

**UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA**

**FACULTAD DE ECONOMÍA Y PLANIFICACIÓN**



**“ALTERNATIVAS DE PRODUCCIÓN MÁS LIMPIA EN EL  
PROCESO DEL CULTIVO DE CAÑA DE AZÚCAR EN  
AGROINDUSTRIAS SAN JACINTO”**

**TRABAJO DE SUFICIENCIA PROFESIONAL PARA OPTAR EL  
TÍTULO DE ECONOMISTA**

**CLAUDIA CASTRILLÓN LIÑAN**

**LIMA – PERU**

**2021**

---

**La UNALM es titular de los derechos patrimoniales de la presente investigación  
(Art.24- Reglamento de Propiedad Intelectual)**

**UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA  
FACULTAD DE ECONOMÍA Y PLANIFICACIÓN**

**"ALTERNATIVAS DE PRODUCCIÓN MÁS LIMPIA EN EL  
PROCESO DEL CULTIVO DE CAÑA DE AZÚCAR EN  
AGROINDUSTRIAS SAN JACINTO"**

**PRESENTADO POR  
CLAUDIA CASTRILLÓN LIÑAN**

**TRABAJO DE SUFICIENCIA PROFESIONAL PARA OPTAR  
TÍTULO DE ECONOMISTA**

**Sustentado y aprobado ante el siguiente Jurado:**

.....  
**PRESIDENTE**  
Mg. Sc. Raquel Margot Gómez Ocorima

.....  
**ASESOR**  
Mg. Sc. Carlos Alberto Condori Argandoña

.....  
**MIEMBRO**  
Dr. Waldemar Fernando Mercado Curi

.....  
**MIEMBRO**  
Mg. Sc. Miguel Ángel La Rosa Salazar

**Lima - Perú**

**2021**

## INDICE GENERAL

	PAG
<b>Capítulo I: Introducción</b>	<b>1</b>
1.1 Problemática	2
1.2 Objetivos	4
1. Objetivo general	4
2. Objetivos específicos	4
<b>Capítulo II: Marco teórico</b>	<b>5</b>
<b>Capítulo III: Marco metodológico</b>	<b>10</b>
<b>Capítulo IV: Diagnostico de la producción de azúcar de la empresa Agroindustrias San Jacinto</b>	<b>14</b>
4.1. La empresa	14
4.2. Aspectos y efectos ambientales	15
4.3. Costos de producción	19
<b>Capítulo V: Solución y aplicación de la estrategia de producción más limpia</b>	<b>22</b>
5.1. Revisión de las opciones de producción más limpia	22
5.2. Planteamiento de la solución	23
<b>Capítulo VI: Conclusiones y recomendaciones</b>	<b>34</b>
6.1. Conclusiones	34
6.2. Recomendaciones	34

## INDICE DE TABLAS

	<b>PAG</b>
Tabla 1. Componentes de producción más limpia.	8
Tabla 2. Técnicas de recopilación de información.	12
Tabla 3. Técnicas de procesamiento de la información.	12
Tabla 4. Cuantificación de las emisiones atmosféricas.	17
Tabla 5. Valores permitidos vs. valores emitidos.	18
Tabla 6. Datos de producción según método de cosecha corte quemado manual.	20
Tabla 7. Costos de producción según método de cosecha corte quemado manual.	21
Tabla 8. Costos totales del método de cosecha corte quemado manual.	21
Tabla 9. Opciones PML.	22
Tabla 10. Participación por tipo de cosecha	25
Tabla 11. Toneladas de caña producidas por tipo de cosecha	25
Tabla 12. Costo total anual de cosechadoras.	26
Tabla 13. Principales variables de producción según método de cosecha	29
Tabla 14: Comparación de alternativas de solución	30
Tabla 15: Periodo de recuperación de la inversión	31
Tabla 16: Premisas para cálculo del VAN	31
Tabla 17: Calculo del VAN	32
Tabla 18: Cajas exportadas en el año 2019	32
Tabla 19: Costo por kg de palta	33
Tabla 20: Utilidad obtenida ASJ en el año 2019	33

## INDICE DE FIGURAS

	<b>PAG.</b>
Figura 1. Programa de producción más limpia.	11
Figura 2. Proceso del cultivo de caña de azúcar	15
Figura 3. Entradas y salidas del proceso de producción de azúcar	16

## **INDICE DE ANEXOS**

Anexo 1. Ficha Bibliográfica

Anexo 2. Datos Generales de la Empresa

Anexo 3. Producción de azúcar a partir de la caña de azúcar

## **LISTADO DE ABREVIATURAS Y DE SIGLAS**

Agroindustrias San Jacinto (AISJ).

AgroSanJacinto (ASJ).

Bolsas (bls).

Hectárea, hectáreas (ha).

International organization for standardization (ISO)

Kilogramo (kg).

Kilogramos por hectárea (kg/ha)

Litros (lts).

Metro cúbico (m<sup>3</sup>).

Microgramos (μg).

Microgramos por metro cúbico (μg/m<sup>3</sup>).

Micrómetros (mm).

Ministerio de agricultura (MINAG).

Ministerio del ambiente (MINAM).

Ministerio de la producción (PRODUCE)

Monóxido de carbono (CO).

Organización para las naciones unidas para el desarrollo industrial (ONUDI)

Presidencia del consejo de ministros (PCM).

Producción más limpia (PML).

Tonelada, toneladas (t).

Tonelada por hectárea (t/ha).

Valor actual neto (VAN).

## **RESUMEN**

Este estudio tiene como objetivo la evaluación de las alternativas de una producción más limpia en el proceso de cultivo de caña de azúcar de Agroindustrias San Jacinto, analizando los efectos ambientales y los costos de producción de cada método de cosecha, el cual permitirá obtener una mayor utilidad a la empresa. La información se recopiló en primera instancia, mediante entrevistas y la observación en campo de los diferentes procesos para la producción de azúcar, lográndose identificar los daños ambientales que genera la quema de caña de azúcar con el método de cosecha utilizado actualmente por la empresa que es el denominado “corte quemado manual”. El análisis consistió en la comparación de los costos de producción, entre las diferentes metodologías de cosecha, siendo, desde el punto de vista ambiental y económico, la aplicación de la estrategia ambiental de producción más limpia de corte verde mecanizado la que podría solucionar el problema de la contaminación, y por la que la empresa obtendría mayores beneficios económicos. Para esta implementación la empresa requerirá ocho máquinas cosechadoras, inversión que significa USD 1, 600,000.00, y por la cual se obtendría una utilidad anual adicional a la que actualmente tiene la empresa de USD 4, 532, 238.

**Palabras claves:** Industria, Impacto ambiental, Quema Caña de azúcar, Cosecha en Verde.

## **ABSTRACT**

This study aims to evaluate the alternatives for cleaner production in the sugarcane cultivation process of Agroindustrias San Jacinto, analyzing the environmental effects and production costs of each harvesting method, which will allow obtaining a greater utility to the company. The information was collected in the first instance, through interviews and field observation of the different processes for the production of sugar, being able to identify the environmental damage generated by the burning of sugar cane with the harvesting method currently used by the company that is the so-called “manual burned cut”. The analysis consisted of comparing production costs, between the different harvesting methodologies, being, from an environmental and economic point of view, the application of the environmentally friendly strategy of mechanized green-cut production that could solve the problem. pollution, and for which the company would obtain greater economic benefits. For this implementation, the company requires eight harvesting machines, an investment that means USD 1,600,000.00, and for which an additional annual profit will be obtained to what the company currently has of USD 4,532,238.

**Keywords:** Industry, Environmental Impact, Sugarcane Burning, Green Harvest.

## **CAPITULO I: INTRODUCCION**

La caña de azúcar es un producto cultivado principalmente en la costa peruana, en los departamentos de Lambayeque, La Libertad, Ancash, Lima y Arequipa, ocupando aproximadamente 140,000 hectáreas de cultivo; el rendimiento promedio nacional de producción de azúcar es de 140 toneladas (t) por hectárea (ha) por año, produciéndose azúcar blanca y rubia para el consumo doméstico y, azúcar refinada para el consumo industrial; como derivados de este proceso se obtiene bagazo que se utiliza para la producción de cajas de cartón y como fuente de calor para el abastecimiento de las calderas en el proceso productivo de la elaboración del azúcar, y melaza para la producción del alcohol y alimento de animales.

La producción azucarera nacional data desde el siglo XVI, cultivo que fue introducido por los españoles; desde entonces el Perú se ha convertido en un importante productor mundial que ha pasado por etapas de crecimiento y de contracción debido a diversos factores: climáticos, productivos y en algunos casos por modificaciones de la normatividad del sector, básicamente en la tenencia de la propiedad.

En la actualidad, la mayoría de las empresas azucareras han realizado inversiones en la modernización y ampliación de sus ingenios, lo que ha permitido el crecimiento de la producción nacional, produciendo 1,199 mil toneladas de azúcar durante el año 2020, en comparación a las 450 mil toneladas producidas en el año 1998 (Ministerio de Agricultura, 2013).

No obstante, el crecimiento de la producción de azúcar demanda una mayor cantidad de caña de azúcar para su molienda en los ingenios, hecho que impacta directamente en el proceso de cosecha, que en su mayoría se realiza bajo la técnica de la “quema de caña”, produciendo contaminación ambiental sobre las poblaciones aledañas, quienes se ven afectadas por los residuos que genera la quema de las plantas de caña de azúcar. Es esta problemática la que motivó investigar el proceso del cultivo de la caña de azúcar, específicamente la etapa de cosecha, con el fin de buscar alternativas que disminuyan el impacto ambiental negativo que genera la producción de azúcar.

Al respecto, la presente monografía expone la aplicación de la herramienta ambiental de producción más limpia (en adelante utilizaremos las siglas PML para referirnos al término de producción más limpia), con la finalidad de identificar los aspectos e impactos ambientales en el proceso de la cosecha de la caña de azúcar como consecuencia de su quema.

Entre los principales impactos ambientales del cultivo de la caña de azúcar se encuentran los efectos en el suelo, ríos y aguas subterráneas debido al uso de plaguicidas, de maquinaria agrícola; así también se generan emisiones contaminantes por la práctica de quema de caña de azúcar antes de la cosecha y el empobrecimiento de la diversidad biológica (vegetal y animal) por la expansión de este monocultivo. Esta realidad nos hace plantear las alternativas de solución que genere a la vez beneficios económicos para Agroindustrias San Jacinto (en adelante utilizaremos las siglas AISJ para referirnos al nombre de la empresa), para lo cual nos centraremos en analizar los costos de cada método de cosecha y la factibilidad técnica de la implementación de la mejor alternativa.

### 1.1. Problemática

Desde el siglo XIX empezó un problema que demoró en ser percibido, se trata de la contaminación ambiental. En muchos países ya se han dictado leyes de protección ambiental de tal manera que exigen a las empresas alinearse a ellas si es que desean seguir operando. En nuestro país también existe una legislación ambiental, la cual ha establecido parámetros de control de emisiones. Así existe el Decreto Supremo N° 074- 2001-PCM, Reglamento de Estándares Nacionales de Calidad Ambiental del Aire, el cual establece los estándares nacionales de calidad ambiental del aire y los lineamientos de estrategia para alcanzarlos progresivamente.

Sobre el tema ambiental se han desarrollado diferentes estrategias, como se ha mencionado anteriormente, algunas correctivas y otras preventivas, siendo estas últimas las más apropiadas y entre las que encontramos la de PML.

La PML se define como una estrategia ambiental preventiva e integrada, que se aplica a los procesos, productos y servicios con la finalidad de aumentar la eficiencia y, principalmente, reducir los riesgos para los seres humanos y el ambiente, generando de esta manera beneficio económico para la empresa (ONUDI, 2008).

Según Dance y Saenz (2016) refiere que la agroindustria azucarera es uno de los sectores de la actividad agropecuaria que influye negativamente en la contaminación del ambiente; siendo los principales impactos ambientales que se generan durante el proceso de cultivo de la caña de azúcar los siguientes:

- Emisión de aguas residuales como parte del proceso para producir.
- Residuos sólidos contaminados procedentes de la preparación de materia prima y de la purificación del extracto (lodos residuales, en el ingenio azucarero).
- Emisión de contaminantes atmosféricos procedentes de la quema (ceniza) del cultivo previo al corte.
- Compactación y salinización de suelos (campo).
- Alta residualidad de agroquímicos (fertilizantes y plaguicidas en campo). La presencia de plagas afecta anualmente alrededor de 400 × 10 ha de cultivo y para su control se emplea una gran cantidad de plaguicida (Rodríguez del Bosque et al., 2014).

De todos los problemas detallados en el párrafo anterior, los cuales impactan negativamente en el medio ambiente e incrementan la contaminación ambiental, será el de la emisión de contaminantes atmosféricos procedentes de la quema (ceniza) del cultivo de caña de azúcar previo al corte, el cual se realiza con el fin de eliminar las hojas y luego proceder al corte manual con mayor facilidad la que genera impactos ambientales negativos ya que contaminan el aire y los suelos.

Para mitigar todos los daños ambientales antes mencionados, en la Comisión Agraria del Congreso de la Republica, se encuentra el Proyecto de Ley N° 06243, cuyo objetivo es regular la gestión y manejo del cultivo de la caña de azúcar, en forma sanitaria y ambientalmente adecuada, prohibiendo su quema y promoviendo la minimización de sus residuos sólidos, con sujeción a los principios de prevención y mitigación de riesgos ambientales, así como priorizando la protección de la vida, la salud y el bienestar de las personas, que coadyuve al desarrollo y crecimiento sostenible del país. Este proyecto prevé un plazo máximo de un año de manera improrrogable a partir de la entrada en vigencia de la ley, de llegar a promulgarse, para la erradicación de la práctica de la quema controlada de la caña de azúcar previa a la cosecha.

Para cumplir el objetivo del proyecto de ley, que se encuentra pendiente de tratamiento en el Congreso de la República, se debe generar un plan de adecuación para la erradicación de la quema de caña de azúcar, cuya elaboración estaría a cargo del Ministerio de la Producción (PRODUCE), en coordinación con el Ministerio del Ambiente (MINAM) y los productores de caña de azúcar, ello con la finalidad de que la totalidad de los campos de cultivo de caña de azúcar cosechados actualmente bajo la modalidad de quema controlada sean cosechados mediante el procedimiento de cosecha mecanizada en verde u otro análogo creado o por crearse por la tecnología, el plan debe contener como mínimo los mecanismos de adecuación de componentes de fábrica, de campos, de maquinarias, de minimización de los residuos sólidos u otros que determine la autoridad competente.

AISJ con el fin de mitigar los daños ambientales y poder cumplir con la normativa nacional, asignó la labor de evaluar la aplicación de la mejor alternativa de PML a dos miembros de la gerencia de administración y finanzas (Jennifer Holguín – Claudia Castrillón) quienes, mediante una evaluación técnica y económica, determinaron la mejor alternativa de cosecha que permitirá un mayor incremento en la utilidad, por la disminución de los costos y a la vez de fácil aplicación para la empresa en el corto plazo, respetando así la legislación ambiental.

## **1.2. Objetivos**

### **Objetivo general**

Evaluar las alternativas de una producción más limpia en el proceso de cultivo de caña de azúcar de Agroindustrias San Jacinto según el método de cosecha a utilizar analizando los efectos ambientales y los costos de producción de cada método.

### **Objetivos específicos**

1. Determinar los efectos ambientales según el método de cosecha utilizado en la producción de caña de azúcar en Agroindustrias San Jacinto
2. Analizar los costos totales de producción de caña de azúcar según el método de cosecha a utilizar de las opciones de producción más limpia en Agroindustrias San Jacinto.

## CAPITULO II: MARCO TEORICO

El marco teórico de la estrategia de producción más limpia, tiene como antecedentes las diferentes estructuras de las teorías que han estudiado las fuentes de la ventaja competitiva en el comercio, así como la economía ecológica, las cuales se detallan a continuación:

Adam Smith, considerado como el más importante exponente de la teoría económica clásica, expuso en su obra ‘La riqueza de las naciones’ el concepto de la mano invisible, entendido como el egoísmo natural de las personas que contribuirá a la riqueza de las naciones, donde se reconoce que las actividades humanas, la riqueza y por tanto la economía, dependían del medio físico en el cuál se encontraban insertados; así, el incremento de la actividad industrial, las necesidades de confort y calidad de vida de la sociedad, han dado lugar a una sobre explotación de los recursos naturales, principalmente del agua y de un excesivo consumo de energía, generando a su vez un medio ambiente frágil y cada vez más amenazado (Abad, 2011).

Michael Porter (1979), considerado como el padre de la estrategia competitiva, tiene entre sus obras el modelo de las cinco fuerzas, el cual demuestra que el atractivo del sector industrial no solo depende de los competidores directos, sino también de la existencia de sustitutos, de los competidores potenciales, de la fuerza de clientes, proveedores y del juego de las barreras de entrada y salida. Estas fuerzas establecen que la posición competitiva se determine por el valor agregado que atribuyan los actores interesados (clientes, inversionistas, trabajadores, proveedores) a la empresa y sus productos. Dicho valor agregado y el poder de negociación sobre el mismo, determinan la fuerza competitiva que tendrá la empresa para contrarrestar las amenazas futuras de aparición de nuevas empresas o de productos sustitutos (Abad, 2011).

Nicolás Georgescu Roegen (1971), es considerado el padre de la economía ecológica moderna, quien incorporó las leyes de la termodinámica especialmente la segunda, que se refiere a la entropía, esta ley termodinámica indica que el aprovechamiento de las cualidades de los recursos naturales, tiene límites, a su vez, esta ley implica que a medida que los recursos naturales son transformados, pasan de un estado de baja entropía a uno de alta entropía. Cuando la entropía es baja, la materia puede transformarse en productos útiles para el ser humano ocurre lo contrario con niveles altos de entropía. En términos económicos convienen niveles bajos de

entropía ya que los materiales pueden ser transformados en cosas útiles, con menos inversión de energía. La baja entropía se asocia a una alta calidad de los recursos, y la alta entropía a lo contrario. (Hernandez, 2008).

La PML como teoría, se enfoca en la mejora de procesos y productos, con el fin de evitar problemas ambientales antes que ocurran, entendiéndose como la aplicación continua de una estrategia ambiental, preventiva e integrada a los procesos productivos, que permite aumentar la eco eficiencia reduciendo los riesgos relevantes a los seres humanos y al medio ambiente.

La experiencia comparada ha demostrado que, a largo plazo, la PML es más efectiva desde el punto de vista económico y más coherente desde el punto de vista ambiental, en relación con los métodos tradicionales de tratamiento “al final del proceso”. Las técnicas de PML pueden aplicarse a cualquier proceso de producción y contemplan desde simples cambios en los procedimientos operacionales, de fácil e inmediata ejecución, hasta cambios mayores que impliquen la sustitución de materias primas, insumos o líneas de producción por unas más limpias y eficientes, en Estados Unidos, es definida por la Pollution Prevention Act. de 1990, como el uso o modificación de procesos o prácticas que reduce o elimina la creación de contaminantes.

El propósito general de la PML es incentivar y facilitar el aumento de la competitividad y el desempeño ambiental de las empresas, apoyando el desarrollo de la gestión ambiental preventiva para generar procesos de producción más limpios, incluyendo el uso eficiente de la energía y el agua. La política de PML, representa un eslabón que articula la política ambiental con la política de desarrollo productivo, expresando así una importante dimensión de la estrategia de desarrollo sustentable, teniendo en cuenta que las tecnologías ambientales convencionales trabajan principalmente en el tratamiento de residuos y emisiones generados en un proceso productivo (Mejía, 2001).

Según el Centro de Producción más Limpia de Nicaragua (2017), la PML tiene tres principios fundamentales; precaución, prevención e integración. A continuación, se detalla cada uno de ellos.

**Principio de precaución:** señala la reducción de agentes antropogénicos en el ambiente, esto implica esencialmente un rediseño sustancial obligatorio del sistema

industrial de producción y consumo, que depende hasta ahora de un fuerte procesamiento de materiales.

**Principio de prevención:** indica la búsqueda adelantada de cambios en la cadena de producción y consumo. La naturaleza preventiva de la PML exige que la nueva solución reconsidere el diseño del producto, la demanda del consumidor, los patrones de consumo de materiales y, ciertamente, la base material completa de su actividad económica.

**Principio de integración:** una de las dificultades con la solución preventiva, es la integración de medidas de protección ambiental que constituyan verdaderos procesos integrados para la reducción de contaminantes. Al reducir la necesidad de emisiones de tales sustancias en el ambiente, se brinda una protección integrada a todo el medio ambiente.

Estos principios tienen como finalidad minimizar las emisiones de residuos tóxicos, minimizando el daño ambiental y a la salud de las personas, elevando la competitividad de las empresas, a través de cinco acciones:

- Minimización y consumo eficiente de agua y energía.
- Minimización de insumos tóxicos.
- Minimización del volumen de todas las emisiones que genere el proceso productivo.
- El mayor reciclaje posible en la planta.
- Una menor producción de desechos y derivados del proceso de producción.

Las prácticas usuales de PML las conforman ocho opciones, los cuales se detallan en la tabla 1 y son:

- Sustitución de Insumos.
- Mejor control de los procesos.
- Modificación del equipo.
- Cambio de tecnología.
- Reutilización, recuperación y reciclaje in situ.
- Producción de subproductos útiles.
- Reformulación/rediseño del producto.

**Tabla 1: Componentes de producción más limpia**

<b>Componente</b>	<b>Beneficios</b>
Buenas practicas operativas	Procedimientos de organización y métodos
	Prácticas de gestión
	Segregación de residuos
	Mejor manejo de materiales
	Cronograma de producción
	Control de inventario capacitación
Sustitución de insumos	Insumos menos tóxicos
	Materiales renovables
	Materiales auxiliares que aporten un tiempo de vida más largo en producción
Mejor control de los procesos	Procedimientos operativos e instrucciones de los equipos disponibles y redactados en forma clara de manera que los procesos se ejecuten más eficientemente y produzcan menos residuos y emisiones
	Registro de las operaciones para verificar cumplimiento de especificaciones de procesos
Modificación del equipo	Mejor equipo
	Mejores condiciones de operación
	Equipo de producción e instalaciones de manera que los procesos se hagan con mayor eficiencia y se generen menores residuos y emisiones
Cambio de tecnología	Cambios en la planta
	Mayor automatización
	Mejores condiciones de operación
	Tecnología nueva
Reutilización, recuperación y reciclaje <i>in situ</i>	Reutilización de materiales residuales dentro del mismo proceso para otra aplicación en beneficio de la empresa
Producción de sub productos útiles	

Continúa en la siguiente página.

Transformación del residuo en un subproducto que puede ser vendido como insumo para empresas en diferentes sectores del negocios

---

Reformulación/rediseño del producto

Diseño con menor impacto ambiental durante o después de su uso

Diseño con menor impacto ambiental durante o después de su producción

Incremento de la vida útil del producto

---

Fuente: Centro de eco eficiencia y responsabilidad social (2008).

### **CAPITULO III: MARCO METODOLOGICO**

El marco metodológico se basa en el programa de implementación de la PML, el cual está compuesto por cinco etapas:

- Planeamiento y organización.

Esta fase consistió en dar a conocer a la Gerencia de Administración el plan de trabajo a realizar y presentar la herramienta ambiental denominada PML, con el objeto de evaluar su viabilidad técnica, ambiental y financiera.

- Auditoria de PML.

Se recolectó información de la empresa de las gerencias de campo, fábrica y producción, para conocer las actividades productivas y los procesos en cada una de ellas. Identificándose los aspectos e impactos ambientales más significativos en la producción de caña de azúcar, principalmente en el sub proceso de cosecha.

- Estudio de factibilidad

Cada uno de las ocho opciones de la PML fue identificado y analizado, determinándose cuál era la mejor alternativa de implementación, siendo factible para la empresa en base al análisis de los costos de producción de cada método de cosecha.

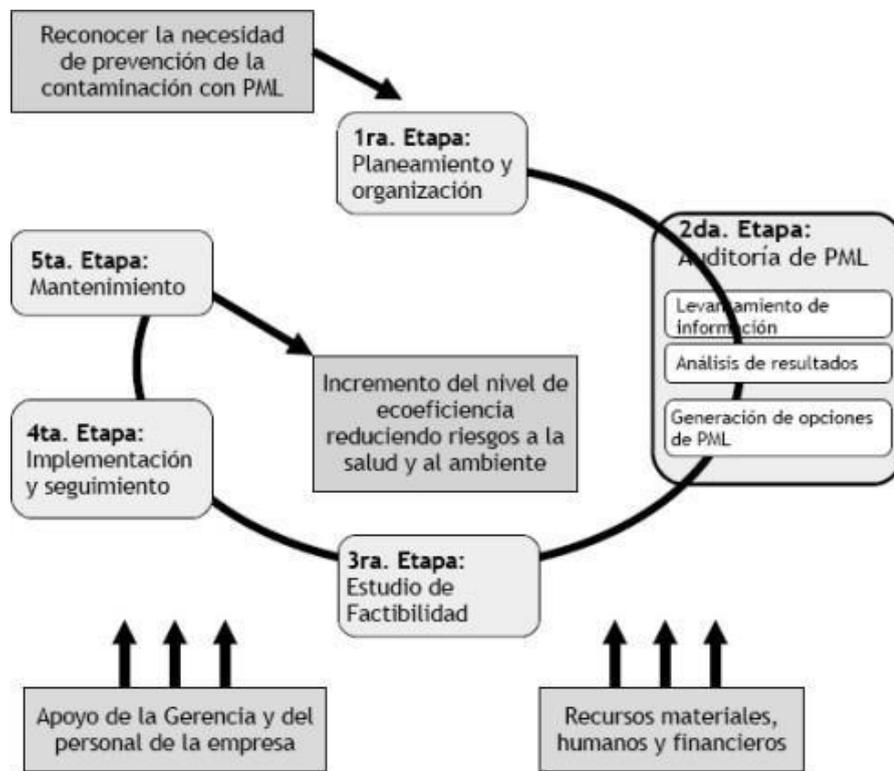
- Implementación y seguimiento.

Se fundamentó la mejor opción escogida de la alternativa de PML en el proceso de sub cosecha de caña de azúcar, elevándose a la Gerencia de Administración y Finanzas de Agroindustrias San Jacinto para su implementación.

- Mantenimiento.

AISJ hasta el año 2019 continuó con la implementación de la alternativa de producción más limpia, con el fin de disminuir la contaminación ambiental causada por la quema, no se ha podido expandir el ámbito de esta medida a mas hectáreas de cosecha debido a que en los últimos cinco años se priorizaron las mejoras en campo y fabrica, además de la creación de una nueva unidad del negocio orientada al desarrollo de cultivos de agro exportación como la palta, mango y el arándano para lo cual han cedido hectáreas de caña.

En la figura 1 se muestra cada una de las etapas de la implementación de la PML y como se articulan entre ellas.



**Figura 1: Programa de PML**

Fuente: Centro de eco eficiencia y responsabilidad social, 2008.

Las técnicas de recopilación y procesamiento de la información utilizadas en cada una de las etapas de la implementación de la PML para realización del presente trabajo de detallan a continuación:

- Técnicas de recopilación de información

En la tabla 2, se detallan las técnicas de recopilación de información utilizadas en el desarrollo de la monografía y fueron las siguientes:

- Investigación bibliográfica: Se generó la ficha bibliográfica (anexo 1) para la búsqueda de información en internet y en el archivo documentario de la empresa.
- Revisión documentaria: revisión reportes de producción, de rendimiento, de costos de las gerencias de campo y fábrica, los mismos que nos permitieron elaborar la propuesta de la alternativa de PML.
- Observación directa: observación del subproceso de cosecha, con el fin de

identificar los aspectos ambientales generados diariamente según el método de cosecha empleado mediante visitas al campo y fábrica.

**Tabla 2: Técnicas de recopilación de información**

<b>Variab</b> les	<b>Técnica</b>	<b>Instrumento</b>	<b>Informante o fuente</b>
Herramientas	Investigación bibliográfica	Ficha bibliográfica (Anexo 1)	Biblioteca física o virtual
	Observación directa	Visitas a campo y fábrica	Superintendente de servicios agrícolas AISJ
	Revisión documentaria	Memorias AISJ, reportes de campo, fabrica	Superintendente de administración AISJ

Fuente: Elaboración propia

- Técnicas de procesamiento de información

Se hace referencia a las técnicas de procesamiento de la información utilizadas en la monografía en la tabla 3.

**Tabla 3: Técnicas de procesamiento de la información**

<b>Objetivos</b>	<b>Técnica</b>	<b>Instrumento</b>	<b>Resultado</b>
Diagnosticar	Registro y recolección de datos	Diagrama de bloques	Método actual de cosecha
Determinar	Revisión documentaria	Costos por cada método de cosecha	Costos de producción por cada método de cosecha
Aplicar	Indicadores	Análisis de costos de producción por cada método de cosecha	Costos de producción por cada método de cosecha
Determinar	Revisión documentaria	Costos bolsa 50 kg por método de cosecha	Utilidad
Evaluar	Comparación	Utilidad= Ingresos - Costos	Mayor utilidad comparado al método actual

Fuente: Elaboración propia

- Limitaciones.

Limitaciones ambientales, al no existir otro tipo de investigación del método de cosecha en verde no es posible comparar los beneficios y disminución de los impactos ambientales con otras empresas azucareras del país.

Limitaciones sociales, las poblaciones aledañas a AISJ no tiene conocimiento del nuevo método cosecha en verde empleado, por lo que no es posible medir el nivel de conformidad de los pobladores.

## **CAPITULO IV: DIAGNOSTICO DE LA PRODUCCION DE AZUCAR DE LA EMPRESA AGROINDUSTRIAS SAN JACINTO**

### **4.1. La empresa.**

AISJ, es una de las diez empresas productoras de azúcar en el Perú. Se encuentra ubicada al norte del país, a 430 km. de Lima, específicamente en el valle de Nepeña, distritos de Nepeña y Samanco, que pertenece a la provincia de Santa del departamento de Ancash

### **Capacidad de producción**

Para explicar la capacidad de producción se describirá de forma separada las áreas de campo y fábrica:

#### **Campo**

La empresa cuenta con 10,422 ha en el valle de Nepeña y 5,292 en el valle de Chinecas; Éstas últimas no están disponibles puesto que se encuentran invadidas y están en proceso negociación. De las primeras, las que son cultivables para la caña de azúcar son 6,000 ha, de las cuales 5,000 ya están sembradas y las otras 1,000 en preparación de terreno.

Dado que la demanda de fábrica, requiere más caña de la que sus propios campos pueden proporcionar, es que recurren a proveedores externos llamados “Sembradores” quienes abastecen aproximadamente el 30 por ciento de la caña de azúcar que se procesa en la fábrica, de esa manera la empresa suma 7,000 ha de caña cultivada entre campos propios (5,000 ha) y de sembradores (2,000 ha).

Es importante agregar que la empresa asesora a los sembradores de caña durante el cultivo a fin de garantizar un buen rendimiento del campo en cuanto a cantidad de caña y porcentaje de sacarosa, cuyo valor promedio de la empresa es de 12.5 por ciento, con un rendimiento promedio de 99.09 t/ha, y 6.98 por ciento de materia extraña, este valor está directamente relacionado con el método de cosecha que se emplee, AISJ realiza el método convencional denominado corte quemado manual.

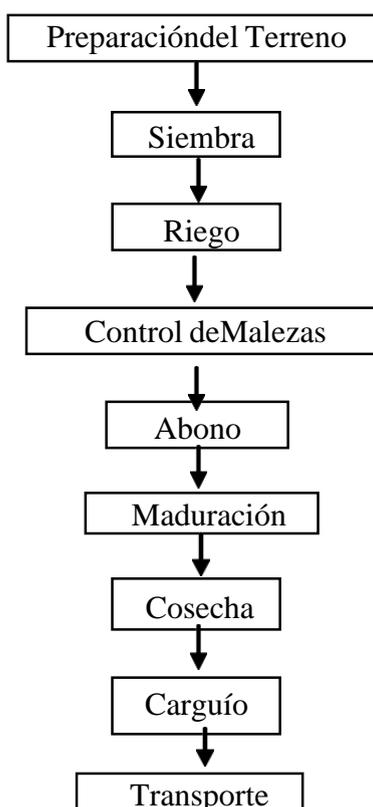
## Fábrica

Tiene una fábrica con capacidad para procesar 3,505 toneladas de caña diaria. Cabe destacar que el proceso de fábrica cuenta con un Certificado ISO 9001:2000. La producción de azúcar es de 285 toneladas diarias, se produce principalmente azúcar rubia, la cual se almacena en silos para ser envasada dentro del almacén de productos terminados, presentándola al mercado en sacos de 50 kg que representan el 80 por ciento de su producción, el resto es envasado en tamaños de un kg y de cinco kg, el principal canal de distribución de la azúcar producida son los mayoristas.

### 4.2. Aspectos y efectos ambientales

#### Selección del proceso

El proceso seleccionado es el cultivo de caña de azúcar, que tiene nueve sub procesos, los cuales van desde la preparación del terreno hasta el transporte de la caña cortada del campo a la fábrica, en la figura 2 se exponen los subprocesos y con mayor detalle en el anexo 3:



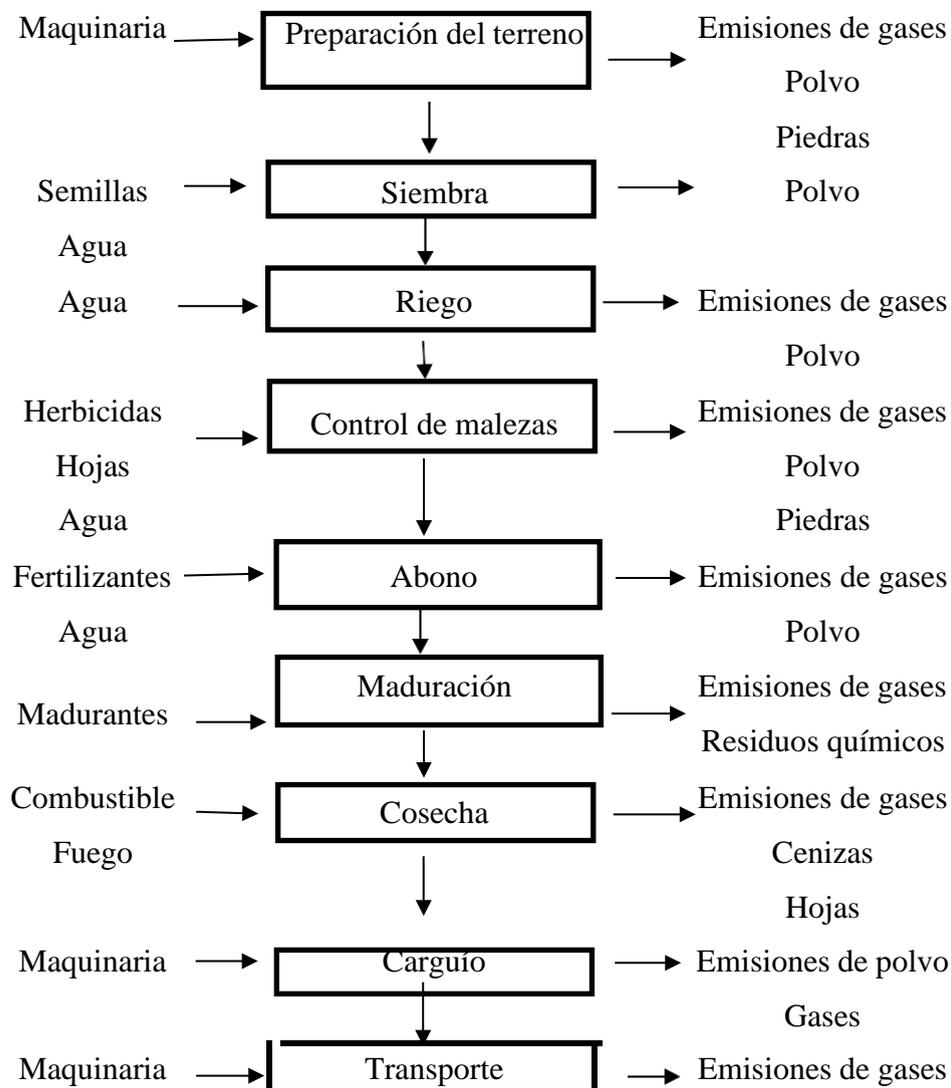
**Figura 2: Proceso del cultivo de caña**

Fuente: Elaboración propia sobre la base de información de la empresa AISJ

### Entradas y salidas del proceso

Teniendo en cuenta lo descrito en el punto anterior, se mostrarán las principales entradas y salidas de cada subproceso. En esta fase no es necesario cuantificar la información, pero debemos identificar todas las entradas y salidas como producto o desecho en cada uno de los subprocesos, aunque se repitan en dos o más operaciones en la figura 3 se observa en detalle lo arriba mencionado.

Es así que, para el proceso de preparación de terreno el *input* sería la maquinaria como por ejemplo subsoladores, retroexcavadoras, etc. que se utilizaría para realizar dicha labor y por la cual se obtendría emisión de gases, polvo; para el proceso de cosecha se necesitaría de combustible y fuego el cual generaría emisión de gases, cenizas hojas.



**Figura 3: Entradas y salidas del proceso de producción de azúcar**

Fuente: Elaboración propia sobre la base de información de la empresa AISJ

## Efectos ambientales

Es en la cosecha donde se genera mayor daño para el medio ambiente, debido a la práctica de la quema de caña, identificándose dos principales impactos ambientales, los cuales explicamos a continuación.

### Contaminación del aire

Según el Centro de Investigación de la Caña de Azúcar de Colombia el subproceso de la cosecha produce una gran contaminación en el aire, generando más de 30 t/ha de dióxido de carbono que es uno de los gases de efecto invernadero que está incrementando la temperatura de la tierra, así también este subproceso produce monóxido de carbono y material particulado cuyas cantidades se exponen en la tabla 4, la quema de caña representa el 72 por ciento más de emisión de partículas y un 65 por ciento más de la emisión de monóxido de carbono (CO) que la requema de la caña.

**Tabla 4: Cuantificación de las emisiones atmosféricas**

Fuente	Partículas kg/ha	CO kg/ha
Quema de Caña	76	822
Requema	44	496

Fuente: Elaboración propia sobre la base de información del centro de investigación de la caña de azúcar de Colombia

El CO, es un gas incoloro e inoloro que en concentraciones altas puede ser letal. En la naturaleza se forma mediante la oxidación del metano, que es un gas común producido por la descomposición de la materia orgánica. La principal fuente antropogénica de monóxido de carbono es la quema incompleta de combustibles. Para que se complete el proceso de combustión es necesario que haya cantidad adecuada de oxígeno, cuando este es insuficiente se forma el monóxido de carbono, que es entonces un peligroso contaminante, que finalmente se oxida a dióxido de carbono.

Desde la mitad de la década de 1980, varios países incluyeron en sus normas sobre material particulado a las partículas con menos de 10 micrómetros de diámetro aerodinámico (PM 10; nuevo parámetro que corresponde a la fracción particulada de un tamaño menor de 10 micrómetros (mm) de diámetro aerodinámico, que sustituye al

parámetro de Partículas totales en suspensión, este parámetro es denominado micrómetros de diámetro aerodinámico). A mediados de 1990, las normas sobre material particulado consideraron no solo al PM10 sino también al material particulado con menos de 2.5 micrómetros de diámetro aerodinámico (PM 2.5)

El estado peruano estableció mediante DS 074 – 2001 – PCM los valores promedio de CO y PM 10 para ocho horas diarias y son los que se detallan a continuación en la tabla 5.

**Tabla 5: Valores permitidos vs. valores emitidos**

<b>Partículas</b>	<b>Valores permitidos</b>	<b>Valores emitidos</b>
<b>CO</b>	10,000 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	822,000 $\mu\text{g}/\text{m}^3$
<b>PM 10</b>	50 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	25,333 $\mu\text{g}/\text{m}^3$

Fuente:- Elaboración propia sobre la base del Reglamento de estándares nacionales de calidad ambiental del aire

Los resultados evidencian el grave daño que la operación de quemado de caña está generando en el aire, situación que además causa problemas en la salud sobre las poblaciones asentadas alrededor de las áreas de este cultivo debido a lo siguiente:

- Inhalación de partículas irritantes que pueden interferir en el funcionamiento pulmonar, agravando enfermedades tales como la bronquitis crónica y el asma bronquial.
- El monóxido de carbono en los seres humanos afecta el suministro de oxígeno en el torrente sanguíneo. Normalmente, los glóbulos rojos transportan el oxígeno por todo el cuerpo. Cuando hay monóxido de carbono, este atrae más a los glóbulos rojos que al oxígeno, lo que da lugar a la escasez de oxígeno en la sangre, el efecto a corto plazo es similar a la sensación de fatiga que se experimenta en altura o cuando se padece anemia.
- El monóxido de carbono también puede afectar la oxigenación del corazón y cerebro, incrementando el riesgo en pacientes con enfermedad arterial coronaria.
- Se ha establecido que las hojas maduras de la caña de azúcar contienen fibras de sílica biogénica acicular de 0.85 micras diámetro y de 10 a 300 micras de largo, que al ser sometidas a la quema se liberan, teniendo implicaciones de carcinogénesis entre los trabajadores. El cáncer del esófago y mesotelioma pleural que podrían tener algunos cortadores de caña de azúcar, puede estar relacionada con la exposición a formas

aciculares de sílica biogénica emitidas por la quema.

- Además, las partículas pueden contener sustancias carcinógenas que generan el desenlace de varios tipos de cáncer.

### **Contaminación del suelo**

La práctica de quema no sólo genera serios problemas de salud, sino que disminuye la productividad de los suelos, y los compacta, lo cual implica una mayor dependencia de insumos y maquinaria. La degradación de los suelos se manifiesta principalmente en la pérdida de materia orgánica, compactación y en algunas zonas el incremento de la salinización. La materia orgánica del suelo contiene virtualmente toda la reserva de nitrógeno para la nutrición vegetal y proporciones considerables de fósforo y azufre.

Ejerce un efecto favorable sobre las condiciones físicas del suelo y dota de alimento a la población microbiana edáfica. Su comportamiento en el suelo es dinámico y juega un papel importante en el mantenimiento de la fertilidad del suelo agrícola, así como en la recuperación de aquel que ha sido degradado, convirtiéndose en el elemento que soporta y dinamiza la vida del suelo. La quema de la caña, aparte de incrementar la temperatura en el suelo y disminuir considerablemente la cantidad, diversidad y actividad de los micro y macro organismos, priva al suelo de la posibilidad de incorporar gran parte de la materia orgánica que este mismo contribuyó a formar y podría volverse a reciclar dentro del proceso productivo manteniendo la capacidad productiva del suelo (Molina, 2000).

### **4.3. Costos de producción**

Para la exposición de los costos de producción de azúcar, AISJ se mostrará de manera independiente el costo de cosecha y de manera consolidada el resto.

Los costos dependen de muchos factores, principalmente de los siguientes:

- Metodología de cosecha, influye en la cantidad de azúcar en la caña, así como en la cantidad de materia extraña que se lleva a la fábrica.
- Materia extraña, rendimiento del campo, cantidad de sacarosa, rendimiento de extracción en molinos de fábrica, rendimiento de retención de sacarosa en fábrica.
- Dado que la cosecha ha resultado ser el subproceso más crítico en cuanto al impacto

ambiental, es importante mencionar más datos detallados en la tabla 6, a fin de luego comparar económicamente los resultados de las mejoras a proponer para solucionar este problema de contaminación, para la cosecha bajo la metodología que actualmente se realiza.

- El proceso de cosecha actual en AISJ es realizado con un corte manual luego del quemado de caña.
- La producción estándar bajo esta modalidad de un cortador es de 6 t/hombre/día.
- En promedio de cosecha es 24 hectáreas por día, necesitando entonces 412 cortadores de caña diariamente.
- La operación del corte de caña esta tercerizado y cuesta S/. 4.5 por tonelada cortada (incluye materia extraña).
- El rendimiento de extracción en los molinos es de 95 por ciento y el de retención de sacarosa en fábrica de 87 por ciento.
- Otros datos a considerar están contenidos y calculados en la tabla 6.

**Tabla 6: Datos de producción según método de cosecha corte quemado manual**

<b>Variable</b>	<b>Quemado manual</b>
t de cana bruta/ha	99.09
% materia extraña	6.98%
t de caña neta/ha	92.17
% Sacarosa	12.50%
toneladas de sacarosa	11.52
t de sacarosa extraídas en molinos	10.95
t de sacarosa retenidas en fabrica	9.52
% de sacarosa obtenida	82.65%
bolsa /hectárea	190.45
bolsa 50 kg de azúcar / t de caña bruta	1.92
<b>Producción anual de bolsas 50 kg</b>	<b>2,018,880</b>

Fuente: Elaboración propia sobre la base de información de la empresa AISJ

En la tabla 7 se puede observar los costos de campo y fabrica por tonelada de caña, el cual es de S/ 90.80 y el costo por bolsa de 50 kg de S/ 47.24.

**Tabla 7: Costos de producción según método de cosecha corte quemado manual**

<b>Costos</b>	<b>Costo/ha</b>	<b>Costo/t caña bruta</b>	<b>Costo / bolsa 50 kg</b>
Cosecha	S/ 445.90	S/ 4.50	S/ 2.34
Otros sub - proceso de Campo	S/ 6,166.78	S/ 62.23	S/ 32.38
<b>Costo total en campo</b>	<b>S/ 6,612.68</b>	<b>S/ 66.73</b>	<b>S/ 34.72</b>
Costo total en fábrica	-	S/ 24.07	S/ 12.52
<b>Costo total de producción</b>	-	<b>S/ 90.80</b>	<b>S/ 47.24</b>

Fuente: Elaboración propia sobre la base de información de la empresa AISJ

En la tabla 8 se detallan los costos de campo y fabrica, así como los gastos administrativos, de venta y financieros para determinar el costo total por bolsa de 50 kg de método quemado manual el cual es S/ 69.43.

**Tabla 8: Costos totales del método de cosecha corte quemado manual**

<b>Costo de producción Bolsa 50 Kg.</b>	<b>Quemado manual</b>
Costos de campo	S/ 34.72
Costos de fábrica	S/ 12.52
Gastos administrativos	S/ 12.05
Gastos de ventas	S/ 0.85
Gastos financieros	S/ 9.29
<b>Total costo / bolsa de 50 kg</b>	<b>S/ 69.43</b>

Fuente: Elaboración propia sobre la base de información de la empresa AISJ

## CAPITULO V: SOLUCION Y APLICACIÓN DE LA ESTRATEGIA DE PML

La solución de este problema de contaminación fue desarrollada aplicando la estrategia de PML, a través de las siguientes etapas de revisión y planteamiento de las opciones de PML.

### 5.1. Revisión de las opciones de PML.

Existen ocho opciones de PML, en la tabla 9 se explica cada una de estas.

**Tabla 9: Opciones de Producción Más Limpia**

Opciones de PML	Descripción
Mejor Control del proceso	<p>Actualmente hay un control por cada subproceso y en lo que se refiere a la cosecha se evalúa los rendimientos operativos, pero no se está midiendo el impacto ambiental que está generando.</p> <p>No se cuenta con procedimientos escritos del proceso de cosecha ni con instrucciones de uso.</p> <p>Si bien documentar la forma como se procede y llevar los controles respectivos es relevante, para este problema específico de la quema de caña esta opción no lo soluciona la primera instancia.</p>
Buenas prácticas operativas	<p>Actualmente no se propone medidas y/o programas administrativos o instituciones para minimizar desechos en el subproceso de cosecha de caña; estas medidas se podrían basar en prevención de pérdidas, separación de desechos, programación de cosecha, etc.</p> <p>Podría ser ejecutada a partir de la implementación de otra opción de PML de cambio para eliminar la quema en el proceso de cosecha de caña de azúcar.</p>
Utilización eficiente de la energía	<p>Para la quema de la caña de azúcar se utiliza el calor a través de lanzallamas, los cuales se alimentan de combustible; se podría proponer optimizar el uso de combustible mediante reguladores de dosificación.</p> <p>En el presente estudio se investigará alternativas que buscan eliminar la contaminación por la quema de caña de azúcar, por lo que esta opción se podría utilizar a futuro en la aplicación eficiente de las fuentes de energía que se requieran con la solución que resulte.</p>

Continúa en la siguiente página

Sustitución de materiales	Existen variedades de caña que tienen la particularidad de poder deshojarse con mayor facilidad, logrando minimizar el trabajo de los operarios, mejorando en gran medida la eficiencia en la cosecha aplicando el corte verde. Sin embargo, la caña a cultivar se escoge generalmente por el tipo de suelos y por los nutrientes que estos contengan, por lo que su aplicación deriva en un estudio sobre la factibilidad de poder sembrarla tomando en consideración que el precio de esta es superior a la caña de azúcar que actualmente se cultiva.
Reutilización y reciclaje	Las hojas que quedan luego del quemado y corte de la caña actualmente son requemadas. Podría utilizarse como abono en el mismo campo, como alimento para ganado o como combustible en las calderas de fábrica.
Modificación del producto	Actualmente la caña cosechada aplicando la quema contiene un alto porcentaje de materia extraña y además su rendimiento es afectado por efecto de este mismo proceso.
Modificación del equipo	Mejorando el rendimiento y bajando el porcentaje de materia extraña en la caña de azúcar cosechada, se conseguiría mayor productividad en la fábrica.
Cambios Tecnológicos	La solución al problema debe conducir a un cambio en la metodología actual de la cosecha de caña de azúcar, teniendo como alternativa el uso de maquinaria. Por lo tanto, esta opción será considerada como parte de la solución, elaborado sobre la base de los resultados obtenidos por otras empresas azucareras en otros países.

Fuente: Elaboración propia

## 5.2. Planteamiento de la solución

Analizando el proceso de cultivo, a través de cual se concluyó que es en la cosecha donde mayor contaminación se produce, se determinó después de la revisión de las opciones de la PML, la referente al cambio tecnológico es la que se empleará en la presente evaluación, esto significa que se implementará la quema de caña de azúcar usando el método ecológico, llamado también corte blanco, corte verde o cosecha en verde, que es la cosecha sin quemar, la cual se explica a continuación:

## Cambio en el subproceso de cosecha: cosecha verde

El corte verde es actualmente una práctica bien aceptada debido a los beneficios que esta presenta, tales como:

- Disminución de la contaminación ambiental.
- Mejora de la estructura de los suelos y fertilidad.
- Menores requerimientos tanto de agua como de herbicidas y fertilizantes.
- Mayor rendimiento de azúcar.

El corte verde se puede realizar manual o mecanizado.

- Corte verde manual

La cosecha manual de la caña es indispensable en zonas donde las máquinas no pueden operar debido a condiciones adversas de lluvias y de alta humedad en el suelo, o de topografía irregular con presencia de rocas. Mediante este método el cortador junta con sus brazos varios tallos y los corta por la base con el machete, luego quita las hojas, descola y apila la caña cortada. Con este tipo de corte la caña queda muy limpia.

- Corte verde mecanizado:

Significa el uso de máquinas cosechadoras de caña, cuyo valor unitario es de USD 200,000.00 (doscientos mil dólares) y sus gastos de mantenimiento anual ascienden al 12 por ciento de dicha inversión, requiriéndose un operador por cada máquina. El desempeño de las máquinas puede estar limitado por la pendiente de los campos, por la presencia de gravas o piedras en la superficie del terreno y por la posibilidad de encharcamiento cuando ocurran lluvias ligeras.

Para optimizar el corte verde en cualquiera de sus métodos, es deseable que la caña tenga un alto deshoje natural o facilidad para la remoción de las hojas adheridas a los tallos, resistencia al volcamiento, o en caso de que este ocurra que las cañas no se enreden.

En la actualidad la empresa cuenta con tres máquinas cosechadoras, las cuales fueron compradas entre los años 2012 y 2018; durante los últimos cinco años se ha incrementado el porcentaje de cosecha mecanizada quemada y verde de acuerdo a lo representado en la tabla 10, de la cual podemos observar que el porcentaje de tipo de cosecha manual mecanizada ha disminuido de 69 a 59 por ciento, y la cosecha mecanizada ya sea quemada o verde ha ido aumentando en un tres por ciento para la primera y un seis por ciento para la segunda.

**Tabla 10: Participación de las maquinas cosechadoras por tipo de cosecha**

<b>Participación por tipo de cosecha</b>	<b>2015</b>	<b>2016</b>	<b>2017</b>	<b>2018</b>	<b>2019</b>
Cosecha manual quemada	69 %	71 %	63 %	57 %	59 %
Cosecha manual verde	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %
Cosecha mecanizada quemada	31 %	25 %	31 %	34 %	34 %
Cosecha mecanizada verde	1 %	4 %	5 %	9 %	7 %

Fuente: Elaboración propia sobre la base de información de la empresa AISJ

Así también, en la tabla 11 se detallan los volúmenes obtenidos en toneladas de caña por proceso, donde se puede observar que el volumen de cosecha manual ha disminuido desde el 2015 al año 2019 en un 21 por ciento equivalente a 105,053 toneladas y el proceso de cosecha mecanizada ha aumentado en 19 por ciento que significa 43,280 toneladas más de caña cosechada para el mismo periodo de tiempo.

**Tabla 11: Toneladas de caña producidas por tipo de cosecha**

<b>Toneladas por tipo cosecha</b>	<b>2015</b>	<b>2016</b>	<b>2017</b>	<b>2018</b>	<b>2019</b>
Cosecha manual	500,988	550,460	437,612	346,509	395,935
Cosecha mecanizada	229,765	222,780	251,602	258,140	273,044
Cosecha caña propia	730,752	773,240	689,214	604,649	668,979
<b>Cosecha total</b>	<b>778,405</b>	<b>803,637</b>	<b>699,751</b>	<b>622,456</b>	<b>702,184</b>
<b>Mecanización</b>	<b>31 %</b>	<b>29 %</b>	<b>37 %</b>	<b>43 %</b>	<b>41 %</b>

Fuente: Elaboración propia sobre la base de información de la empresa AISJ

La tarifa por hora y por año de las tres máquinas cosechadoras al año 2019 adquiridas por AISJ, es menor en comparación al costo de cosecha de corte quemado manual cuya tarifa es S/ 445.90, método utilizado antes de la implementación de la PML; en el año 2019 la tarifa de las cosechadoras por hora de uso disminuyó un 24 por ciento en relación a la del año 2018., en la tabla 12 se observa los costos totales y la tarifa por hora en los últimos cinco años de la empresa de las 3 cosechadoras.

**Tabla 12: Costo total anual de cosechadoras en miles de soles**

Costo Total [Soles]	2015	2016	2017	2018	2019
<b>Mantenimiento</b>	<b>S/ 1,236.69</b>	<b>S/ 1,322.49</b>	<b>S/ 1,893.31</b>	<b>S/ 1,651.79</b>	<b>S/ 1,170.59</b>
Materiales	S/ 545.78	S/ 677.02	S/ 753.86	S/ 685.2	S/ 581.78
Mecánicos	S/ 277.44	S/ 138.75	S/ 141.97	S/ 186.52	S/ 62.12
Servicios de terceros	S/ 145.49	S/ 101.07	S/ 156.23	S/ 42.289	S/ 73.83
Parada planta	S/ 267.97	S/ 405.66	S/ 841.25	S/ 737.78	S/ 452.87
<b>Mano de obra</b>	<b>S/ 68.01</b>	<b>S/ 86.54</b>	<b>S/ 73.73</b>	<b>S/ 99.42</b>	<b>S/ 114.13</b>
<b>Combustible</b>	<b>S/ 512.37</b>	<b>S/ 566.23</b>	<b>S/ 684.84</b>	<b>S/ 756.21</b>	<b>S/ 821.21</b>
<b>Depreciación</b>	<b>S/ 329.42</b>	<b>S/ 332.89</b>	<b>S/ 574.61</b>	<b>S/ 481.89</b>	<b>S/ 463.79</b>
<b>Alquiler maquinaria</b>	<b>S/ 13.24</b>	<b>S/ 0.00</b>	<b>S/ 0.00</b>	<b>S/ 0.00</b>	<b>S/ 0.00</b>
<b>Otros costos</b>	<b>S/ 0.38</b>	<b>S/ 0.55</b>	<b>S/ 2,28</b>	<b>S/ 2.48</b>	<b>S/ 2.69</b>
<b>Total costo</b>	<b>S/ 2,160.12</b>	<b>S/ 2,308.71</b>	<b>S/ 3,228.78</b>	<b>S/ 2,991.79</b>	<b>S/ 2,572.41</b>
<b>Horas notificadas</b>	<b>5,759</b>	<b>7,000</b>	<b>7,465</b>	<b>7,073</b>	<b>7,629</b>
<b>Tarifa [soles x hora]</b>	<b>S/ 0.38</b>	<b>S/ 0.33</b>	<b>S/ 0.43</b>	<b>S/ 0.42</b>	<b>S/ 0.34</b>

Fuente: Elaboración propia sobre la base de información de la empresa AISJ

Evaluación preliminar.

Son cuatro aspectos a considerar en esta evaluación: productividad del corte, materia extraña en la caña, contenido de sacarosa y manejo de residuos, los cuales se explican en detalle a continuación:

### **Productividad del corte**

La cosecha mecanizada es el método con mayor productividad en comparación con los otros métodos con 300 toneladas por día de cosecha, seguida de la de quemado manual (seis toneladas por día) y finalmente la de verde manual (2.25 toneladas por día de cosecha) debido principalmente a que no se utiliza maquinaria durante el subproceso del corte.

### **Materia extraña en la caña**

La materia extraña está compuesta por las hojas, el cogollo y tierra. Esta materia extraña que llega a la fábrica ocasiona una disminución en la tasa de molienda de la caña, siendo así una dificultad para la extracción del jugo que incrementa las pérdidas de sacarosa.

Según el método de cosecha el que tiene mayor ratio de materia extraña es el corte verde mecanizado (12.41 por ciento) principalmente por que no se realiza el quemado, ya que unas de las ventajas de la quema es la eliminación de materia extraña y la maquina carga todo sin distinguir cogollo del tallo, el método verde manual es el que menos materia extraña tiene,

como consecuencia de la acción de quitado el cogollo realizada por un “cortador” de manera detallada se obtiene 1.77 por ciento, el corte quemado mecanizado tiene 9.66 por ciento de materia extraña y el quemado manual 6.98 por ciento.

### **Contenido de Sacarosa**

Cuando se quema la caña hay pérdida de sacarosa por dos razones, debido a que se genera exudación en la planta lo que ocasiona la pérdida de sacarosa o por tiempo de permanencia, mientras espera la caña a ser llevada y procesada a fábrica hay pérdida de sacarosa.

Con el corte verde no hay exudación por lo que no se pierde sacarosa por dicho motivo y con respecto a la pérdida de sacarosa por el tiempo de permanencia tampoco lo hay mientras sea menor a 20 horas, es decir si la caña es llevada a la fábrica dentro de las 24 horas siguientes después del corte no habrá pérdida de sacarosa.

Si bien la cosecha manual verde demanda mayores costos por mano de obra en comparación a la cosecha con quemado de la caña, en las etapas siguientes del proceso de elaboración de azúcar, el costo es menor debido al mayor contenido de sacarosa en la caña. La sacarosa de la caña con corte verde que llega a la fábrica es mayor, tiene un 13.5 por ciento de sacarosa en comparación con la caña que se cosecha mediante corte quemado que tiene 12.5 por ciento de sacarosa.

### **Manejo de residuos**

La quema de la caña antes del corte elimina entre 15 y 20 t/ha de los residuos totales. El fuego consume principalmente las hojas secas de manera que el volumen de los residuos por manejar disminuye con respecto al corte verde.

La presencia de gran cantidad de residuos (cogollos con porciones de tallo, verdes y secas, tallos muertos) en la superficie del suelo dificulta el manejo agronómico de los campos debido a las plagas y las enfermedades que pueden proliferarse.

Según la Fundación Agroecológica de Colombia en el año 2005, los residuos del corte en verde resultan en promedio 60 t/ha, que equivale a 300 kg de nitrógeno que queda como materia orgánica en el suelo, en dichas condiciones podría cubrir en 10 por ciento la necesidad de 200 kg de nitrógeno que se usa en promedio por hectárea.

El uso de los residuos del corte verde colocados entre las cañas sembradas, sirve además como cobertura del suelo impidiendo el crecimiento de las malezas que podría reducir el consumo

de herbicidas en 50 por ciento. El aprovechamiento de estos residuos también mantiene la superficie con mayor humedad, protegiéndolo y generando una actividad microbiológica que beneficia la nutrición de la planta y las condiciones del suelo.

### **Evaluación técnica y económica de las alternativas de cosecha.**

Se evalúan las diferentes alternativas de cosecha considerando todo el proceso reproducción de caña, de molienda y elaboración de azúcar.

Las cuatro alternativas son:

- Corte quemado manual.
- Corte verde manual.
- Corte quemado mecanizado.
- Corte verde mecanizado.

#### Evaluación técnica

A continuación, se muestran las ventajas y desventajas según el método de cosecha a utilizar en comparación al método denominado corte quemado manual, que es el que se emplea actualmente en AISJ frente a los otros métodos de cosecha verde manual, quemado mecanizado y verde mecanizado.

#### Ventajas

- Método quemado manual: no tiene ventajas.
- Método verde manual: no genera contaminación, menos porcentaje de materia extraña, mayor porcentaje de sacarosa, aprovechamiento de los residuos, menor costo total en el proceso de producción.
- Método quemado mecanizado: No hay operación de carguío, menor costo en el proceso productivo.
- Método verde mecanizado: No genera contaminación, no hay operación de carguío, mayor porcentaje de sacarosa.

#### Desventajas

- Método quemado mecanizado: Genera contaminación, menor porcentaje sacarosa, mayor porcentaje materia extraña.
- Método verde mecanizado: Mayor porcentaje de materia extraña.

- Método quemado manual: genera contaminación, hay operación de carguío, menor porcentaje de sacarosa.
- Método verde manual: mayor uso de mano de obra en la cosecha por operación de carguío.

En la tabla 13, se detallan todas las variables de producción a tomar en cuenta en la evaluación técnica, como son el porcentaje de caña bruta por hectárea obtenida por el tipo de cosecha, en la cual se observa que el método verde mecanizado tiene un mayor margen si se compara con los otros métodos, así también otra variable significativa de comparación es el porcentaje de materia extraña el cual es menor en el quemado manual debido al procedimiento de la quema de la caña en relación al verde mecanizado o al quemado mecanizado

**Tabla 13: Principales variables de producción según método de cosecha**

Variable	Quemado manual	Verde manual	Quemado mecanizado	Verde mecanizado
t de cana bruta/ha	99.09	93.93	101.74	104.47
% materia extraña	6.98%	1.77%	9.66%	12.41%
t de caña neta/ha	92.17	92.27	91.91	91.51
% Sacarosa	12.50%	13.50%	12.50%	13.50%
toneladas de sacarosa	11.52	12.46	11.49	12.35
t Sacarosa extraídas en molinos	10.95	11.83	10.92	11.74
t sacarosa retenidas en fabrica	9.52	10.29	9.50	10.21
% de Sacarosa obtenida	82.65 %	82.65 %	82.65 %	82.65 %
Bolsa /hectárea	190.45	205.65	189.92	202.20
bolsa 50 kg de azúcar / t caña bruta	1.92	2.19	1.87	1.95
<b>Producción anual de bls 50 kg</b>	<b>2,018,880</b>	<b>2,302,785</b>	<b>1,966,305</b>	<b>2,039,910</b>

Fuente: Elaboración propia sobre la base de información de la empresa AISJ

Según los datos mostrados en la tabla 13, el método de cosecha que muestra mejores índices de producción es el método verde manual, obteniendo una producción anual de bolsa de 2,302 millones, siendo superior en 280 mil bolsas al método usado actualmente (quemado manual).

## Evaluación económica

Para la evaluación económica se comparan todas las alternativas de cosecha, considerando un tipo de cambio de S/.3.5 y un precio de venta por cada bolsa de 50 kg de S/ 81.71. Se realiza los cálculos de costos y utilidades con cada alternativa cuyo resultado se expone en la tabla 14, en donde los valores de producción anual de bolsas, ingreso anual, costo anual y utilidad anual son expresados en miles.

**Tabla 14: Comparación de alternativas de solución según método de cosecha**

Variable	Quemado manual	Verde manual	Quemado mecanizado	Verde mecanizado
Bolsa 50 kg de azúcar / t de caña				
bruta	1.92	2.19	1.87	1.94
Días trabajados / año	300.00	300.00	300.00	300.00
t molidas diarias	3,505.00	3,505.00	3,505.00	3,505.00
<b>Producción anual de bolsas</b>	<b>2,020.97</b>	<b>2,302.15</b>	<b>1,962.86</b>	<b>2,035.16</b>
Costos de caña	S/ 34.72	S/ 35.29	S/ 30.04	S/ 27.47
Costos de fábrica	S/ 12.52	S/ 10.99	S/ 12.89	S/ 12.44
Gastos administrativos	S/ 12.05	S/ 10.57	S/ 12.41	S/ 11.85
Gastos de ventas	S/ 0.85	S/ 0.75	S/ 0.88	S/ 0.84
Gastos financieros	S/ 9.29	S/ 8.15	S/ 9.57	S/ 9.13
<b>Total costo / bolsa de 50 kg</b>	<b>S/ 69.43</b>	<b>S/ 65.74</b>	<b>S/ 65.78</b>	<b>S/ 61.73</b>
Ingreso anual por ventas	S/ 165,13.,67	S/ 188,108.69	S/ 160,384.89	S/ 166,293.03
Costo anual en soles	S/ 140,325.42	S/ 151,343.55	S/ 129,120.81	S/ 125,621.94
Utilidad anual en nuevos soles	S/ 24,808.26	S/ 36,765.15	S/ 31,264.08	S/ 40,671.09
Utilidad anual sobre el método actual		S/ 11,956.89	S/ 6,455.83	S/ 15,862.84
Utilidad anual en dólares	USD 7,088.072	USD 10,504.33	USD 8,932.59	USD 11,620.31
Utilidad anual sobre el método actual		USD 3,416.57	USD 1,844.52	USD 4,532.24

Fuente: Elaboración propia sobre la base de información de la empresa AISJ

Por los resultados de utilidad económica, la mejor alternativa es la de corte verde mecanizado ya que se obtiene una mayor utilidad en comparación con el método actual de cosecha USD 4,532 millones.

Para determinar la recuperación de la inversión se ha considerado el costo de cada máquina cosechadora, así como las dimensiones de los campos y la producción de azúcar en fábrica, determinándose que se necesitarían ocho máquinas cosechadoras para cubrir el requerimiento e implementar el método de cosecha verde en su totalidad en todos los

campos de la empresa., en la tabla 15 se observa en detalle lo mencionado.

**Tabla 15: Periodo de recuperación de la inversión**

<b>Ítem</b>	<b>Cantidad</b>
Toneladas máquina	300
Toneladas molienda día	3,505
Requerimiento de maquinas	8
Costo / máquina	USD 200,000.00
Inversión total maquinaria	USD 1,600,000.00
<b>Periodo de recuperación (años)</b>	<b>0.35</b>

Fuente: Elaboración propia sobre la base de información de la empresa

Para determinar la viabilidad de la compra de las cosechadoras se ha calculado el valor actual neto (VAN) para cada una de los métodos de cosecha, tomando las siguientes premisas referidas en la tabla16.

**Tabla 16: Premisas para el cálculo del VAN expresado en miles**

<b>Método de cosecha</b>	<b>Inversión</b>	<b>Periodo</b>	<b>Tasa descuento</b>	<b>Tasa variación cash flow</b>	<b>Cash flow</b>
Quemado manual					\$7,088.07
Verde manual					\$10,504.33
Quemado mecanizado	\$1,600.00	5 años	8%	6%	\$8,932.59
Verde mecanizado					\$11,620.31

Fuente: Elaboración propia sobre la base de información de la empresa AISJ

El VAN en un periodo de 5 años para el método de cosecha verde mecanizado, es de USD 49.76 millones de dólares, siendo el mayor valor obtenido en comparación a los otros métodos de cosecha; lo que significa que la operación de la compra de las 8 cosechadoras es sumamente viable al ser mayor al monto de la inversión, como se observa en la tabla 17.

**Tabla 17: Calculo del VAN (expresados en millones)**

Método de cosecha	Inversión	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5	VAN
Quemado Manual		\$ 6.56	\$ 6.41	\$ 6.26	\$ 6.12	\$ 5.98	\$ 29.73
Verde Manual		\$ 9.73	\$ 9.50	\$ 9.28	\$ 9.07	\$ 8.86	\$ 44.83
Quemado	\$ 1.60	\$ 8.27	\$ 8.08	\$ 7.89	\$ 7.71	\$ 7.53	\$ 37.88
Mecanizado							
Verde Mecanizado		\$ 10.76	\$ 10.51	\$ 10.27	\$ 10.03	\$ 9.80	\$ 49.76

Fuente: Elaboración propia sobre la base de información de la empresa AISJ

### AgroSanJacinto

Como parte de las inversiones de AISJ y con el fin de diversificar los ingresos, en el año 2016 se creó y fundo AgroSanJacinto cuya actividad económica es dedicarse al cultivo, empaque, conservación, transformación y/o industrialización de paltas y otros productos agrícolas; así como su comercialización, a nivel local y en el exterior. Para realizar sus actividades, ASJ posee una zona productiva ubicada en la zona Motocachy - San Jacinto, en el departamento de Áncash. Al año 2019 ASJ tiene 260.44 hectáreas de plantaciones de palta.

En el año 2019 se exportaron 70 contenedores de palta o su equivalente en cajas 340,711 en presentaciones de 4 kg y 10 kg, enviándose principalmente al continente europeo a los países de España y Países Bajos, en la tabla 18 se observa las cajas enviadas según presentación y mercado de destino:

**Tabla 18: Cajas exportadas en el año 2019**

País Destino	Variedad	Presentación	Cajas Exportadas
Países Bajos	Fuerte	Cajas de 4 Kg.	9,091
	Hass	Cajas de 4 Kg.	185,880
		Cajas de 10 Kg	18,573
	Zutano	Cajas de 4 Kg.	9,951
España	Hass	Cajas de 4 Kg.	96,096
		Cajas de 10 Kg	21,120
<b>Total Cajas Exportadas</b>			<b>340, 711</b>

Fuente: Elaboración propia sobre la base de información de la empresa ASJ

El costo de exportación de un kg de palta es de \$0.99, el cual se detalla en la tabla 19.

**Tabla 19: Costos por kg de palta**

<b>Tipo de Costo</b>	<b>USD/kg</b>
Campo	\$ 0.64
Packing	\$ 0.26
Operación logística	\$ 0.09
<b>Costo por kg de palta</b>	<b>\$ 0.99</b>

Fuente: Elaboración propia sobre la base de información de la empresa ASJ

La utilidad obtenida por ASJ en el año 2019 se puede revisar en la tabla 20.

**Tabla 20: Utilidad obtenida ASJ en el año 2019**

<b>Variable</b>	<b>Monto</b>
Ingreso anual por ventas	S/ 2,117,000.00
Costo anual en soles	S/ 799,000.00
Utilidad Anual en nuevos soles	S/ 1,318,000.00
Utilidad Anual en dólares	USD 376,571.43

Fuente: Elaboración propia sobre la base de información de la empresa ASJ

## **CAPITULO VI: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

### **6.1. Conclusiones**

#### **Alternativas de producción más limpia.**

Durante la etapa de diagnóstico que se llevó a cabo por la observación, las entrevistas, y por la cual se determinó que la mejor alternativa a utilizar dentro de las opciones de PML es el referente a cambio tecnológico, modificando el método de cosecha al denominado verde mecanizado, a través del cual no se genera la contaminación atmosférica como en los otros métodos, si no se trata de no quemar la caña previa al corte, utilizando máquinas cosechadoras sin necesidad de quemar los campos.

#### **Efectos ambientales**

En el proceso de cultivo de caña de azúcar hay diversas operaciones que generan contaminación ambiental. La principal de ellas es la quema de la caña para cosecharla; este tipo de cosecha contamina el aire perjudicando la salud de los trabajadores y ciudades cercanas debido al monóxido de carbono y material particulado que se genera. La quema de la caña de azúcar también contamina el suelo lo que ocasiona menor productividad y compactación, lo que implica una mayor dependencia de insumos y maquinaria. Cabe agregar que durante dicho proceso se produce también dióxido de carbono que es uno de los gases de efecto invernadero cuyo exceso está generando mayor calentamiento en la tierra.

#### **Costos totales**

Del análisis de costos totales de producción por bolsa de 50 kg se determina que el método verde de cosecha mecanizado es el que tiene menor valor de S/ 61.73 en comparación al quemado manual de S/ 69.43 lo que significa una reducción del 11 por ciento. Con esta solución la empresa alcanzaría una utilidad anual sobre el método que actualmente realiza (corte quemado manual) de USD 4,532,238.44 con lo que en menos de un año recuperaría la inversión realizada y un VAN de USD 49.76 millones.

### **6.2. Recomendaciones**

#### **Alternativas de producción más limpia.**

La empresa debe continuar con el corte verde mecanizado a mediano y largo plazo

incrementando el número de máquinas cosechadoras, al cumplir Agroindustrias San Jacinto, con los estándares ambientales según lo establecido por ley, le permitirá tener mayor acceso de capital de las instituciones financieras y prestamistas que solicitan el cumplimiento de normas ambientales (proyectos MDL).

### **Efectos ambientales**

A través de la Gerencia de Imagen Institucional se debe hacer conocer al mercado, mediante publicidad en medios de comunicación, el nuevo método de cosecha utilizado, a través del cual se reduce el daño al medio ambiente por medio del empaque del producto ya que este es también un medio de comunicación al mercado.

### **Costos totales**

La GAF deberá comunicar al directorio corporativo la disminución de los costos en la utilización de la nueva alternativa de cosecha y la disminución de las tarifas del uso de las tres máquinas cosechadoras para poder adquirir las cinco máquinas restantes y mejorar los costos de producción.

## REFERENCIA BIBLIOGRAFICA

- Abad Luzuriaga Fernando (2011). *Análisis de la implementación de PML en las hosterías de primera clase en el Valle de Yunguilla y su aporte al Desarrollo Sostenible*. Ecuador
- Asociación Peruana De Azúcar Y Biocombustible (2006). *Situación de la Actividad Azucarera en el País*. Lima, Perú.
- Barillas Luroa Roberto Efraín (2013). *Gestión Ambiental para una producción más limpia en la industria azucarera del departamento de Escuintla*. Guatemala.
- Barrios Y Loreto (2003). *Alternativas y herramientas para la producción más limpia*. Venezuela.
- Centro De Eco eficiencia Y Responsabilidad Social (2008). *Guía de Producción Más Limpia*. Lima, Perú.
- Centro De Eco eficiencia Y Responsabilidad Social (2008). *Experiencias en Producción Más Limpia*. Lima, Perú.
- Centro De Eco eficiencia Y Responsabilidad Social (2008). *Producción Más Limpia en Latinoamérica*; Lima, Perú.
- Centro de Producción Más Limpia de Nicaragua (2017). *¿Qué es producción más limpia?*  
<https://www.pml.org.ni/index.php/publicaciones/file/25-curso-teorico-ee>
- Consejo Nacional Del Ambiente (2001). *Reglamento de estándares nacionales de calidad ambiental del Aire*. Lima, Perú.
- Consejo Nacional Del Ambiente (2006). *Reporte ambiental*. Lima, Perú.
- Dancé Caballero José J, Sáenz Yaya Domingo (2016). *La cosecha de caña de azúcar: Impacto Económico Social y Ambiental*. Lima, Perú.
- Escobar G, Arcila J, Noreña J, Pinilla N (2005). *Evaluación comercial del cortésin quemar*. Colombia.
- Fundación Agra Ecológica (2005). *Hacia la producción orgánica sostenible de lacaña de azúcar*. Colombia.
- García Rómulo Espinosa José Y Marcano José (2003). *La contaminación ambiental causada por la quema de caña de azúcar al momento de la cosecha*. Venezuela.
- Hernández Cervantes Tania (2008). *Breve exposición de las contribuciones de Georgescu Roegen a la economía ecológica y un comentario crítico*. México.

- Ingenio La Providencia. (2016). *Proceso de Producción de Ingenio Providencia*. <https://www.ingprovidencia.com/wpcontent/uploads/2016/05/Procesos de Ingenio Pr ovidencia.pdf>
- Mejía Sánchez Marta Cristina (2001). *Producción limpia como alternativa al problema de la contaminación*. Colombia.
- Ministerio De Agricultura-Ogpa (2003). *Plan Estratégico De La Cadena De Caña De Azúcar*. Lima, Perú.
- Ministerio De Agricultura De Perú (2013). *Caña de Azúcar Principales Aspectos de la Cadena Agro productiva*. Lima, Perú.
- Ministerio De Agricultura De Perú (2019). *Industria Azucarera Nacional – Mercado Internacional*; Lima, Perú.
- Ministerio De Agricultura De Perú (2020). *Observatorio de Commodities Azúcar*. Lima, Perú.
- Molina Enrique (2000). *Estudio del caso sobre el manejo convencional y agro ecológico del cultivo de caña de azúcar*. Colombia.
- Nahui Ortiz, Johnny (2008). *Producción Más Limpia*. Universidad Nacional de Ingeniería. Lima, Perú.
- Organización Mundial de la Salud (2006). *Guías de calidad del aire de la OMS relativas al material particulado, el ozono, el dióxido de nitrógeno y el dióxido de azufre*. Suiza
- Programa De Las Naciones Unidad Para El Medio Ambiente (2008). *Producción más limpia en el mundo*. México.
- Ricaldi Marcelo (2011). *Identificación de Mecanismos de Producción Más Limpia (PML) en el centro de beneficio municipal de ganado en ña provincia de Junín para mejorar las condiciones de calidad y medio ambiente*. Junín, Perú.
- Rodríguez Del Bosque, L. A., Vejar-Cota, G., Vásquez-López, I., Villaneva- Jiménez, J. A., López-Collado, J., & Hernández-Rosas, F (2014). *Manejo integral de caña de azúcar*. Libro técnico. Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias y Forestales (Inifap). Monterrey, México.
- Zoratto Ana Cristina (2006). *Principales impactos de la caña de azúcar*. Brasil.
- Wikipedia. *Azúcar de Caña*. [https://es.wikipedia.org/wiki/Az%C3%BAcar\\_de\\_ca%C3%B1a](https://es.wikipedia.org/wiki/Az%C3%BAcar_de_ca%C3%B1a)

## ANEXOS

### Anexo 1. Datos generales de la empresa

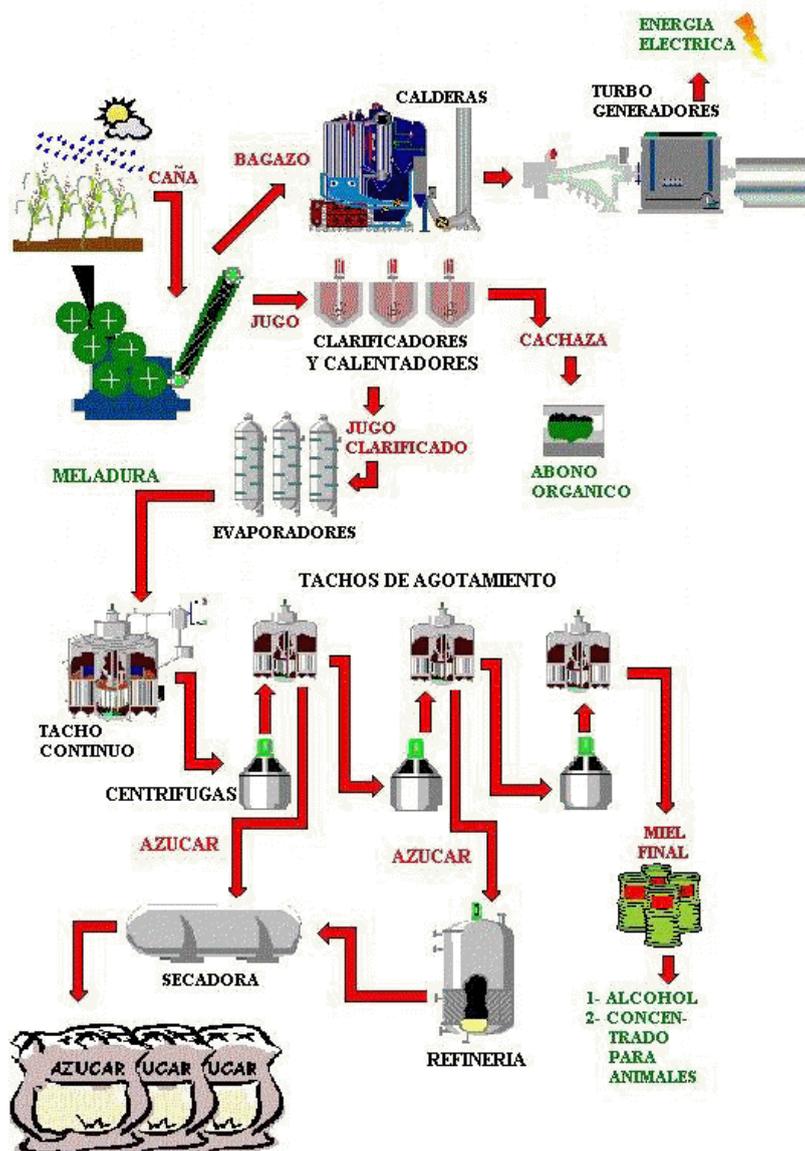
<b>Autor/a:</b>		<b>Editorial:</b>	
<b>Título:</b>		<b>Ciudad:</b>	
<b>Año:</b>		<b>País:</b>	
<b>Resumen del contenido</b>			
_____ _____ _____ _____			
<b>Número de edición o impresión:</b>			
<b>Traductor</b>			

### Anexo 2. Datos generales de la empresa

#### Descripción de la empresa:

- Área total de la empresa: 10,422 ha.
- Capacidad máxima de molienda: 3,505 t caña/día.
- Producción de caña 2019: 702,469 t caña.
- Superficie cosechada 2019: 4,552 ha.
- Producción de melaza 2019: 34,892 t
- Producción de bagazo 2019: 274,049 t
- Producción de alcohol 2019: 6,869 Mil lts.
- Producción de azúcar 2019: 2,115 Mil bls.

### Anexo 3. Producción de azúcar a partir de la caña de azúcar



Fuente: <http://www.azucarcrystal.com/CANA%20DE%20AZUCAR.gif>

