



UNIVERSIDAD
DE CIENFUEGOS
CARLOS RAFAEL RODRÍGUEZ

FACULTAD DE INGENIERÍA
DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA QUÍMICA

TRABAJO DE DIPLOMA
EN OPCIÓN AL TÍTULO DE INGENIERO QUÍMICO

Título:

Evaluación Ambiental de la Producción de Alcohol en Alficsa Plus S.A.

Autor: Edelvis Sobrino Leyva

Tutora: MSc. Elisa María Chou Rodríguez.

Ing. Diana Laura Martín Fernández.

Cienfuegos, 2023

Dedicatoria

A mi mamá, mi papa y mis hermanos por su apoyo y dedicación constante, por luchar a mi lado cada momento difícil y lograr enfrentar juntos todas las adversidades.

A los que ya no están, pero siempre tendrán espacio en mi corazón.

A mis tutoras Elisa María Chou Rodríguez y Diana Laura Martín Fernández por el apoyo brindado en todo momento, por sus sugerencias y colaboración.

¡¡¡MUCHAS GRACIAS!!!

Agradecimiento

A Elisa María Chou Rodríguez (La China) y Diana Laura Martín Fernández por su confianza y apoyo en la realización de esta investigación.

A mi mamá por ser el motor que impulsa mi vida, muchas gracias por ser tan especial, darme la vida y hacerme tan feliz, gracias por estar ahí.

A mi papá por saber estar presente en cada momento de mi vida y por el apoyo que siempre me ha brindado.

A mis hermanos por ser mis fieles compañeros de vida.

A toda mi familia por su apoyo y preocupación.

A todos mis amigos de la Universidad por compartir juntos estos 4 años tan maravillosos en especial: Adrián, Orlando, José Carlos y los demás.

A todos los que de alguna manera me han ayudado y alentado en el desarrollo del presente trabajo; mis más sinceros agradecimientos.

RESUMEN

El presente trabajo tuvo como objetivo realizar una evaluación ambiental de la producción de alcohol aplicando Producciones más Limpias en Alficsa Plus S.A, y en particular la generación de desechos sólidos, líquidos y gaseosos que afectan el proceso. Para el desarrollo de la investigación se aplicó la metodología de evaluación propuesta por el PNUMA/ONUDI adaptada a las condiciones del objeto de estudio, utilizando para ello técnicas de manejo tales como: observación directa, entrevistas, identificación de malas prácticas, revisión de documentos, criterios de expertos de la fábrica, balances de materia y energía y evaluaciones técnicas - económicas. Finalmente se propuso un plan de mejoras con acciones encaminadas al uso racional y eficiente del agua, basado en la filosofía de mejora continua.

Palabras Claves. Producciones más Limpias, alcohol, plan de mejora.

INDICE

INTRODUCCIÓN	1
CAPÍTULO 1. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA.....	4
1.1. PRODUCCIONES MÁS LIMPIAS. FUNDAMENTOS GENERALES.....	4
1.1.1. Producciones más Limpias y su contexto.	4
1.2. PROYECCIONES DE LAS PRODUCCIONES MÁS LIMPIAS EN CUBA.....	5
1.3. METODOLOGÍA DE LAS PRODUCCIONES MÁS LIMPIAS.	6
1.3.1. Opciones de Producción Más Limpia.....	8
1.3.2. Herramientas para evaluación y selección de los problemas ambientales.	8
1.3.3. Método Delphi.	11
1.4. PRODUCCIONES MÁS LIMPIA EN LA INDUSTRIA DERIVADOS DE LA CAÑA DE AZÚCAR.	13
1.4.1. Producciones más limpias en la industria alcoholera.	13
1.4.2. Caña de azúcar y sus derivados.	13
1.5. ALCOHOLES.....	13
1.5.1. Principales usos de los alcoholes.....	14
1.5.2. Descripción general del proceso de obtención de etanol extrafino.	14
1.5.3. Impacto Ambiental en la Producción de Alcohol.....	15
1.6. BUENAS PRÁCTICAS DE MANUFACTURA (BPM) PARA LA PRODUCCIÓN MÁS LIMPIA (P+L) EN EL SECTOR ALCOHOLERO.....	16
1.6.1. Buenas prácticas ambientales (BPA).....	16
1.7. BENEFICIOS DE LA UTILIZACIÓN DE PRODUCCIONES MÁS LIMPIAS EN EL SECTOR ALCOHOLERO. ..	16
1.7.1. Ejemplos de oportunidades de P+L identificadas en el sector alcoholero.....	17
CAPÍTULO 2. PROPUESTA METODOLÓGICA CON ENFOQUE DE PRODUCCIONES MÁS LIMPIAS.....	19
2.1. CARACTERIZACIÓN Y DESCRIPCIÓN DE LA EMPRESA DESTILERÍA ALFICSA PLUS S.A.	19
2.1.1. Planeamientos Estratégicos del la Empresa Destilería Alficsa Plus S.A.....	19
2.1.2. Cartera de Productos.....	20
2.1.3. Comportamiento de las producciones realizadas en los años del 2019 a septiembre del 2023. 20	
2.2. SITUACIÓN AMBIENTAL DE LA EMPRESA DESTILERÍA ALFICSA PLUS S.A.	21
2.2.1. Antecedentes.....	21
2.2.2. Situación ambiental actual.....	21
2.3. DESCRIPCIÓN DEL PROCESO DE OBTENCIÓN DE ALCOHOL.....	22
2.3.1. Flujo productivo de la planta objeto de estudio.....	22
2.3.2. Etapas del proceso de obtención de alcoholes finos.....	23
2.3.3. Sistemas auxiliares.....	26
2.3.4. Parámetros de operación.....	27
2.4. METODOLOGÍA PARA LA EVALUACIÓN DE PRODUCCIONES MÁS LIMPIAS.	27
2.4.1. Planeación y organización.	28
2.4.2. Evaluación en planta.....	29

2.4.4. Estudio de factibilidad.	36
2.4.5. Fase de implementación.	37
CAPÍTULO 3. ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS.	38
3.1.EVALUACIÓN AMBIENTAL DE LA PRODUCCIÓN DE ALCOHOL EN ALFICSA PLUS SA UTILIZANDO UNA METODOLOGÍA DE PRODUCCIONES MÁS LIMPIAS.	38
3.1.1. Planeación y organización.	38
3.1.2. Evaluación en planta.	39
3.1.3. Estudio de factibilidad.	48
3.1.4. Fase de implementación.	50
CONCLUSIONES.....	52
RECOMENDACIONES.....	53
BIBLIOGRAFÍA.....	54

INTRODUCCIÓN

El avance de la ciencia y la técnica conlleva a una sucesión de riesgos para la salud de la población y para el medio ambiente, lo cual genera componentes como el cambio climático, el calentamiento global, el uso deficiente del suelo y el agua, la mala gestión de los recursos naturales, la contaminación del aire, el crecimiento urbano y la industrialización. En América Latina y el Caribe se ha promulgado una serie de leyes relativas al medio ambiente, con el propósito de fortalecer las estrategias encaminadas a la sostenibilidad. Sin embargo, la falta de gestión institucional y de capacidad para hacerlas cumplir limita su efectividad. En el caso de Cuba, la protección del medio ambiente es una prioridad y se sustenta a través de la Ley No. 81, “Del Medio Ambiente”, que establece los principios que rigen la política ambiental y asegura las acciones que contribuyen el logro de un desarrollo sostenible (Fernández & García, 2005).

En los últimos años se ha incrementado la cantidad de residuos generados por las actividades económicas empresariales, con la incorporación o uso de algunas materias primas o insumos de difícil degradación por su heterogeneidad y toxicidad. Uno de los instrumentos más efectivos, además de la coercitividad de las leyes, es el otorgamiento de incentivos de distinta naturaleza y cuantía que le permita al Estado motivar a los ciudadanos como empresarios y como consumidores hacia un cambio de las conductas con relación a la generación, manejo, tratamiento, reutilización y reciclaje de los desechos.

El desarrollo sostenible significa la satisfacción de las necesidades de la generación presente sin comprometer la capacidad de las generaciones futuras para satisfacer sus propias necesidades. Se sustenta en lograr, de manera equilibrada, el desarrollo económico, social y la protección del medio ambiente. Por su parte, la Producciones más Limpias (P+L), como concepto integrado al desarrollo sostenible, se define como “una estrategia integrada y continua de prevención, aplicada a los procesos productos y servicios, con el fin de lograr un uso más eficiente de los recursos, lo que da lugar a una mejora en el desempeño ambiental y a la reducción de riesgos para la salud y el medio ambiente (Quintana Hernández, 2005).

Por estas razones la industria cubana se encuentra en una etapa de desarrollo y de incremento significativo de los niveles de producción, por lo que es necesario implementar prácticas, medidas y tecnologías de Producción más Limpia (P+L) que permite tener soluciones menos costosas, más sencillas y continuas para ayudar a las empresas a reducir los impactos ambientales de sus actividades y los riesgos para la salud y la seguridad de los trabajadores (Chou, 2012).

La industria Alcohólica evidentemente genera impactos ambientales por sus actividades relacionadas con el uso, aprovechamiento o afectación de los recursos naturales renovables y no renovables. Los principales impactos ambientales provocan una incidencia directa en la población ya sea por la emisión de partículas, gases contaminantes y residuales, efluentes sólidos y líquidos emitidos que dificultan el saneamiento ambiental de la población y afectan la flora y la fauna, fundamentalmente por la vinaza por tener componentes químicos que son contaminantes refractarios (difícil de tratar) y compuestos orgánicos persistentes (Flores Escobar, 2020).

La Destilería Alficsa Plus S.A, ubicada en el poblado Antonio Sánchez del municipio Aguada de Pasajeros realiza esfuerzos con el objetivo de alcanzar un verdadero perfeccionamiento empresarial, aunque tiene una Estrategia de Gestión Ambiental diseñada, la misma no cumple con las acciones para su implementación por lo que la institución es frecuentemente señalada por su bajo desempeño ambiental, tanto por los organismos encargados del tema, como por la comunidad.

De acuerdo con lo antes expuesto es necesario e imprescindible realizar un estudio de evaluación ambiental de la producción de alcohol utilizando una metodología de Producciones más Limpias en Alficsa Plus S.A para evaluar de forma integral y sistémica sus procesos productivos, haciendo énfasis la reutilización del agua, debido a que el índice de consumo de agua fresca referido a la producción, según estudios realizados en Cuba se comporta superior a lo establecido en las normas internacionales e incluso a las normas ramales de Cuba. Este alto consumo de agua trae consigo una afectación en los costos de los portadores energéticos. Estudios recientes de prestigiosos institutos de investigación corroboraron estos elevados consumos y lo reflejan en un balance nacional de todas las destilerías del país, en un análisis comparativo para siete años de explotación fabril, independientemente de las capacidades de producción instaladas, para lo cual utilizan el índice de consumo en m³ de agua por cada hectolitro de alcohol producido (Lobelles Sardiñas, 2011).

Por lo cual el objeto de estudio de esta investigación es la producción de alcohol a partir de las mieles finales como co-productos del proceso de obtención de azúcar crudo del central, considerando que la fabricación de alcohol tiene una marcada influencia en el consumo de agua.

Problema Científico

El deficiente desempeño ambiental en la Destilería de Alcohol Alficsa Plus S.A, provoca la existencia de malas prácticas en el consumo de agua.

Hipótesis

Es posible mejorar el desempeño ambiental de la Destilería de Alcohol Alficsa Plus S.A mediante una evaluación ambiental utilizando una metodología de Producciones más Limpias para contribuir al ahorro de agua.

Objetivo General

Realizar una evaluación ambiental de la producción de alcohol utilizando una metodología de Producciones más Limpias en Alficsa Plus S.A.

Objetivos Específicos

1. Establecer los fundamentos teóricos y científicos que sustentan la investigación.
2. Proponer una metodología de Producciones más Limpias que permita evaluar el proceso estudiado de acuerdo con sus características.
3. Diagnosticar mediante la aplicación de una propuesta de metodología de Producciones más Limpia, los principales problemas ambientales del proceso estudiado.
4. Proponer un plan de acciones fundamentado técnica y económicamente que permita mejorar el desempeño económico ambiental del proceso estudiado.

Capítulo 1. Revisión Bibliográfica.

1.1. Producciones más Limpias. Fundamentos Generales.

Para lograr darle solución a los problemas ambientales actuales es necesario lograr procesos productivos y de servicios capaces de utilizar un número reducido de recursos y generar la menor cantidad posible de residuos y desechos. El concepto más amplio es el de tecnologías ambientalmente integradas, en el sentido de que todos los sectores productivos sean capaces de trabajar en procesos productivos limpios y complementarios entre sí, donde el desecho de un proceso productivo constituya un insumo de otro (Cuellar Gonzáles, 2016).

Se define las Producciones más Limpias como: la aplicación continua de una estrategia ambiental preventiva, aplicada a los procesos, productos y servicios, con el fin de incrementar la eficiencia de los procesos industriales y reducir los riesgos para la vida humana y el medio ambiente. Las Producciones más Limpias pueden ser aplicadas a los procesos empleados en cualquier industria y a los diferentes servicios prestados a la sociedad (Fonseca, 2018).

1.1.1. Producciones más Limpias y su contexto.

Con la aplicación de Producciones más Limpias se busca pasar de un proceso de poca eficiencia de control de la contaminación "al final del tubo", a un proceso eficiente de prevención de la contaminación desde su punto de origen, a través de conservar y ahorrar las materias primas, insumos, agua y energía en el proceso, previniendo la contaminación al promover la sustitución de materias primas que contengan productos químicos peligrosos o muy contaminantes, y la creación de soportes administrativos que permitan manejar integralmente los residuos (Chou Rodríguez, 2012).

Para implementar P+L se llevan a cabo una serie de pasos a seguir en los cuales las evaluaciones, deben tener una prioridad clara dentro del sistema de gestión ambiental más amplio de la empresa, ya que mediante el establecimiento del mismo se pueden ejecutar las opciones recomendadas y prestar atención a cualquier nueva circunstancia que requiera una intervención puntual. La tabla 1.1 muestra los beneficios que proporcionan la aplicación de las Producciones más Limpias.

Tabla 1.1. Beneficios esperados de la aplicación de una estrategia de P+L.

AL DISMINUIR	SE INCREMENTA
El uso de la energía en la producción.	La calidad del producto.
La utilización de materias primas.	La eficiencia, a través de una mejor comprensión de los procesos y actividades de la empresa.
La cantidad de residuos y la contaminación.	La motivación personal.
Los riesgos de accidentes laborales, lo que a su vez implica reducción de costos	El prestigio, al mejorar la imagen de la empresa al socializar los resultados del proceso.
La posibilidad de incumplimiento de normas ambientales y sus correspondientes sanciones.	La competitividad en nuevos mercados nacional e internacionales.
Costos en la producción.	Ganancia y ahorros de la empresa.
El uso de recursos naturales y la generación de residuos contaminantes.	La protección del medio ambiente.
Los riesgos medioambientales en caso de accidentes.	La mejora continua de la eficiencia medioambiental en las instalaciones de la empresa y de los productos.

Fuente (CONAM, 2003) .

1.2. Proyecciones de las Producciones más Limpias en Cuba.

Nuestro país no ha estado ajeno a la evolución del pensamiento y las tendencias internacionales en materia de gestión ambiental empresarial, la cual ha recibido un importante impulso en los últimos años, como resultado del trabajo conjunto de los Organismos de la Administración Central del Estado. Desde 1998 el Ministerio de Ciencia, Tecnología y Medio Ambiente ha venido realizando esfuerzos para promover, introducir e implementar estrategias de Producciones más Limpias en los sectores prioritarios de la economía. Con este fin se han desarrollado múltiples actividades de sensibilización y concientización, entrenamiento y capacitación de especialistas, diagnósticos nacionales y sectoriales sobre la aplicación de la (P+L) en el país, y se han formulado planes estratégicos a mediano y largo plazo que propician la adopción de este enfoque en el quehacer empresarial (Fernández & García, 2005).

En el país se dan pasos en la introducción de las Producciones más Limpias en el sistema normativo y regulatorio de la actividad industrial y varios ministerios tienen estrategias establecidas para su implementación y promoción. En general existe un claro reconocimiento al hecho que el primer paso para la promoción e implementación de las Producciones más Limpias en cualquier país o región es la formación de capacidades que lo aseguren y hagan viable.

La aplicación de prácticas de Producciones más Limpias, conduce a la producción de bienes y servicios con el óptimo uso de los recursos naturales y materiales bajo los actuales límites tecnológicos y económicos. Cada acción que se realice con el fin de reducir el consumo de materias primas, agua y energía y para prevenir o reducir la generación de residuos, puede aumentar la productividad y traer ventajas económicas a la empresa (Moreno Linares, 2008).

1.3. Metodología de las Producciones más Limpias.

Desde 1990, La Organización de las Naciones Unidas para el Desarrollo Industrial (*ONUUDI*) ha conducido un programa intensivo y proambiental, acompañado de una campaña de información y entrenamiento para promover tecnologías limpias o ambientalmente amigables. El programa se diseñó para incrementar la eficiencia y productividad al reducir la contaminación ambiental. (Organización De Las Naciones Unidas Para El Desarrollo Industrial, 1999).

Las Producción más Limpia son un proceso sistemático enfocado a la eliminación de desperdicios en la producción de bienes o servicios, incluyendo la reducción y, eventualmente, la eliminación de los desperdicios en el origen, más que el tratamiento de los residuos al final del proceso de producción.

Para una evaluación e implementación de las Producciones más Limpias existen dos aspectos fundamentales que constituyen el método para su aplicación:

Evaluación de las Producciones más Limpias (EP+L). Es el proceso donde se maneja la información requerida para identificar las posibles mejoras del proceso, aplicadas a la reducción de los desperdicios en una empresa y para la planificación de los planes para ejecutar esas mejoras.

Implementación de la Producción más Limpia. Es la aplicación y el accionar de los planes de mejoramiento dentro de la empresa.

La metodología de Producciones más Limpias desarrollada por la Organización de las Naciones Unidas para el Desarrollo Industrial (ONUUDI) está enfocada en la evaluación de los procesos e identificar la oportunidad, para utilizar racionalmente la energía y el agua, disminuir los costos de operación de las plantas, mejorar la utilización de las materias prima y los materiales, disminuir la generación de los residuos y emisiones industriales, y mejorar el control del proceso y aumentar la rentabilidad de las empresas. Dicha metodología se basa en tres conceptos fundamentales que se conocen en la literatura especializada como las tres 3 R's, Reducción, Reutilización y Reciclaje (ONUUDI, 1999).

En las revisiones bibliográficas realizadas se constató que existen varias metodologías para realizar una evaluación. A continuación, se relacionan algunas de ellas.

- Metodología de Producción más Limpia descrita por Miguel Rigola (Rigola, 2006).

- Metodología de Evaluación de Producciones más Limpias del método genérico. (Ochoa, 2007).
- Metodología para la Evaluación de Producción más Limpia, descrita por expertos cubanos. (Serrano Méndez, J.,2006).
- Metodología de Producciones más Limpias implementadas en el Programa de ONUDI/PNUMA.

En este trabajo se aplica la metodología descrita por el PNUMA/ONUDI que es la que más se adapta a las condiciones actuales de la fábrica.

Las principales etapas para implementar la Metodología de Producciones más Limpias se encuentran ilustrada en la Figura 1.1.



Figura 1.1. Etapas para la Implementación de la Metodología de Producciones más Limpias. **Fuente.** (Elaboración propia).

Fase I “Planeación y organización.”

- Obtener el compromiso de la gerencia y de todo el personal de la empresa.
- Organizar el equipo de P+L.
- Definir claramente las metas del Programa de P+L en la empresa.
- Identificar obstáculos y soluciones para el Programa de P+L.
- Capacitar a mandos intermedios y operarios.

Fase II “Evaluación de Planta.”

- Reunir los datos generales de la empresa y del proceso de producción (volumen de materiales, residuos y emisiones en el flujo).
- Definir el diagrama de flujo del proceso: entradas y salidas.
- Llevar registros y mediciones de materias primas, consumos de agua y energía.
- Organizar el equipo evaluador.

- Generar opciones.

Fase III “Estudio de factibilidad.”

- Evaluación técnica, económica y ambiental: considerando como estos elementos afectan a la producción, la calidad, el ambiente, los costos de inversión y beneficios.
- Definición de recomendaciones.
- Selección de las medidas a tomar.

Fase IV “Implementación”

- Establecer la fuente y el monto de los fondos destinados al proyecto.
- Ejecutar las medidas recomendadas: asignación de recursos y determinación de los responsables de llevar a cabo estas medidas.
- Monitorear y evaluar las medidas implementadas, mediante el uso de indicadores que permitan medir el desempeño, de auditorías internas y de reportes de seguimiento.

1.3.1. Opciones de Producción Más Limpia.

Lo primero que se hace es identificar los problemas ambientales que pueden tener solución a partir de la aplicación de Producciones más limpias. Se realiza un Plan de acción. Se identifican las fuentes de residuos y de emisiones, y los puntos críticos en el consumo de energía, agua y materias primas, se inicia la búsqueda de medidas correctivas. Este proceso tendrá una mayor importancia si se consideran las sugerencias de todos los miembros del equipo de P+L. Los elementos de procesos básicos a considerar se presentan a continuación, de manera individual (PNUMA, 2004).

- Generar buenas prácticas operativas: consiste en una optimización de los procedimientos operativos y administrativos para reducir o eliminar, residuos, emisiones, uso ineficiente de insumos y tiempos de operación.
- Localización de los principales puntos de entrada: consumo de agua, energía, materia prima e insumos.
- Identificación de las principales fuentes de residuos y las cantidades generadas.
- Establecimiento de puntos críticos.
- Identificación de fortalezas desde el enfoque de procesos, y desde un análisis económico y ambiental.
- Establecimiento de un programa de reuniones para seguimiento de la implementación.
- Publicación, a nivel interno y externo, de los avances y resultados obtenidos.

1.3.2. Herramientas para evaluación y selección de los problemas ambientales.

Para la selección de los problemas ambientales de una empresa se utilizan diferentes herramientas estadísticas, las cuales unidas a un criterio de experto, integrados por especialistas conocedores del tema, dan una valoración acertada de los mismo a continuación, se describen las más utilizadas:

- **Diagramas de diagnóstico.**

Son controles o registros estadísticos que podrían llamarse “herramientas para asegurar la calidad de las producciones de una fábrica”, esta son las siguientes:

- Hoja de control (Hoja de recogida de datos).
- Histograma.
- Análisis paretiano (Diagrama de Pareto).
- Diagrama de Ishikawa: Diagrama de causa y efecto (Espina de Pescado).
- Estratificación (Análisis por Estratificación).
- Diagrama de scatter (Diagrama de Dispersión).
- Gráfica de control.

La experiencia de los especialistas en la aplicación de estos instrumentos o Herramientas Estadísticas señala que bien aplicadas y utilizando un método estandarizado de solución de problemas pueden ser capaces de resolver hasta el 95 % de los problemas.

En la práctica estas herramientas requieren ser complementadas con otras técnicas como son:

- La lluvia de ideas (Brainstorming).
- La Encuesta.
- La Entrevista.
- Diagrama de Flujo.
- Matriz de Selección de Problemas, etc...

Hay personas que se inclinan por técnicas sofisticadas y tienden a menospreciar, pero la realidad es que es posible resolver la mayor parte de problemas de calidad, con el uso combinado de estas herramientas en cualquier proceso de manufactura industrial.:

- Detectar problemas.
- Delimitar el área problemática.
- Estimar factores que probablemente provoquen el problema.
- Determinar si el efecto tomado como problema es verdadero o no.
- Prevenir errores debido a omisión, rapidez o descuido.
- Confirmar los efectos de mejora.
- Detectar desfases.

Como elaborar un diagrama de Pareto

Partiendo de los descubrimientos del célebre economista y sociólogo italiano Wilfredo Pareto El diagrama de Pareto es una comparación ordenada de factores relativos a un problema. Esta comparación nos va a ayudar a identificar y enfocar los pocos factores vitales diferenciándolos de los muchos factores útiles. Esta herramienta es especialmente valiosa en la asignación de prioridades a los problemas de calidad, en el diagnóstico de causas y en la solución de las mismas, el diagrama de Pareto se puede elaborar de la siguiente manera:

1. Cuantificar los factores del problema y sumar los efectos parciales hallando el total.
2. Reordenar los elementos de mayor a menor.
3. Determinar el % acumulado del total para cada elemento de la lista ordenada.
4. Trazar y rotular el eje vertical izquierdo (unidades).
5. Trazar y rotular el eje horizontal (elementos).
6. Trazar y rotular el eje vertical derecho (porcentajes).
7. Dibujar las barras correspondientes a cada elemento.
8. Trazar un gráfico lineal representando el porcentaje acumulado.
9. Analizar el diagrama localizando el "Punto de inflexión" en este último gráfico.

Se ha llegado a verificar la regularidad con la que se dan en las distintas actividades y fenómenos sociales y productivos, el hecho de que unos pocos factores son responsables de la mayoría de los sucesos, en tanto que el resto mayoritario de los elementos o factores generan o poseen escasos efectos, es lo que más comúnmente se cataloga como los “pocos vitales y los muchos triviales”.

Así en procesos tradicionales de producción podemos tener que el 20 % de las causas de imperfecciones o fallas originan o son responsables de entre un 70 % y 80 % de los defectos detectados. Y al revés, un 80 % de las restantes causas generan tan sólo entre un 30 % y 20 % de los defectos.

Como elaborar un diagrama de Ishikawa.

El diagrama de Ishikawa conocido también como causa - efecto, es una forma de organizar y representar las diferentes teorías propuestas sobre las causas de un problema.

Nos permite, por tanto, lograr un conocimiento común de un problema complejo, sin ser nunca sustitutivo de los datos.

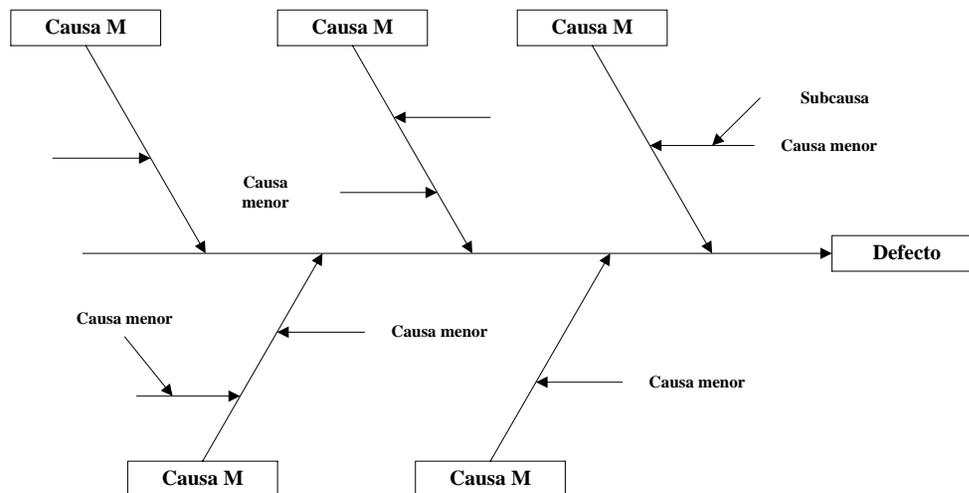
Los errores comunes son construir el diagrama antes de analizar globalmente los síntomas, limitar las teorías propuestas enmascarando involuntariamente la causa raíz, o cometer errores tanto en la relación

causal como en el orden de las teorías, suponiendo un gasto de tiempo importante. El diagrama se elabora de la siguiente manera:

1. Ponerse de acuerdo en la definición del efecto o problema.
2. Trazar una flecha y escribir el “efecto” del lado derecho.



3. Identificar las causas principales a través de flechas secundarias que terminan en la flecha principal.
4. Identificar las causas secundarias a través de flechas que terminan en las flechas secundarias, así como las causas terciarias que afectan a las secundarias.
5. Asignar la importancia de cada factor.
6. Definir los principales conjuntos de probables causas: materiales, equipos, métodos de trabajo, mano de obra, medio ambiente (5 M's).
7. Marcar los factores importantes que tienen incidencia significativa sobre el problema.
8. Registrar cualquier información que pueda ser de utilidad.



1.3.3. Método Delphi.

El método Delphi es una técnica de predicción que obtiene y refina las apreciaciones de un grupo de expertos sobre un problema complejo.

No existe límite en cuanto a áreas de aplicación para esta técnica de comunicación grupal. Su flexibilidad permite la búsqueda de soluciones para problemas de cualquier índole a través del consenso.

Características del método Delphi

Algunas características del método Delphi son:

- **Anonimato.** Los expertos que conforman el grupo se desconocen, solo sabrán las opiniones de los demás para la retroalimentación.
- **Interacción y retroalimentación controlada.** Se realiza constantemente el mismo cuestionario y la opinión de cada experto se comparte con el grupo. De esta forma, los expertos pueden ir cambiando su respuesta mientras conocen otros puntos de vista.
- **Heterogeneidad.** Pueden participar expertos especializados en diferentes áreas.

Importancia del método Delphi.

La importancia de este método es que permite alcanzar una conclusión basada en las diferentes opiniones de los participantes. De esta forma, las opiniones menos sólidas o más extremas se van descartando conforme avanza la actividad.

Así, la aplicación de este método permite hallar una solución consensuada sobre un problema o el pronóstico de una variable.

Fases del método Delphi.

La estructura del método Delphi es sencilla y consta de las siguientes fases:

1. **Definición de objetivos.** En principio, se necesita plantear el conflicto. Es decir, se necesita una formulación del problema clara y concisa. Los expertos deben conocer con exactitud el tema que estarán comentando.
2. **Elección de participantes.** Posteriormente, se debe determinar quién será el moderador y el panel de expertos.
 - Para el moderador, es ideal que sea una persona neutral que esté familiarizada con el tema. Es decir, que también sirva como investigador para conducir el debate por el rumbo adecuado.
3. La elección del panel de expertos debe responder a una lógica muestral dados los recursos disponibles. Además, se requiere que sean individuos con experiencia y acceso a información confiable y de calidad. Asimismo, es preferible lograr la heterogeneidad del equipo para abarcar todos los puntos de vista posibles.
4. **Rondas de preguntas.** Definido lo anterior, se procede con el lanzamiento del cuestionario previamente realizado. Las preguntas deberán ser cuantificadas y agrupadas, por ende, se recomienda realizar preguntas muy específicas. Además, deben abarcar todo el panorama para evitar sesgos en el juicio de los expertos. Con la retroalimentación de las respuestas, se pueden afinar las preguntas para conducir el resultado hacia el objetivo planteado. Por ejemplo, otorgar

datos estadísticos de las respuestas como media o mediana. Esto contribuye a descartar las respuestas menos sólidas o más extremas. Se repite cuantas veces se consideren necesarias.

5. **Evaluación de resultados.** Finalmente, una vez alcanzada una mayor estabilidad en las respuestas, debe actuar sobre los resultados obtenidos.

1.4. Producciones más Limpia en la industria derivados de la caña de azúcar.

En la industria de derivados de la caña de azúcar, las cantidades y propiedades de sus residuales son muy variables teniendo en cuenta que a las sustancias de pérdida de los procesos se añaden productos para la limpieza de equipos y locales (Cuba, 1998).

Las prácticas de P+L han sido aplicadas en varios procesos de la industria de los derivados de la caña de azúcar, motivado por la elevada cifra de materias primas, materiales auxiliares que utilizan, los elevados consumos de agua y los volúmenes de desecho que se derivan de estas operaciones productivas en este sector.

1.4.1. Producciones más limpias en la industria alcoholera.

La industria alcoholera se ha ido desarrollando con la implementación de nuevas tecnologías, estas han hecho progresar notablemente esta industria y en poco tiempo han ejercido una influencia progresista en las destilerías de alcohol. La industria alcoholera tiene impactos ambientales generados por desechos líquidos y gaseosos (Ramos Bell, 2017).

1.4.2. Caña de azúcar y sus derivados.

La producción de caña de azúcar ha permitido diversificar la industria de procesos, con esta como materia prima principal propiciando avances en la economía. Los principales procesos identificados son: la producción de azúcar crudo o refino, cachaza, levadura, sorbitol, dextrana, saccharina, bagazo, papel, así como melazas, esta última principal materia prima en la producción de alcoholes finos para producir ron, por lo que le permite al país tener mayor cantidad de productos en el mercado y aprovechar al máximo los recursos (Nayarit, 2018).

1.5. Alcoholes.

El alcohol se puede obtener mediante la fermentación de la melaza producida por la caña de azúcar, estos son compuestos químicos orgánicos que presentan en su estructura uno o más grupos químicos hidroxilos enlazados covalentemente a un átomo de carbono saturado. Son sustancias de mucho valor químico, históricamente tienen gran importancia gracias a las múltiples razones por las cuales han sido consumidos por las personas ya sean con fines medicinales, higiénicas, dietéticas y recreativas.

Alcoholes más habituales son: (Sánchez, 2022).

- Alcohol etílico. También llamado etanol.

- Alcohol metílico, también conocido como metanol.
- Alcohol isopropílico.

1.5.1. Principales usos de los alcoholes.

Los alcoholes se utilizan como productos químicos intermedios y disolventes en las industrias de textiles, así como colorantes, productos químicos, detergentes, perfumes, alimentos, bebidas, cosméticos, pinturas y barnices. En el campo de la medicina, los alcoholes se utilizan como desinfectantes y antisépticos. Los alcoholes más usados en aplicaciones comerciales e industriales son el alcohol metílico y etílico, este último se encuentra en las bebidas como cervezas, vinos o ron. También se utiliza como anticongelante (Morón, 2018).

1.5.2. Descripción general del proceso de obtención de etanol extrafino.

Proceso de preparación del mosto.

La miel, procedente de los depósitos generales de almacenamiento, pasa a la preparación de mosto, donde primeramente se hace una predilución inicial que debe alcanzar un Brix de aproximadamente 40°. La miel prediluida a 40 °Bx es sometida a un proceso de filtración, donde se eliminan las impurezas sólidas, las cuales perjudican la calidad del mosto y por consiguiente la calidad en la fermentación y la obtención del producto final. Este mosto a temperatura de 80 °C a 90 °C y acidez de (1,5 – 2 g/L) se hace pasar a un depósito al cual se alimenta ácido sulfúrico, para obtener el pH deseado en el crecimiento de la levadura en las cubas madres que oscila entre 3, 9 y 4. Parte de la miel previamente diluida pasa a un eyector al que se alimenta vapor directo para esterilizar (eliminar el número de células no deseables), después a un depósito y luego es impulsada al intercambiador de calor con el objetivo de enfriar el mosto a una temperatura de 35 °C, a la cual se le alimenta agua fría procedente del área de torres de enfriamiento como medio de intercambio de calor, de este sale agua caliente y el mosto a menor temperatura pasa a un mezclador al que además se alimenta agua tratada, el mosto sale con 16 °Bx. Este Brix depende de la marcha de fermentación el cual se alimenta a las cubas madre. La otra parte del mosto que no fue alimentado al mezclador anterior pasa a otro mezclador, pero esta vez con el objetivo de lograr un 24 °Bx, pues este es el que se alimenta a las cubas hijas o fermentadores como tal (Enrique Penín, 2010).

Proceso de fermentación.

El mosto a 16 °Bx entra a un depósito donde es preparada la cuba madre, esta es airada con un soplador, pasado el tiempo máximo de reposo de este proceso, es enfriado para mantener la temperatura cerca de los 35 °C y luego este mosto es bombeado al fermentador. La entrada del mosto es regulada por una válvula al 20 % de su totalidad en el depósito donde después de estar su densidad

baja debido a la fermentación se añade el mosto de 24 °Bx a un 30 - 40 % de su totalidad, donde continúa la fermentación, pero con nueva alimentación. Transcurrido un tiempo (cuando el Brix sea la mitad +1 de la inicial) se completa el volumen de trabajo del fermentador. Durante el tiempo que se está efectuando la fermentación en este fermentador, se le suministrará mosto de 16 °Bx al fermentador siguiente de la misma manera que el anterior, y así sucesivamente se va realizando el procedimiento para los 10 fermentadores instalados en la planta. Este proceso semicontinuo en la sala de fermentación (con un ciclo de fermentación entre las 35 a 40 horas) garantiza que siempre existirán fermentadores muertos en espera para ser destilados con el objetivo de no ocasionar paradas en la fábrica, ya que la misma opera a régimen continuo (Cervantes Tellez, 2010).

El mosto fermentado o vino de los fermentadores ya muertos y que han tenido un reposo de 1 a 2 horas es bombeado a la etapa de destilación de inmediato. Los fondajes de los fermentadores se unen a la corriente de vinazas que se envía a la fábrica de levadura que se encuentra aledaña a la planta de etanol.

Proceso de destilación.

La materia prima vino (entre 6 % y 7 % Alcohol V/V), penetra en un calienta vino con una temperatura de 35 °C, donde se aumenta su temperatura hasta 70 °C, aproximadamente, a fin de disminuir la cantidad de vapor necesario en la columna destrozadora. Esta columna que trabaja a bajo vacío, aporta al proceso el etanol a 60 °GL y es la que elimina las vinazas que pasan a la planta de Levadura Torula Forrajera.

Luego pasa a la columna pre - concentradora que concentra hasta 75 - 80 °GL la cual también trabaja a vacío. Posteriormente se procede al lavado en la columna hidroselectora la cual lava el alcohol del proceso disminuyendo el grado alcohólico hasta 15 - 20 °GL. Esta concentración alcohólica se obtiene mediante un abundante riego proveniente de las colas de la columna rectificadora final. Luego se pasa a la columna rectificadora, donde se concentra hasta 96,3 °G.L. El alcohol centro sale de dos platos por debajo de la cabeza y pasa a la columna desmetilizadora (Cervantes Tellez, 2010).

1.5.3. Impacto Ambiental en la Producción de Alcohol.

Los impactos ambientales que la industria alcoholera genera, provocan una incidencia directa en la población, ya sea por la emisión de partículas, gases contaminantes y residuales, efluentes sólidos y líquidos emitidos que dificultan el saneamiento ambiental de la población y la afectación de la flora y fauna. El alcohol, en su producción, consumo y eliminación, causa una gran cantidad de daños al medio ambiente. En primer lugar, la producción de alcohol es un proceso que requiere grandes cantidades de agua y energía. Además, el proceso de fermentación y destilación del alcohol consume una gran cantidad de energía, que proviene en su mayoría de combustibles fósiles (Flores Escobar, 2020).

1.6. Buenas prácticas de Manufactura (BPM) para la producción más limpia (P+L) en el sector alcoholero.

Las BPM para la P+L son consideradas como actividades de gestión y proceso que reducen la generación de residuos, al ser identificadas y aplicadas correctamente dan como resultado una mejor calidad del producto, reducción en los gastos de operación, minimización de pérdidas de producto, además de mejorar el ambiente laboral.

Son consideradas como un conjunto ordenado de propuestas eco-eficientes que no representan un gran esfuerzo para la empresa (sencilla y pequeñas inversiones), no necesariamente significan modificar sus procesos, ni sistemas de gestión y estas se pueden llevar a término en la misma, para reducir su impacto ambiental. En una fábrica de destilación de alcohol se basan en poner en marcha una serie de procedimientos destinados a mejorar y optimizar el proceso productivo y promover la participación del personal (Cuellar Gonzáles, 2016).

1.6.1. Buenas prácticas ambientales (BPA).

Las Buenas Prácticas Ambientales – BPAS – son acciones que pretenden reducir el impacto ambiental negativo que provocan los procesos productivos, aplicando medidas sencillas y útiles que pueden adoptar todas las personas en sus espacios laborales y que establecen cambios en los procesos y las actividades diarias. Son acciones que a gran escala aumentan la rentabilidad de la empresa, tanto administrativa como institucionalmente. (Lee Morales, 2012).

- **Capacitación del personal:** es una actividad dirigida a todas las áreas de la empresa, involucrando a todo el personal. Concientizar y proveerlos de conocimientos, habilidades y actitudes para el mejoramiento de sus actividades laborales y hábitos de consumo de agua, energía y recursos.
- **Uso eficiente de la energía:** la energía es un insumo de gran utilización en las fábricas de alcoholes, por la utilización de equipos eléctricos, producir calor en forma de vapor, enfriar, refrigerar, etc. Por lo que representa un alto valor de la producción e influye en el costo total del producto. Se pueden obtener ahorros inmediatos al mejorarlas prácticas de manufactura de los trabajadores, los procesos actuales y las condiciones del equipo.
- **Uso eficiente del agua:** se han estimado pérdidas en la producción por roturas en la planta de tratamiento de agua. Por lo que se ha tenido que usar agua suavizada lo que trae consigo incrustaciones en las distintas áreas del proceso.

1.7. Beneficios de la utilización de Producciones más Limpias en el sector alcoholero.

Una razón por la cual se debe invertir en la Producciones más Limpias, es tratar de dar una solución a tiempo a los problemas de contaminación sobre el medio ambiente y que no sea como una de tantas

soluciones tradicionales de final de tubo, que generalmente aumenta los costos de la Empresa.

La aplicación de Producciones más Limpias en el sector alcoholero genera los siguientes beneficios: (Garzón Benavides, 2008).

- Disminución de los costos de tratamiento y disposición de residuos.
- Reducción de los costos de mantenimiento y limpieza.
- Reciclaje y reutilización de productos.
- Ahorro en el pago de servicios de agua y energía.
- Mayor participación empresarial en la gestión ambiental.
- Mayor posibilidad de acceso a recursos de financiación para reconversión tecnológica.
- Implementación de buenas prácticas.

1.7.1. Ejemplos de oportunidades de P+L identificadas en el sector alcoholero.

Al aplicar técnicas de Producciones más Limpias en el sector alcoholero se pueden identificar oportunidades las cuales se resumen a continuación. (Cuellar Gonzáles, 2016).

- **Prevención y reducción de residuos en el origen.**

Prevenir la generación de residuos en el origen es el primer paso hacia la aplicación de los conceptos de las Producciones más Limpias, pues elimina la necesidad de realizar posteriormente una compleja gestión de residuos, incluyendo su tratamiento y disposición final. Reducir, por su parte, implica disminuir en el origen la cantidad y nocividad de un residuo.

- **Uso racional de los recursos como materias primas, agua, energía, recursos humanos y tecnológicos.**

- Sustituir materiales peligrosos o tóxicos por algunos menos nocivos para el medio ambiente.
- En el caso de usar sustancias peligrosas, implementar las medidas necesarias para una gestión segura en las actividades de transporte almacenamiento y manipulación.

- **Cambios en las prácticas de operación, mejorando la percepción y actitud de los operarios.**

- Capacitación y entrenamiento permanente del personal en lo concerniente al proceso productivo, seguridad y salud en el trabajo, manejo de materiales y gestión ambiental.
- Desarrollo de manuales de operación y procedimientos.
- Detección de áreas críticas.

- **Eficiencia energética en oficinas administrativas.**

- Apagar las luces cuando no sea necesaria.
- Concientizar sobre la importancia del ahorro de energía.

- **Manejo adecuado del vapor.**

- Establecer un programa de mantenimiento preventivo de caldera.
- Identificación de tuberías en mal estado.
 - **Conservación de agua.**
- Iniciar un programa de monitoreo continuo, identificando los puntos de usos críticos.
- Establecer metas y objetivos de uso de agua para la planta.
- Revisar regularmente válvulas, grifos, y conducciones, evitando usos innecesarios.
- Ejercer un control en la operación de enjuague posterior a la limpieza.

Capítulo 2. Propuesta metodológica con enfoque de Producciones Más Limpias.

2.1. Caracterización y descripción de la Empresa Destilería Alficsa Plus S.A.

La Destilería Alficsa Plus S.A. se encuentra ubicada en la localidad de Antonio Sánchez en el Municipio de Aguada de Pasajeros, perteneciente a la provincia de Cienfuegos, la misma fue creada en el complejo agroindustrial con el objetivo de utilizar los co – productos del central azucarero para la producción de alcoholes finos a través de la fermentación de mieles finales de la caña de azúcar. Actualmente laboran en la Empresa 57 trabajadores: 2 máster, 8 licenciados, 29 técnicos medios y 15 con nivel superior como se muestra en la figura 2.1.

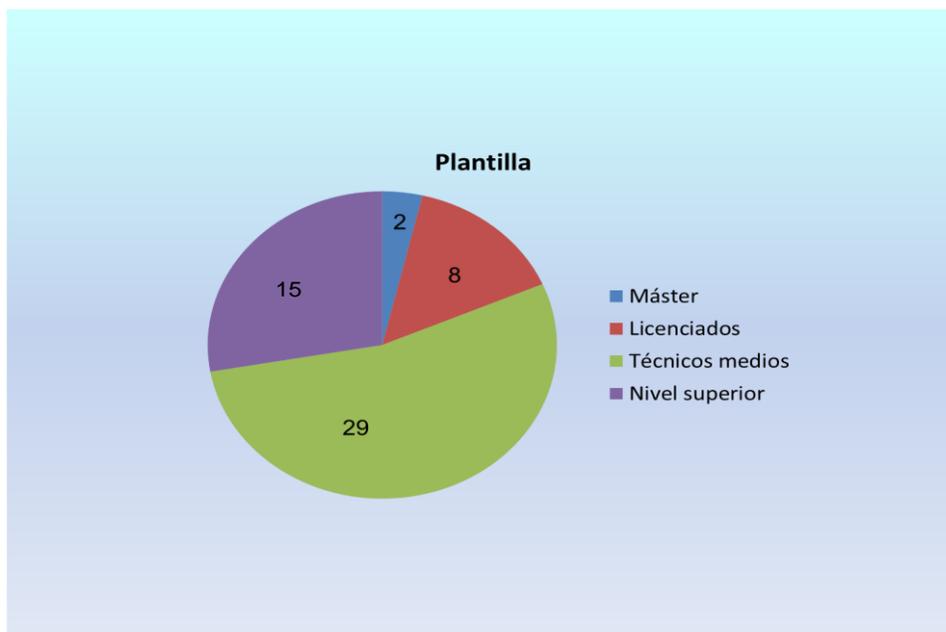


Figura 2.1.Plantilla de la empresa. **Fuente:** Elaboración propia.

2.1.1. Planeamientos Estratégicos del la Empresa Destilería Alficsa Plus S.A.

Entre los planeamientos estratégicos de la empresa para el año 2023 están:

Misión:

Producir alcoholes, derivados de la miel B de caña de azúcar, de una alta calidad que garanticen el consumo social, así como la venta en divisa acorde a las exigencias del mercado actual.

Visión:

- Obtiene utilidades razonables para su patrimonio y el estatal.
- Sus producciones satisfacen los requerimientos de los clientes del mercado nacional con un incremento progresivo de las ventas.
- Existe un clima personal y organizacional favorable con predominio de la cooperación mutua en función del interés general de la entidad.

- Dirigen la empresa cuadros con liderazgos, muy capaces, altamente motivados y con un elevado nivel de gestión.
- Existe un alto nivel informático y de otras tecnologías de la comunicación a favor de la elevación de la efectividad para el cumplimiento de la misión.
- Se mantiene el liderazgo en la comercialización de alcoholes finos.

Objeto social: el objeto empresarial aprobado para la Empresa Destilería Alficsa Plus S.A es el siguiente:

- Realizar la compra de mieles finales de caña de azúcar.
- Comercializar de forma mayorista en moneda nacional y divisas sus producciones.
- Efectuar la venta a los trabajadores del sistema en el territorio de los excedentes de producción en moneda nacional.
- Comercializar en el mercado internacional para recaudar divisas para el país.

2.1.2. Cartera de Productos.

El principal producto es la fabricación de alcoholes finos los cuales se comercializan en moneda nacional y en divisas, como materia prima para la producción de rones de alta calidad como: Havana Club y rones de Cuba Ron, También se utilizan en la producción de perfumes elaborados por Súchel Camacho. Además de alcoholes de mal gusto que se queman en las calderas para generar electricidad.

2.1.3. Comportamiento de las producciones realizadas en los años del 2019 a septiembre del 2023.

Las producciones realizadas en la Destilería Alficsa Plus S.A. en los años analizados, como se puede observar, el año 2020 es el de mayor producción de alcohol, según se muestra en la figura 2.2.



Figura 2.2. Producciones de alcohol en los años 2019 al 2023. **Fuente.** Elaboración propia.

Los problemas más significativos que tienen incidencia en el cumplimiento del plan de producción en los años 2021 y 2022 se debieron fundamentalmente a la falta de miel de caña para la elaboración de alcoholes finos.

2.2. Situación ambiental de la Empresa Destilería Alficsa Plus S.A.

2.2.1. Antecedentes.

La Empresa Destilería Alficsa Plus S.A en su concepción ambiental se preocupa desde su origen en atender las inquietudes de la sociedad y su interés por incorporar los criterios de Desarrollo Sostenible en todas las actuaciones de la vida diaria, reconoce además que las actividades vinculadas con su proceso de producción pueden poner en peligro el medio ambiente, la salud de los trabajadores y la población en general, genera residuos fundamentalmente por derrames producidos por roturas imprevistas de los diferentes equipos.. Es por ello que la dirección se compromete a desarrollar sus actividades con el debido respeto por la protección del medio ambiente y a mejorar continuamente sus prácticas medioambientales cuya implantación será responsabilidad de todos sus dirigentes y trabajadores.

2.2.2. Situación ambiental actual.

La Empresa destilería Alficsa Plus S.A, cuenta con una Estrategia Ambiental que resulta insuficiente para resolver los problemas ambientales que ocasiona por lo que se trata de detectar, corregir desviaciones, planificar y realizar acciones correctivas y preventivas que garanticen el mejoramiento continuo de su sistema de gestión. Las mayores deficiencias son:

- Elevado consumo de agua motivado por:
 - Derrames del tanque de condensado y agua alimentada a la caldera.
 - Exceso de uso de agua para limpiar los fermentadores.
 - Mal funcionamiento del ebullición que provoca derrames de agua a los residuales.
 - Derrames de agua en el tanque de almacenamiento.
 - Derrame en el uso de las mangueras de baldeo para la limpieza de las áreas.
 - Se presentan fugas en tuberías de agua y vapor.
- Emisiones a la atmosfera de gases contaminante de las calderas.
- Derrame de desechos sólidos.

Las principales deficiencias detectadas están relacionas con disciplina tecnológica, reorganización del trabajo y cumplimiento de los planes de mantenimiento por parte de la entidad.

El objetivo medio ambiental de la Empresa Destilería Alficsa Plus S.A.es promover la sostenibilidad

ambiental de los procesos productivos y de servicios del sector, mediante el uso eficiente de recursos materiales y energéticos que contribuyan a la protección y conservación de los recursos naturales y mejoras en la salud y calidad de vida de los trabajadores y la comunidad. A continuación, se ostentan las metas fijadas para evaluar el cumplimiento de dicho objetivo:

- Actualizar el sistema de Gestión Ambiental.
- Estudio de factibilidad del tratamiento de residuales.
- Eliminar salideros de agua, vapor, fuel oíl.
- Caracterización de las emanaciones de gases a la atmósfera.
- Exigencia en el cumplimiento de la recogida de desechos sólidos.
- Cumplir con lo dispuesto en la estrategia ambiental.
- Ser más precavidos con el uso del agua para evitar derrames.
- Disminuir el índice de consumo de agua anual.

2.3. Descripción del proceso de obtención de alcohol.

Con el objetivo de realizar un estudio integral de Producciones más Limpias en la Empresa Destilería Alficsa Plus S.A, se toma como referencia la producción de alcoholes finos a partir de la fermentación de mieles finales de la caña de azúcar, esta unidad produce una cantidad considerable de residuales los cuales afectan el medio ambiente.

2.3.1. Flujo productivo de la planta objeto de estudio.

En la producción de alcoholes finos, se realizan operaciones de mezclado, fermentación, destilación, transferencia de calor y cantidad de movimiento, comenzando por el tratamiento de las mieles B como la materia prima fundamental de este proceso.

Los alcoholes finos es el producto que se obtiene a partir de la fermentación de las mieles B, las misma son un co - producto de la obtención de azúcar crudo del Central Antonio Sánchez, para su procesamiento debe reunir las especificaciones de calidad requeridas según NC 713:2009, sus características se muestran en la tabla 2.1. En la figura 2.3 se observa el diagrama de flujo del proceso.

Tabla 2.1. Especificaciones fundamentales de calidad de la Miel B.

Índice	Miel B
⁰ Brix	Más de 80 grados
Azucares reductores	Más de 52 mg/L
Infermentables	Menos de 3mg/L
pH	Entre 5 y 6

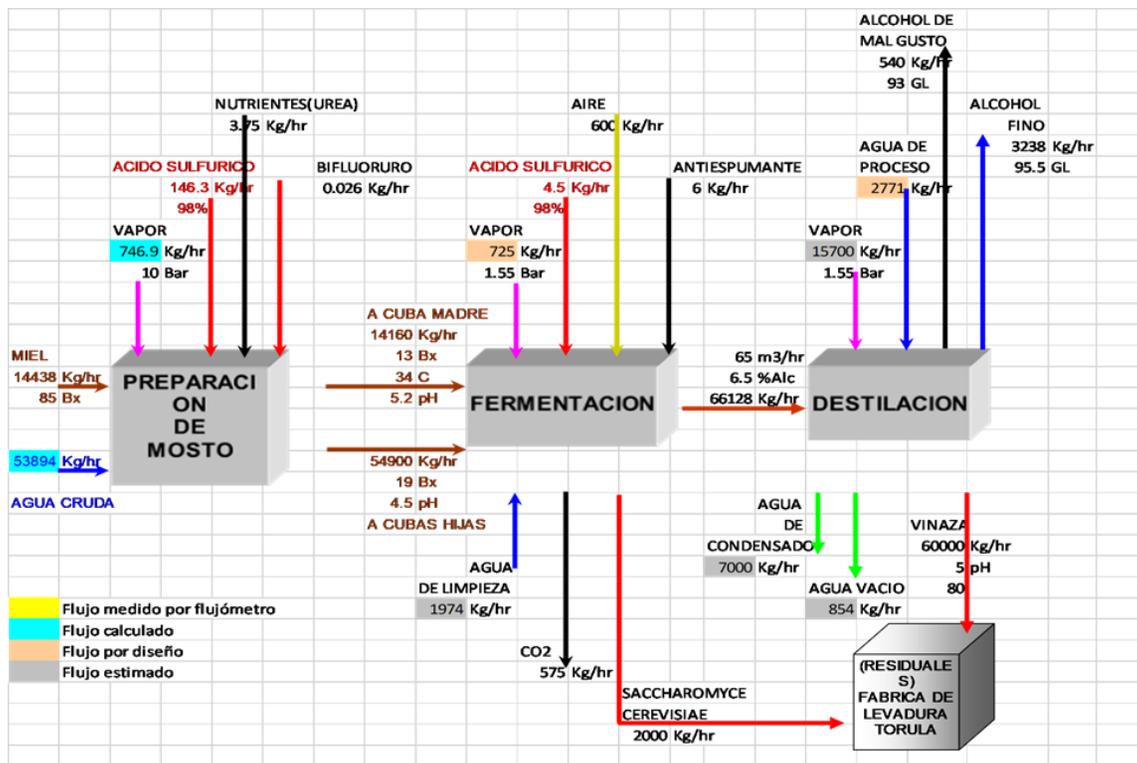


Figura 2.3: Diagrama de flujo del proceso de producción de alcohol fino. **Fuente:** Elaboración propia.

2.3.2. Etapas del proceso de obtención de alcoholes finos.

Proceso de preparación del mosto.

La miel, procedente de los depósitos generales de almacenamiento, pasa al área de pesaje, se pesa en una tolva receptora de miel y es bombeada al tanque de almacenamiento por la bomba (P-201), posteriormente es bombeada al proceso de preparación de mosto mediante las bombas (P-204), estas bombas son típicas en el uso de líquidos muy viscosos y de alta densidad por lo que han de ser de desplazamiento positivo. Hay que tener la precaución, con las bombas de desplazamiento positivo, de que el líquido fluya sin ningún obstáculo, tipo válvula o cualquier otro tipo de interrupción, porque sufriría daños irreparables.

Una vez que la miel es bombeada a la preparación de mosto, primero pasa por el flujómetro (FT-360) transmisor de caudal de tipo magnético, de tal manera que se puede medir y cualificar la cantidad de melaza que se está adicionando al proceso. Este transmisor de caudal en combinación con el (FT-361) tienen la función de regular de forma automática el agua necesaria para hacer la pre-dilución inicial, que debe alcanzar un Brix de aproximadamente 40 grados antes de su pasteurización.

La miel se mezcla con el agua previamente tratada, para evitar incrustaciones debido a las sales que presenta el agua cruda o bruta como también se conoce que proviene de los pozos, esto es regulado por

medio de la válvula (V-361) en el (mezclador o disolutor primario) MX-300 una vez regulado el caudal necesario.

La miel pre-diluida a 40⁰Brix entra al filtro rotatorio(F-303), al cual se alimenta agua tratada con el objetivo de lograr una mejor filtración, donde se eliminan las impurezas sólidas que trae la miel las cuales perjudican la calidad del mosto y por consiguiente la calidad en la fermentación y la obtención del producto final.

Este mosto a temperatura de 80 a 90 grados y acidez de (1,5 – 2 g/l) se hace pasar al depósito (D-302) al cual se alimenta ácido sulfúrico mediante la bomba (P-341), para obtener un pH entre (3,9 - 4) intervalo deseado para el crecimiento de la levadura en las cubas madres.

De aquí una parte de la miel previamente diluida pasa al eyector (E-310) impulsado por la bomba (P-317) al que se alimenta vapor directo mediante la válvula (VA-322)para esterilizar (eliminar el número de células no deseables o al menos lograr que sea el menor posible), posteriormente pasa al depósito (D-301) de aquí es impulsado por la bomba (P-315) al intercambiador de calor (E-314) con el objetivo de enfriar el mosto a una temperatura de 35 ⁰C, al cual se le alimenta agua fría procedente del área de torres de enfriamiento como medio de intercambio de calor de este sale agua caliente y el mosto a menor temperatura pasa al mezclador (MX- 318) este flujo es controlado mediante el flujómetro (FT-340) a este mezclador además, se alimenta agua tratada regulado por el flujómetro (FT-321) válvula (VA-321), el mosto sale con (16 ⁰Brix), el Brix depende de la marcha de fermentación el cual se alimenta a las cubas madre este flujo es controlado por el flujómetro(FT-340).

Por otra parte, el mosto que salió del (D-302) que no fue alimentado al (D-301) pasa al mezclador (MX -316) a este se alimenta agua tratada para lograr la dilución de la miel y con esta disminuir el Brix válvula (VA-320) de donde sale con 22 ⁰Brix y se alimenta a las cubas hijas o fermentadores controlado el flujo por el flujómetro (FT-340).

El funcionamiento de los mezcladores consiste en alimentar en la tubería dentro de ella la miel o el mosto por la parte de abajo y el agua por encima para así lograr una dilución correcta de la miel porque de ser lo contrario la miel no se diluye.

Proceso de fermentación

El mosto a 16 ⁰Brix entra al depósito (D-400) donde es preparada la cuba madre, esta es airada con el soplante (S-401), pasado el tiempo máximo de reposo de este proceso el cual es enfriado para mantener la temperatura cerca de los 35 ⁰C según convenga por el (E-430) es bombeado este mosto al (D-402).

La entrada del mosto es regulada por la válvula (V-413) al 20 % de su totalidad en el depósito (D-402) donde después de estar su densidad baja debido a la fermentación se añade el mosto de 22 ⁰Brix por la

(V-415) a un 30 – 40 % de su totalidad donde continúa la fermentación pero con nueva alimentación, este procedimiento es enfriado por el (E-431), donde es bombeado por la (P-402) la que circula el vino por el (E-431) según lo indiquen los controles de temperaturas, en el mismo momento se abrirá la (V-404) de salida de CO₂ según lo requiera, y transcurrido un tiempo se completa el volumen de trabajo del fermentador.

Durante el tiempo que se está efectuando la fermentación en el (D-402), se le suministrara mosto de 16 °Brix al depósito (D-408) de la misma manera que el anterior, y así sucesivamente se va realizando el procedimiento para los 10 fermentadores instalados en la planta, este proceso semicontinuo en la sala de fermentación, (con un ciclo de fermentación entre las 35 a 40 horas) garantiza que siempre existirán fermentadores muertos en espera para ser destilados para no ocasionar paradas en la fábrica, ya que en general la misma opera a régimen continuo.

El mosto fermentado o vino de los fermentadores ya muertos y que han tenido un reposo de 1 a 2 horas es bombeado a la etapa de destilación de inmediato. Los fondajes de los fermentadores se unen a la corriente de vinazas que se envía a la fábrica de Levadura.

Proceso de destilación.

La materia prima vino (entre 6 y 7 % Alcohol), penetra en el calienta vino (E-525) con una temperatura de 35 °C, donde se aumenta su temperatura hasta 70 °C aproximadamente, a fin de disminuir la cantidad de vapor necesario en la columna destrozadora (C-510).

Una vez el vino caliente a su caudal medido y regulado penetra en la columna (C-510). Esta es una columna de agotamiento (columna destiladora o destrozadora) simple con desgasificación.

Con el fin de disminuir los peligros de incrustación y de poder funcionar en doble efecto, esta columna se mantiene bajo vacío, esto representa varias ventajas, entre ellas, como ya se ha dicho, la de disminuir los peligros de incrustación por precipitación de sales de calcio, ya que la temperatura promedio de la columna está por debajo de la temperatura de precipitación de dichas sales, y también la de permitir funcionar en doble efecto, es decir, de que los vapores de la columna (C-540) al condensarse en un ebullición y por último, mejorar considerablemente la extracción de gases disueltos en el vino, tales como CO₂. Las vinazas salen por el pie de (C-510) a través del sello hidráulico (B-512).

El alcohol integral o centro pasa bajo forma de vapor a la columna (C-520) o de alto grado. En esta columna se concentra el alcohol sobre 85 %, antes de pasar a la (C-536).

Los vapores producidos en esta columna se condensan en el conjunto (E-525) A/B, (E-526) y (E-528), siendo como ya se ha dicho (E-525) el calienta vino. Los condensados se dividen en dos: una parte representa el reflujo y la otra el alcohol centro. Este alcohol centro se lleva a donde se efectúa una

depuración del alcohol por medio de un lavado con agua y vapor, con el fin de eliminar las impurezas volátiles a baja concentración alcohólica, aprox. de 15 a 20 % alcohólico o grados.

La columna (C-536) está compuesta por dos columnas, a saber: Los primeros platos constituyen la columna de hidroselección propiamente dicha, seguida de un decantador en caliente de aceites de fusel; los platos superiores constituyen la columna de cabezas.

Los vapores alcohólicos producidos por la columna (C-536) se condensan en (E-550) y (E-552). Los condensados producidos se dividen en dos partes que constituyen el reflujo y las cabezas recíprocamente.

El alcohol centro sale por el pie de la columna (C-536) a una concentración de 15/20 grados. Esta concentración alcohólica se obtiene mediante un abundante riego proveniente de las colas de la rectificadora (C-540).

El primer condensador de esta columna, (E-536) es a la vez ebullidor de la columna desmetilizadora (C-550), aprovechándose así las calorías para destilar el metanol de forma similar al conjunto (C-510 / C-540).

El alcohol centro llega a la rectificadora (C-540) impulsado por la bomba (P-531), donde se concentra hasta 96,3^o. Este alcohol centro se extrae lateralmente de unos platos por debajo de la cabeza de esta columna.

Los vapores alcohólicos producidos por esta columna se condensan en el grupo (E-510, E-511) (siendo E-510 el ebullidor de C-510).

Los condensadores se dividen en dos, constituyendo el reflujo y las cabezas o primas respectivamente. El alcohol centro sale de dos platos por debajo de la cabeza y pasa a la columna desmetilizadora (C-550).

La columna funciona a doble efecto de la siguiente manera:

- La columna rectificadora, (C-540), está a presión en la cabeza y sus vapores al condensarse calientan la columna (C-510), destrozadora, que está al vacío.
- La columna (C-520), o concentradora, funciona bajo vacío.
- La columna (C-536), hidroseladora, funciona a presión atmosférica y caliente a la columna desmetilizadora (C-550).
- La columna (C-550), desmetilizadora, funciona a vacío también.

2.3.3. Sistemas auxiliares.

Sistema de tratamiento de agua.

La presente sección consta de los equipos necesarios para tratar el agua con destino a calderas de vapor, torre de refrigeración y proceso.

Sistema de refrigeración.

El sistema de refrigeración tiene como misión el enfriamiento del agua que se utiliza en el proceso como medio de enfriamiento en los intercambiadores de calor del área de fermentación además de los utilizados en el área de destilación.

Sistema de generación de vapor.

El sistema tiene como misión productiva la generación de 20 t/h de vapor destinada a diferentes áreas del proceso.

2.3.4. Parámetros de operación.

- Temperatura: la temperatura óptima para el desarrollo de la levadura es alrededor de los 30 °C.
- Reacción del medio o pH: el pH óptimo para las levaduras es 4,8, el pH del medio con el objetivo de aminorar el desarrollo de otro microorganismo, el pH se encuentra entre 3,8 – 4,3 aunque la levadura puede soportar durante un corto período de tiempo un pH tan bajo como 1,8.
- Alimentos: el medio de cultivo ha de tener hidratos de carbono, sustancias nitrogenadas, sales minerales y sustancias denominadas bios o factores de crecimiento.
- Aire: En ausencia de O₂ el crecimiento y la multiplicación de la levadura son lentos y con el propósito de acelerarla es necesario suministrarle O₂ mediante la inyección de aire.

2.4. Metodología para la evaluación de Producciones más Limpias.

A partir de los estudios documentales se decide aplicar la metodología descrita por el ONUDI/PNUMA (Organización De Las Naciones Unidas Para El Desarrollo Industrial, 1999) para realizar una evaluación ambiental utilizando herramientas de Producciones más Limpias en el proceso de elaboración de alcoholes finos a partir de la miel B de caña de azúcar, para lo cual se adoptó dicha metodología a las condiciones del objeto de estudio. La misma consta de cuatro etapas fundamentales tal y como se aprecia en la siguiente figura 2.4.



Figura 2.4. Etapas para la Implementación de P+L. **Fuente.** (Elaboración propia).

2.4.1. Planeación y organización.

En esta etapa se establecen las tareas indispensables para la implementación exitosa de una Evaluación de Producciones más Limpias y se realizan las siguientes tareas:

- **Obtener el compromiso de la gerencia y de todo el personal de la empresa.**

Tener el compromiso de la administración es esencial para el éxito de los proyectos de Producciones más Limpias, pues esto requiere de un compromiso sostenido en el tiempo para la localización y eliminación de desperdicios. La dirección de una empresa tiene que preparar el escenario para la Evaluación de Producciones más Limpias de modo que se asegure la cooperación y participación de los miembros del personal. De este modo el compromiso de la dirección superior implica dirigir la formación de un equipo para la Evaluación de Producciones más Limpia, hacer disponibles los recursos requeridos y acatar los resultados de la Evaluación de Producción más Limpia.

- **Organizar el equipo de proyecto de Producciones más Limpias.**

Se debe integrar un equipo responsable del mismo, que incluya a empleados clave de las distintas áreas de la empresa, con un alto nivel de compromiso, experiencia y competencia. El equipo será el responsable de la coordinación del Programa de Producciones más Limpias, de su implementación y del seguimiento de las medidas adoptadas. Se recomienda que en este equipo estén representados los siguientes departamentos: legal, financiero, ingeniería de proceso, producción, control de la calidad, mantenimiento, investigación y desarrollo, ventas, compras y almacenamiento, seguridad e higiene.

Se designa un representante o coordinador del equipo de Producciones más Limpias, que tenga la jerarquía y la autoridad necesarias para garantizar la implementación del programa e informará permanentemente a la gerencia sobre el avance del proceso.

- **Identificar obstáculos y soluciones para el programa de Producciones más Limpias.**

Al momento de establecer las metas del programa, se debe indicar los posibles obstáculos en el proceso y proponer soluciones. En esta actividad es de suma importancia la participación activa del personal clave, conocedor de las interioridades de sus respectivas áreas de trabajo.

- **Decidir el enfoque de la evaluación de Producciones más Limpias.**

La decisión el enfoque de la Evaluación de Producciones más Limpias concierne a los decisores involucrados. El alcance establece si se va a incluir la planta entera o limitar la Evaluación de Producciones más Limpias a ciertas unidades, secciones o departamentos. El énfasis establece lo referido a los materiales; por ejemplo, el agua, energía o químicos.

2.4.2. Evaluación en planta.

Las actividades a realizar por el equipo de las Producciones más Limpias en esta etapa son:

- **Colectar y preparar la información básica.**

Se recolecta información y datos sobre la empresa, su ubicación, locales, operaciones y procesos que desarrolla. Se identifican las principales entradas y productos, así como las salidas de desperdicios mediante registros y mediciones de materias primas, consumos de agua y energía.

- **Realizar la exploración y el recorrido en planta.**

Al organizar el recorrido por la fábrica, se debe considerar la participación del jefe de planta y del jefe de mantenimiento, el equipo evaluador de Producciones más Limpias, no debe llevarse a cabo un reconocimiento de planta cuando la misma no esté funcionando. Este equipo deberá realizar un recorrido coherente con el ordenamiento del proceso productivo, es decir que se deberá iniciar con la recepción de materias primas e insumos auxiliares y finalizar con la entrega del producto. Al realizar el recorrido por la empresa el equipo debe tener claridad sobre los aspectos a evaluar y los datos a recopilar. Se recomienda elaborar un cuestionario que facilite la evaluación de los procesos.

Mediante entrevistas, inspección visual, análisis de los registros del proceso y la instrumentación centralizada y local que pueda existir se realiza una confrontación de los datos obtenidos del archivo con la realidad del proceso y se verifican las condiciones de operación, mantenimiento y limpieza de las instalaciones. Se debe contar también con toda la documentación requerida como, por ejemplo: facturas de consumo de energía, consumo de agua, compra de materiales, controles de inventario, etc., así como realizar mediciones in situ de aspectos de relevancia. En esta etapa se define el inventario de malas prácticas y problemas ambientales encontrados.

- **Evaluación y selección de los problemas ambientales detectados por criterio de expertos.**

Para la selección de los problemas ambientales de la empresa objeto de estudio se propone la siguiente metodología que plantea tres etapas, cada una con un objetivo específico, sus pasos y las técnicas a

utilizar para desarrollarla. Como se presenta en la tabla 2.2, para obtener la información se aplicarán simultáneamente y de manera combinada las técnicas referenciadas a los trabajadores seleccionados de manera aleatoria (Lobelles Sardiñas, 2011).

Etapa I. Identificación.

Esta etapa tiene como objetivo la creación del equipo de trabajo, su preparación para obtener toda la información necesaria para la ejecución de la investigación y cumplir adecuadamente con los objetivos previstos. La base del trabajo está en dividir el proceso en actividades y a partir de ahí buscar las insuficiencias y eliminar las que no agregan valor al proceso.

La capacitación está dirigida en lo fundamental a la aplicación correcta de las técnicas de búsqueda y análisis de información, y la búsqueda de soluciones.

El proceso de instrucción se desarrolla de manera individual con cada trabajador, con una explicación detallada de los objetivos que se persiguen con el trabajo y se aclaran todas las dudas que se presenten prestando especial atención al empleo de las herramientas seleccionadas.

Tabla 2.2. Etapas, pasos y técnicas de la metodología propuesta.

Etapas	Pasos	Técnicas
I. Identificación	1.1 Creación y Preparación del equipo de trabajo 1.2 División del proceso en actividades 1.3 Aplicación de las técnicas de búsqueda de información.	1. Tormenta o lluvia de ideas. 2. Observación 3. Entrevista 4. Trabajo de grupo 5. Revisión documental
II. Procesamiento y Análisis de la información	2.1 Trabajo en equipo de los trabajadores, investigadores seleccionados. 2.2. Detectar problemas y causas	1. Análisis documental 2. Diagrama causa-efecto 3. Diagrama de Pareto. 4. Diagrama Consumo Vs Producción 5. Gráfico de Tendencia y de Correlación
III. Presentación de informe y toma de decisiones	3.1 Presentación del informe y propuestas de alternativas de mejora.	1. Trabajo de grupo 2. Selección Ponderada

Fuente: (Lobelles Sardiñas, 2011).

A continuación, se relacionan las técnicas utilizadas: (Sobrepera, 2007)

1. Tormenta o lluvias de ideas (Brainstorming). Esta técnica puede ser aplicada en tres formas diferentes, a saber: no estructurada; estructurada y silenciosa. Para este estudio se aplicó la lluvia de ideas no estructurada, propuesta por Alex Osborne.

2. La Observación. Como técnica de investigación, tiene amplia aceptación científica; se utiliza con el fin de estudiar a las personas y los procesos. Su propósito es múltiple: permite determinar qué se está

haciendo, cómo se está haciendo, quién lo hace, cuándo se lleva a cabo, cuánto tiempo toma, dónde se hace y por qué se hace.

3. Entrevista. La entrevista se utiliza para recabar información en forma verbal, a través de preguntas que propone el analista. Dentro de una organización, la entrevista es la técnica más significativa y productiva de que dispone el analista para recabar datos. En otras palabras, la entrevista es un intercambio de información que se efectúa cara a cara. Es un canal de comunicación entre el analista y la organización; sirve para obtener información acerca de las necesidades y la manera de satisfacerlas, así como consejo y comprensión por parte del usuario para toda idea o método nuevo.

Etapa II. Procesamiento y análisis de la información.

El objetivo de la etapa es el análisis de toda la información recopilada de manera tal que se puedan detectar las causas fundamentales que provocan el desvío de los indicadores del proceso, apoyado en las técnicas previstas. En esta metodología se propone las siguientes herramientas generales y algunas herramientas específicas.

Como herramientas generales para el desarrollo del diagnóstico se presentan:

a) Selección de expertos. Método Delphi.

Para este análisis se utiliza la metodología elaborada por el Comité Estatal para la Ciencia y la Técnica de Rusia, elaborado en 1971, para la determinación de la competencia de los expertos, el cual puede componerse en 9 pasos:

1. Confeccionar un listado inicial de personas posibles de cumplir los requisitos para ser expertos en la materia a trabajar previamente consultada su disposición para participar. Se entrevistaron un total de 12 expertos.

2. Realizar una valoración sobre el nivel de experiencia que poseen, evaluando de esta forma los niveles de conocimientos que poseen sobre la materia. Se les realiza una primera encuesta para una autoevaluación de los niveles de información y argumentación que tienen sobre el tema en cuestión.

(Anexo I)

3. Calcular el Coeficiente de Conocimiento o Información (K_C), a través de la siguiente fórmula:

$$K_C = n(0,1) \quad (\text{Ec. 2.1})$$

Donde:

K_C : Coeficiente de Conocimiento o Información.

n: Rango seleccionado por el experto.

4. Se realiza una segunda encuesta que permite valorar un grupo de aspectos que influyen sobre el nivel de argumentación o fundamentación del tema a estudiar.

5. Se determinan los aspectos de mayor influencia y partir de estos valores reflejados por cada experto en la tabla se contrastan con los valores de una tabla patrón mostrada en la tabla 2.3.

Tabla 2.3. Tabla Patrón. Escala para la determinación del coeficiente de argumentación.

No.	Fuentes de argumentación	Grado de influencia de cada una de las fuentes de argumentación		
		Alto	Medio	Bajo
1	Análisis realizados por usted	0,3	0,2	0,1
2	Experiencia adquirida	0,5	0,4	0,2
3	Trabajos de autores nacionales que conoce	0,05	0,05	0,05
4	Trabajo de autores internacionales que conoce	0,05	0,05	0,05
5	Conocimiento propio sobre el estado del tema	0,05	0,05	0,05
6	Su intuición	0,05	0,05	0,05

6. Los aspectos que influyen sobre el nivel de argumentación o fundamentación del tema a estudiar permiten calcular el Coeficiente de Argumentación (Ka) de cada experto:

$$Ka = \sum ni = (n1 + n2 + n3 + n4 + n5 + n6) \quad (\text{Ec. 2.2})$$

Donde:

Ka : Coeficiente de Argumentación.

ni : Valor correspondiente a la fuente de argumentación i (1 hasta 6).

7. Una vez obtenido los valores del Coeficiente de Conocimiento (Kc) y el Coeficiente de Argumentación (Ka) se procede a obtener el valor del Coeficiente de Competencia (K) que finalmente es el coeficiente que determina en realidad que experto se toma en consideración para trabajar en esta investigación. Este coeficiente (K) se calcula de la siguiente forma:

$$K = 12 (Kc + Ka) \quad (\text{Ec. 2.3})$$

Donde:

K : Coeficiente de Competencia.

Kc : Coeficiente de Conocimiento.

Ka : Coeficiente de Argumentación.

Posteriormente se analizan los resultados, determinando la competencia del candidato, la cual se estima en alta si $K \geq 0,8$, media si $0,5 \leq K < 0,8$ y baja si $K < 0,5$.

El investigador debe utilizar para su consulta a expertos de competencia alta, no obstante, puede valorar si utiliza expertos de competencia media en caso de que el coeficiente de competencia

promedio de todos los posibles expertos sean alto, pero nunca se utilizará expertos de competencia baja (Hurtado, 2012).

8. Cálculo de expertos (Cortés & Iglesias, 2004).

$$M = \frac{p*(1-p)*k}{i^2} \quad (\text{Ec. 2.4})$$

Donde:

M. Número de expertos.

p. Proporción estimada del error.

i. Nivel de precisión alcanzado, se recomienda entre 0,14 y 0,5.

k. Constante que depende del nivel de confianza (1-α) seleccionado (Tabla 2.4).

Tabla 2.4. Valores de K

1 - α	K
99 %	6, 6564
95 %	3, 8416
90 %	2, 6896

9. Una vez seleccionado los expertos se les envía una carta a todos, invitándolos a participar en el peritaje. En ella se le explicará el objetivo de la realización de la encuesta, el plazo y orden de ejecución, así como, el volumen total del trabajo. Además, se le informará su inclusión en el peritaje y las instrucciones necesarias para contestar las preguntas.

b) Diagrama causa – efecto o diagrama de Ishikawa.

Esta herramienta representa, de una forma ordenada, todos los factores causales que pueden originar un efecto específico. Deben realizarse los cinco pasos requeridos para el análisis:

1. Definir el efecto. Este debe ser claro, preciso y medible.
2. Identificar las causas. Mediante una lluvia de ideas con el personal que puede aportarlas.
3. Definir las principales familias de causas. Agrupar las causas y subcausas.
4. Trazar el diagrama. Se traza la línea central y las que representan las causas principales.
5. Seleccionar la causa. Concluido el diagrama se obtienen todas las posibles causas y mediante una selección ponderada se determinan las de mayor importancia.

Una vez detectadas las causas que provocan el excesivo consumo de agua y las elevadas emisiones de agua residual sulfurosa, se procede a la determinación de la causa fundamental que genera dicha ineficiencia y, sobre esa base, se podrán generar varias alternativas de solución que contribuyan a un mejor funcionamiento del proceso.

- Diagrama de Pareto. Esta herramienta se selecciona porque permite observar de forma muy clara donde se encuentran las potencialidades de mayor eficiencia y predice o determina la efectividad de una mejora. Está basado en el principio de los pocos vitales y muchos útiles, o sea que permitirá conocer cuál es el 20 % de las causas que producen el 80 % o más de los efectos. Esta herramienta permitirá conocer los mayores consumidores de agua, las mayores pérdidas o los mayores costos de este recurso.
- Diagrama de consumo vs producción. Diagrama de Dispersión. Gráfico de control de parámetros. Estas herramientas permiten analizar el comportamiento del consumo de agua respecto a la producción de alcohol en el tiempo; permiten determinar si el parámetro está controlado o no; permiten determinar la tendencia de ambos parámetros y su correlación. Los gráficos de tendencia y de correlación pueden acercar el análisis a las condiciones reales de operación de la fábrica.

Herramientas específicas:

- Balance de agua en la instalación: Esta herramienta es fundamental para hacer el diagnóstico, compatibilización, contabilización y análisis de datos. Ya que suministra los datos de consumo de agua por sección o si es necesario por equipo, no está de más decir que es de vital importancia tener tantos medidores como sea necesario, y aún más, tenerlos en los lugares correctos (Bastida López E. 2007).

Etapa III. Presentación de informe y toma de decisiones.

En esta etapa, una vez detectadas las causas que provocan el excesivo consumo de agua, mediante la técnica de votación ponderada se procede a la determinación de la causa fundamental que genera dicha ineficiencia y sobre ella se podrán generar varias alternativas de solución que puedan contribuir a la mejora del funcionamiento del proceso.

El objetivo de esta etapa es permitir que el equipo tome las decisiones que tributen de forma más directa a minimizar el consumo de agua, o sea mejorar el proceso del agua y para esto se hará un análisis de las diferentes propuestas de posibles ahorros, tomando como base fundamental los conocimientos y experiencias de operadores y especialistas, siempre teniendo en cuenta la filosofía del mejoramiento continuo.

Selección Ponderada (Multivoting): la Selección Ponderada es una herramienta utilizada para la toma de decisión en base a factores cualitativos o a múltiples factores no homogéneos que intervienen en un suceso.

• Confeccionar diagramas de flujo de proceso.

Los diagramas de flujo son la representación del proceso de transformación de las materias primas en productos, en el cual se identifican las distintas etapas ocurridas en el proceso.

Para construir un diagrama de flujo de proceso, es mejor para el equipo de las Producciones más Limpias empezar listando las operaciones unitarias importantes. Luego, cada una de las operaciones unitarias puede mostrarse en un diagrama de bloque que indica detalladamente los pasos con las entradas y salidas relevantes. Conectando los bloques individuales de las operaciones unitarias se hace el diagrama.

- **Confeccionar los Diagramas cualitativos de entrada y salida.**

Identificadas todas las unidades de proceso, el próximo paso es identificar las entradas y salidas de materiales y energía en cada unidad de proceso, así como, donde se generan los desperdicios. En la figura 2.5 se muestra una representación esquematizada del diagrama de entradas y salidas.



Figura 2.5. Esquema de diagrama de entrada y salida. **Fuente.** Elaboración propia.

- **Ejecutar el balance preliminar de materiales y energía.**

En este aspecto realizamos un estudio detallado que no es más que la recopilación, validación y evaluación sistemática del proceso, el mismo se fundamenta en los datos e información sobre los principales problemas detectados por el criterio de experto en la evaluación de planta, los datos obtenidos se colectan para completar los balances de masa de las entradas y salidas seleccionadas. Comprende las siguientes tareas:

- **Balances detallados de Masa a las operaciones críticas.**

Se seleccionan a partir de los resultados del balance preliminar realizado, las operaciones críticas y se efectúa el balance de materiales para identificar datos faltantes o inexactos. El cálculo del balance de masa es probablemente la más poderosa de las herramientas para la validación de los datos, los cuales pueden ser usados para completar los diagramas de entrada / salida, donde los datos cuantitativos se aplican a estos diagramas para hacer un estimado del consumo y los desperdicio por unidad de proceso.

- **Identificar las causas de los problemas ambientales y Generar opciones de Producciones más Limpias.**

El equipo de Evaluación de Producciones más Limpias debe empezar a generar opciones. Esto será posible mediante lo que se conoce como un diagnóstico de la causa, por lo que el equipo debe concentrarse en separar las causas más importantes. Para establecer prioridades en la ejecución de las oportunidades se tendrán en cuenta los límites legales establecidos en las emisiones de todo tipo, los riesgos potenciales, las cantidades de residuos que se originan, el potencial de recuperación, los costos

de tratamiento o disposición de los residuos, los recursos disponibles y los efectos financieros y ambientales. Durante los pasos anteriores se habrán ido identificando diversas opciones de Producciones más Limpias. Algunas de las opciones identificadas serán de aplicación obvia desde el primer momento, en especial las que solo implican cambios de gestión, mientras otras se podrán descartar inmediatamente. Otro grupo de opciones requiere de un análisis técnico y económico más profundo antes de determinar lo apropiado de su ejecución.

2.4.4. Estudio de factibilidad.

El equipo puede emprender ahora un chequeo detallado de las opciones en la categoría que se requiera para determinar cuáles de las opciones son técnicamente factibles. Las actividades a realizar en esta etapa son:

- **Evaluación técnica de las diferentes opciones.**

Para cada medida de Producciones más Limpias seleccionada durante el trabajo en planta, se debe determinar el tipo de evaluación (técnica, ambiental, y/o económica) necesaria para tomar una decisión sobre su viabilidad, y la profundidad con la que se realizarán las evaluaciones consideradas necesarias. En la evaluación técnica debe considerarse el impacto que tendrán esas opciones en las tasas de producción, tiempos de operación, adición o eliminación de operaciones unitarias, capacitación adicional y/o cambio de personal. Las actividades a desarrollarse son:

- Detallar los cambios técnicos necesarios para implementar cada medida de Producciones más Limpias.
- Determinar la factibilidad técnica de implementar los cambios requeridos por cada medida de Producciones más Limpias.

La factibilidad técnica de los cambios se determina en términos de viabilidad de los fenómenos involucrados en las operaciones unitarias; la disponibilidad o accesibilidad a tecnología, materias primas e insumos, espacio físico, logística, servicios, etc. y las condicionantes que impedirían o limitarían la viabilidad técnica del cambio propuesto.

- **Evaluación ambiental de las diferentes opciones.**

La evaluación ambiental está destinada a cuantificar el grado de reducción en la generación de emisiones, residuos, consumo de energía, consumo de materia prima etc. Como criterio de selección debe darse mayor peso a aquellas opciones cuya implantación, signifique una reducción de alta escala.

- **Evaluación económica de las diferentes opciones.**

La evaluación económica tiene la finalidad de determinar si las opciones a implantar son rentables para la empresa. Existen varios tipos de conceptos financieros que pueden ser utilizados para evaluar la

factibilidad económica de una medida de Producción más Limpia.

- Los conceptos de período de recuperación de la inversión y rentabilidad de la inversión son utilizados para realizar evaluaciones económicas rápidas y sencillas.
- Los conceptos de valor actual y valor futuro, flujo de caja, valor actual neto (VAN), y tasa interna de retorno (TIR).
- **Seleccionar opciones de P+L factibles de aplicar.**

La etapa final de la evaluación es la decisión sobre cuál de las opciones debe incluirse en el plan de mejoras de la empresa. Al momento de seleccionar las medidas a implementar, se debe analizar la relación costo beneficio de la inversión, así como el período de retorno de las acciones. Teniendo en cuenta que las Producciones más Limpias es un proceso de mejora continua las recomendaciones no son estáticas y dependerán de las condiciones de cada empresa que decidirá cuales implementar en función de los beneficios económicos, del ahorro de recursos o de la prevención de problemas ambientales.

2.4.5. Fase de implementación.

La implementación de Producciones más Limpias es la aplicación de una serie de pasos ordenados que conducen a una mejora continua, es la fase de ejecución en la que se concretan las recomendaciones establecidas mediante la asignación de recursos económicos, tecnológicos y humanos.

- **Preparar un plan de acción de P+L.**

La implementación de acciones, debe ser precedida del diseño de un plan de control y seguimiento, por razones económicas, o de otro tipo, no todas las opciones halladas pueden tener una inmediata realización. Aquellas que no son prioritarias o no ejecutables inmediatamente pasan a formar parte del programa de Producciones más Limpias, dentro de cual se determinará el momento oportuno para su ejecución. El equipo de las Producciones más Limpias debe dar la primera prioridad a aquellas opciones que sean de bajos costos, fáciles de llevar a cabo y que sean un requisito previo para la aplicación de otras opciones, seguidas de otras más complejas o que requieran inversión, laboratorio, pruebas piloto o interrupciones en los horarios de producción.

Capítulo 3. Análisis de los resultados.

3.1. Evaluación Ambiental de la Producción de Alcohol en Alficsa Plus SA utilizando una metodología de Producciones más Limpias.

Un proceso puede ser definido como un conjunto de actividades interrelacionadas entre sí que, a partir de una o varias entradas de materiales o información, dan lugar a una o varias salidas también de materiales o información con valor añadido. El mejoramiento de un proceso se realiza con el propósito de incidir de manera significativa en la reorientación y/o mejora del mismo, hacia un mejor y más eficiente esquema de trabajo con resultados trascendentes que permitan iniciar un cambio en la forma de administrar los recursos.

La entidad objeto de estudio define el consumo de agua como uno de sus procesos logísticos, en tal sentido se realizó una evaluación ambiental de la misma, aplicando las herramientas descritas en la metodología de P+L, lográndose que el resto de los procesos sean estables teniendo en cuenta la calidad de sus producciones, estabilidad en el equipamiento y por consiguiente ahorro de agua, energía y materias prima, dependiendo de su buen desempeño y eficiencia. Se efectúa un reconocimiento de las distintas etapas del proceso, identificando los puntos críticos en el manejo de este indicador, así como la generación de residuos y sus efectos ambientales y económicos, determinándose las oportunidades de mejora

En esta investigación se aplicó la metodología de Producción más Limpia la cual consiste en las siguientes fases:

3.1.1. Planeación y organización.

En esta etapa se establecen las tareas indispensables para la implementación de una Evaluación de Producciones más Limpias y se realizan las siguientes tareas:

Obtener el compromiso de la gerencia y de todo el personal de la empresa.

En reunión efectuada con el Consejo de Dirección de la Destilería Alficsa Plus S.A. con la participación de técnicos y especialistas de las diferentes áreas de trabajo, se analizó el banco de problemas que afectan el buen desempeño de los procesos productivos en relación a los impactos ambientales que genera la fábrica y su influencia en los ecosistemas aledaños a la entidad. A partir de la discusión con estos factores se determina la necesidad de realizar un estudio de los procesos con el objetivo de amortiguar o minimizar las afectaciones existentes, lograr disminuir los consumos de agua, así como la carga contaminante emitida al medio ambiente. Obteniendo el compromiso de la dirección de la Empresa, en apoyar con recursos y personal técnico, creando un equipo de Producciones más Limpias, definiéndose un plan de trabajo para la ejecución de las tareas.

Organizar el equipo de Proyecto de Producciones más Limpias.

La evaluación de P+L es un trabajo de equipo, organizado, dirigido y apoyado por la dirección general de la Empresa Destilería Alficsa Plus S.A, también participan algunas instituciones que están involucradas o afectadas por la actividad de la industria, los clientes o consumidores y la comunidad. El equipo está integrado por 5 miembros con conocimientos, experiencias y las competencias necesarias, para realizar un análisis de las prácticas de producciones actuales, y posee la creatividad para explorar, desarrollar y de ser necesario hacer modificaciones, además de evaluar los obstáculos existentes en el proceso, enfrentarlos, valorarlos y determinar los métodos a seguir.

Identificar obstáculos y soluciones para el Programa de Producciones más Limpias.

El equipo estableció las metas del programa para la evaluación, relacionando los obstáculos existentes en el proceso objeto de estudio que impiden el desarrollo de la evaluación:

- Poco conocimiento sobre P+L del equipo de trabajo y personal general de la fábrica.
- Insuficiente educación ambiental de los trabajadores.
- Falta de recursos materiales e incumplimiento del plan de mantenimiento.
- Deficiente funcionamiento de la Planta de Residuales.
- Exceso de carga contaminante en los residuales líquidos.

Como parte del programa se propusieron posibles soluciones a realizar por el equipo evaluador.

1. Capacitación al equipo y personal sobre P+L.
2. Brindar información sobre los problemas ambientales existentes a directivos y trabajadores, así como capacitar a estos a través de un programa de educación y cultura ambiental.
3. Cumplir el plan de mantenimiento y reparaciones, no efectuar estos solo por roturas y mejorar la gestión de los recursos materiales.
4. Caracterizar sistemáticamente los residuales de la planta.

Decidir el enfoque de la Evaluación de Producciones más Limpias.

El alcance del trabajo incluye el proceso de producción de alcohol perteneciente a la Destilería Alficsa Plus S.A. El énfasis del mismo estuvo dado en reducir el consumo de agua que se utiliza en el proceso, disminuyendo los residuos líquidos que se generan y encontrar posibilidades de reúso de ellos.

3.1.2. Evaluación en planta.

En esta etapa se realizó una búsqueda y recolección de datos e información existente de los procesos y operaciones que se desarrollan en la fábrica objeto de estudio, y se identificaron las entradas, salidas y las corrientes de residuos con posibilidades de ser reducidas o eliminadas. A continuación, se relacionan las tareas realizadas:

Colectar y preparar la información básica.

En la elaboración del alcohol se desarrollan varias etapas que son preparación del mosto, fermentación, destilación y un proceso auxiliar que comprende los sistemas de tratamiento de agua, de refrigeración y generación de vapor.

En estas etapas se utiliza la miel B como materia prima fundamental, ácido sulfúrico, urea, bifloruro y antiespumante como materiales auxiliares, así como agua tratada y electricidad, siendo el producto terminado el alcohol, por lo que se generan desperdicios como la vinaza la cual es enviada a la Fábrica de Levadura Torula.

Consumo de materias primas, agua y energía.

En la recolección de la información se toman las entradas de miel B y agua al proceso productivo tomando como referencia el año 2022 para el estudio, en la tabla 3.1 se desglosan los datos.

Tabla 3.1. Comportamiento del consumo de materias primas en la producción de Alcohol.

Materia Prima	Consumo Plan 2022	Real 2022
Miel B (t)	90 000	69 687,22
Agua m ³	1 444 452,61	1 220 120

Fuente. Elaboración propia. Consumo anual de la Destilería Alficsa Plus S.A. Año 2022.

Como se puede observar en la tabla el plan previsto de miel B se cumplió al 77,4 % en el año analizado, por otra parte, el plan de consumo de agua se cumplió al 84,4 % por lo que se detectó un consumo de este portador por encima de lo previsto, aun cuando ambos planes no se cumplieron y el consumo de energía eléctrica es de 109,15 MW, este portador no es relevante ya que cuando la fábrica está en producción genera su propia electricidad.

Salida del proceso productivo.

Materias Primas. Para la producción de alcohol, se utiliza la miel B como materia prima principal de este proceso. En el año 2022 se consumieron 69 687,22 t.

Agua. Este recurso se consume en las diferentes etapas del proceso productivo, y en áreas no productivas de la empresa, la misma va hacia los residuales o es derramada como, por ejemplo, en la etapa de preparación del mosto se utiliza el agua tratada la cual no se recupera causando disminución de la sostenibilidad en el proceso.

Salidas de desperdicios.

En el proceso de producción de alcohol, el desecho líquido que se obtiene en la etapa de fermentación es la *saccharomyce* con un flujo de 30 m³/día. Por su parte en la etapa de destilación se obtiene como

desecho líquido las vinazas con un flujo de 312 m³/día y como desecho gaseoso de esta etapa se tiene el CO₂ el cual se obtiene con un flujo de 20 t/día. Mientas en la caldera se quema el alcohol de mal gusto obtenido como desecho líquido de la etapa de destilación con un consumo de 1,2 m³/día.

Exploración y el recorrido en planta.

Al realizarse un recorrido se visitó el almacén de materias primas, la planta de Producción de Alcohol, el laboratorio, y el departamento económico obteniéndose la información básica del proceso, las malas prácticas encontradas fueron identificadas mediante una simple inspección visual, a continuación, se resumen las principales deficiencias:

1. No existe criterio de uso y reúso del agua en la empresa.
2. Insuficiente existencia de medios de medición y control.
3. Insuficiente capacitación del personal que trabaja con el recurso agua.
4. Sistema de mantenimiento preventivo del proceso poco efectivo.
5. No están bien definidos los indicadores de eficiencia y eficacia del uso del agua.
6. La organización no posee una estrategia encaminada al control del recurso agua.
7. No existen estrategias para la aplicación de técnicas novedosas sobre el uso racional del agua.
8. No existen incentivos que motiven al personal para el uso eficiente del agua.
9. No existe un gráfico de control analítico de calidad para diferentes usos de agua.
10. La gerencia no tiene dentro de sus prioridades el tema del uso racional del agua.

Evaluación y selección de los problemas ambientales detectados por criterio de expertos.

Para la selección de los problemas ambientales de la empresa objeto de estudio se realizó la metodología planteada en el capítulo anterior la que plantea tres etapas, cada una con un objetivo específico, sus pasos y las técnicas a utilizar para desarrollarla.

Etapa I. Identificación.

Tormenta de ideas: participaron 36 trabajadores que representan el 67 % del total de la plantilla de la Empresa. Como resultado de esta técnica se recogen un grupo de ideas que son valoradas por el equipo de investigación, siendo seleccionadas las más viables para su posterior análisis.

Observación: la observación se realizó en un período de 21 días para el cual se estableció una guía de observación. Como resultado de esta técnica se pudo determinar en qué forma, cómo y dónde se consume el recurso agua por las diferentes áreas del proceso, en el siguiente listado se muestran los resultados:

- Área de generación de vapor: el agua de alimentar las calderas, purga de calderas, escape del turbo, escape de seguridad de la caldera, vapor para el calentamiento de crudo de la caldera, vapor del tanque de condensado.
- Área de tratamiento de aguas: limpieza de descarbonadores, limpieza de ósmosis inversa, limpieza de filtros, derrame de tanque del agua.
- Área de piscina de enfriamiento: llenado de la balsa (comienzo de producción), purga de balsa, condensación por altas temperatura, salideros del sistema.
- Sistema contra incendio.
- Área de preparación de mosto: dilución de melaza a:(40, 24 y 16 ° Bx), vapor para esterilización en (D-301), vapor para el bombeo en el (D-200), limpieza del área.
- Área de fermentación: limpieza de fermentadores, recirculación, esterilización y enfriamiento de fermentadores, limpieza de área.
- Área de destilación: entrada de vapor al sistema, salideros de vapor, vinazas de (C-510), vinazas de (C-520), salideros de vapor.
- Área de laboratorio: sistema de destilación para análisis, preparación de reactivos, lavado de utensilios y cristalería, limpieza en general.
- Pantry y cocina: cocción de alimentos, limpieza y fregado.
- Área de oficinas: limpieza de oficinas y baños.
- Otros: limpieza de autos, limpieza de calles, parqueos y áreas, regar jardines, salideros en los distintos sistemas.

Entrevista: para la realización de esta técnica se elaboró un modelo de entrevista, la misma se desarrolló de forma verbal y se hizo una selección aleatoria del personal que sería entrevistado, a cada uno individualmente se le explicaron los objetivos de la misma y la necesidad de la veracidad de la información. Para la selección se tuvo en cuenta que ese personal tuviera una relación con el proceso tecnológico para garantizar la calidad de las respuestas. Los trabajadores encuestados fueron 26 que representan el 48 % de la población.

Como resultado de la aplicación de esta técnica se pudo conocer un grupo de valores positivos que demuestran la eficiencia del proceso de la fábrica, pero también un grupo de deficiencias que inciden en el exceso del consumo de agua y por consiguiente impiden que la fábrica sea más eficiente. Después de recogida toda la información por las técnicas antes señaladas se realizó el análisis de los mismos para tener una clara visión de los principales problemas detectados y poder proponer alguna medida

que contribuya a la solución de los mismos. Para este análisis se desarrolló la segunda etapa de la metodología propuesta.

Etapa II. Procesamiento y análisis de la información.

En la metodología propuesta se relacionan varias herramientas generales y el resultado de su aplicación se presenta a continuación:

Selección de expertos.

Inicio del estudio (Método de Delphi).

Inicialmente se presenta una encuesta para la selección de los expertos que contribuirán al desarrollo del estudio (Anexo 1).

El número de expertos se determina empleando un método probabilístico y asumiendo una ley de probabilidad binomial

$$M = \frac{p(1-p) * k}{i^2} \quad (3.1)$$

En este caso:

M : cantidad o número de expertos.

p : proporción de error que se comete al hacer estimaciones del problema con la cantidad de expertos.

En este caso $p = 0,13$

i : nivel de precisión del experimento. Debe ser entre 0,14 y 0,5. En esta caso $i = 0,3$

k : constante que depende del nivel de significación estadística $(1 - \alpha)$, que se obtiene a través de la tabla 2.4 que se muestra en el Capítulo II, en este caso se trabaja con 3,8416.

Tomando como base para el cálculo un error del 0,13 %, para un nivel de confianza del 95 % y el valor de i medio de 0,3 entonces:

Sustituyendo valores en (3.1) se tiene que: $M = \frac{p(1-p)*k}{i^2} = 4,82 \simeq 5$

Posteriormente se determina el coeficiente de competencia ($K_{competencia}$) de cada uno de los expertos para la selección (Anexo 3). Se determina por la siguiente expresión:

$$K_{competencia} = \frac{1}{2}(K_c + K_a) \quad (3.2)$$

donde: K_c : promedio de los valores que el candidato le confiere a cada aspecto que se evalúa en una encuesta presentada. Auto evaluación de manera anónima.

K_a : coeficiente de argumentación, dado por la sumatoria de los valores adquiridos por el grado de influencia de cada una de las fuentes de argumentación (Anexo 2).

Resulta válido destacar que:

- La Competencia del experto es Alta (A): Si $K_{competencia} > 9,00$

- La Competencia del experto es Media (M): Si $7 < K_{competencia} \leq 9,00$
- La Competencia del experto es Baja (B): Si $K_{competencia} \leq 7$

Como resultado se obtuvo que, de los 12 candidatos propuestos para el desarrollo de la investigación, ninguno presenta evaluación de baja competencia, mientras 5 resultan evaluados de alta competencia y 7 presentan competencia media (Anexo 3).

Diagrama de Ishikawa o Causa - efecto: para la búsqueda de los causales fundamentales que inciden en el alto consumo de agua se construye el diagrama de Ishikawa o Causa - efecto, según se muestra en la figura 3.1. En el desarrollo de esta herramienta aparecen reflejadas las causas que provocan los excesos en el consumo de agua. Pero para un adecuado análisis y para poder buscar posibles vías de solución se hace necesario conocer el comportamiento de dicho consumo por áreas y equipos a fin de establecer prioridades de solución.

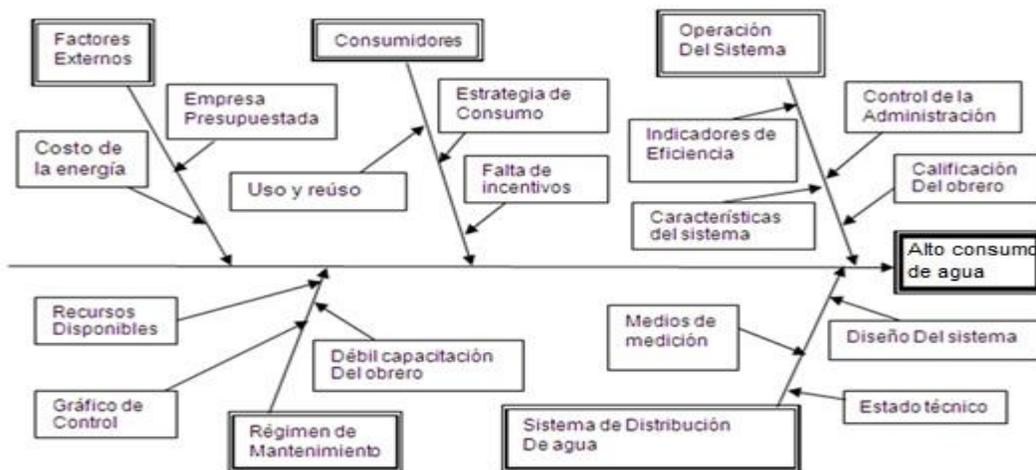


Figura 3.1. Diagrama Causa- efecto para el sistema del agua, en Alficsa S.A. **Fuente:** Elaboración propia.

Diagrama de Pareto: Para determinar dónde deben recaer esas prioridades se recomendó establecer el diagrama de Pareto el cual se muestra en la figura 3.2, comenzando el análisis por los costos totales de la empresa, de esta forma se podrá conocer como inciden esos consumos para la economía de la misma, o lo que es lo mismo como influye en su competitividad.

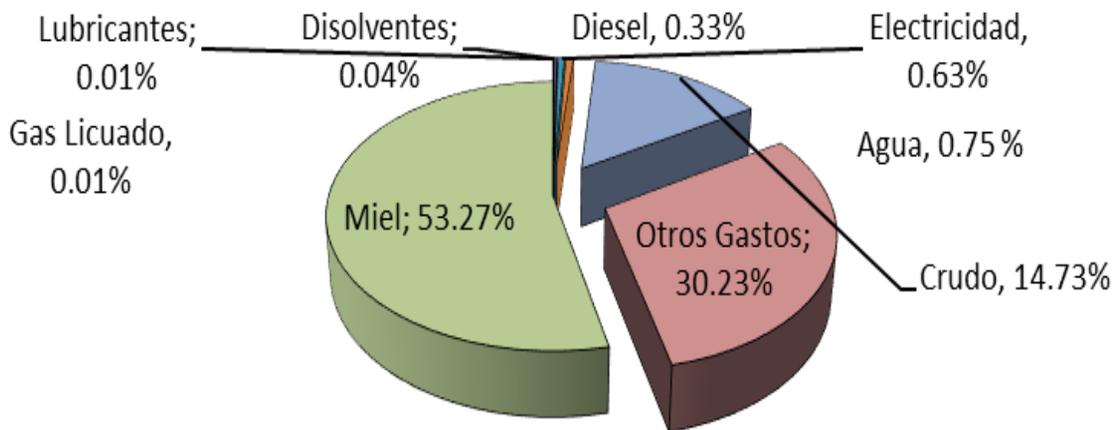


Figura 3.2. Estructuras de costos totales, 2023. **Fuente:** Elaboración propia.

El agua representa dentro de los costos totales de la fábrica un valor poco significativo y esto se debe al incremento constante y progresivo del precio de la materia prima y otros productos de insumos. A pesar de la elevación del precio de estos recursos y de mantenerse su nivel de consumo, el agua ha mantenido fijo su precio de 0,12 USD/m³ lo que demuestra que es un recurso muy subsidiado por el estado.

Sin embargo, cuando se analiza su incidencia respecto a los costos de los portadores energéticos esta representa el segundo portador de mayor repercusión, como se muestra en la figura anterior. Se debe resaltar que, dentro del costo del agua un 30 % está relacionado con el consumo de energía para su extracción y distribución, no obstante haberse incrementado en un 40 % el precio del combustible en el mercado internacional.

Si bien es cierto que la electricidad para operaciones se genera en el propio proceso a través del turbogenerador, también es cierto que para esta cogeneración es necesario consumir una considerable cantidad de vapor de agua como combustible para dicha turbina y eso se traduce en mayor consumo de agua. La electricidad reportada sólo está referida a la consumida de la red de distribución nacional. No obstante, esta observación, se realiza el análisis de los consumos de agua como recurso independiente y se tendrá en cuenta su incidencia por áreas a fin de determinar aquellas áreas mayores consumidoras.

Con el análisis del Diagrama de Pareto se puede comprobar que en las áreas de preparación de mosto y de tratamiento de agua se consume el 90,48 % del total, sin embargo, aún no están definidas las causas del cuánto, cómo y dónde se produce ese consumo, por lo tanto, se hace necesario realizar una estratificación de esas áreas para conocer cuáles son los equipos que realmente son responsables de dicho consumo. Como resultado de dicha estratificación se pudo comprobar que los mezcladores, MX-301 y MX-300 para la dilución de la melaza consumen el 83 % del agua del área de preparación de

mostos, donde se consume aproximadamente el 53 % del total del agua. Mientras en el área de tratamiento de agua, los descarbonatadores y en la ósmosis inversa se consume aproximadamente el 95 % del agua total consumida en esta área o lo que es lo mismo 46 988 kg/h como se muestra en la figura 3.3.

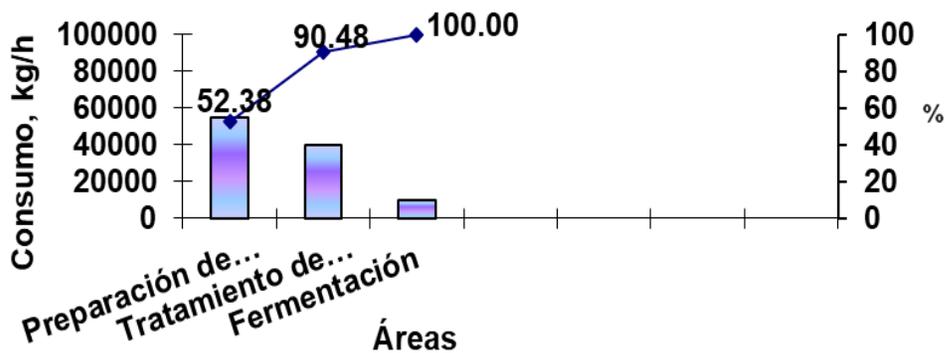


Figura 3.3. Diagrama de Pareto. Estructura de consumo de agua fresca. **Fuente:** Elaboración propia.

Al acudir al trabajo del grupo de expertos se pudo conocer que en la ósmosis inversa hay un rechazo de 8419 kg/h que en la actualidad se vierten como residuo para la presa de residuales y sin embargo, no se conoce de estrategia alguna para reusar esa agua. Por consiguiente, en esta área debe estar la mayor oportunidad de reducir los consumos de agua fresca.

Etapas III. Presentación de informe y toma de decisiones.

Con la participación del grupo de expertos, mediante la combinación de las diferentes técnicas se detectaron un considerable grupo de problemas, que fueron entregados a la administración en el informe final. Luego se realizó un detallado análisis para definir las de mayor impacto para la producción, aplicar la votación ponderada para determinar sobre cuales se debe trabajar con vistas a reducir los consumos de agua. El listado de causas seleccionadas se presenta a continuación:

1. No existe criterio de uso y reúso del agua en la empresa.
2. Insuficiente existencia de medios de medición y control.
3. Insuficiente capacitación del personal que trabaja con el recurso agua.
4. Sistema de mantenimiento preventivo del proceso poco efectivo.
5. No están bien definidos los indicadores de eficiencia y eficacia del uso del agua.
6. La organización no posee una estrategia encaminada al control del recurso agua.
7. No existen estrategias para la aplicación de técnicas novedosas sobre el uso racional del agua.
8. No existen incentivos que motiven al personal para el uso eficiente del agua.
9. No existe un gráfico de control analítico de calidad para diferentes usos de agua.
10. La gerencia no tiene dentro de sus prioridades el tema del uso racional del agua.

Tabla 3.2. Votación Ponderada de los expertos.

Participantes	Causas									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Votante 1	5		4		2	3		1		
Votante 2	5			2		4		3		1
Votante 3	4	3	5			2			1	
Votante 4	4	2	5		1	3				
Votante 5	5		4		2	3	1			
Suma	23	5	18	2	5	16	1	4	1	1
Análisis y resultados de la votación ponderada de los expertos										
Frecuencia de puntuación	5	2	4	1	3	5	1	2	1	1
Orden de prioridad	1	5	2	7	4	3	8	6	9	10

Como puede observarse en la tabla 3.2 las causas 1; 3 y 6 recibieron las puntuaciones más elevadas, por ese orden, le siguen las causas 2 y 5, pero la causa 5 fue puntuada más veces, el resto de las causas presentan menor puntuación y totales, por consiguiente, la selección se plantea según el orden de prioridad reflejado en la tabla.

Deficiencias detectadas según sus prioridades.

Problema N° 1: No existe criterio de uso y reúso del agua en la empresa.

Problema N° 2: Insuficiente capacitación del personal que trabaja con el recurso agua.

Problema N°3: La organización no posee una estrategia encaminada al control del recurso agua.

Diagrama cualitativo de entrada y salida del proceso objeto de estudio.

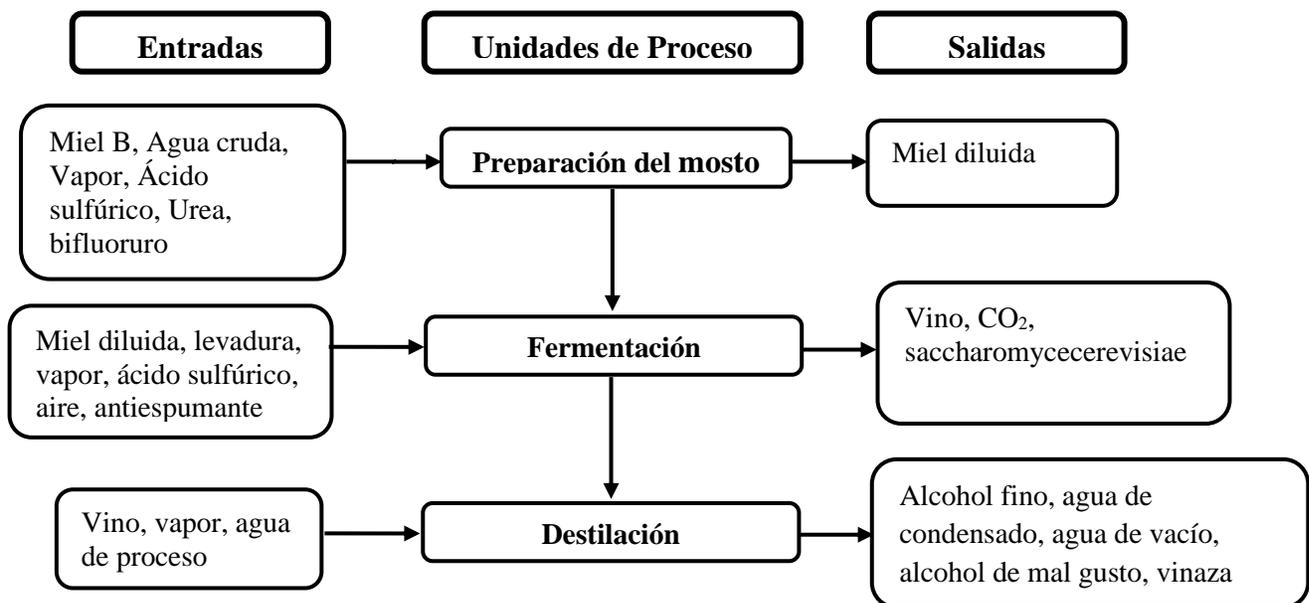


Figura 3.4. Diagrama cualitativo de entrada y salida de productos. **Fuente.** Elaboración propia.

Como se puede observar de todas las etapas se obtienen productos y residuales como son:

- Materias primas: miel diluida, vino, alcohol fino.
- Desechos Líquidos: *saccharomyce cerevisiae*, agua de condensado, agua de vacío, alcohol de mal gusto, vinaza.
- Desechos gaseosos: Dióxido de Carbono.

3.1.3. Estudio de factibilidad.

Con la aplicación de la votación ponderada al grupo de expertos que participaron en la investigación, se seleccionaron los tres principales problemas de mayor impacto para la producción, sobre cuales se debe trabajar con vistas a reducir los consumos de agua de los diez analizados.

En el problema 1, se realizó una evaluación detallada relacionada con el reúso del agua de rechazo de la ósmosis inversa para dilución y preparación del mostro, para los balances de materia se tomaron los datos que se obtuvieron de los registros de controles de producción, consumos, balance económico, fichas de costo de producto, así como mediciones realizadas en los laboratorios de la fábrica.

Los dos problemas restantes se les proponen acciones de mejoras de índole administrativas ya que los mismo están relacionados con la capacitación del personal y la organización de la estrategia para el uso racional del agua en la industria.

Problema N° 1: No existe criterio de uso y reúso del agua en la empresa.

A partir de los resultados obtenidos en la investigación relacionados en el epígrafe anterior, se realiza una propuesta de mejora la cual consiste en reusar el agua de rechazo de la ósmosis inversa para la dilución y preparación del mostro, mediante la instalación de una tubería conductora de 50 mm x 10 m desde el rechazo de la ósmosis hasta la descarga de la bomba que conduce el agua hasta el área de preparación de mostos. El aseguramiento de materiales adicionales lo garantizará la fábrica. Los gastos de la inversión serán en salarios y soldadura, pues el trabajo se realizará por la brigada de mantenimiento de la propia fábrica. Para la propuesta no es necesario la instalación de una nueva bomba por lo que se evitan gastos energéticos adicionales.

En la figura 3.5 se muestra el esquema de distribución general de proceso del agua en Alficsa antes y después de la aplicación de la mejora, se resalta en color rojo la propuesta y entre paréntesis las cantidades de agua que son movidas por áreas, después de dicha aplicación.

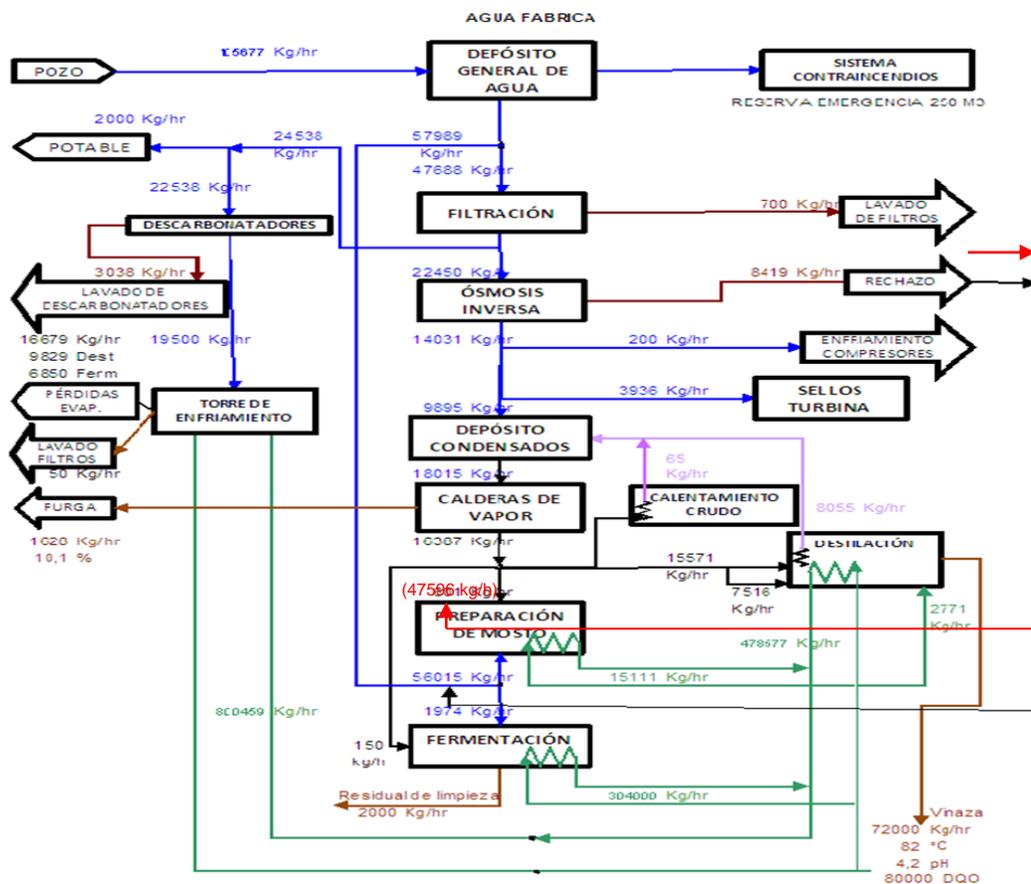


Figura 3.5. Propuesta de esquema de distribución general del agua en Alficsa. **Fuente:** Elaboración propia.

Estudio de factibilidad técnico - económico para reusar el agua de rechazo de la ósmosis inversa para la dilución y preparación del mosto.

Para demostrar la eficacia de la propuesta se realizaron análisis en el laboratorio de la fábrica antes y después de la puesta en marcha. Por los resultados del laboratorio se conoció que su aplicación no trajo efectos indeseables para dicha preparación y además permitió dejar de consumir esa cantidad de agua fresca desde el depósito general. En el análisis se tuvo en cuenta los siguientes parámetros técnico-económicos:

Agua total consumida en el proceso= 103 677 kg/h (97 258 kg/h)

Agua total consumida en la preparación de mostos= 56 015 kg/h (47 596 kg/h + 8 419 kg/h)

Agua consumida en la ósmosis inversa= 22 450 kg/h

Agua rechazada del proceso de ósmosis inversa= 8 419 kg/h

Precio del m³ de agua en Alficsa= 0,12 USD/m³

Ahorro de agua mensual= 8419 kg/h x 720h= 6 016 680 kg

Densidad del agua= 1000 g/l, entonces el volumen será 6 016 680 litros = 6016,680 m³

% de ahorro que representa la propuesta =0,12 USD/m³ x 6016,680 m³ = 722 USD por meses.

Si se analiza la representatividad de este ahorro en los gastos totales de la empresa, los mismos parecen poco significativos, esto se debe al precio que tiene el agua subsidiado por el estado. Sin embargo, se debe hacer el análisis respecto al volumen de consumo de ese recurso y este si es considerable, en tanto se hace mayor si se relaciona el consumo energético asociado.

Generar opciones de Producciones más Limpias.

Una vez definidas las causas de los problemas existente por el grupo de expertos, se generaron las oportunidades de mejoras posibles a aplicar en el proceso con vistas a reducir los consumos de agua. Las cuales son:

A. Elevar la gestión y práctica del personal.

- Garantizar una adecuada capacitación del personal que trabaja con el recurso agua.
- Establecer un programa de seminarios de capacitación para operarios, especialistas y directivos en materia de Producción Más Limpia.
- Establecer una estrategia encaminada al control del recurso agua.

B. Buenas prácticas operativas para el uso eficiente del agua.

- Instalar medidores de consumo para el agua, y el vapor por planta de trabajo.
- Iniciar un programa de monitoreo continuo, identificando los puntos de usos y reúso del agua, así como el control analítico de la calidad.
- Establecer un programa de mantenimiento preventivo al proceso productivo.
- Eliminar fugas por salideros de vapor, agua en el proceso productivo.
- Definir los indicadores de eficiencia y eficacia del uso del agua.
- Rediseñar una estrategia que incluya la aplicación de técnicas novedosas sobre el uso racional del agua.

3.1.4. Fase de implementación.

Luego de determinada los problemas ambientales descritos por las diferentes etapas del proceso objeto de estudio de este trabajo, se recomienda un plan de mejoras con acciones de P+L encaminado a disminuir los impactos ambientales y por consiguiente el ahorro de agua. En la tabla 3.3 se relaciona el plan de mejora a cumplimentar por la dirección del centro.

Tabla 3.3. Plan de mejora de Producción más Limpia.

Plan de medida	Responsable	Fecha
1. Desarrollar un programa de capacitación integral al personal de la fábrica, que posibilite una cultura general relacionada con las P+L y el uso racional del agua, basado en la filosofía de mejora continua	Jefe de Recursos Humanos y Capacitador.	10 de febrero de 2024.
2. El área técnica en coordinación con capacitación diseñarán un curso para el personal de operaciones, que permita elevar los conocimientos teórico- prácticos en el uso eficiente del agua.	Jefe de área técnica y Capacitador	Cuarto trimestre del año 2024.
3. Valorar un programa de incentivos que motiven al personal para el uso eficiente del agua.	Directivos de la Empresa.	Tercer trimestre del año 2024
4. Elaborar y aplicar una estrategia que posibilite uso racional del agua en el proceso de fabricación de alcohol que incluya la aplicación de técnicas novedosas.	Jefe de área técnica y Gerente	Septiembre del año 2024.
5. Aprovechar de forma consecuente las posibilidades del uso y reúso del agua, basado en el principio de integración de procesos utilizando el agua de rechazo de la ósmosis inversa para la dilución de mosto	Jefe de Producción	Enero del 2024.
6. Utilización del agua de lavado de los filtros para el sistema de limpieza y fregado múltiple	Jefe de Producción y jefes de brigada	Permanente
7. El área técnica deberá continuar el estudio para identificar nuevas propuestas de mejora, que garanticen el continuo decrecimiento del consumo de agua.	Jefe de área técnica y Jefe de Producción	Cuarto trimestre del año 2024.
8. La gerencia deberá incluir dentro de sus prioridades lo relacionado con el agua, como recurso natural y como portador energético.	Jefe de Economía y Gerente	Cuarto trimestre del año 2024.
9. Establecer un programa de mantenimiento preventivo al proceso productivo.	Jefe de Mantenimiento	Permanente
10. Definir los indicadores de eficiencia y eficacia del uso del agua	Jefe de área técnica y gerente	Enero del 2024.

CONCLUSIONES

1. Mediante un estudio bibliográfico realizado, se demostró las posibilidades de aplicar técnicas de Producción más Limpia con ventajas económicas y ambientales en industrias alcohólicas similares a la fábrica objeto de estudio.
2. Se propuso una metodología para la Evaluación de P+L, basada en la propuesta por el PNUMA/ONUDI, y adaptada al proceso productivo de producción de Alcohol en la Empresa Destilería Alficsa Plus S.A, la cual reúne los requisitos generales y específicos necesarios para su aplicación.
3. Con un análisis estadístico del proceso de obtención de alcohol se puede comprobar que en las áreas de preparación de mosto y de tratamiento de agua son las mayores consumidoras de agua con el 90,48 % del total y entre ellas el área de tratamiento de agua de la ósmosis inversa consume aproximadamente el 95 % del agua total consumida en esta área o lo que es lo mismo 46 988 kg/h.
4. Se propuso a la dirección de la empresa y equipo de P+L un plan de mejoras con acciones encaminadas al uso racional y eficiente del agua, basado en la filosofía de mejora continua.

RECOMENDACIONES

1. Proponer a la dirección de la empresa y organismo competente, las medidas de P+L analizadas a fin de introducirlas en el proceso estudiado.
2. Validar el plan de mejoras propuesto a la empresa.
3. Socializar este trabajo a través de publicaciones y eventos científicos de manera que cumpla con los objetivos académicos e investigativos propuestos.

BIBLIOGRAFÍA

- Bastida Lopez, E., & Martín, W. (2007.). *La gestión del agua y su vinculación con el ahorro de energía*.
- Cervantes Tellez, Y. (2010). *Análisis del proceso de obtención de alcohol extrafino en una destilería*. Centro Azúcar.
- Cervantes Tellez, Y. (2010). *Análisis del proceso de obtención de alcohol extrafino en una destilería*. Centro Azúcar.
- Chou Rodríguez, E. M. (2012). *Evaluación y aplicación de estrategias de Producción más Limpia en la Sección Recepción, Limpieza y Maceración del Maíz, de La Empresa de Glucosa Cienfuegos*. Tesis de Maestría, Universidad de Cienfuegos.
- CONAM. (2003). *Guía de Implementación de Producción Más Limpia Centro de Eficiencia Tecnológica, Centro Nacional de Producción más Limpia*. Lima.
- Cuba. Ministerio de Ciencia, Tecnología y Medio Ambiente. (1998). RESOLUCIÓN CONJUNTA No. 1/1998 CITMA-MINCEX
- Cuellar Gonzáles, D. (2016). *Evaluación de Producciones más Limpias en la producción de yogurt de soya de la Empresa Productos Lácteos Escambray*. Tesis de grado, Universidad de Cienfuegos.
- Cuellar Gonzáles, D. (2016). *Evaluación de Producciones más Limpias en la producción de yogurt de soya de la Empresa Productos Lácteos Escambray*. Tesis de grado, Universidad de Cienfuegos.
- Cuellar Gonzáles, D. (2016). *Evaluación de Producciones más Limpias en la producción de yogurt de soya de la Empresa Productos Lácteos Escambray*. Tesis de grado, Universidad de Cienfuegos.
- Enrique Penín, Y. A. (2010). *Análisis del proceso de obtención de alcohol extrafino en una destilería*. Centro Azúcar.
- Fernández, J., & García, M. (2005). Cuba: Medio ambiente y Desarrollo. *Revista electrónica de la Agencia de Medio Ambiente*.
- Fernández, J., & García, M. (2005). Cuba: Medio ambiente y Desarrollo. *Revista electrónica de la Agencia de Medio Ambiente*.
- Fernández, J., & García, M. (2005). Cuba: Medio ambiente y Desarrollo. *Revista electrónica de la Agencia de Medio Ambiente*.
- Flores Escobar, C. R. (2020). *Impactos ambientales ocasionados por la empresa maple etanol S.A. y propuesta de un plan de mitigación*. Tesis de grado, Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo.
- Flores Escobar, C. R. (2020). *Impactos ambientales ocasionados por la empresa maple etanol S.A. y propuesta de un plan de mitigación*. Tesis de grado, Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo.

- Fonseca, H. F., (2018). P+L, P. Producción más Limpia, concepto y antecedentes. Producción más Limpia.
- Garzón Benavides, J. M. (2008). *Análisis de una alternativa de Producción Más Limpia que permita aprovechar los residuos grasos que generan los procesos de pasteurización y enfriamiento de la leche en la Empresa Friesland Lácteos Purace*. Tesis de grado. Universidad de Pereira.
- Lee Morales, J. (2012). *Opciones de Producción Más Limpia para Empresas Avícolas, Lácteas y Hoteleras*. Universidad de San Carlos de Guatemala.
- Lobelles Sardiñas, G. (2011). Estrategia para uso racional del agua en la destilería de alcohol Alficsa de Cienfuegos. *Universidad y Sociedad*.
- Lobelles Sardiñas, G. (2011). *Estrategia para uso racional del agua en la destilería de alcohol Alficsa de Cienfuegos*.
- Monteagudo Yanes, J., & Martín, W. (2007). *Uso Racional del Agua*. Cienfuegos.
- Moreno Linares, C. A. (2008). *Implementación de las tecnologías para Producciones Más Limpias*. Tesis de Maestría, Universidad de Pinar del Río.
- Morón, E. (2018). *Alcoholes. Algunas propiedades y usos*.
- Nayarit, R. A. (2018). *La caña de azúcar es un cultivo perenne que se cultiva en Nayarit y suministra sacarosa para azúcar blanco o moreno*.
- ONUDI. (1999). *Manual de Producción Más Limpia*. Organización de las Naciones Unidas para el Desarrollo.
- PNUMA. (2004). *La Producción Más Limpia y el consumo sustentable en América Latina y el Caribe. México*. Editorial y Litografía Regina de los Ángeles.
- Quintana Hernández, A. (2005). Cuba: Medio ambiente y Desarrollo. *Revista electrónica de la Agencia de Medio Ambiente*.
- Ramos Bell, S. (2017). Acciones de Producciones más Limpias para implementar en la industria azucarera cubana. *ICIDCA. sobre los Derivados dela Caña*.
- Sánchez, N. S. (2022). *Alcoholes*.
- Sobrepera, R. (2007). *Sobrepera, Rita. Metodología para evaluar la gestión del agua en la producción y en los servicios*. Tesis de maestría, Universidad de Cienfuegos.

ANEXOS

Anexo 1. Encuesta para la selección de los expertos que contribuirán al desarrollo del estudio.

Fuente. Elaboración propia.

Empresa Destilería de alcohol Alficsa Plus S.A

Usted forma parte de los candidatos propuestos a expertos a seleccionar en el tema de “*Evaluación ambiental de la producción de alcohol en Alficsa Plus S.A*” desde la perspectiva de las Producciones Más Limpias. Es por ello que se requiere de su propia autoevaluación para de esta forma determinar su posibilidad de ser elegido. Para ello se le pide que por favor tenga en cuenta la importancia que se le confiere al tema.

Nombre y Apellidos: _____

Categoría Científica: _____

Centro de trabajo _____

Profesión _____

Años de experiencia: _____

Marque con una cruz (X), en la tabla que se muestra a continuación el nivel de conocimiento que presenta sobre las temáticas citadas. Considere que la escala se presenta de forma ascendente, es decir, el conocimiento sobre el tema referido va creciendo desde el 0 hasta el 9.

Nivel de conocimiento que posee	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Procesos productivos										
Aspectos relacionados con las P+L										
Normas de emisiones										
Variables que intervienen en el proceso										
Actores que intervienen en el proceso										
Posibles hipótesis a presentar										

Anexo 2. Nivel de conocimiento de acuerdo a fuentes de argumentación. **Fuente.** Elaboración propia.

Empresa Destilería de alcohol Alficsa Plus S.A			
Fuentes de Argumentación	Grado de influencia de cada una de las fuentes en su conocimiento y criterio		
	Alto	Medio	Bajo
Análisis realizados por usted	0, 3	0, 2	0, 1
Experiencia adquirida	0, 5	0, 4	0, 2
Trabajos de autores nacionales que conoce	0, 05	0, 05	0, 05
Trabajos de autores internacionales que conoce	0, 05	0, 05	0, 05
Conocimiento propio sobre el estado del tema	0, 05	0, 05	0, 05

Anexo 3. Coeficientes de competencia de los candidatos. **Fuente.** Elaboración propia.

Empresa Destilería de alcohol Alficsa Plus S.A

Candidatos	<i>K_c</i>	<i>K_a</i>	<i>K_{competencia}</i>
1	8,53	0,90	9,43
2	6,80	0,90	7,70
3	8,44	1,00	9,44
4	8,75	0,11	8,86
5	7,58	0,64	8,22
6	7,40	0,97	8,37
7	8,89	0,80	9,69
8	8,84	0,80	9,64
9	6,41	1,00	7,41
10	7,93	0,21	8,14
11	8,44	1,00	9,44
12	7,23	0,50	7,73