



FACULTAD DE INGENIERÍA
DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA QUÍMICA

TRABAJO DE DIPLOMA

EN OPCIÓN AL TÍTULO DE INGENIERO QUÍMICO

Título:

*Propuesta de Plan de Mejoras en la producción de azúcar de la
Empresa Agroindustrial Azucarera "14 de Julio"*

Autor: José Carlos Hernández Ricart

Tutor: MSc. Claudia Aguila Prado

Colaborador: Ing. Augusto González Santana.

Cienfuegos, 2023

AGRADECIMIENTOS

A mi madre por nunca darse por vencida con que su hijo fuera ingeniero, aunque le hice pasar malos ratos su hijo pudo lograrlo, así que esta carrera no es solo mía, ella me guió el camino. Espero poder hacerla sentir orgullosa.

A mi padre por reprenderme incluso sabiendo que me iba a molestar con él pero la felicidad mía para él está por encima de todo. Me siento afortunado de ser su hijo.

A mi familia por apoyarme con todo lo que estuviera en sus manos para lograr hacerme ingeniero, en especial a mis primos.

A todos mis profesores por empujarme a ser mejor estudiante, en especial a mi tutora Claudia, al profesor Lobelles por ayudarme a concluir la tesis y a Yanelai por haberme apoyado desde mis inicios.

A mis amigos y compañeros de cuarto, los nuevos y los viejos, todas esas madrugadas de estudio y fiesta siempre las tendré en mi corazón.

DEDICATORIA

A mi mamá, a mi papá, a mi familia que siempre creyó en mí y lucho para que no me diera por vencido con cada revés que sufrí. A mi tutora por la dedicación mostrada y a mis amigos.

RESUMEN

El presente trabajo tuvo como objetivo realizar un plan de mejora en la producción de azúcar de la Empresa Agroindustrial Azucarera “14 de Julio” y en particular en 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, y evaluaciones técnicas - económicas. Finalmente, mediante la utilización de la metodología 5W1H, 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, plan de mejora.

Índice

INTRODUCCIÓN	7
CAPÍTULO 1. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA.	10
1.1. Fundamentos Generales de las Producciones más Limpias.....	10
1.2 Producción más Limpia y su contexto.	10
1.1.1. Historia de Producciones más Limpias en Cuba.....	13
1.2. Metodología de las Producciones más Limpias	16
1.2.1. Opciones de Producción Más Limpia.	19
1.3. Producciones más limpias en la industria Azucarera.	21
1.3.1. Caña de azúcar y sus derivados.	21
1.3.2. Azúcar.	21
1.3.3. Elementos nutritivos y usos del azúcar.	22
1.4. Impacto Ambiental en la Producción del azúcar.....	22
1.5. Buenas prácticas de Manufactura (BPM) para la producción más limpia en el sector azucarero.....	24
1.5.1. Buenas prácticas ambientales (BPA)	24
1.6. Beneficios de la utilización de Producción más Limpia en el sector azucarero	25
1.6.1. Ejemplos de oportunidades de P+L identificadas en el sector azucarero.....	26
Capítulo 2. Propuesta metodológica con enfoque de producciones más limpias.....	29
2.1. Caracterización de la Empresa Agroindustrial Azucarera “14 de Julio”	29
2.1.1. Descripción de la Empresa Agroindustrial Azucarera “14 de Julio”	29
2.1.2. Planeamientos Estratégicos del la Empresa Agroindustrial Azucarera “14 de Julio”	31
2.1.3. Principales productos o servicios de la Empresa Agroindustrial Azucarera “14 de Julio”	33
2.2. Situación ambiental de la Empresa Agroindustrial Azucarera “14 de Julio”	34
2.2.1 Agua.....	34

2.2.2 Suelo.....	34
2.2.3 Aire.....	35
2.3. Descripción del proceso de obtención de miel y azúcar	35
2.4. Metodología para la Evaluación de Producciones más Limpias	38
2.4.1. Planeación y organización.....	39
2.4.2. Evaluación Preliminar	40
2.4.3. Estudio detallado.	43
2.4.4. Estudio de factibilidad.....	44
2.4.5. Fase de implementación.	45
CAPÍTULO 3. ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS.	47
3.1. Planeación y organización.	48
3.2 Diagnóstico del Proceso	49
3.3 Fase de implementación.	58
RECOMENDACIONES	62

INTRODUCCIÓN

Cada día es mayor la importancia que está cobrando el cuidado del medioambiente por la influencia que éste tiene sobre el desarrollo económico, la calidad de vida y salud de la población. Como respuesta a los problemas medioambientales, surge el concepto de Desarrollo Sostenible.

La definición de Desarrollo Sostenible tuvo un seguimiento exhaustivo y siguió consolidándose en diversos convenios internacionales como: el Informe Brundtland (CMMAD, 1987), Agenda 21 (Cumbre de la Tierra en Río de Janeiro, Brasil en 1992), y la Cumbre Mundial en Johannesburgo en 2002. El centro de estas discusiones estaba enfocado en la posibilidad de desarrollo, sin perder de vista la preservación de la vida, del planeta y del bienestar para las generaciones futuras (Rengifo Medina & Obando Peralta, 2022).

En el 2015 la ONU pacta dentro de su agenda del 2030 para lograr el Desarrollo Sostenible y en el 2016 da a conocer los 17 Objetivos de Desarrollo Sostenible, estos orientados a la sostenibilidad de nuestro planeta en cooperación con la sociedad civil y todos los entes. Se manifiesta que los programas aportan mejorías en el nivel de vida de las sociedades vulnerables, pues sus concientización y sensibilización sobre los problemas alrededor de los ciudadanos, ayuda a tener comunidades sostenibles (Pataca Rodríguez & Flores, 2022).

La implementación de programas y la preservación de la naturaleza ayudan a que se fortalezcan las nuevas políticas y nuevas maneras de trabajar, ayudan al bienestar social, los objetivos de Desarrollo Sostenible buscan generar un desarrollo económico bajo premisas de inclusión social, sin olvidar los horizontes que tiene cada nación y tomando como senda el equilibrio del medio ambiente, por supuesto siguiendo los parámetros de desarrollo de la agenda 2030 (Pataca Rodríguez & Flores, 2022).

Es por eso que la aplicación de la Producción más Limpia para la solución de los problemas ambientales es importante, pues enfatiza la utilización de herramientas integradas de gestión para la búsqueda de soluciones específicas para cada tipo de problema y empresa. Los países desarrollados han creado tecnologías cada vez más limpias y eficientes transfiriendo hacia los países subdesarrollados y en vías de desarrollo aquellas consideradas obsoletas para su uso; pero de punta para los países del Tercer Mundo, y esto conlleva a adoptar acciones encaminadas al uso más eficiente

de estas tecnologías adquiridas, aplicando determinadas herramientas de gestión empresarial (Acosta Pérez & Marrero Delgado, 2023).

Para Cuba, la adopción de la Agenda 2030 para el Desarrollo Sostenible es un compromiso del Estado y una prioridad nacional. Se presentan análisis de comportamiento y tendencias de varios indicadores como huella ecológica, huella hídrica, matriz energética, índice de globalización, indicadores de desarrollo humano, bienestar social, calidad de vida, índice de desempeño ambiental, etc.. Estos análisis permiten tener una idea de las oportunidades, amenazas, debilidades y fortalezas del país para alcanzar la sostenibilidad, especialmente la alimentaria y energética (Acosta Pérez & Marrero Delgado, 2023).

Las investigaciones han demostrado que la industria azucarera tiene un efecto devastador en el suelo, el aire y el agua. Y esto es aún más prominente en los ecosistemas tropicales que están cerca del ecuador. Y esto se debe principalmente al uso intensivo del agua, el uso intensivo de productos químicos agrícolas tóxicos, la liberación significativa de aguas residuales contaminadas y la destrucción de varios hábitats para plantaciones (Pataca Rodríguez & Flores, 2022).

La Empresa Agroindustrial Azucarera 14 de Julio, perteneciente al municipio Rodas, realiza esfuerzos con el objetivo de alcanzar un verdadero perfeccionamiento empresarial. Aunque tiene una estrategia de Gestión Ambiental diseñada e implementada, esta no ha sido del todo exitosa y 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 basado en el concepto de Producción más Limpia para evaluar de forma integral y sistémica sus procesos productivos, haciendo énfasis en la prevención de la contaminación, la minimización de residuos y la reutilización, como principales opciones para reducir las cargas contaminantes dispuestas al Medio Ambiente, así como realizar un análisis y la toma de decisiones al respecto.

Por lo cual el objeto de estudio de esta investigación es en la producción de azúcar perteneciente a la Empresa Agroindustrial Azucarera “14 de Julio”, este proceso actualmente es uno de los que más influencia tiene en la emisión de los residuales de la Empresa, por sus volúmenes de producción anualmente.

Problema Científico.

El deficiente desempeño ambiental unido a las malas prácticas del proceso productivo en la Empresa Agroindustrial Azucarera 14 de Julio genera impactos ambientales que afectan los ecosistemas donde está ubicada la industria.

Hipótesis.

Si aplicamos una evaluación de Producciones más Limpia en la Empresa Agroindustrial Azucarera 14 de Julio es posible disminuir los impactos ambientales y las malas prácticas.

Objetivo General

Proponer un plan de mejora en la producción de azúcar de la Empresa Agroindustrial Azucarera “14 de Julio”.

Objetivos específicos

1. Realizar un estudio documental que permita identificar las tendencias de aplicación de Producción más Limpia en la línea de producción del azúcar.
2. Proponer una metodología de Producción más Limpia que permita evaluar el proceso estudiado de acuerdo a sus características.
3. Diagnosticar mediante la aplicación de esta metodología de Producción más Limpia propuesta, los principales problemas técnico-ambientales del proceso estudiado.
4. Proponer un plan de mejora debidamente fundamentado que permita mejorar el desempeño económico ambiental del proceso estudiado.

Por lo cual el objeto de estudio de esta investigación es en la Producción de Azúcar y derivados de la caña perteneciente a la Empresa Agroindustrial Azucarera 14 de Julio, este proceso actualmente es uno de los que más influencia tiene en la contaminación de los residuales de la Empresa, por sus volúmenes de producción anualmente.

CAPÍTULO 1. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA.

1.1. Fundamentos Generales de las Producciones más Limpias

Como respuesta al dilema ambiental actual se deben lograr procesos productivos y de servicios capaces de utilizar un número reducido de recursos y generar una cantidad reducida de desechos. El concepto más ampliado es el de tecnologías ambientalmente integradas, en el sentido de que todo el sector productivo sea capaz de trabajar en procesos productivos limpios y complementarios entre sí, donde el desecho de un proceso productivo constituya un insumo de otro (Cuellar, 2016).

Uno de los mecanismos preventivos de gran importancia es el de Producción Más Limpia, la cual conlleva a un cambio de actitud enfocado a la aplicación del conocimiento y el mejoramiento de las prácticas y las tecnologías en los procesos de producción, los productos y la prestación de servicios (P+L, 2019).

Por tanto se puede definir qué: la Producción Más Limpia (P+L) es la aplicación continua de una estrategia ambiental preventiva, integrada a los procesos, productos y servicios, con el fin de mejorar la eco-eficiencia y reducir los riesgos para los humanos y el medio ambiente (PNUMA, 2004).

1.2 Producción más Limpia y su contexto.

Con la implementación de Producciones más Limpias se busca pasar de un proceso ineficiente 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 la conservación y ahorro de 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)

En el proceso de reducción de la contaminación para un mejor manejo ambiental de los desechos producidos en las industrias, se realiza en cuatro niveles de acción, observándose

dos niveles preventivos: la reducción en el origen y el reciclaje o reutilización y dos niveles de control que son: el tratamiento y la disposición final.

Es importante destacar que la filosofía del proceso de Producción más Limpia está sobre todo relacionada con la reducción al máximo de la generación de residuos a lo largo de toda la cadena de producción. Sin embargo, no existe una producción limpia como tal, la generación de residuos es inherente a cualquier proceso productivo. Lo que busca el proceso es evitar una generación excesiva de residuos, dado que por un lado es considerada una pérdida económica como producto del mal aprovechamiento de los recursos e insumos empleados, y por el otro, los residuos son contaminantes y afectan a la salud y al ambiente, por lo que su reducción permite prevenir impactos ambientales negativos (Chou-Rodríguez, 2012).

Sin embargo la Producción Más Limpia no constituye una estrategia ajena a la formulación y desarrollo de un Sistema de Gestión Ambiental de las entidades productivas y de servicios, sino que es una herramienta de gestión que abarca una evaluación documentada, periódica y objetiva de una situación ambiental o de un factor organizacional, que incluye: sitios, instalaciones y aspectos técnicos como el uso de la energía y la emisión de contaminantes (PNUMA/IMA, 1999).

En un programa de P+L y su implementación se incluyen 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 como se aprecia en la Figura 1.1.

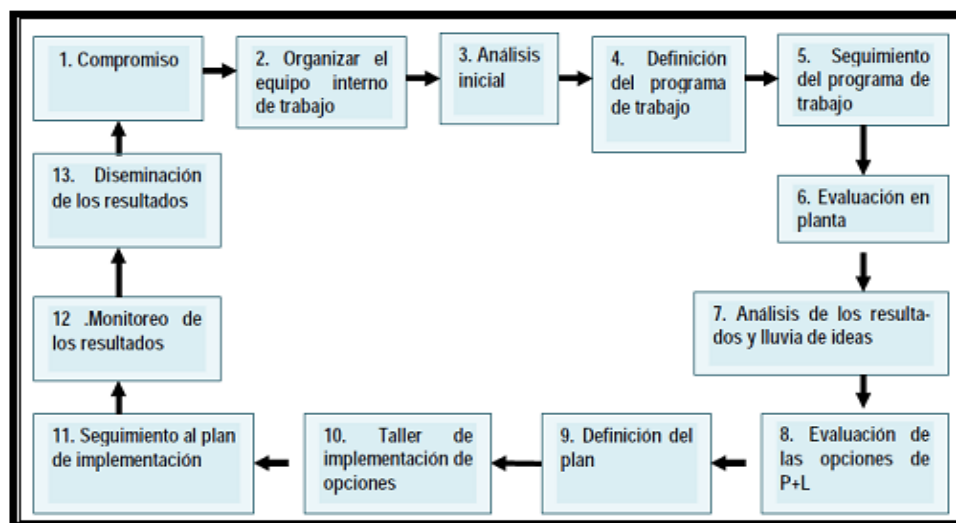


Figura 1.1. Resumen del proceso de implementación de una estrategia de P+L. **Fuente (PNUMA/IMA, 1999).**

Por ende, el enfoque de la Producción más Limpia trata de reducir de manera continua la generación de residuos y contaminantes en cada etapa del ciclo de vida, esto trae consigo beneficios técnicos, económicos y ambientales que se pueden obtener al implementar la estrategia de P+L como se puede observar en la Tabla 1.1.

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

Al Reducir	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.	Ingresos y ahorros de la empresa.

La tasa de uso de recursos naturales y la tasa de 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). (ONUDI, 1999).

La ventaja de aplicar prácticas de P+L está en que promueve el uso eficiente de materias primas, agua y energía, entre otros insumos, a fin de eliminar o reducir en las fuentes de origen la cantidad de residuos no deseados que se genera durante los procesos de producción. Al mejorar la eficiencia en el uso de los insumos de producción y los rendimientos, se reducen los costos, se obtienen mayores ganancias y se mejora la posibilidad de competir con mejores precios en los mercados nacionales e internacionales. El uso eficiente de los recursos, reduce el impacto ambiental y mejora la imagen de la empresa o proyecto. De esta manera, además de reducir los costos unitarios de producción, se reducen los requerimientos para el tratamiento final de desechos, si éste fuera necesario, y, por ende, se reduce el costo de adquisición de una planta de tratamiento y de sus consecuentes costos de operación y mantenimiento (CONAM, 2003) (ONUDI, 1999).

1.1.1. Historia de Producciones más Limpias en Cuba

En Cuba la protección del medio ambiente y la perspectiva del desarrollo sostenible tienen rango constitucional pues la Constitución de la República de Cuba de 1976, modificada en 1992, en su artículo 27, plantea como principio fundamental "la protección estatal del medio ambiente y los recursos naturales por su estrecha vinculación con el desarrollo económico y social sostenible para hacer más parcial la vida humana y asegurar la supervivencia, el bienestar y la seguridad de las generaciones actuales y futuras" (Cuellar, 2016).

En 1993, aproximadamente un año de la Cumbre de Río. El Programa Nacional sobre Medio Ambiente y Desarrollo, aprobado por nuestro Gobierno y que constituye la

adecuación cubana de la Agenda 21, dedica un Capítulo, el No. 18, a la Producción más Limpia en la Industria y el Comercio (Cuellar, 2016).

Este Programa Nacional define como sus objetivos los siguientes: (Maqueira, 2002).

Primero: elevar la eficiencia en el uso de los recursos, considerando entre ellos el aumento de la reutilización y el reciclado de los desechos, reduciendo al mismo tiempo la cantidad de desechos por unidad de producción.

Segundo: fortalecer el concepto de la administración responsable en la gestión ambiental y uso de los recursos por la empresa.

Pero no solo la política ambiental cubana ha dirigido sus esfuerzos al logro de una Producción más Limpia. Al estudiar el Derecho Ambiental Cubano, resulta evidente la presencia en su legislación de disposiciones que contribuyen a disminuir la carga contaminante en función de reducir los riesgos a la vida humana y el medio ambiente. Donde la Ley 81 de 1997, del medio ambiente establece como uno de los principios que aseguran las acciones ambientales para el logro de un desarrollo sostenible, el deber de aprovechar los recursos naturales de manera racional, previniendo la generación de impactos negativos sobre el medio ambiente, llegando incluso a establecer de manera expresa que "la falta de certeza científica absoluta no podrá alegarse como razón para dejar de adoptar medidas preventivas", da testimonio de la existencia en Cuba de las bases jurídicas que aseguran la promulgación de instrumentos legales dirigidos al logro de una Producción más Limpia (Maqueira, 2002).

En Cuba existe una Red Nacional de P+L, con cinco puntos focales: el Centro de Información, Gestión y Educación Ambiental de la Agencia de Medio Ambiente del Ministerio de Ciencia, Tecnología y Medio Ambiente (CIGEAAMA); el Instituto Cubano de Investigaciones de los Derivados de la Caña de Azúcar, que pertenece al Ministerio de la Industria Azucarera (ICIDCA); el Instituto de Investigaciones para la Industria Alimenticia del Ministerio de la Industria Alimenticia (IIIA); el Instituto de Investigaciones en Fruticultura Tropical del Ministerio de la Agricultura (IIFT); y el Centro de Ingeniería Genética y Biotecnología (CIGB). Estas unidades actúan según las líneas generales establecidas por el PNUMA/ONUDI, dividiendo las tareas y teniendo como objetivo: a los

organismos públicos, las unidades productivas e instituciones de enseñanza, entre otros (Maqueira, 2002).

En el país se dan pasos en la introducción de las P+L 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 P+L en cualquier país o región es la formación de capacidades que lo aseguren y hagan viable (Maqueira, 2002).

La introducción de la Producción Más Limpia en Cuba ha tenido algunas limitaciones debido a: (Serrano Méndez, 2006). Insuficiente inclusión de las Producción Más Limpia en las estrategias ambientales vigentes, tanto nacionales como sectoriales y las territoriales.

- Forma de abordar las soluciones a los problemas ambientales enfatizando el uso de tecnologías al final del tubo, en lugar de la toma de acciones de carácter preventivo a lo largo del ciclo de vida del producto o servicio.
- Carencia de recursos materiales y la necesidad de financiamiento para llevar a cabo inversiones.
- Falta de conocimiento por parte de directivos, personal técnico y demás trabajadores para entender lo que significa la aplicación de este concepto y los beneficios económicos y ambientales que reportan para la empresa cubana.

Sin embargo existen posibilidades reales de su aplicación en Cuba porque a diferencia del resto de los países subdesarrollados se cuenta con una voluntad política para enfrentar los problemas de contaminación, además de una política ambiental que incluye el concepto, la coordinación y sinergia entre los actores involucrados en el tema (gobierno, industria y sociedad) (Serrano Méndez, 2006).

La aplicación de prácticas de Producción más Limpia, 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. Las Producciones más Limpias es una estrategia de "ganar - ganar", con su aplicación se protege el

medioambiente, al consumidor y al trabajador, mientras que mejora la eficiencia industrial y eleva la competitividad. Es una filosofía de mirar hacia delante, "anticipar y prevenir" (Serrano Méndez, 2006).

1.2. Metodología de las Producciones más Limpias

Para una evaluación e implementación de las Producciones más Limpias existen dos aspectos fundamentales que constituyen el método para su aplicación (Maqueira, 2002):

Evaluación de la Producción más Limpia (EP+L): es el proceso de manejo de la información requerida para identificar posibles mejoras del proceso, enfocadas a la reducción de los desperdicios en una empresa y para la preparación 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 P+L desarrollada por la Organización de las Naciones Unidas para el Desarrollo Industrial (ONUDI) se basa en la evaluación de los procesos e identificación de las oportunidades para una mejor utilización de los materiales, minimizar la generación de los residuos y emisiones, utilizar racionalmente la energía y el agua, disminuir los costos de operación de las plantas industriales, y mejorar el control de procesos e incrementar la rentabilidad de las empresas. Esta metodología se basa en tres conceptos fundamentales que se conocen en la literatura especializada como las tres 3 R's, Reducción, Reutilización y Reciclaje (ONUDI, Manual de Producción Más Limpia, 1999) lo que se explica en la Figura 1.2.



Figura 1.2. Conceptos básicos de P+L. **Fuente.** (Elaboración Propia)

En las revisiones bibliográficas realizadas constatamos que existen varias metodologías para realizar una evaluación. A continuación relacionamos algunas de ellas:

- Metodología de Producción más Limpia descrita por (Orcés en ESPOL Ciencia 2003).
- 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, 2006).
- Metodología de Producciones más Limpias implementada en el Programa de ONUDI/PNUMA.

Por lo que se puede apreciar en los estudios realizados, todos estas metodologías tienen aspectos comunes a desarrollar, coincidiendo en la planeación y organización donde juega un papel importante el conocimiento y aprobación por la dirección del centro que se realice el estudio y su implementación para el mejoramiento de las condiciones ambientales de la industria que se trate, así mismo hay que realizar un diagnóstico detallado de los problemas tanto cualitativos como cuantitativos proponiendo un plan de medidas, su evaluación y supervisión posterior. En este trabajo aplicamos la metodología descrita por el PNUMA/ONUDI la cual se muestra en la Figura 1.3, ya que es la que más se adapta a las condiciones actuales de la fábrica y en específico la producción de azúcar, objeto de estudio del presente trabajo.



Figura 1.3. Etapas para la Implementación de P+L. **Fuente.** (Cuellar D. G., 2016).

Fase I “Planeamiento y organización.”

Las actividades a desarrollar en esta fase son:

- 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 en planta.”

La fase de evaluación del proceso en planta es crucial en la implementación de la P+L, ya que al efectuar el reconocimiento de las distintas etapas del proceso productivo se identifican las malas prácticas. De este análisis se derivan las principales recomendaciones de mejora. Con la evaluación en planta se determina la situación general de la empresa, los puntos críticos en el manejo de la energía, del agua y materia prima así como sus efectos financieros y ambientales. Las actividades a realizar en esta etapa son:

- 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.”

En esta fase se elaboran los análisis económicos, tecnológicos y ambientales de las oportunidades de mejora encontradas, para identificar las que sean factibles. Las actividades a realizar en esta etapa son:

- 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 “Fase de implementación.”

Esta es la fase de ejecución en la que se concretan las recomendaciones establecidas mediante la asignación de recursos económicos, tecnológicos y humanos. Para la implementación se requiere:

- 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.

1.2.1. Opciones de Producción Más Limpia.

Identificadas las fuentes de residuos y de emisiones, así como de los puntos críticos en el consumo de energía, agua y materias primas, se inicia la búsqueda de medidas correctivas. Este proceso tendrá un mayor valor 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) como se observa en la siguiente figura.

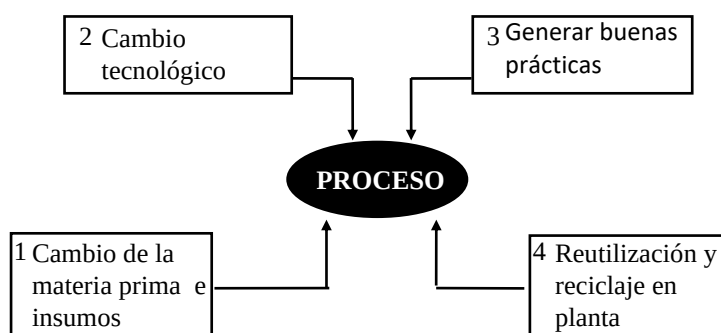


Figura 1.4. Elementos de proceso para las opciones de Producción más Limpia. **Fuente.** (PNUMA/IMA, 1999).

Cambios en las materias primas: mediante un cambio en las materias primas se puede reducir la generación y formación de residuos o compuestos residuales peligrosos, originados por la presencia de impurezas en las materias primas inadecuadamente seleccionadas. Al sustituir un compuesto peligroso o contaminante por otro más inocuo, se elimina la necesidad de aplicar un tratamiento al "final del tubo".

Cambios en las tecnologías: se refiere a las modificaciones que pueden realizarse en el proceso o en los equipos, con la finalidad de reducir la generación de residuos y emisiones, así como al uso eficiente de materias primas y energía.

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.

Reutilización y reciclaje en planta: estas dos actividades pueden dar lugar a una recuperación de materias útiles, y a la localización de nuevos factores que promuevan el uso adecuado de materias primas, reduciendo así los gastos innecesarios.

De la evaluación del estado de la empresa y de las opciones generales de P+L que se apliquen, se pueden obtener los siguientes resultados (CONAM, 2003) (ONUDI, 1999).

- 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.
- Identificación de procesos que generan una cantidad considerable de residuos.
- 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. Producciones más limpias en la industria Azucarera.

La producción azucarera es una de las actividades más antiguas, se caracteriza por producir variados subproductos a partir de la leche. La industria azucarera tiene un efecto devastador en el suelo, el aire y el agua. Con base en sus actividades, se pueden encontrar diferentes opciones de P+L en cada empresa.

1.3.1. 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 la producir ron por lo que le permite al país tener mayor cantidad de productos en el mercado y aprovechar al máximo los recursos (Félix, 2022).

1.3.2. Azúcar.

Se denomina **azúcar** en el uso más extendido de la palabra, a la **sacarosa**, cuya fórmula química es $\text{C}_{12}\text{H}_{22}\text{O}_{11}$, también llamada «azúcar común», o «azúcar de mesa».

La sacarosa es un disacárido formado por una molécula de glucosa y una de fructosa, que se obtiene principalmente de la caña de azúcar o de la remolacha. El 27 % de la producción total mundial se realiza a partir de la remolacha y el 73 % a partir de la caña de azúcar. En Tailandia también suelen sacar azúcar de coco (Félix, 2022).

La sacarosa se encuentra en todas las plantas, y en cantidades apreciables en otras plantas distintas de la caña de azúcar o la remolacha, como el sorgo, el coco y el arce azucarero.

En ámbitos industriales se usa la palabra azúcar o azúcares para designar los diferentes monosacáridos y disacáridos, que generalmente tienen sabor dulce, aunque por extensión se refiere a todos los hidratos de carbono (Félix, 2022).

1.3.3. Elementos nutritivos y usos del azúcar.

Su rol primordial es el de ser una fuente de energía a nivel celular. Cuando los monosacáridos, especialmente la glucosa, se incorporan al organismo, ocurre su proceso de oxidación con el oxígeno obtenido del aire mediante la respiración. Este proceso genera dióxido de carbono (CO_2), que es expulsado a la atmósfera, además de agua y energía en forma de ATP (adenosín trifosfato), que es utilizada para realizar diversas funciones en el organismo (Félix, 2022).

1.4. Impacto Ambiental en la Producción del azúcar.

En las empresas de fabricación del azúcar tienen lugar aspectos ambientales significativos, los cuales están dados por los altos consumos de agua y energía, la generación de grandes volúmenes de vertimientos con altos contenidos de materia orgánica y sólidos. También, con menor significación, se emiten gases de combustión, potencialmente gases refrigerantes y se generan ruido y vibraciones (ICIDCA, 2008).

Aguas residuales de la fabricación de azúcar: estas aguas tienen una densidad entre 5 °Brix - 15 °Brix, los constituyentes inorgánicos forman del 20 % al 40 % de los sólidos totales: sulfatos de fósforo, potasio y calcio y cantidades menores de hierro, magnesio y sodio. En cuanto a los constituyentes orgánicos están formados por proteínas y otras sustancias nitrogenadas, 27 gomas, caramelo y otros productos de la descomposición del azúcar, ácidos orgánicos, una cantidad apreciable de glicerol y azúcares no fermentables (ICIDCA, 2008).

Cachaza o torta de filtro: físicamente la cachaza es un residuo esponjoso, amorfo, de color oscuro a negro, que absorbe grandes cantidades de agua. Es el principal residuo de la industria del azúcar de caña, produciéndose de 30kg a 50 kg por tonelada de materia prima procesada, lo cual representa entre 3 % y 5 % de la caña molida. Este porcentaje y su

composición varían con las características agroecológicas de la zona, con el cultivo cosechado, eficiencia de fábrica y método de clarificación empleado, entre otros factores. La cachaza se produce durante la clarificación que se hace al jugo de caña; se recoge a la salida de los filtros al vacío, presentando aproximadamente un 25 % de materia seca. Este material contiene muchos de los coloides de la materia orgánica originalmente dispersa en el jugo, conjuntamente con aniones orgánicos e inorgánicos que precipitan durante la clarificación. Otros compuestos no azúcares son incluidos en esos precipitados (tierra, cera, sustancias albuminoides, calcio, fósforo y nitrógeno). En general la cachaza contiene: 40 % de materia orgánica; 1,76 % de nitrógeno; 3,0 % de P_2O_5 ; 0,42 % de K_2O ; 1,07 % de MgO ; 36,7 % de CaO por lo que es un material orgánico de relación carbono: nitrógeno (C:N) mayor de 20:1. La riqueza en fósforo se debe a que algunas fábricas tratan con fosfato al jugo para una clarificación más rápida. El contenido de calcio varía con las cantidades de cal empleadas durante la clarificación del jugo, la cual es usualmente aplicada en dosis altas; sin embargo, posee bajos contenidos de potasio debido a la gran solubilidad de este elemento, lo que facilita que se pierda en los jugos hasta que es separado con la melaza y vinaza. El alto contenido en nitrógeno se debe a la elevada cantidad de materia orgánica que presenta este residuo y los micronutrientes se derivan parcialmente de las partículas adheridas a la caña. Este material también es fuente importante de magnesio y zinc (ICIDCA, 2008).

Bagazo: es el residuo del tallo o cuerpo de la caña de azúcar que queda después del exprimido. A fin de que ocupe menor espacio, el bagazo se comprime para formar pacas que se apilan en el exterior del ingenio, normalmente se deja espacio entre las pilas para que el aire circule y las pacas se sequen; posteriormente se envían a otras industrias para utilizarlas de inmediato o almacenarlas hasta su uso en espacios abiertos. El bagazo fresco y húmedo apilado a la intemperie produce un residuo de jugo que es susceptible de ser fermentado por levaduras, la temperatura favorece el crecimiento de muchas especies de hongos, principalmente actinomicetos termo y mesofílicos. Cuando el bagazo está viejo y seco se enmohece y puede contener grandes cantidades de esporas (240 a 500 millones por gramo de peso) de las que una parte se libera hacia el ambiente, sobre todo cuando se manejan y transportan las pacas, o cuando se rompen, se trituran o se muelen (ICIDCA, 2008).

Residuo de la cosecha: la planta de la caña de azúcar en su estado natural se compone de cogollo y hojas verdes (8 %), vaina y hojas secas (20 %) y tallos limpios (72 %). Por cada 100 toneladas de azúcares totales que llegan a la planta, quedan dispersas en el campo 134 toneladas de residuos agrícolas, los cuales afectan a la productividad de los cañaverales (ICIDCA, 2008).

1.5. Buenas prácticas de Manufactura (BPM) para la producción más limpia en el sector azucarero.

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 un central azucarero se basan en la puesta en marcha de una serie de procedimientos destinados a mejorar y optimizar los procesos productivos y promover la participación del personal (Lee Morales, 2012).

1.5.1. Buenas prácticas ambientales (BPA)

Las BPA son un conjunto de acciones establecidas, pero que no son únicas, para lograr el mejoramiento y optimización de los procesos, promoviendo la participación del personal que labora en la empresa. 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 conocimientos, habilidades y actitudes para el mejoramiento de sus actividades laborales y hábitos de consumo de agua, energía y recursos. Los temas de capacitación básicos en una empresa son: la salud ocupacional y seguridad industrial, los procesos, insumos, residuos y subproductos, y la bioseguridad.

- Uso eficiente del agua: Utilizar mangueras de presión de agua en las operaciones de limpieza. Para optimizar esta actividad se puede establecer un procedimiento de limpieza, como el rehúso del agua y químicos o el uso de pistolas de agua de alta presión, que permiten reducir, significativamente el consumo de los insumos utilizados, obteniendo igual calidad e higiene y facilitan la limpieza.
- Uso eficiente de la energía: la energía es un insumo de gran utilización en las empresas azucareras, por la utilización de equipos eléctricos, producir calor en forma de vapor, enfriar, refrigerar, etc. Por lo mismo, 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.

1.6. Beneficios de la utilización de Producción más Limpia en el sector azucarero

Una razón por la cual se debe invertir en la Producción Más Limpia, es tratar de dar una solución a tiempo a los problemas de contaminación al medio ambiente y que no sea como una de tantas soluciones tradicionales de final de tubo, que por lo general representan altos costos (de diseño, construcción y operación), las anteriores opciones de aplicación en Producción Más Limpia están encaminadas a generar ahorros en materias primas o insumos, en el pago de multas por contaminación o mayores ingresos en la operación de un proceso (Laureiro Salabarría, 2009).

La adopción de la estrategia nombrada anteriormente para la aplicación de la Producción Más Limpia puede servir como punto de partida hacia un sistema de aseguramiento de la calidad, a través de las buenas prácticas de operación.

La empresa con producción más limpia puede mejorar el posicionamiento de sus productos contribuyendo a su promoción con rótulos que los identifican como productos “verdes”, “amigables con el medio ambiente”, o mediante los llamados sellos verdes o ecológicos. La aplicación de Producción Más Limpia en el sector azucarero genera los siguientes beneficios (Laureiro Salabarría, 2009):

- Disminución de los costos de tratamiento y disposición de residuos.
- Valorización de los residuos por la venta.
- Reducción de los costos de mantenimiento y limpieza.
- Reducción de los costos derivados de problemas de salud ocupacional.

- Ahorro en el pago de servicios de agua y energía.
- Mayor oportunidad de mejoramiento empresarial y logros de objetivos de calidad total empresarial que integren la responsabilidad por el medio ambiente con la seguridad industrial y la salud ocupacional.
- Mayor participación empresarial en la gestión ambiental.
- Mayor posibilidad de acceso a recursos de financiación para reconversión tecnológica.
- Mejoramiento de las relaciones con la comunidad y de la imagen pública de la empresa.

1.6.1. Ejemplos de oportunidades de P+L identificadas en el sector azucarero

Al aplicar técnicas de Producción más Limpia en el sector azucarero se pueden identificar oportunidades la cuales se resumen a continuación (Laureiro Salabarría, 2009):

- **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 la producción limpia, 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 y valorización de residuos**

- **Selección de la materia prima**

- En las materias primas se puede mejorar el sistema de control de calidad, en la recepción para verificar que se cumplan las especificaciones requeridas del proceso (por ejemplo: composición, propiedades físico - químicas, presencia de contaminantes potenciales, etc.).
- Optimización de operaciones de almacenamientos y manejo de materias primas, así como del control de inventarios para coordinar el volumen de las adquisiciones con los requerimientos de producción, teniendo en cuenta la vida útil de los recursos (muy importante en el caso de materiales biodegradables o químicamente inestables).
- Substitución de materia prima o de proveedor.
- Mejora en la preparación de la materia prima.

- **Selección de materiales de menor impacto ambiental**

- Sustituir materiales peligrosos o tóxicos por algunos menos nocivos para el medio ambiente.

- Usar materias primas e insumos que no generen residuos indeseados o peligrosos por ejemplo: usar briquetas de aserrín, carozo de coco o carbonilla de carbón como combustible.
- Preferir materias primas e insumos con menor cantidad de envoltorios o comprar a granel para reducir embalajes.
- Seleccionar insumos con vida útil más larga.
- Seleccionar materiales que, debido a sus propiedades, puedan ser utilizados varias veces o ser recuperados.
- En el caso de usar sustancias peligrosas, implementar las medidas necesarias para una gestión segura en las actividades de transporte almacenamiento y manipulación.

➤ **Modificaciones al proceso productivo e incorporación de tecnología.**

- Mejorar el diseño de los procesos, para permitir una mayor productividad y utilización de los recursos materiales y energéticos.
- Utilizar herramientas de optimización en las condiciones de operación con vistas a minimizar pérdidas.
- Incorporar controladores que permitan mantener las condiciones de operación del proceso cercanas a las óptimas.
- Al adquirir equipamiento, seleccionar aquellos que utilizan más eficientemente las materias primas, menos energía y que sean más limpios.

➤ **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.
- Desarrollo de programas permanentes de reconocimiento, evaluación y control de riesgos ocupacionales.
- Detección de áreas críticas.
- Optimización de parámetros operacionales.
- Mejora de compras y ventas.
- Mejora en el sistema de informaciones y entrenamiento.
- Mejora en el sistema de mantenimiento preventivo de equipamientos productivos.

➤ **Valorización de residuos.**

- Reutilización: consiste en el aprovechamiento del producto sin cambiar su forma o naturaleza original, convirtiendo así el residuo en un insumo para otro proceso productivo. Esta es la manera más eficiente de valorización de residuos, pues no requiere de tecnologías complejas ni de gasto energético, pero necesita que los residuos a ser rehusados posean características, semejantes u homologables.
- Reciclaje, consiste en la transformación de ciertos materiales en materia prima para procesos productivos, convirtiendo así un residuo en una materia prima. En este caso se requiere de energía para transformar estos residuos en productos buenos, por lo que resulta menos eficiente.
- Recuperación de materiales valiosos, consiste en rescatar algunos materiales desde las corrientes de residuos, cuyo valor supera el costo del proceso de recuperación.

➤ **Eficiencia energética en oficinas administrativas.**

- Pintar de colores claros las paredes internas y techos.
- Colocar chapas translúcidas en el techo para aprovechar iluminación natural.
- Apagar las luces cuando no sea necesarias.
- Sustituir lámparas incandescentes por lámparas fluorescentes.
- 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.
- Llevar un registro diario de consumo de combustible.
- Evitar las pérdidas de calor de combustión en los gases mediante la minimización del exceso de aire, manteniendo limpias las superficies de intercambio de calor e implementar el uso de equipo de recuperación del calor de los gases de combustión.
- Aprovechamiento del condensado de vapor, instalando un sistema de recuperación de condensado para reutilizar este en la caldera y así disminuir el gasto de combustible.

➤ **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.
- Recircular agua de refrigeración.
- Implementar equipo de lavado de canastas y bandejas.

Capítulo 2. Propuesta metodológica con enfoque de producciones más limpias.

2.1. Caracterización de la Empresa Agroindustrial Azucarera “14 de Julio”

La empresa, se encuentra situada al sur de los municipios de Rodas y Abreu y centro norte de la provincia de Cienfuegos, limita al norte con la Empresa Agroindustrial Azucarera 5 de septiembre del municipio Rodas, al este con Empresa Agroindustrial Azucarera Elpidio Gómez del municipio Palmira al sur con el poblado de Carolinas y Empresa de Cultivos Varios Juragua pertenecientes a los municipios de Cienfuegos y Abreu respectivamente y al oeste con áreas de la Empresa de Cultivos Varios de Horquita y Empresa Agroindustrial Azucarera Antonio Sánchez de los municipios de Abreu y Aguada de Pasajeros respectivamente.

2.1.1. Descripción de la Empresa Agroindustrial Azucarera “14 de Julio”

En cuanto a los recursos hídricos, la empresa cuenta con 3 cuencas superficiales en el sistema hidrológico, destacándose el río Damují, el río Jabacoa y el río Alcalde Mayor y otras fuentes subterráneas. El sistema de abasto de la empresa se satisface a partir de fuentes subterráneas, del canal Paso Bonito y de la micro presa Montalvo.

La Empresa Agroindustrial Azucarera 14 de Julio cuenta con un área total de 17 337,85 ha, de ellas dedicadas a caña de azúcar 10 807,89 ha y a otros cultivos 573,01 ha. El área actual bajo riego en caña es de 1 091,1 ha, que representa el 10 % del total del área dedicada a caña, de un potencial de riego de 3 566,60 ha y el área con mal drenaje es de 1 944,9 ha.

La empresa cuenta con una importante fuente contaminante de origen industrial, (lagunas de oxidación del central). Las actividades económicas fundamentales de la empresa se centra en la actividad agro - industrial, existe una industria azucarera, cuatro Unidades Básicas de Producción Cooperativa (UBPC), dos Cooperativa de Producción Agropecuaria (CPA) y una granja estatal.

La empresa cuenta con un capital humano calificado: 75 profesionales, de ellos 7 Máster en ciencias, 4 con categoría docente; 3 con Categoría de Instructor y 1 con Categoría de Asistente, con muchos años de experiencia y un gran nivel de especialización.

La multiplicación del conocimiento científico tecnológico con una dimensión ambiental, se realiza por vías formales a lo largo del proceso de capacitación a todos los niveles de la empresa, con el respaldo de la labor abnegada de los profesionales del propio sector azucarero que lo hacen posible en el amplio espectro de centros en el sistema de capacitación nacional de AZCUBA y los diferentes medios de difusión masiva existentes.

El sistema de Ciencia e Innovación Tecnológica de la empresa se caracteriza por tener estructura en el sector de I+D, dirigido por AZCUBA. La estructura organizativa cuenta con 15 grupos de dirección subordinados al Director General (**Anexo1**).

En las siguientes tablas se muestran la plantilla cubierta por categoría ocupacional y el nivel de escolaridad de estos.

Tabla 2.1. Plantilla de la Empresa Agroindustrial Azucarera “14 de Julio”

Personal Fijo	Plantilla	Cubierta
Obreros	645	645
Técnicos	120	120
Administrativos	5	5
Servicio	140	140
Dirigentes	33	33
Total	943	943

En la tabla se observa que la empresa cuenta con un total de 943 trabajadores donde el 68 % del total son obreros, es decir están directamente vinculados con la producción.

En la Tabla 2.2 se observa el nivel de escolaridad donde se evidencia que solo el 0,3 % menor de 6^{to} grado pero que no están vinculados con la producción, se refiere a auxiliares de limpiezas y trabajadores en la cocina. La mayor parte de los trabajadores tienen nivel de secundaria y preuniversitario aunque se trabaja con ellos para superar el nivel de escolaridad.

Tabla 2.2. Nivel de escolaridad de los trabajadores

Nivel Escolar	
<6to	3
Primario	17
Medio	718
Medio Superior	130
Superior	75
Total	943

2.1.2. Planeamientos Estratégicos del la Empresa Agroindustrial Azucarera “14 de Julio”

Objeto social: producir y comercializar de forma mayorista azúcares y mieles, derivados subproductos tales como cenizas, cachaza, bagazo, residuos agrícolas de la cosecha y otros provenientes de la agroindustria y energía eléctrica para el sistema de la Unión Eléctrica en pesos (moneda nacional).

Objeto Empresarial: producir y comercializar de forma mayorista azúcares y mieles, derivados, subproductos tales como cenizas, cachaza, bagazo, residuos agrícolas de la

cosecha y otros provenientes de la agroindustria y energía eléctrica en pesos moneda nacional.

Misión: Producir caña, azúcar y sus derivados para el mercado interno y la exportación de manera eficiente y contribuir al desarrollo del territorio, el batey y las comunidades agrícolas satisfaciendo las necesidades de nuestros trabajadores y favoreciendo el logro de la soberanía alimentaria, aportando energía eléctrica a partir del uso de la biomasa cañera como fuente renovable de energía y con un enfoque que garantice la sostenibilidad ambiental.

Visión: Aportamos al desarrollo de AZCUBA y se nos reconoce por nuestro elevado nivel de eficiencia en la producción de azúcar y derivados de la caña de azúcar, así como en la información y actualización de las tecnologías y métodos más novedosos que surgen y se aplican en la Agroindustria, por el correcto estudio y análisis de estos para su introducción en la empresa y el adecuado control de su implantación y puesta en marcha. Aseguramos el correcto desempeño ambiental de todas nuestras producciones y servicios. Logramos todos estos resultados con una elevada capacitación de Directivos, Técnicos y Trabajadores, comprometiéndolos y motivándolos bajo los principios del Desarrollo Científico Técnico.

La Empresa Agroindustrial Azucarera “14 Julio” es líder en eficacia y eficiencia en la producción de azúcar, pero deberá consolidar también las producciones de otros derivados y servicios, con una eficiente gestión de control sobre los recursos disponibles, bajos costos y ampliando a todas sus actividades a partir de la certificación de su Sistemas de Gestión de Calidad por la Norma ISO 9001. Esto le permitirá obtener un mayor valor agregado en sus productos y utilidades después de impuestos que contribuirán decisivamente al desarrollo sostenible del territorio. Los incrementos de la producción de azúcar por tonelada de caña, la eficacia de los mantenimientos y reparaciones industriales permitirán una reducción de los costos tanto en moneda nacional como en divisas. La consolidación del proceso de perfeccionamiento, la preparación de los cuadros, la motivación de los trabajadores y el desarrollo tecnológico, resultaran entre otros factores económicos los que favorecerán también la eficiencia económica.

Se puede apreciar que en la visión no hay una referencia al cuidado y preservación del medio ambiente a partir de la gestión ambiental con la implementación de la norma NC ISO 14001.

Régimen de funcionamiento: se labora durante un período de seis meses durante la zafra en horario continuo de 24 horas.

Clasificación: producción de alimento humano y animal y de energía renovable.

Clasificación por tamaño: mediano.

2.1.3. Principales productos o servicios de la Empresa Agroindustrial Azucarera “14 de Julio”

Azúcar crudo: buena calidad, cumple con la resolución 381 (2011) de azúcar crudo para exportación y no presenta contaminación microbiana.

- Miel final: se produjeron 9 377 t (8 674,32 t se utilizaron para la producción de etanol en la UEB Derivados Jesús Rabí y el resto en la producción de miel urea bagacillo).
- Miel urea bagacillo: se produjeron un total de 2 100 t que se utilizaron como alimento animal con un monto obtenido de 85 365 CUP.

Los productos que son facturados por la Empresa son: mieles finales, azúcar crudo, cachaza, y miel urea bagacillo como alimento animal.

Mercado: las producciones son comercializadas por Tecnoazúcar y por la Empresa para la exportación a terceros países y para el consumo nacional.

Capacidad productiva de la Empresa

En la Tabla 2.3 se presenta la capacidad instalada, real promedio y los días de operación de la Empresa Agroindustrial Azucarera “14 de Julio” del año 2023. Puede apreciarse que aún hay potencialidad para incrementar la capacidad de molienda diaria de la empresa de contar con las condiciones necesarias.

Tabla 2.3. Capacidad instalada, real promedio y días de operación de la Empresa Agroindustrial Azucarera “14 de Julio”.

Capacidades y días de operación	Año 2023
Capacidad instalada	2 990 t-día de caña de azúcar
Capacidad real promedio	2 093 t/d de caña de azúcar (209 t/d de azúcar)
Días de operación	60 días

2.2. Situación ambiental de la Empresa Agroindustrial Azucarera “14 de Julio”

2.2.1 Agua.

En la cuenca y sub cuencas en áreas de la empresa se encuentra ubicada una fuente contaminante puntual, (lagunas de oxidación), que genera diversos tipos de residuales y aportan al agua, tanto superficial como subterránea, altas cargas contaminantes de elementos químicos, biológicos, materia orgánica disuelta y/o en suspensión, agrava además la franja hidroreguladora de su embalse por el uso irracional del recurso agua.

- Una fuente clasificada de Regular con responsabilidad de Acueducto y Recursos Hidráulicos. Alcantarillado incompleto en Batey 14 de Julio.
- La fuente contaminante (lagunas de oxidación del central). La estación de bombeo no dispara los residuales para el sistema de riego instalado para fertirriego de las plantaciones cañeras aledañas a las mismas, por tanto, vierte al medio.

2.2.2 Suelo.

- **Degradación de los suelos.**

Las afectaciones fundamentales del suelo están dadas por un manejo inadecuado de este recurso que ha provocado la disminución de nutrientes y la deforestación con las secuelas que ello acarrea como el aumento de la erosión y de las inundaciones, cambios en el hábitat natural de especies de la flora y la fauna y deterioro general de la calidad ambiental con disminución en la producción de alimentos y recursos energéticos derivados de su uso.

En áreas de la empresa las afectaciones más agudas se presentan en:

- Áreas con manejo inadecuado del recurso suelo, que requieren de medidas de conservación.
- Áreas afectadas por procesos erosivos.

- Áreas donde existe incompatibilidad del potencial natural con el uso actual.

2.2.3 Aire.

La empresa no cuenta desde hace algunos años con el sistema de monitoreo atmosférico y de análisis químicos, debido a la falta de insumos, lo que ha provocado la interrupción por completo de la Red Aire Cuba.

Existen en la empresa algunas dificultades que generan contaminación en el recurso aire, lo que produce afectaciones a la salud humana con el incremento de las enfermedades respiratorias agudas o por contaminación sónica, debido a altos niveles de ruido. A continuación, se describen las principales fuentes de contaminación del recurso aire en la empresa:

- Un sistema obsoleto de transporte que generan diversos tipos de residuales y aportan al recurso aire altas cargas contaminantes, determinado por las emisiones gaseosas (productos de la combustión: CO₂, CO, NO₂SO₃, gases industriales, hollín).
- La industria genera una alta carga contaminante de ruidos, polvo, bagazos y malos olores.

2.3. Descripción del proceso de obtención de miel y azúcar

La fabricación del azúcar crudo comienza en la preparación de la caña para la molienda, la caña es llevada a un centro de limpieza por camiones y después es transportada en carros de ferrocarril hasta un basculador donde se descarga por uno de sus costados y cae por gravedad a una fosa o embudo. En este lugar es elevada por un conductor de esteras transportadoras de caña hasta los rompe bultos, los que comienzan a conformar el colchón de caña, luego pasa a los gallegos o niveladores, facilitándole el trabajo a las cuchillas, equipo encargado de fragmentar la caña y obtener valores de hasta un 90 % de índice de preparación lo que hace económicamente eficiente el consumo de los 800 KW que se demanda en esta importante etapa y que permite en definitivas obtener una extracción de jugo en la primera unidad de molida hasta valores próximos al 60 % de la extracción (González Santana, Aviléz Mendoza, & Domínguez Álvarez, 2016).

La molida se realiza básicamente con cinco molinos tipo Fulton con virgen inclinada. En esta etapa se obtiene el bagazo que es utilizado en las calderas como generador de vapor que representa aproximadamente el 25 % del peso de la caña molida y el jugo mezclado para la producción de azúcar crudo. La extracción del jugo mezclado oscila en el rango de

90-100% en dependencia del flujo de agua de imbibición y de la fibra de la caña (Jenkins, 1971). El vapor de las calderas es aprovechado para producir energía eléctrica a través de los turbogeneradores. Estos turbogeneradores producen además el vapor de escape (24 lb) que es utilizado en el proceso por los dos pre evaporadores de área total de transferencia de 25 000 pie² y que son los encargados de a su vez generar todo el vapor necesario en las áreas de evaporación, concentración y cristalización que le preceden (González Santana, Aviléz Mendoza, & Domínguez Álvarez, 2016).

El jugo proveniente de los molinos pasa a la etapa de alcalización (tanque calero), proceso en el cual se encala el guarapo por medio de la adición de lechada de cal diluida con una densidad de 2 °Be -4 °Be en una proporción que va desde 500 g - 650 g de óxido de calcio por toneladas de caña molida o de sacarato con una densidad de 12 °Be -15 °Be. La alcalización se realiza en frío antes de que el jugo sobrepase las etapas de calentamiento.

Posteriormente, el jugo es calentado de 102 °C - 106 °C en los calentadores para lograr una mejor mezcla en el tanque flash, y facilitar la formación del lodo en el clarificador; el tanque Flash está dotado de deflectores con el objetivo de lograr una mezcla homogénea entre el jugo y la cal, iniciándose así la reacción de $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$ precipitado que representa los núcleos de sedimentación en el clarificador. Con independencia del método a emplear la alcalización debe garantizar una estabilidad rigurosa del pH del jugo en un rango de variación máximo de 0,4 unidades entre los valores de 6,5 - 7,1.

La aplicación del medio alcalizante debería realizarse en condiciones que favorezcan un mezclado con el jugo lo más perfecto y vigoroso posible, para evitar zonas locales de diferentes pH que inciden negativamente en la calidad de la alcalización. En toda esta etapa de alcalización ocurren transformaciones químicas. El jugo alcalizado pasa por gravedad a un clarificador donde se forman los flóculos de fosfato tricálcico, que son los encargados de arrastrar las impurezas hacia el fondo y formar la cachaza, impidiendo que estas se disuelvan en las condiciones físicas que trabaja el equipo.

Los lodos del clarificador son llevados a un mezclador donde se le adiciona el bagacillo como medio filtrante en proporción suficiente como para formar una torta con buenas propiedades físico-mecánicas. El contenido de bagacillo en la mezcla debe estar en el orden

de 6-8 kg/ton de caña, lo que representa de un 10 % - 15 % en peso de la torta, estos lodos se caracterizan por tener un pH en el intervalo de 6-6.7. El jugo clarificado que proviene del clarificador con un pH de 6.7-7.1 pasa por el filtro de jugo claro, con el objetivo de eliminar el posible bagacillo en suspensión. Después de esta filtración se dirige a los pre-evaporadores donde ocurre una evaporación primaria a simple efecto. Estos operan a presiones relativamente altas (20 lb). Después continúa a los evaporadores a múltiple efecto donde ocurre una evaporación secundaria, consumen vapor de escape hasta 15 lb. Se evaporan 3.85 lb de jugo utilizando un cuádruple efecto. En este proceso se elimina la mayor cantidad de agua posible (González Santana, Aviléz Mendoza, & Domínguez Álvarez, 2016).

La meladura proveniente de los evaporadores que lleva a los tachos, donde se sigue concentrando hasta el punto en que aparecen los cristales de azúcar. Estos cristales de azúcar se siguen alimentando con meladura hasta alcanzar el tamaño adecuado para pulgar la templa, de esta pulga se obtiene el primer azúcar comercial y miel A, esta se utiliza para fabricar la templa de segunda y cuando se pulga se obtiene azúcar de segunda y miel B, esta miel B se utiliza para elaborar la templa de tercera de las cuales se obtienen azúcar de tercera (semilla) que se utiliza como base para la fabricación del azúcar comercial y miel de purga que se emplea para alimentos de animales. Las masas cosidas “A” y “B”, son descargadas en los cristalizadores de primera y segunda y la masa cosida “C”, en los cristalizadores de tercera, los cuales, una vez enfriada la masa contenida se descarga en las centrífugas, las que tienen la función de separar la miel de los cristales de azúcar. Esta es la última etapa de purificación; aquí se obtiene el azúcar de primera y de segunda, conformando el azúcar comercial; el azúcar de tercera se utiliza en la preparación de la semilla y la miel final que sale de la fábrica. El azúcar comercial sale de la centrífuga por un conductor de banda de goma de 40 pulgadas hacia un embudo o tolva, lugar debidamente preparado donde se envasa a granel en tolvas de ferrocarril para su posterior almacenamiento (González Santana, Aviléz Mendoza, & Domínguez Álvarez, 2016).

En la Empresa Agroindustrial Azucarera “14 Julio” la materia prima arriba al ingenio a través de 2 km de ferrocarril de vía estrecha, proveniente de un centro de limpieza, para ello se cuenta con 4 locomotoras TU-7 y 250 carros jaula. El bloque energético que opera a 18

kg/cm² y 310 °C, a partir de 3 calderas Evelmas modificadas y una planta eléctrica con 6.5 MW instalados. La planta moledora posee un tandem completamente electrificado y se compone de 5 molinos Fulton inclinados. El proceso de fabricación es capaz de producir por encima de las 374 t de azúcar cada día y para ello cuenta con una estación de calentadores que dan óptimo uso al vapor luego de las inversiones realizadas, cuentan con calentadores líquido a líquido, vampiros y Weber modificados, un clarificador BTR, un pre-evaporador de 10 800 pcsc, un quintuple de 28000 pcsc, seis tachos que funcionan al vacío, un cristalizador rápido de 3^{ra}, dos graneros, dos cristalizadores tradicionales de azúcar comercial y finalmente posee 4 centrífugas comerciales y otras 5 polacas para masa cocida B y tres centrífugas de doble semilla. Con los trabajos realizados con relación a la compactación del proceso el tiempo de retención disminuyó a 17,7 horas aproximadamente (Diagrama **de Bloque y flujo, Anexo 2 y 3 respectivamente**)

2.4. Metodología para la Evaluación de Producciones más Limpias

A partir de los estudios documentales se decide aplicar la metodología descrita por la Organización De Las Naciones Unidas Para El Desarrollo Industrial en 1999 (ONUDI/PNUMA) para valorar mediante una evaluación de producciones más limpias las problemáticas del proceso de obtención 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.

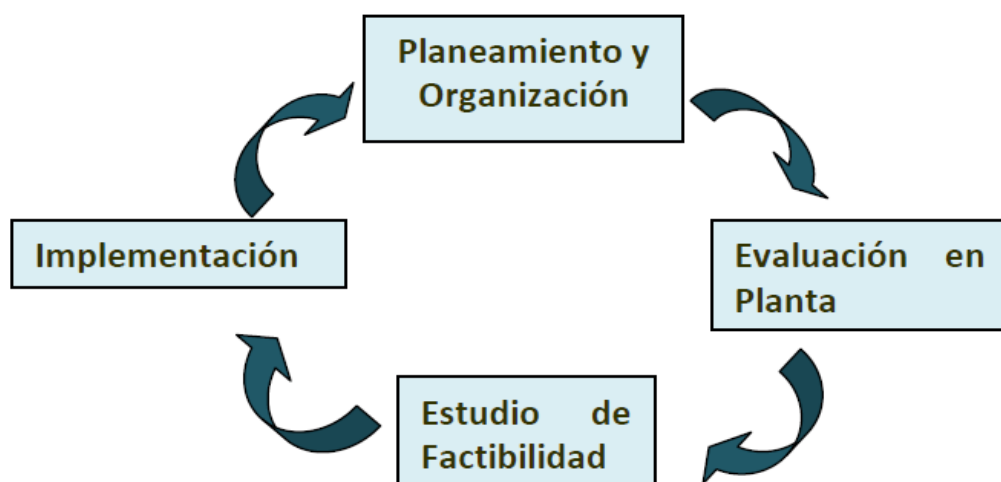


Figura 2.1. Etapas para la Implementación de P+L. **Fuente.** (Colectivo de Autores, 2007)

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**

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.

- **Establecer las metas de Producciones más Limpias**

Se establecen las metas a seguir en el programa con la participación de la dirección del centro y el equipo de Producciones más Limpias.

- **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 Preliminar

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, así como 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 tendrá que 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**

Aplicando esta técnica permite extraer la información de los expertos que conformen un grupo heterogéneo de forma tal que aseguren la validez de los resultados, permitiendo analizar las convergencias de opiniones en torno al problema que se investiga, ya que facilita a los expertos entrevistados opinar sin saber lo que los otros colegas han planteado, llegando así a un conjunto de ideas, reflexiones, criterios y consideraciones que inciden muy positivamente en la mejora del problema planteado.

Los pasos lógicos para la aplicación de la técnica son:

- **Concepción inicial del problema**

Identificado el inventario de problemas ambientales existente en la fábrica y a partir de una tormenta de ideas con técnicos y especialistas de la empresa y la participación equipo evaluador de Producciones más Limpias, se determina la prioridad de los problemas detectados que más impactan en el objeto de estudio.

- **Determinación del número de expertos**

El número de expertos M se determina empleando un método probabilístico y asumiendo una ley de probabilidad binomial $M = p (1-p)^k / i^2$ donde i es el nivel de precisión alcanzado, se recomienda entre 0,14 y 0,5, p es la proporción estimada del error y k una constante cuyo valor está asociado al nivel de confianza $(1-\alpha)$ seleccionado.

- **Selección de los expertos**

Los expertos son especialistas en el tema, que están de acuerdo en cooperar y en ofrecer información tanta veces como se solicita.

- Preparación de los cuestionarios

Una vez seleccionado los expertos, se diseña un cuestionario teniendo en cuenta el orden de prioridad y demostrando la importancia que se le concedió al requisito planteado. El cuestionario se diseña y aplica similar a una encuesta, pero solamente a los expertos.

- Procesamiento y análisis de la información mediante técnicas estadísticas

Luego de aplicada la encuesta se procede a realizar la tabulación de los datos, en dependencia de la votación de los expertos y se realiza la sumatoria de la puntuación dada por el evaluador en orden de prioridad de 1 al 8, demostrando la importancia que le concedió al requisito planteado.

- Agrupación de los criterios por orden de prioridad

Al aspecto de mayor importancia se le concede el mayor número de puntos y así en orden decreciente hasta 1 punto al de menor importancia. Esta matriz se presenta en la tabla: 2.4.

Tabla 2.4. Matriz con los datos de la desviación del valor medio.

Requisitos	Ponderación del Experto							ΣA_{ij}	Δ	Δ^2
	1	2	3	4	5	6	M			

M es el número de expertos, A_{ij} es el juicio de importancia del experto i sobre el requisito j, Δ es la desviación del valor medio que se calcula:

$$\Delta = (\Sigma A_{ij} - \tau)$$

τ = factor de comparación (valor medio de los rangos) que se calcula

$\tau = \frac{1}{2} M (K+1)$ donde K es el número de requisitos a evaluar.

- Nivel de concordancia

El valor que posibilita decidir el nivel de concordancia entre los expertos se determina por el estadígrafo Kendall ω . El valor w oscila entre 0 y 1. Valores mayores de 0,7 se deben

aceptar la decisión, valores entre 0,45 y 0,7 se debe continuar el análisis y valores menores de 0,45 se deben rechazar las decisiones de los expertos.

Se calcula el coeficiente de concordancia de Kendall.

$$\omega = 12 \Sigma \Delta^2 / M^2 (K^3 - K).$$

2.4.3. Estudio detallado.

El estudio detallado es la recopilación, validación y evaluación sistemática de los datos de proceso, el mismo se fundamenta en los datos e información sobre los principales problemas detectados por el criterio de experto en la evaluación preliminar, 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.

- **Análisis de la estabilidad de los procesos**

Para el análisis del proceso se toman los valores de las variables fundamentales que intervienen en el proceso objeto de estudio, en un periodo de tiempo determinado.

- **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.

- **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.

Para la realización de este plan de mejora se desarrollará a partir de la metodología 5W2H.

Como su nombre lo indica sirve para analizar una situación o un problema de una manera exhaustiva y precisa.

El acrónimo 5W2H significa what, why, where, when, who, how y how much, que traducido al español es qué, por qué, dónde, cuándo, quién, cómo y cuánto. A menudo también se escribe 5W+2H.

- ¿Qué? (What): Qué es lo que se quiere lograr.
- ¿Quién? (Who): Quiénes son los ejecutores o responsables de la actividad.
- ¿Cómo? (How): Cómo es planeada o realizada la actividad.
- ¿Por qué? (Why): Por qué esta actividad se considera necesaria.
- ¿Dónde? (Where): Dónde es planeada y realizada la actividad.
- ¿Cuándo? (When): Cuándo es realizada la actividad.
- Cuánto (How much?): Cuánto cuesta realizar la actividad.

El método 5W2H consiste en realizar estas 7 preguntas para hacer el diagnóstico de un problema. Así pues, el modelo 5W2H ayuda a determinar la causa raíz del problema y a encontrar su solución.

El origen de la metodología 5W2H es japonés, fue creado inicialmente para proyectos de gestión de calidad, como por ejemplo proyectos Lean Six Sigma. Actualmente el método 5W2H se usa para proyectos empresariales de todo tipo, pues es útil para resolver cualquier problema.

Ventajas:

- La metodología 5W2H puede usarse en cualquier situación, proceso o problema.
- Tiene en cuenta todos los aspectos del problema, ya que se realizan preguntas con las que se recopila mucha información.
- Ahorra tiempo en informes, presentaciones, reuniones y en (re)informar al equipo. Con solo 7 preguntas, los gerentes pueden resumir y comunicar cualquier tipo de problema de una manera que todos puedan entender.
- Es un método fácil de aplicar, no se necesita de un entrenamiento para poder implementarlo.

Desventajas:

- No es un método útil si no se conocen la mayoría de las respuestas a las preguntas.
- Se trata de una herramienta para resumir, por lo que puede que sea necesario añadir información más detallada al análisis.
- En ocasiones puede que las preguntas no sean fáciles de responder.

Por lo que en este trabajo se desarrollará con la metodología 5W1H porque no hay forma de cuantificar esas acciones.

CAPÍTULO 3. ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS.

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.

Para realizar una Evaluación de P+L en la Empresa Agroindustrial Azucarera “14 de Julio”, se realizó un estudio en la línea de producción de azúcar, en la misma se efectuó un reconocimiento de las distintas etapas del proceso, identificando los puntos críticos en el manejo de materias primas, agua y energía, así como la generación de residuos, determinado los efectos ambientales y económicos y las oportunidades de mejora.

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

3.1. Planeación y organización.

En esta etapa se establecieron las tareas indispensables para la implementación de una Evaluación de P+L y se realizaron 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 Empresa Agroindustrial Azucarera “14 de Julio” 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 determinó 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, energía, materia prima, y emisiones de gases, así como la carga contaminante a los pozos sépticos. Obteniendo el compromiso de la dirección de la Empresa, en apoyar con recursos y personal técnico, creando un equipo de Producciones más Limpias, y 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, 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 8 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 P+L.**

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.
- ✓ Documentación técnica actualizada muy escasa.
- ✓ Carencias de medidores de flujo, manómetros de presión en los procesos.

- ✓ Ausencia de metro contadores para el consumo de agua en el proceso.
- ✓ Tecnología con más de 30 años de explotación.
- ✓ Deficiente funcionamiento de la Planta de Residuales.
- ✓ Exceso de carga contaminante en los residuales líquidos.
- ✓ Falta de recursos para acometer nuevas inversiones.

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. Gestionar con las empresas competentes para la instalación de metros contadores para agua.
4. Caracterizar sistemáticamente los residuales de la planta.

- **Decidir el enfoque de la Evaluación de P+L**

El alcance del trabajo incluye el proceso de producción de azúcar perteneciente a la Empresa Agroindustrial Azucarera “14 de Julio”. El énfasis del mismo estuvo dado en reducir el consumo de materias primas y materiales auxiliares, así como ahorro de agua que intervienen en el proceso, disminuyendo los residuos líquidos y sólidos que se generan y encontrar posibilidades de reúso de ellos.

3.2 Diagnóstico del Proceso

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 desperdicios o residuos con posibilidades de ser reducidas o eliminadas. A continuación se relacionan las tareas realizadas:

- **Colectar y preparar la información básica**

En la obtención de azúcar se desarrollan varias etapas:

- ✓ Preparación de la caña.
- ✓ Extracción del jugo.

- ✓ Purificación de jugos.
- ✓ Evaporación.
- ✓ Cristalización.
- ✓ Centrifugación.
- ✓ Secado.

Teniendo en cuenta la diversidad de procesos específicos que componen el proceso tecnológico general para la producción de azúcar es evidente su incidencia en los consumos de materia prima, insumos de reactivos, consumos energéticos, consumos auxiliares y los costos generales de la fábrica. En tal sentido, se hará un diagnóstico de dicho proceso desde la visión de las Producciones más Limpias con el objetivo de identificar aquellas propuestas de mejoras que tributen al mejoramiento de dicho proceso y en consecuencia elaborar un plan de acción que le permita a la máxima dirección de la industria la implementación de estas. El estudio comenzará con el análisis de la materia prima:

Consumo de materias primas

En la recolección de la información se toman las entradas de materia prima al proceso productivo tomando como referencia el año 2023 para el estudio, resaltándose que el período de zafra contempla los meses diciembre – febrero. En la Tabla 3.1 se desglosan los datos.

Tabla 3.1. Comportamiento del consumo materia prima en la obtención de azúcar.

Materia Prima	Consumo Plan 2023	Real 2023	% cumplimiento
Diciembre	2 206,3 t	2 322,4 t	105
Enero	2 206,3 t	2 347,5 t	106
Febrero	2 206,3 t	2 358,0 t	106

Fuente. Elaboración propia con apoyo del Balance anual del Empresa Agroindustrial Azucarera “14 de Julio”. Año 2023.

Como fue mencionado anteriormente, en el proceso tecnológico existe un elevado consumo energético, teniendo en cuenta la variedad de equipos que intervienen en el mismo. A continuación, en la Tabla 3.2 se muestran los consumos por meses, plan y real.

- **Consumo de energía**

Tabla No. 3.2. Comportamiento energético. Año 2023.

Meses	Plan	Real	% cumplimiento
Diciembre	245 668 kW	141 046 kW	57,4
Enero	140 156 kW	116 583 kW	83,2
Febrero	140 156 kW	142 336 kW	101,6

Fuente. Elaboración Propia con apoyo del Cierre de eficiencia de. Año 2023

Analizando el comportamiento del consumo energético se observa un % de cumplimiento inestable, sin embargo, se debe resaltar que el plan inicial por lo general comprende todos los consumos preparatorios de las zafas, muchas veces inciertos o desconocidos, esto justifica la demasía con que se planifica. No obstante, el consumo real se comportó por encima del 50% de lo planificado. Mientras que en el mes de enero el cumplimiento real fue favorable, para degradarse finalmente en el tercer mes de zafra, como consecuencia de la liquidación, limpieza etc. Es meritorio mencionar que, a pesar de los altos consumos energéticos, estos no tienen un impacto mayor sobre los costos totales de la producción, si se conoce que dicha fábrica produce su propia energía eléctrica por cogeneración, luego del tratamiento de unos de sus residuales, el bagazo. Entonces será necesario concentrar la búsqueda de acciones en otros consumos con mayor incidencia. Tal es el caso de los consumos de agua. Es conocido que este recurso natural en gran medida es subsidiado por el estado, lo que hace que su costo no sea significativo y no guarda relación con el alto consumo del agua. Sin embargo, dicho consumo si tiene un marcado impacto ambiental, tanto desde su fuente, como por su disposición final. En la Tabla 3.3 se muestran los consumos de agua y su comportamiento respecto a las molidas.

- **Consumo de agua**

Tabla 3.3. Consumo promedio de agua para la producción

Meses	C/Molida	C/Agua Diario	Índice propuesto	Índice real
Diciembre	2 322,4 t	1 343,1 L	0,48	0,57
Enero	2 347,5 t	1 386,8 L	0,48	0,59
Febrero	2 358,0 t	1 401,5 L	0,48	0,59

Fuente. Elaboración Propia.

Analizando la tabla anterior se puede apreciar que los consumos reales siempre son mayores que lo planificado, esto indica que existe un sobreconsumo que no guarda relación con la producción. Entonces sobre este particular se debe buscar una propuesta de mejora y sus acciones pertinentes para evitar el sobreconsumo. En tal sentido, para la realización del diagnóstico, el autor de este trabajo estudió el objeto de investigación en el lugar, para conocer detalladamente el proceso, los parámetros de diseño, estándares y funcionamiento real. Previamente fueron explicados los objetivos del estudio y se recabó la autorización del director para el desarrollo del mismo y el acceso a la información.

Exploración y el recorrido en planta.

Al realizarse un recorrido se visitó el almacén de materias primas, el proceso, 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.

Etapas I: Identificación.

Tormenta de ideas: participaron 660 trabajadores que representan el 70 % 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 20 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: derrame de tanque del agua.
- Sistema contra incendio.
- 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 505 que representan el 53 % 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.

Etapla 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:

Para obtener la información se aplicaron las técnicas de la entrevista (**Anexo 4**) y la consulta con los expertos, cuya información permitió desarrollar el siguiente Diagrama de Ishikawa o Causa-efecto, (Figura 3.1).



Figura 3.1 Diagrama de causa-efecto del sistema de agua.

En el desarrollo de esta herramienta se reflejan las causas que provocan los excesos en el consumo de agua. Sin embargo, la causa “Factores externos” con sus sub-causas no inciden directamente en el consumo, entonces no serán efectivas las medidas correctivas que sobre ellas se tomen. Por ser cuestiones ajenas a la empresa, aun cuando encarecen el proceso del sistema del agua, no es posible actuar sobre ellas para mitigar su efecto negativo.

La causa “Régimen de mantenimiento” puede tener determinado impacto sobre los consumos por concepto de: inadecuado mantenimiento, por falta de recursos o por mala capacitación del hombre. Sin embargo, se pudo comprobar mediante las entrevistas que no es una causa de mayor peso, pues los procesos de mantenimiento tienen un adecuado control tecnológico y una alta prioridad por parte de la dirección, por tanto: los recursos no son un problema.

Resta entonces centrar el análisis y las acciones en las tres causas restantes y sus respectivas sub-causas. En el **Anexo 4** se muestra la encuesta realizada a los especialistas acerca de la situación del agua y las aguas residuales del Empresa Agroindustrial Azucarera “14 Julio”. Del análisis de las respuestas a esta encuesta se pudo apreciar que por ejemplo, el consumo de agua y emisión de residuales se realizan por estimación pues la Empresa no cuenta con metrocontadores. Por otra parte, los tomamuestras de los condensados no cuentan con enfriamiento, ni con un espectrofotometro y pH para realizar los análisis de los

condensados; por lo que los análisis de los condensados son cualitativos. Otros aspectos negativos detectados son que no se cumple con el índice de capacidad $0,11 \text{ m}^3/\text{tmc}$ para el agua condensada para usos tecnológicos; no se cuenta con cristalería y cantina para los ensayos que se necesitan, la trampa de sólidos no funcionan correctamente, no se cuentan con vasijas para los residuos de grasas y aceites, además de un cronograma de limpieza de las trampas y no existe un programa de eliminación de salideros de agua y vapor.

Por otro lado, se incrementó el consumo de agua con respecto al año anterior según Anexo 6 debido fundamentalmente por el uso de agua en el lavado de las centrifugas, exceso de limpieza en los pisos, enfriar cenizas con agua, lavado de autos y carros ajenos de la entidad. Como acción correctiva se actualizó la encuesta de agua del INRH según el pedido del grupo empresarial AZCUBA. Sin embargo, se aprovecharon los condensados puros e impuros en los procesos productivos de la Empresa en un total de $39\,750 \text{ m}^3$ y $26\,800 \text{ m}^3$, respectivamente. No obstante, se debe realizar un programa de eliminación de salideros, así como, una acción para la reutilización de las aguas industriales para otros usos, sin necesidad de incorporar agua desde la fuente.

El grupo empresarial AZCUBA tiene como norma que el consumo de agua en la industria sea de $0,19 \text{ m}^3/\text{t}$ caña molida. En la empresa 14 de Julio, en el período analizado la norma potencial de la industria fue de $124,7 \text{ t/h}$, mientras que el consumo de agua debía ser $23,69 \text{ t/h}$ de acuerdo con la norma. Sin embargo, en el momento de la evaluación el consumo de agua total fue de $35,02 \text{ t/h}$. Este valor es superior al estimado por la norma. Esto se debe entre otros aspectos al bajo aprovechamiento de la norma potencial que fue del 82%.

Para estimar el agua que se consume en el tándem, el análisis se basó en los valores de molida diaria, % de imbibición, humedad del bagazo, fibra en caña (%) entre otros, generalmente el agua de imbibición está entre 20-30% del peso de la caña que entra a proceso. Lo más usual es que el agua de imbibición que se le agregue al proceso sea el por ciento de bagazo que trae la caña. En este caso el consumo de agua en el tándem calculado fue de $25,39 \text{ t/h}$.

Otro elemento de consumo es la caldera, que a pesar de utilizar el agua del pre-evaporador no se autoabastece, por lo que hay que complementar con una reposición aproximadamente 5,25 t/h.

El balance de agua en un ingenio azucarero puede ser lo más adecuado en la medida que sean reutilizadas todas las aguas obtenidas en proceso, con el objetivo de disminuir el porcentaje de agua externa al propio proceso.

Etapa 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. La no existencia de metros contadores para agua en la instalación.
2. Insuficiente existencia de medios de medición y control.
3. Existencia de salideros de agua en la fábrica.
4. La gerencia no tiene dentro de sus prioridades el tema del uso racional del agua.
5. Insuficiente capacitación del personal que trabaja con el recurso agua.
6. No existe criterio de uso y reúso del agua en la empresa.
7. No están bien definidos los indicadores de eficiencia y eficacia del uso del agua.
8. La organización no posee una estrategia encaminada al control del recurso agua.
9. No existen estrategias para la aplicación de técnicas novedosas sobre el uso racional del agua.
10. No existen incentivos que motiven al personal para el uso eficiente del agua.

Tabla 3.4. 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 3.4 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. La no existencia de metros contadores para agua en la instalación.

Problema N° 2. Existencia de salideros de agua en la fábrica.

Problema N°3. No existe criterio de uso y reúso del agua en la empresa.

3.3 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 sobre las oportunidades de mejoras, utilizando la herramienta 5W2H, cuyo desarrollo tributará a lograr la implementación y cumplimiento de la estrategia de Producciones Más limpias en la Empresa Agroindustrial Azucarera “14 de julio”, lo cual se ve reflejado en la Tabla 3.4;

Tabla 3.4. Plan de acción por la Matriz 5W-2H para las oportunidades de mejoras.

Oportunidades de mejoras	
Acción estratégica 1. Gestionar con las empresas competentes para la instalación de metros contadores para agua.	
Responsables. El Director General	
¿Qué?	Proveer a la empresa de equipos para medir el agua.
¿Por qué?	Para evitar el sobreconsumo de agua
¿Quién?	La Dirección de Capital Humano en coordinación con la Empresa de Acueducto y Alcantarillado.
¿Cuándo?	En la zafra siguiente
¿Cómo?	Comprando metro contadores de agua
¿Dónde?	En la Empresa Agroindustrial Azucarera “14 de Julio” perteneciente al municipio de Rodas

Oportunidades de mejoras	
Acción estratégica 2. Eliminación de salideros	
Responsables. El Director General	
¿Qué?	Eliminar los salideros de agua
¿Por qué?	Para evitar el despilfarro de agua
¿Quién?	La Dirección de Capital Humano en coordinación con la Empresa de Acueducto y Alcantarillado.
¿Cuándo?	En la zafra siguiente
¿Cómo?	Sellando los salideros de agua
¿Dónde?	En la Empresa Agroindustrial Azucarera “14 de Julio” perteneciente al municipio de Rodas

Oportunidades de mejoras	
Acción estratégica 3. Reutilización de las aguas industriales	
Responsables. El Director General	
¿Qué?	Reincorporar al sistema las aguas residuales
¿Por qué?	Para lograr mayor aprovechamiento del agua
¿Quién?	La dirección de la empresa en coordinación con el tecnólogo del proceso
¿Cuándo?	En la zafra siguiente
¿Cómo?	Llevar a cabo la reconstrucción del sistema de evacuación de residuales de la fábrica.
¿Dónde?	En la Empresa Agroindustrial Azucarera “14 de Julio” perteneciente al municipio de Rodas

CONCLUSIONES

1. La revision bibliográfica permitió establecer los fundamentos teóricos de la investigación, las características de los procesos estudiados y las herramientas asociadas a la metodología de Producciones Más Limpias para desarrollar el estudio.
2. Se propuso una adaptación de la metodología de Producciones Más Limpias cuyo desarrollo permitió diagnosticar el proceso estudiado e identificar las propuestas de mejoras para elevar eficiencia del proceso tecnológico.
3. Para la implementación de las mejoras propuestas se estableció un plan de acción con la ayuda de la matriz 5W2H, lo que ayudara a la dirección de la industria en la mejor toma de decisiones.

RECOMENDACIONES

1. Continuar la búsqueda de nuevas propuestas tecnológicas y su implementación.
2. Generalizar por áreas las medidas aportadas mediante la matriz 5W2H

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Acosta Pérez, I., & Marrero Delgado, F. (2023). Producciones más limpias como contribución a la sostenibilidad. *Directivo al Día*.
- 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.
- 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). *El CITMA tiene la misión de dirigir, ejecutar y controlar la política del Estado y del Gobierno en materia de ciencia, tecnología, medio ambiente*.
- Cuellar, D. G. (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.

Derivados de la Caña de Azúcar (ICIDCA). (2008). X Congreso de Azúcar y Derivados de la Caña. Diversificación.

Enrique Penín, Y. A. (2010). *Análisis del proceso de obtención de alcohol extrafino en una destilería*. Centro Azúcar.

Félix, A. G. (2022). La caña de azúcar y sus derivados como factores claves para el desarrollo agroturístico en Ecuador. Sugarcane and its derivatives as key factors for agrotourism development in Ecuador. *Kalpana- Revista De Investigación*.

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, Peru.

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 Cienfuegos.

Laureiro Salabarría, J. A. (2009). METODOLOGÍA DE PRODUCCIÓN MÁS LIMPIA EN LA INDUSTRIA AZUCARERA. *Revista Centro Azúcar*.

Lee Morales, J. (2012). . *Opciones de Producción Más Limpia para Empresas Avícolas, Lácteas y Hoteleras*. Universidad de San Carlos de Guatemala.

Maqueira, C. (2002). La presencia de la concepción de Producción Más Limpia en la legislación ambiental cubana. *Revista electrónica de la Agencia de Medio Ambiente*.

Ministerio de Ciencia, T. y. (1998). *Elementos Metodológicos Para La Introducción De Prácticas De Producción más Limpia. Alternativas Para El Aprovechamiento Económico De Residuales*. Cuba.

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*.

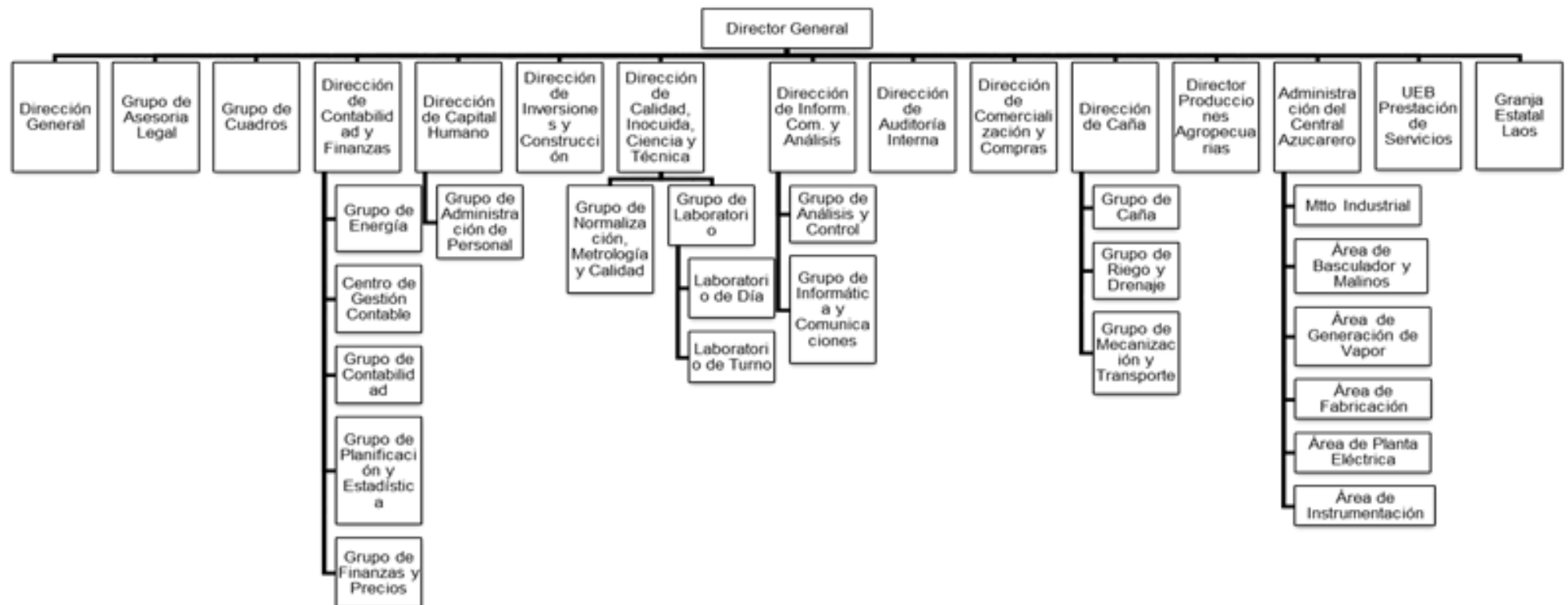
Nayarit, R. A. (2018). *La caña de azúcar es un cultivo perenne que se cultiva en Nayarit y suministra sacarosa para azúcar blanco o moreno*.

- Ochoa, G. (2007). *Las Producciones Más Limpias en la Gestión Empresarial*. (E. F. V. U. S. Cuba Ed.). Universidad de Cienfuegos. Félix Varela Universo Sur.
- Organización de las Naciones Unidas para el Desarrollo Industrial, (ONUDI). (1999). Manual de Producción Más Limpia. Organización de las Naciones Unidas para el Desarrollo Industrial ONUDI.
- ONUDI. (1999). *Manual de Producción Más Limpia*. Organización de las Naciones Unidas para el Desarrollo.
- Fonseca, F. H. (2019). *P+L. Producción más Limpia, concepto y antecedentes. Producción más Limpia*.
- Fonseca, F. H. (2018). *P+L. Producción más Limpia, concepto y antecedentes. Producción más Limpia*.
- Pataca Rodríguez, F., & Flores, E. (2022). Desarrollo sostenible desde la educación ambiental en Latinoamérica: Una revisión sistemática. *Ciencia Latina*.
- PNUMA. (2004). *La Producción Más Limpia y el consumo sustentable en América Latina y el Caribe*. México. México: Editorial y Litografía Regina de los Ángeles, San Simón Ticumac.
- PNUMA/IMA. (1999). *PML Un paquete de recursos de Capacitación*. México: Editorial y Litografía Regina de los Ángeles, San Simón Ticumac.
- 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*.
- Rengifo Medina, C. N., & Obando Peralta, E. C. (2022). Responsabilidad Social Empresarial y desarrollo sostenible. *Revista de Filosofía*.
- Rigola, M. (2006). *Producción+limpia*. Editorial Rubes.
- Sardiñas, G. O. (2011). Estrategia para uso racional del agua en la destilería dealcohol ALFICSA de Cienfuegos.
- Serrano Méndez, J. (2006). Agencia de Medio Ambiente del Ministerio de Ciencia Tecnología y Medio Ambiente. Universidad para todos. Protección Ambiental y Producción +Limpia,Suplemento Especial. La Habana: Editorial Academia.
- Sobrepera, R. (2007). *Sobrepera, Rita. Metodología para evaluar la gestión del agua en la producción y en los servicios*. Tesis d emaestria, Universidad de Cienfuegos, Cienfuegos.

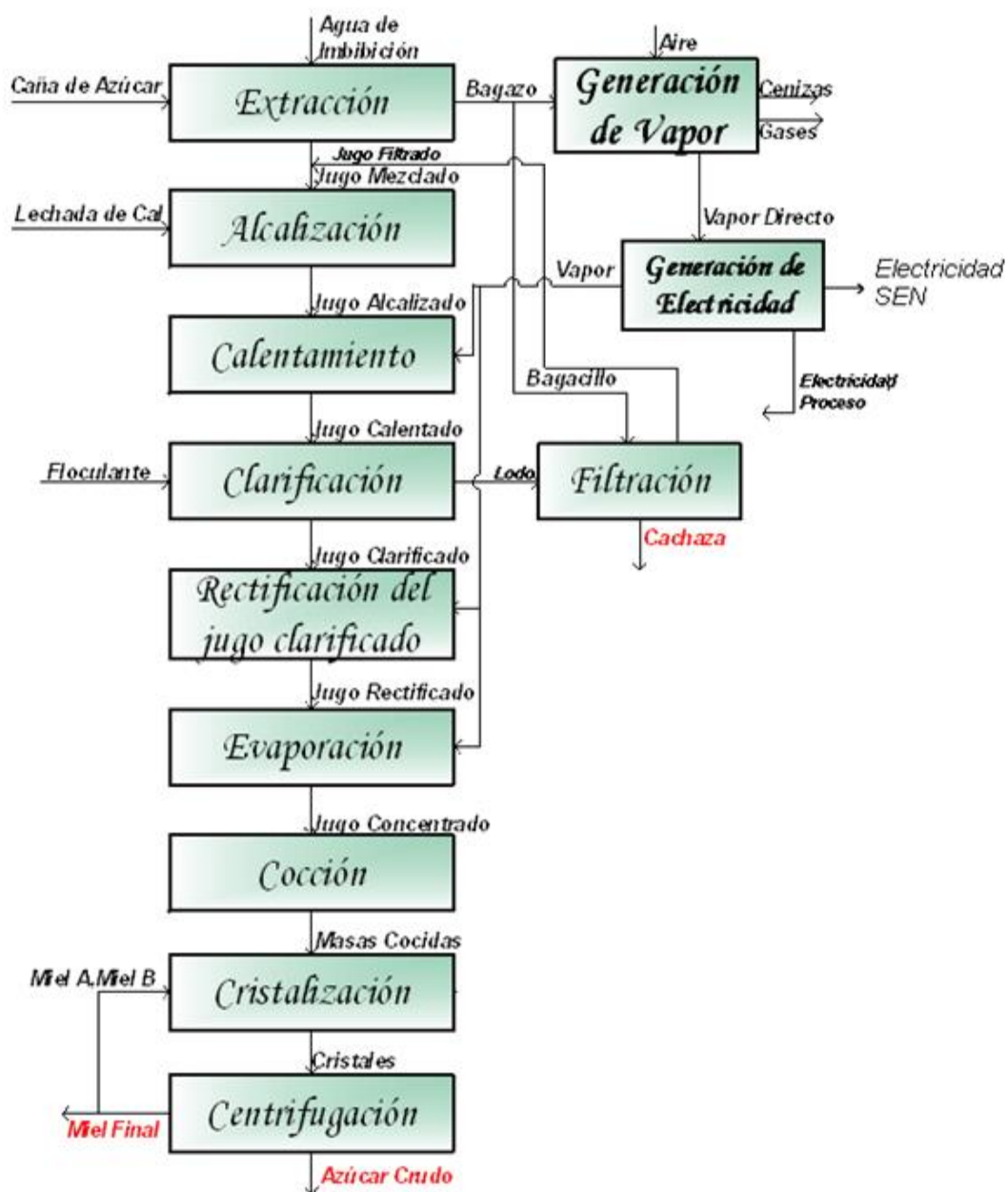
Tellez, Y. C. (2010). Analisis del proceso de obtención de alcohol extrafino en una destilería. *Centro Azúcar*.

ANEXOS.

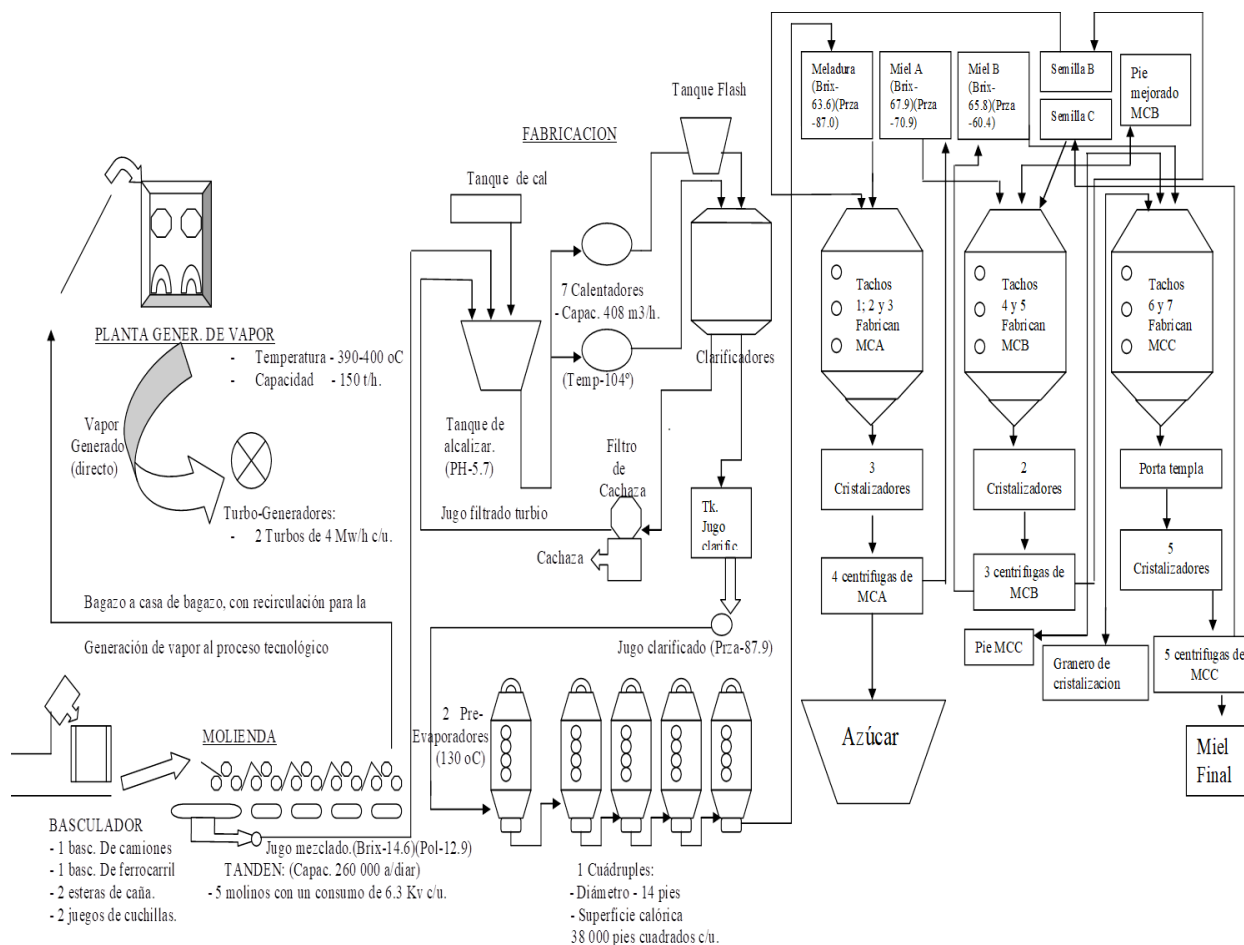
Anexo 1. Estructura organizativa de la Empresa Agroindustrial Azucarera“14 de Julio”.



Anexo 2. Diagrama de Bloque



Anexo 3. Diagrama de Flujo



Anexo 4. Guía para la entrevista.

Entrevista: La entrevista se desarrolló de forma verbal, con una selección aleatoria de 30 trabajadores entre obreros, dirigentes y administrativos. A cada uno se le explicaron los objetivos de la misma y la necesidad de la veracidad de la información. En la selección, se persiguió que ese personal tuviera una relación con el proceso tecnológico, para garantizar la calidad de las respuestas. Para la realización de esta técnica, se elaboró la siguiente guía de entrevista:

Como usted conoce estamos realizando una investigación relacionada con el funcionamiento del sistema de distribución y uso del agua, al que denominamos proceso del agua, en el cual usted labora. En tal sentido le agradecemos nos dedique unos minutos de su preciado tiempo para responder algunas preguntas.

1. Sistema de abastecimiento de agua a la entidad

-Cuál es la fuente y empresa de suministro del agua?

-Describa la red de suministro interno de la entidad de agua (cantidad de depósitos y bombas, existencia o no de metro contadores, puntos donde estos están instalados, material de las tuberías).

-Diga los tipos de muebles sanitarios y grifería instalados (inodoros tradicionales, inodoros de bajo consumo, fregaderos de pedal, regaderas y grifería de bajo consumo). Porcentaje de inodoros y grifería de bajo consumo?

-Cómo es el estado de la red hidráulica (estado de tuberías y accesorios, existencia de salideros, limpieza de los depósitos y frecuencia de la misma)?

2. Consumos de agua y métodos de control

-Cómo es el control de los consumos reales de agua (existe un registro de los mismos como práctica habitual, y su sistematicidad)?

-Diagrama de flujo con las entradas y salidas de agua en cada punto de los procesos industriales e instalaciones tecnológicas? En caso de que esté disponible.

-Cuál es el consumo de agua anual total y los índices de consumo por unidad (producto o servicio unitario, trabajador/día, etc.) en los últimos tres años, tal como aparece en la siguiente tabla, y comparar estos índices con los planificados y con la norma de consumo vigente en Cuba.

-En los casos en que los consumos excedan lo planificado o los índices establecidos en las norma, explique las causas.

-Medidas o programa que aplica la entidad para el uso eficiente del agua.

3. Calidad de las aguas y su control

-Existe una caracterización del agua de abasto, y si se ejecuta algún programa de muestreo o de monitoreo. Cuáles fueron los resultados, especificando las fechas de las campañas de muestreo, los puntos de muestreo, la entidad y el laboratorio que realizó el muestreo y análisis.

Anexo 5.

EMPRESA AGROINDUSTRIAL AZUCARERA “14 DE JULIO”

ENCUESTA APLICADAS A LOS EXPERTOS

28 de septiembre del 2023

Estimado Experto.

La Dirección de la Empresa está realizando una encuesta para conocer su opinión sobre los impactos ambientales detectado en la Empresa Agroindustrial Azucarera “14 de julio”, los cuales afectan las condiciones ambientales, ocasionando daños al ecosistema que rodea la fábrica, por lo que le pedimos responda a los aspectos que se presentan a continuación por orden de prioridad del 1 al 10.

El de mayor importancia se marca con 1 y así sucesivamente hasta 10 el de menor importancia.

Le agradecemos de antemano su colaboración.

Tabla 1. El cuestionario se diseña y aplica similar a una encuesta, pero solamente a los expertos.

Orden	Problemas identificados
1	La no existencia de metros contadores para agua en la instalación.
2	Insuficiente existencia de medios de medición y control.
3	Existencia de salideros de agua en la fábrica.
4	La gerencia no tiene dentro de sus prioridades el tema del uso racional del agua.
5	Insuficiente capacitación del personal que trabaja con el recurso agua.
6	No existe criterio de uso y reúso del agua en la empresa.
7	No están bien definidos los indicadores de eficiencia y eficacia del uso del agua.
8	La organización no posee una estrategia encaminada al control del recurso agua.
9	No existen estrategias para la aplicación de técnicas novedosas sobre el uso racional del agua.
10	No existen incentivos que motiven al personal para el uso eficiente del agua.

Muchas gracias.

Anexo 6. Consumo de agua

Consumos de agua	2020			2021			2022		
	Plan	Real	% cumpli	Plan	Real	% cumpli	Plan	Real	% cumpli
Total anual en m ³	369.643	228.609	62	388.851	244.362	63	360.800	256.645	71
Consumo en m ³ /unidad	0.60	0.63	105	0.60	0.59	98	0.60	0.87	145