5 horas, en las que se ejecuta de manera más eficiente las operaciones, otro punto importante a considerar, es la reducción del número de

operadores necesarios para el proceso de 9 a 7 trabajadores, los cuales pueden cumplir con tareas adicionales como mantenimiento, limpieza o ejecución de reportes de acuerdo al programa de BPM lo que reduce la carga de trabajo del equipo.

4.3.4 Eficiencia

De acuerdo con Wu y Low (2018) la eficiencia de un proceso de producción, permite estimar el máximo posible de rendimiento en función de determinados recursos; es decir, que tras cambios o mejoras dentro de un proceso una empresa puede obtener mejores niveles de rendimiento en un período determinado, de esta manera se estimó la eficiencia del remplazo de la tecnología tradicional de pasteurización empleando la ecuación 5 a continuación:

$$E = \frac{TS}{NE * Tc} * 100 \quad (5)$$

En donde: $E = \text{Eficiencia}$

$TS = \text{Tiempo estándar}$

$NE = \text{Número estaciones}$

$Tc = \text{Tiempo de ciclo}$

- **Intercambio de calor**

$$E = \frac{2.52 \text{ seg}}{6 * 1.30 \text{ seg}} * 100$$

$$E = 32 \%$$

- **Inyección de ozono**

$$E = \frac{1.56 \text{ seg}}{4 * 0.60 \text{ seg}} * 100$$

$$E = 65 \%$$

En concordancia con los resultados anteriores, el porcentaje de eficiencia de la línea de producción de vino de frutas se incrementó en 103 %, producto de la inyección directa de ozono en remplazo de la pasteurización por intercambio de calor. Si bien el valor de 65 % podría parecer un valor bajo en relación de procesos productivos que alcanzan una eficiencia de entre 95 % y 98 %, de acuerdo con Nilsson (2017), la eficiencia de un proceso productivo superior al 60 % se considera optima si se cubren los costos de operación durante un día de trabajo.

Debido a que el proceso de producción de vino de frutas depende de una transformación biotecnología el proceso podría ser escalado, de si se incrementa la demanda del producto o tras la implementación de mejoras en las operaciones de fermentación, sin que de ninguna manera afecten a la eficiencia del proceso de pasteurización por inyección directa de ozono, y por el contrario eleven el su porcentaje.

4.3.5 Costo de producción

Según la FAO (2021), los costos de producción (también llamados costos de operación), son los gastos necesarios para mantener un proyecto, línea de procesamiento o un equipo en funcionamiento. Esto significa que el destino económico de una empresa está asociado con: el ingreso y el costo de producción de los bienes vendidos, por tanto, a continuación, se presenta el cálculo de los costos de producción, empleando la ecuación 6 que sigue:

$$CP = \frac{CF+CVU}{NU} \quad (6)$$

En donde: $CP = \text{Costo de producción}$

$CF = \text{Costos fijos}$

$CVU = \text{Costo variable unitario}$

$NU = \text{Número de unidades}$

- **Intercambio de calor**

$$CP = \frac{4100 + (0.65 * 11000)}{110000}$$

$$CP = \$ 1.022$$

- **Inyección de ozono**

$$CP = \frac{4100 + (0.25 * 11000)}{110000}$$

$$CP = \$ 0.62$$

En la figura 13 se muestra un gráfico comparativo resumen de los resultados obtenidos antes y después de la sustitución de la tecnología de pasteurización en los parámetros antes calculados.

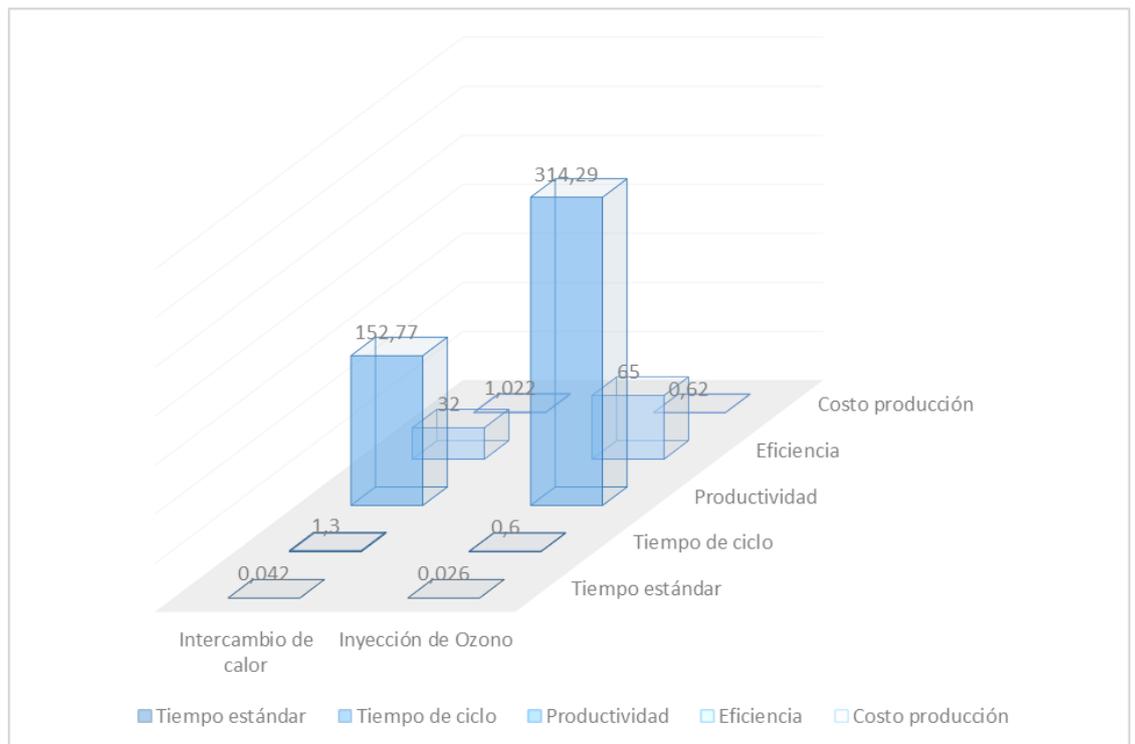


Figura 13. Gráfico comparativo de los resultados de identificación de mejoras.
Realizado por: el investigador.

4.3.6 Punto de equilibrio

También llamado umbral de rentabilidad, permite determinar la cantidad de unidades necesarias para que un proceso de producción no tenga pérdidas en relación a sus costos de producción; por tanto, el punto de equilibrio no es más que aquel mínimo necesario para que el beneficio sea cero y es a partir de este valor en el cual la compañía empieza a tener rentabilidad; a continuación, se presentan la gráfica de punto de equilibrio, luego la sustitución de la tecnología de pasteurización. En la Tabla 10 se presentan los datos relevantes para el cálculo considerando la producción de 8500 litros de vino de frutas.

Tabla: 10. Datos relevantes para el cálculo del punto de equilibrio.

P.V.P.	\$ 4.50
<i>Costos fijos mensuales</i>	\$ 4100
<i>Costos variables / unidad</i>	\$ 0.25

Fuente: ILA S.A., 2021

Para el cálculo del punto de equilibrio luego de la sustitución de la tecnología de pasteurización por inyección directa de ozono se usó la siguiente ecuación 7:

$$P.eq = \frac{CF}{PVP - CVU} \quad (7)$$

En donde: $P.eq = \text{Punto de equilibrio}$

$CF = \text{Costos Fijos}$

$PVP = \text{Precio de venta al publico}$

$CVU = \text{Costos variables unitarios}$

$$P.eq = \frac{4100}{4.50 - 0.25}$$

$$P.eq = 965 \text{ botellas}$$

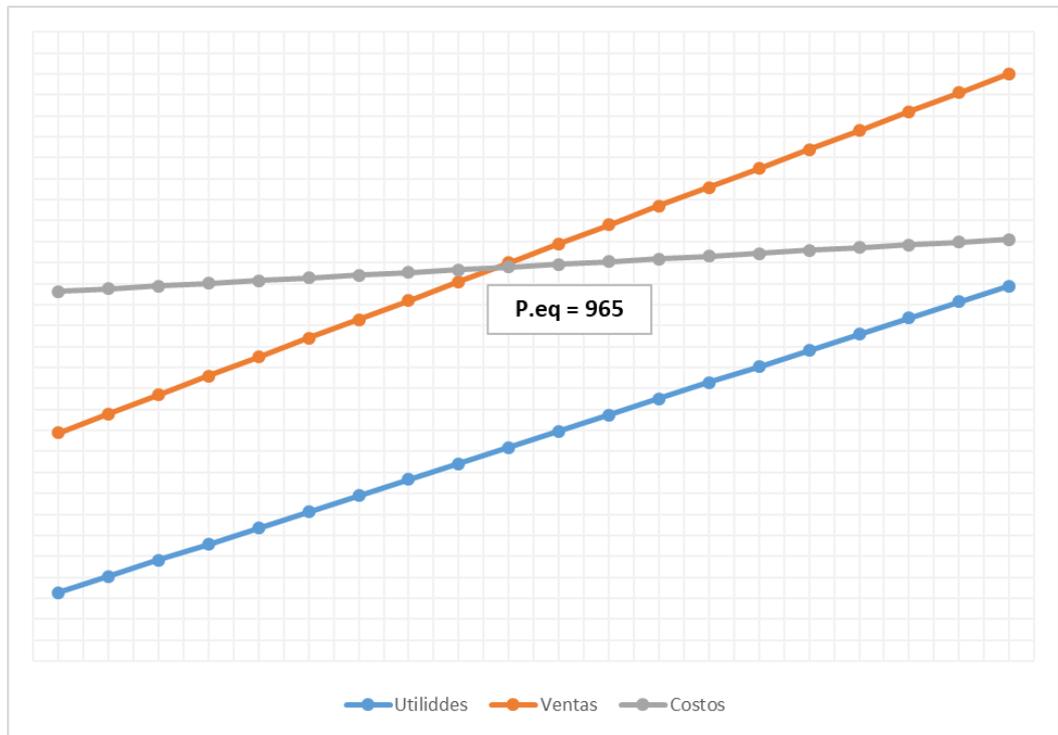


Figura 14. Gráfico de punto de equilibrio tras la sustitución de tecnología de pasteurización.

Realizado por: el investigador.

Empleando la tecnología de pasteurización la capacidad máxima de producción de ILA S.A. para vino de frutas es de 11000 botellas, limitadas por la capacidad de producción (fermentación) de 8500 litros por lote cada 90 días, es por ello que como resultado del cálculo del valor de punto de equilibrio luego de la sustitución de la tecnología de pasteurización, la cantidad de botellas de vino de frutas a producir y comercializar es de 965 unidades como se muestra en la Figura 14, un valor muy por debajo al estándar promedio de 11000 botellas por lote de producción que actualmente fabrica ILA S.A., maximizando sus ganancias y eficiencias del proceso mediante la implementación de la inyección de ozono, como se demostró en los resultados anteriores.

4.3.7 Huella de Carbono

Huella de carbono es un indicador ambiental que pretende reflejar la totalidad de gases de efecto invernadero (GEI), emitidos por efecto directo o indirecto del proceso de producción de vino de frutas. La huella de carbono se mide en masa de CO₂ equivalente. A continuación, se presentan la medición de huella de carbono antes de la sustitución de la tecnología de pasteurización, empleando la herramienta alcance 1+2 para industrias manufactureras del Gobierno Español.

↔

INFORME FINAL: RESULTADOS

1. Datos de la organización

2. HC Alcance 1: Comb. fósiles

3. HC Alcance 1: Fugas fluorados

4. HC 2: Electricidad

5. Inf. adicional: renovables

6. Informe final: Resultados

7. Factores de emisión, PCG, mix

8. Ayuda: observaciones

9. Consumos. Hoja de trabajo

Nombre de la organización

INDUSTRIAS LICORERAS ASOCIADAS S.A.

Sector de actividad

C.- Industria manufacturera

RESULTADOS ABSOLUTOS AÑO DE CÁLCULO

Resultados en tCO₂ (*resultados a introducir en el formulario de solicitud de inscripción*)

Año de cálculo

2020

ALCANCE 1	2,58 t CO ₂ eq
ALCANCE 2	0,64 t CO ₂ eq
ALCANCE 1+2	3,22 t CO ₂ eq

Resultados en kgCO₂ desglosados según actividades

ALCANCE 1	Instalaciones fijas	2.581,20 kg CO ₂
	Desplazamientos en vehículos*	0,00 kg CO ₂
	Refrigeración/climatización	0,00 kg CO ₂ eq
TOTAL ALCANCE 1		2.581,20 kg CO ₂ eq
ALCANCE 2	Electricidad	642,50 kg CO ₂
ALCANCE 1+2		3.223,70 kg CO ₂ eq

* Se excluye el transporte a través de vehículos propulsados por electricidad que se incluye en alcance 2.

Huella de carbono según alcances (t CO₂eq)

Alcance	Huella de carbono (t CO ₂ eq)
Alcance 1	2,58
Alcance 2	0,64

Distribución de actividades emisoras Alcance 1

Actividad	Porcentaje
Instalaciones fijas	100,0%
Transporte	0,0%
Climatización	0,0%

El informe de resultados muestra que al año ILA S.A., para el proceso de pasteurización de vino de frutas produce 3.22 toneladas de CO₂eq resultante de la producción de 44000 botellas de vino de frutas de 750 cm³. El alcance 1 corresponde a las fuentes e instalaciones fijas de combustión convirtiéndose en el valor más alto de contaminación al sumar 2.58 toneladas, el alcance 2 corresponde a la energía eléctrica y su origen, lo que representa anualmente 0.64 toneladas de CO₂eq

Considerando que, tras el empleo de inyección de ozono al vino de frutas como tratamiento de pasteurización, empleando la misma herramienta, se obtuvo un valor de huella de carbono total de 0.45 toneladas anuales de CO₂eq, esto gracias a que en Ecuador el 90 % de la energía eléctrica proviene de fuentes renovables (hidroeléctrica y eólica). Lo que representa una reducción de la huella de carbono del 86 % al eliminar la necesidad del uso de fuentes fijas de contaminación para el proceso productivo.

Por otro lado, la Empresa Eléctrica Ambato S.A. (EEASA), empresa comercializadora de energía que suministra a ILA S.A., de acuerdo con su política de calidad, establece además una compensación por consumo fuera de las horas pico, que sumado al ahorro producido por la no dependencia de combustibles de fósil para el proceso de producción, en el primer trimestre de 2021, generaron un ahorro del 80 % del gasto por energía es decir \$ 250 dólares americanos al mes.

4.3.8 Huella hídrica

La huella hídrica es un indicador del consumo de agua dulce (H₂O) que hace referencia al uso directo e indirecto del agua de un producto, se lo considera como un indicador integral de la apropiación de las fuentes de agua dulce. Su

cálculo considera el volumen total de agua dulce usado para fabricar un producto o consumido por la comunidad. El uso de agua se mide en el volumen de agua consumida, evaporada o contaminada, por una unidad de producto transformando.

Como un estándar mundial se considera que para la producción de una botella de vino de frutas de 750 cm³ estándar, empleando tecnologías de procesamiento estándar como la pasteurización por intercambio de calor se requieren de 109 litros de agua en toda la cadena de producción desde la producción de la fruta como materia prima hasta su distribución y disposición final como producto terminado.

Esta cantidad considerable de agua está dividida en 70 % de agua verde o agua empleada para el cultivo, 16 % agua empleada en el proceso de producción y 14 % corresponde aguas negras o efluentes de descarga. De esta manera, al emplear la inyección de ozono como alternativa a la pasteurización tradicional, reducimos al máximo la necesidad de emplear agua para su producción.

En la figura 15, se muestra el mapa mundial de consumo de agua para el procesamiento de alimentos.

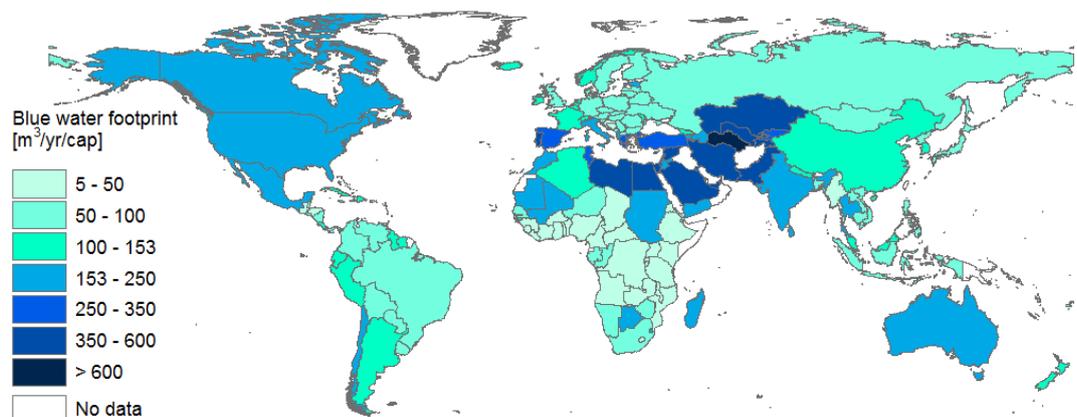


Figura 15. Mapa mundial de uso del agua en la industria de alimentos y bebidas.
Fuente: Water Footprint Network, 2021.

La reducción del consumo de agua dentro del proceso de aseguramiento de la calidad e inocuidad del vino de frutas, mediante la sustitución de tecnologías tradicionales que impliquen el uso de agua para su funcionamiento, representa una reducción de alrededor de 10 puntos porcentuales en relación al criterio de empleo de agua para la producción de vino de acuerdo con la misma organización; lo cual permite no solo la reducción de los costos de operación del proceso de producción, sino también cumple con el criterio de conformidad establecido por el Ministerio de Ambiente para la certificación ambiental tanto de licencia ambiental como de empresa PUNTO VERDE, de esta manera permite a ILA S.A. ajustar su modelo de gestión ambiental y alinearlos de manera concreta con los ODS mencionados en el capítulo anterior.

4.4 Ventajas Competitivas

4.4.1 Matriz FODA

Con el objetivo de establecer un panorama claro para el análisis estratégico del producto vino de frutas ozonificado, se presenta a continuación la matriz FODA, en que se han considerado los factores internos y externos en comparación con el mercado actual.

FACTORES INTERNOS DE LA EMPRESA		FACTORES EXTERNOS A LA EMPRESA	
DEBILIDADES (-)		AMENAZAS (-)	
1	Tecnología de procesamiento obsoleta frente a la competencia.	1	Tendencia socio cultural al no consumo de bebidas alcohólicas
2	Alta rotación del personal.	2	Cambios en las tendencias de consumo de alimentos y bebidas producto del COVID19
3	Alto costo de la logística externa de distribución.	3	Shock económico interno y externo
4	Largos periodos de crédito y retorno de efectivo.	4	Guerra de precios por mercados agresivos
5	Capital limitado para actualización de tecnología	5	Aumento de regulaciones sanitarias nacionales e internacionales
6	Servicio pos venta limitado (tercerizado)	6	Falta de protección de propiedad intelectual frente a la innovación tecnológica
FORTALEZAS (+)		OPORTUNIDADES (+)	
1	Cadena de abastecimiento asegurada frente a shocks internos	1	Aumento del número de clientes potenciales por catalogarse como un producto innovador
2	Sistemas de gestión de calidad e inocuidad alimentaria (BPM, HACCP)	2	Explotación de la marca a nivel nacional con visión de exportación
3	Líneas de producción flexibles de acuerdo al origen de la M.P.	3	Conversión de competidores en proveedores
4	Diversidad en el portafolio de productos	4	Cumplimiento de estándares sanitarios internacionales de calidad
5	Alta capacitación y compromiso del personal	5	Ubicación geográfica estratégica
6	Presencia de la marca a nivel nacional	6	Acceso a financiamiento verde por planes de producción más limpia.
7	Certificaciones ambientales PUNTO VERDE y Licencia Ambiental	7	Tiempos de vida útil largos de los productos

Tras el desarrollo de la matriz FODA, las estrategias de mercado que podrían ser implementadas por ILA S.A. deberían iniciar explotando de mejor manera a través de campañas agresivas de marketing y publicidad mediante redes sociales y canales alternativos la trayectoria de la empresa y la presencia de su amplio catálogo de productos en mercado local y nacional, apalancados en el potencial aumento del número de clientes de un producto ambientalmente responsable y amigable con el medio ambiente. Además, al culminar el proceso de certificación como empresa punto verde por la aplicación de estrategias de producción más limpia se logrará un mejor posicionamiento de la marca empresarial lo que serviría de plataforma para el posicionamiento de los productos.

En materia económica, el acceso a créditos verdes de banca privada de bajo interés, permitirá a la compañía continuar con el proceso de mejoramiento, repotenciación y actualización de su infraestructura, con el objetivo claro de continuar posicionándose como una empresa ambientalmente responsable.

Por otro lado, para diciembre de 2021 culminará el proceso de renovación institucional y rediseño de las marcas del catálogo de ILA S.A. lo que permitirá presentar al mercado una línea de bebidas alcohólicas nacionales con una imagen renovada y fresca, cumpliendo con la regulación en materia de etiquetado nacional y extranjera lo que facilitará el ingreso a mercados de centro américa lo que permitirá el ingreso a canales de distribución masivos y retails, que permitirán una mejor competencia.

El principal reto a superar para el periodo 2021 – 2022 son las medidas restrictivas impuestas a nuestro principal nicho de mercado a causa de la pandemia mundial de COVID 19, factor externo que ha golpeado de sobremanera al sector de bebidas alcohólicas, esperanzado en los planes de inoculación masiva a la población objetivo.

El desarrollo de nuevos productos de baja graduación alcohólica y bebidas de moderación será el siguiente reto de la compañía, con el objetivo de alinearse a las nuevas tendencias de consumo del mercado, lo que permitirá aprovechar la capacidad e infraestructura instalada junto con el conocimiento del capital humano de la compañía.

4.4.2 Matriz CANVAS

Para simplificar las 4 principales áreas del negocio (clientes, oferta, infraestructura y viabilidad económica), al cual está dirigido la producción de vino de frutas ozonificado al ser un producto innovador y con cuota de mercado se propuso la matriz de la herramienta CANVAS que sigue:

MATRIZ CANVAS				
VINO OZONIFICADO				
(8) SOCIOS CLAVES	(7) ACTIVIDADES CLAVES	(1) PROPUESTA DE VALOR	(4) RELACIONAMIENTO	(2) SEGMENTO
Asociaciones de la economía popular y solidaria productoras de frutas de la zona. Cadenas de supermercados (El Rosado, La Favorita, GO, Tía, Santamaría Cía..). Cadenas de micro mercados o minimarkets (OkiDoki). Cadenas de restaurantes delicatessen y PUBS	Aprovisionamiento de frutas de temporada Mantenimiento de la línea de producción Puesta apunto del equipo de inyección de ozono Control y seguimiento de certificación Punto Verde y BPM	Vino de frutas 100 % natural amigable con el ambiente con visión de ser un producto con certificación carbono neutro durante su proceso de transformación. Línea de producción con certificación PUNTO VERDE, y BPM	Comunicación bidireccional Trazabilidad del producto Asistencia técnica Retroalimentación de parte de los distribuidores	Clientes que busquen bebidas alcohólicas de bajo grado alcohólico con componente 100 % ecuatoriano Adultos entre 19 y 45 años que gusten de bebidas alcohólicas fermentadas Mercados con consciencia ambiental, responsables que busquen productos amigables y carbono neutrales
	(6) RECURSOS CLAVES	(3) CANALES		
	Tecnologías de inyección de ozono. I + D + I. Nueva Infraestructura y marketing posicional	Empaques inteligentes, publicidad escrita, y redes sociales. Publicidad móvil. Stands de degustación en puntos de alto transito en locales de las cadenas de distribución.		
(9) ESTRUCTURA DE COSTOS		(5) FUENTES DE INGRESOS		
Infraestructura de procesamiento, Costos de operación, Rentas, Servicios básicos, Distribución, Marketing y publicidad, Extensiones tributarias		Ventas por aumento de clientes recurrentes de vino de frutas ozonificado. Líneas de crédito verdes de banca privada, capital accionario.		

4.4.3 Matriz de PORTER

El vino de frutas pasteurizado mediante inyección directa de ozono, representa un producto innovador dentro del portafolio de productos de ILA S.A., y un además una oportunidad de explotación del mercado considerando esta innovación en el proceso de producción, y como un producto ambientalmente responsable; a continuación, se presenta la matriz de resultados empleando la herramienta de análisis de PORTER.

SECTOR COMPLETO	<i>Diferenciación del producto</i>	<i>Liderazgo en costos</i>
	<p>Único producto en el mercado pasteurizado con inyección directa de ozono. Producto certificado como amigable con el ambiente, compañía certificada PUNTO VERDE – MAE Sensación residual refrescante y de baja graduación alcohólica. Empleo de materias primas de la zona, frutas de temporada y de asociaciones de la economía popular y solidaria.</p>	<p>Precio de venta al público accesible y de acuerdo a las condiciones de mercado actuales. Reducción de los costos de producción mediante a través de la sustitución de tecnologías y métodos más eficientes de producción. Cadena de distribución apalancada en retail, distribuidores al por mayor e hipermercados (tercerizado).</p>
SEGMENTO DE MERCADO	<p>El consumo de vino en Ecuador en 2020 se elevó de 7 a 12 litros per cápita. La innovación y el empoderamiento por marcas nacionales permiten una oportunidad de mercado, bajo el sello hecho en ECUADOR. Poca competencia y oferta en la producción de vino de frutas nacional.</p>	<p>Producto competitivo con un margen de rentabilidad del 75 %, con un precio de venta al público inferior a la oferta de la competencia nacional e internacional, oportunidad de mercado cautivo como la primera bebida alcohólica de baja graduación ambientalmente responsable.</p>
	<i>Segmentación enfocada en la diferenciación</i>	<i>Segmentación enfocada a liderazgo en costos</i>
	EXCLUSIVIDAD PERCIBIDA	POSICIONAMIENTO DE BAJO COSTO

4.4.4 Resultado Sensorial

En la industria de alimentos, las cualidades sensoriales del producto final representan una característica de calidad indispensable y un potencial valor agregado, de allí la necesidad de evaluación; es por esto que, con el objetivo de determinar si un panel de catadores semi entrenados era capaz de diferenciar la muestra de vino de frutas pasteurizada por intercambio de calor frente a la muestra de vino ozonificada, se planteó la aplicación de una prueba sensorial triangular, los resultados se muestran en la Tabla 11.

Una prueba triangular tiene como base diferenciar estadísticamente que el consumidor no estima una diferencia significativa entre productos iguales que hayan sufrido cambios en sus métodos de procesamiento; de tal manera que, el producto conserve sus cualidades sensoriales originales, por lo que al desarrollar o implementar nuevas tecnologías de procesamiento las características sensoriales son un punto importante a tener en consideración.

Tabla 11. Distribución de frecuencias observadas y esperadas de la prueba sensorial triangular.

	Numero de Aciertos	Numero de Equivocaciones
Frecuencias Observadas	3	17
Frecuencias Esperadas	5	15

Realizado por: el investigador.

En la figura 16 se presenta el grafico de la distribución de frecuencias observadas y esperadas obtenidas luego de efectuada la prueba sensorial triangular como sigue:

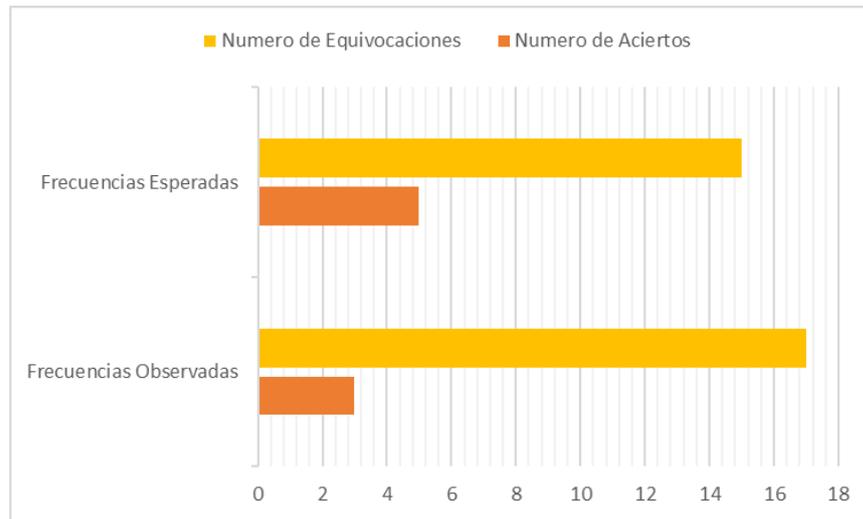


Figura 16. Distribución de frecuencias observadas y esperadas de la prueba sensorial triangular.

Realizado por: el investigador.

Empleando la prueba de ji cuadrada se determinó el valor estadístico partiendo de las frecuencias observadas y esperadas de la Tabla 9, como se presenta en la ecuación 8:

$$\chi^2 = \sum \frac{(O_i - E_i)^2}{E_i} \quad (8)$$

En donde: χ^2 = Representa el valor estadístico de ji cuadrada

O_i = Número de frecuencias observadas

E_e = Número de frecuencias esperadas

Número de aciertos:

$$\chi^2 = \sum \frac{(3 - 5)^2}{5} = 0.8$$

Número de equivocaciones:

$$\chi^2 = \sum \frac{(17 - 15)^2}{15} = 0.27$$

Estadístico ji cuadrada:

$$\chi^2 = 0.8 + 0.27 = 1.07$$

Para comprobar el valor de la prueba estadística ji cuadrada se plantearon las siguientes hipótesis:

- H_a : Los catadores si identificaron la muestra de vino de frutas ozonificada.
- H_o : Los catadores no identificaron la muestra de vino de frutas ozonificada.

Como resultado, y tras la comparación del valor estadístico de χ^2 calculado de 1,07, frente al valor crítico teórico de 3,8415 con un nivel de confianza del 95 % ($\alpha = 0.05$) y un grado de libertad, el valor del estadístico de la prueba ji cuadrada resulta menor al valor teórico de tablas, por lo cual, se rechaza la hipótesis alternativa, demostrando que para el panel de catadores semi entrenados no fue posible diferenciar entre la muestra de vino pasteurizada tradicionalmente por intercambio de calor y la muestra de vino de frutas ozonificada.

De esta manera, desde el punto de vista sensorial se ratifica que luego del proceso de inyección de ozono, el producto final no sufre cambios en sus características sensoriales, luego de la comparación de las muestras de vino de frutas.

Es importante señalar, además, que durante la prueba de catación el 45 % de los miembros del panel, refirieron que la muestra alternativa (vino ozonificado) presenta una sensación residual agradable al paladar, explicado gracias a la inyección de una molécula más de O_2 a su composición por efecto del ozono,

lo que representa un valor agregado a la palatabilidad del producto final, predominando los sabores dulces y frescos originales de la fruta.

4.5 Verificación de hipótesis

Tras lo ante dicho, la sustitución de la tecnología de pasteurización tradicional de intercambio de calor por inyección directa de ozono, si representa una alternativa de producción más limpia, considerando la reducción del consumo de agua, la no dependencia de combustibles fósiles para la operación y remplazarla por energía eléctrica para su funcionamiento, la misma que permitió optimizar el proceso de producción, aumentar los índices de desempeño del proceso, eficiencia y productividad, además reducir los tiempos estándar de producción y los costos de operación.

De la misma manera, permitió alinear la política ambiental de ILA S.A., con los objetivos de desarrollo sostenible de ONU para 2030 y los requisitos establecidos en la legislación ambiental ecuatoriana y más aún sentar la base para que la compañía pueda certificarse como empresa PUNTO VERDE; y de esta manera, afianzar el liderazgo de sus marcas esta vez apalancadas en la responsabilidad ambiental, esto permitirá que para el año fiscal 2021 la compañía perciba una exención del 15 % del valor de impuesto a la renta y la opción de acceder a créditos verdes de banca privada para la modernización o actualización de sus líneas de producción por un monto de \$ 65000 dólares americanos con un periodo de gracias de 15 meses.

Además, dentro del mercado nacional de bebidas alcohólicas, ILA S.A. se convertirá en la primera empresa en ofertar al mercado una bebida alcohólica fermentada amigable con el medio ambiente, de bajo grado alcohólico, y con sabores propios del país, con frescura y alineada a las nuevas exigencias de un mercado cada vez más atraído por productos con responsabilidad ambiental, esto

incentivara además a que la competencia centre sus esfuerzos en una producción más sustentable, y consumidores con conciencia, lo que en el mediano plazo conseguirá que la industria local ahonde en la problemática ambiental y social, lo que representan en su esencia los objetivos de desarrollo sostenible y las estrategias de producción mas limpia.

Por lo que, el presente trabajo de investigación representa una propuesta de valor e impulso fundamental para el crecimiento de Industrias Licoreras Asociadas S.A. más aun considerando que la industria de bebidas alcohólicas para el cierre del año 2020 fue una de las más golpeadas por la actual situación sanitaria global.

CAPITULO V

CONCLUSIONES, RECOMENDACIONES, BIBLIOGRAFÍA Y ANEXOS

5.1 Conclusiones.

- Se determinó que, el proceso tradicional de pasteurización de vino de frutas es un proceso poco eficiente, costoso y que emplea una gran cantidad de recursos y mano de obra, además el tiempo de vida útil del equipo sobrepasa en 15 años el estándar, lo que ocasiona pérdidas económicas y de eficiencia, demostrando la necesidad de una actualización tecnológica y de proceso.
- La inyección directa de ozono permitió, la reducción del empleo de recursos para la pasteurización de la misma cantidad de vino de frutas en un menor tiempo, aumento los índices de eficiencia y productividad, redujo el costo de producción y el tiempo de ciclo empleado para el proceso, además permitió la reducción drástica del consumo de agua y efluente necesarios para la operación, así como el remplazo de combustibles de fósiles por energía eléctrica de fuentes renovables.
- El proceso de inyección directa de ozono al vino de frutas como una alternativa tecnológica de pasteurización, permitió no solo asegurar la estabilidad biológica del producto y la seguridad alimentaria de los consumidores, sino que además permite agregarle valor a las características señoriales del producto y las cualidades subjetivas, lo que permitirá, una explotación sustancial de márketing ambiental, así como también la posibilidad de apertura de mercados amigables con el medio ambiente y reconocimientos honoríficos por organismos ambientales por los esfuerzos de producción más limpia.
- La sustitución de la tecnología de pasteurización de intercambio de calor por inyección directa de ozono, cumplió con los postulados de producción permitiendo la reducción de emisiones, consumo de agua y desperdicios, mejorando la eficiencia y productividad del proceso de producción, convirtiéndose para ILA S.A. en una estrategia fundamental de desarrollo para cumplir con su visión al año 2025.

5.2 Recomendaciones

- Proponer desde la participación ciudadana, legislaciones en todos los niveles de gobierno, que incentiven a la industria nacional la implementación de estrategias de producción más limpia y sostenibilidad ambiental, que permitan fortalecer la institucionalidad de los miembros de la cadena de producción y control, así como también los beneficios tributarios, arancelarios, crediticios y tecnológicos de los cuales pueden ser partícipes, orientando dichos reconocimientos cada vez más hacia una política pública en concordancia con la constitución y leyes de la república.
- Incentivar a las instituciones de educación en todos los niveles, la formación de profesionales competentes en cada una de sus áreas con conciencia ambiental que permitan que en el ámbito de sus competencias se desarrollen de acuerdo a valores ambientales, promoviendo una verdadera educación ambiental, que permita el desenvolvimiento de una sociedad responsable y crítica con conceptos ambientales.
- Impulsar a ILA S.A. a concluir con su proceso de certificación como empresa PUNTO VERDE, mediante el acompañamiento durante el proceso de auditoría y certificación, en conjunto con el equipo multidisciplinario de la empresa y el organismo de control de tercera parte, para que el trabajo desarrollado en la presente investigación, tenga un valor agregado de muchísimo más alto impacto.
- Promover, a través de la participación profesional y la asociatividad la diversificación para la implementación de estrategias de producción más limpia, en sinergia con la academia y la vinculación con la sociedad, enfocadas en sustituciones de tecnología o desarrollo de planes y programas de gestión ambiental centradas en MIPYME y componentes de la economía popular y solidaria.

5.3 REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Abidin, R., Abdullah, C., & Osman, W. (2018). Clean Production Strategies Adoption: A Survey on Food and Beverage Manufacturing Sector. Communications of the IBIMA, 1-10.
- Agencia de Protección Ambiental (18 de diciembre de 2015). Legislación para potabilización de agua. Obtenido de: www.epa.gov.
- Allen, G., Clift, R., Davidson, J. F., Lillford, P. J., & Edwards, M. F. (2019). Clean technology in food processing. Philosophical Transactions of the Royal Society of London. Series A: Mathematical, Physical and Engineering Sciences, 355(1728), 1363-1371.
- Alonso, C. (2010). Nuevas tecnologías en la conservación y transformación de los alimentos. Burgos, España: Instituto Tomás Pascual Sanz para la Nutrición y la Salud, Universidad de Burgos.
- ANFAB: Nutrition and food industry actual situation in Latin America case Ecuador p. 13
- Aulakh, S.S., Gill, J.S.: Lean manufacturing- a practitioner's perspective. In: 2008 IEEE International Conference on Industrial Engineering and Engineering Management. pp. 1184-1188 (Dec 2008). <https://doi.org/10.1109/IEEM.2008.4738057>, iISSN: 2157-362X
- Bates, & Phillips, P. S. (2018). A Study on the Implementation of Green Management and Clean Production in the Food & Beverage Industry During the Low Carbon Age. http://en.cnki.com.cn/Article_en/CJFDTOTAL-GGZY201102012.htm
- Berkel, V. (2018). Cleaner Production for Process Industries. 22.

- Beutelspacher, S & Calderón, J. (2014). Diseño y construcción de un generador de ozono para aplicaciones de purificación de agua. Morelos, México: Centro Nacional de Investigación y Desarrollo Tecnológico de Morelos.
- Boisrobert, C. (2002). Ozone III: Agricultural & Food Processing Applications of Ozone as an Antimicrobial Agent, US regulatory review of ozone use in the food industry. Washington D.C., EE. UU.: Federal Register.
- Choi, L. (2005). The effects of thermal and no thermal processing methods on apple cider quality and consumer acceptability, *Journal of Food Quality*. Chicago, EE. UU.: CRC Pres.
- Clairand, J.-M., Briceño-León, M., Escrivá-Escrivá, G., & Pantaleo, A. M. (2020). Review of Energy Efficiency Technologies in the Food Industry: Trends, Barriers, and Opportunities. *IEEE Access*, 8, 48015-48029. <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2020.297907>
- Cong, T. Q., & Hien, D. N. (2016). Feasibility of Cleaner Production for Vietnam Rice Processing Industry. *Procedia CIRP*, 40, 285-288. <https://doi.org/10.1016/j.procir.2016.01.122>
- Dvarionienė, J., Kruopienė, J., & Stankevičienė, J. (2012). Application of cleaner technologies in milk processing industry to improve the environmental efficiency. *Clean Technologies and Environmental Policy*, 14(6), 1037-1045. <https://doi.org/10.1007/s10098-012-0518-x>
- Dubourdieu, B. (2006). *Handbook of Enology Volume 1, The Microbiology of Wine and Vinifications*. New York, EE. UU.: John Wiley & Sons Publication.
- Duron, B. (1982). Ozone generation with ultraviolet radiation, *Handbook of Ozone Technology and Applications*. Milwaukee, EE. UU.: Ann Arbor Science Publishers.

- Ebrahimi, E., Shirazi, B., Mahdavi, I.: Measuring the Waste Water in a Yoghurt Production Plant and Redesigning the Cleaning in Place Process (Case Study: Kalleh Dairy Factory). In: 2019 15th Iran International Industrial Engineering Conference (IIIEC). pp. 43{46 (Jan 2019). <https://doi.org/10.1109/IIIEC.2019.8720618>
- Ene, S. A., Teodosiu, C., Robu, B., & Volf, I. (2013). Water footprint assessment in the winemaking industry: A case study for a Romanian medium size production plant. *Journal of Cleaner Production*, 43, 122-135. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2012.11.051>
- FDA (2011). Hazard analysis and critical control point (HACCP): procedures for the safe and sanitary processing and importing of juice: final rule. Washington D.C., EE. UU.: Federal Register.
- Frondel, M., Horbach, J., & Rennings, K. (2007). End-of-pipe or cleaner production? An empirical comparison of environmental innovation decisions across OECD countries. *Business Strategy and the Environment*, 16(8), 571-584. <https://doi.org/10.1002/bse.496>
- Fryer, P. (2018). Clean technology in the food industry. En R. C. Kirkwood & A. J. Longley (Eds.), *Clean Technology and the Environment* (pp. 254-276). Springer Netherlands. https://doi.org/10.1007/978-94-011-1312-0_9
- García, B. (2014). Microbiología residual en vinos tintos, La Rioja, España: Facultad de Ciencias, Estudios Agroalimentarios e Informática, Universidad de La Rioja.
- Guo, H. C., Chen, B., Yu, X. L., Huang, G. H., Liu, L., & Nie, X. H. (2016). Assessment of cleaner production options for alcohol industry of China: A study in the Shouguang Alcohol Factory. *Journal of Cleaner Production*, 14(1), 94-103. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2004.07.006>

- Hampson, B. (2000). Use of ozone for winery and environmental sanitation, Practical Winery & Vineyard. Chicago, EE. UU.: Springer Science Business Media.
- Henningsson, S., Hyde, K., Smith, A., & Campbell, M. (2018). The value of resource efficiency in the food industry: A waste minimisation project in East Anglia, UK. *Journal of Cleaner Production*, 12(5), 505-512. [https://doi.org/10.1016/S0959-6526\(03\)00104-5](https://doi.org/10.1016/S0959-6526(03)00104-5)
- Hong Zhou, J., guang Zhao, J., Li, P.: Study progress on the Cleaner Production and Environmental Management System of ISO14000. In: 2009 International Conference on Future BioMedical Information Engineering (FBIE). pp. 202{203 (Dec 2009). <https://doi.org/10.1109/FBIE.2009.5405883>, iSSN: 2157-9601
- Hyde, K., Miller, L., Smith, A., & Tolliday, J. (2019). Minimising waste in the food and drink sector: Using the business club approach to facilitate training and organisational development. *Journal of Environmental Management*, 67(4), 327-338. [https://doi.org/10.1016/S0301-4797\(02\)00209-8](https://doi.org/10.1016/S0301-4797(02)00209-8)
- Johnson, A.M., Shailesh, K.R., Mathew, M.: Energy ecient lighting design for a food processing industry located at composite climate of India. In: 2017 International Conference on Circuit, Power and Computing Technologies (ICCPCT). pp. 15 (Apr 2017) <https://doi.org/10.1109/ICCPCT.2017.8074231>.
- Kenneth, C. (2011). Wine Microbiology Practical Applications and Procedures. New York, EE. UU.: Springer Science Business Media.
- Kim, J.-S., Kim, B.-G., Lee, C.-H., Kim, S.-W., Jee, H.-S., Koh, J.-H., & Fane, A. G. (2018). Development of clean technology in alcohol fermentation industry. *Journal of Cleaner Production*, 5(4), 263-267. [https://doi.org/10.1016/S0959-6526\(97\)00043-7](https://doi.org/10.1016/S0959-6526(97)00043-7)

- Kilcast, D. (2009). *Sensory analysis for food and beverage quality control*. Nueva Inglaterra, EE. UU.: Woodhead Publishing.
- Kilcast, D. (2014). *Advances in Fermented Foods and Beverages*. Nueva Inglaterra, EE. UU.: Woodhead Publishing.
- Maxime, D., Marcotte, M., & Arcand, Y. (2016). Development of eco-efficiency indicators for the Canadian food and beverage industry. *Journal of Cleaner Production*, 14(6), 636-648. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2005.07.015>
- Miller, S. & Silva, F. (2013). *Review on Ozone-Based Treatments for Fruit and Vegetables Preservation*. New York, EE. UU.: Springer Science Business Media.
- Mugwindiri, K., Madanhire, I., & Masiwa, T. (2013). Design of a Cleaner Production Framework for Engineering Company: DrinkCo Beverages. 2(2), 17.
- Nacera, L., Omar, K., & Sara, L. (2014). Energetic and environmental potential gains generated by the recovery of waste: Case of residual water food-processing industries in Algeria. 2014 5th International Renewable Energy Congress (IREC), 1-4. <https://doi.org/10.1109/IREC.2014.6826952>
- Nooi-Loo: On the Potential and Opportunity of Promoting Cleaner Production in the Alcohol Industry in China (2017), <http://en.cnki.com.cn/Articleen=CJFDTotol HJKX902:000>
- O'Donnell, C. (2012). *Ozone in Food Processing*. New York, EE. UU.: John Wiley & Sons Publication Ltd.
- Organización Internacional de la Viña y el Vino. (23 de diciembre de 2020). Estadísticas de producción de vino diciembre 2020. Obtenido de: www.oiv.int.

- Olajire, A. A. (2020). The brewing industry and environmental challenges. *Journal of Cleaner Production*, 256, 102817.
- ONU: Cleaner production and sustainable development (2020), <https://www.unenvironment.org/es>
- Pacheco, F. & Caiza, D. (2013). Diseño e implementación de un prototipo de generador de ozono para purificación de agua para el consumo humano. Quito, Ecuador: Facultad de Ingeniería Eléctrica y Electrónica, Escuela Politécnica Nacional.
- Poonprasit, M., Phillips, P. S., Smith, A., Wirojanagud, W., & Naseby, D. C. (2005). The application of waste minimisation to business management to improve environmental performance in the food and drink industry. <http://uhra.herts.ac.uk/handle/2299/1868>
- Review of Energy Efficiency Technologies in the Food Industry: Trends, Barriers, and Opportunities - IEEE Journals & Magazine, <https://ieeexplore.ieee.org/document/9026886>.
- Robertson, M. (2013). Ozone in Food Processing Applications. Virginia, EE. UU.: Zentox Corporation of Research.
- Saltos, A. (2010). Sensometría Análisis en el Desarrollo de Alimentos Procesados. Quito, Ecuador: Editorial Pedagógica Freire.
- Silva, F, C., Medeiros, Raimundo, & Vieira, K. (2017). Cleaner Production and PDCA cycle: Practical application for reducing the Cans Loss Index in a beverage company. *Journal of Cleaner Production*. <https://agris.fao.org/agris-search/search.do?recordID=US201700191838>
- Valle, R. (2017). Evaluación de un método alternativo de pasteurización por inyección directa de ozono en vino de frutas elaborado a partir de un mosto

combinado de manzana (*pyrus malus* l.), pera (*pyrus communis* l.) y uva (*vitis vinifera*). Universidad Técnica de Ambato.

- Vite, D. (2015). Efecto del tiempo de exposición al ozono gaseoso y tiempo de almacenamiento sobre las características fisicoquímicas, microbiológicas y aceptabilidad general en fresas (*Fragaria vesca* l.). Lima, Perú: Facultad de Ciencias Agrarias, Universidad Privada Antenor Orrego.
- Waheed, M.A., Jekayinfa, S.O., Ojediran, J.O., Imeokparia, O.E.: Energetic analysis of fruit juice processing operations in Nigeria. *Energy* 33(1), 35-45 (Jan 2008). <https://doi.org/10.1016/j.energy.2007.09.001>, <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0360544207001636>
- Wu, P., & Low, S. P. (2018). *Lean and Cleaner Production*. Springer Berlin Heidelberg. <https://doi.org/10.1007/978-3-642-42062-7>
- Yi, H., Kim, J., Hyung, H., Lee, S., & Lee, C.-H. (2018). Cleaner production option in a food (Kimchi) industry. *Journal of Cleaner Production*, 9(1), 35-41. [https://doi.org/10.1016/S0959-6526\(00\)00029-9](https://doi.org/10.1016/S0959-6526(00)00029-9)

5.4 ANEXOS

Producción científica resultante de esta investigación

Núm.	Título	Año	Revista/congreso	DOI	Base de datos	Cuartil (Q)
1	Challenges of Implementing Cleaner Production Strategies in the Food and Beverage Industry: Literature Review	2020	Advances and Applications in Computer Science, Electronics and Industrial Engineering	https://doi.org/10.1007/978-981-33-4565-2_8	Scopus	2