

Universidad de Cienfuegos Carlos Rafael Rodríguez

Facultad de Ingeniería Mecánica

*Título: " Evaluación de Producción Más Limpia al
proceso productivo de molienda húmeda de maíz,
lavado, deshidratación y secado de subproductos en
la Empresa Glucosa Cienfuegos."*

*Tesis en opción al nivel académico de Máster en
Producción Más Limpia.*

Autora: Ing. Martha Beatriz García Yanes

Tutor: Dr. Eduardo Julio López Bastida

2012

"Año 54 de la Revolución"

Universidad de Cienfuegos
Empresa Glucosa Cienfuegos

Hago constar que el presente trabajo fue realizado por la Universidad de Cienfuegos de conjunto con la Empresa Glucosa Cienfuegos, como parte de la culminación de los estudios de postgrado con mención de maestría en Producciones Más Limpias, autorizando a que el mismo sea utilizado por dichos centros con los fines que estime conveniente: tanto de forma parcial como total y que además no podrá ser presentado en eventos ni publicado sin la aprobación de los mismos.

Firma del Autor

Los abajo firmantes certificamos que el presente trabajo ha sido realizado según el acuerdo de la dirección del centro y el mismo cumple con los requisitos que debe tener en cuenta un trabajo de esta envergadura, refiriendo la temática señalada.

Información Científico-Técnica

Nombre Apellidos y Firma

Computación

Nombre Apellidos y Firma

Firma del Tutor

“Debemos trabajar por nuestro perfeccionamiento interno como una impulsión constante, cada día analizar honestamente lo que hemos hecho, corregir nuestros errores y volver a empezar al día siguiente”.

Che

Dedicatoria

A mi padre; mi consejero por excelencia.

A mí madre que sin poder expresarme espera el éxito.

A mi hija Diana Mary por su consagrado esfuerzo.

A mi hija Dianely por su apoyo y noble espera.

A mi esposo.

Agradecimientos:

A mi tutor, por sus ideas, su ayuda y dedicación durante la realización de este trabajo.

A mis familiares por su apoyo en todo momento.

Al personal técnico del laboratorio y compañeros de trabajo.

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

Resumen

El presente trabajo titulado " Evaluación de Producción Más Limpia al proceso productivo de Molienda húmeda del maíz, lavado, deshidratación y secado de los subproductos en la Empresa Glucosa Cienfuegos", tiene como objetivo realizar una Evaluación de Producciones Más Limpias al proceso en estudio en la planta de almidón y proponer acciones que permitan mejorar el desempeño económico y ambiental de la misma, a través de una evaluación preliminar y un estudio detallado de las entradas y salidas del proceso, para identificar las opciones de mejoras e implementar un Plan de Producciones Más Limpias.

Para el desarrollo de la investigación se aplicó la metodología de evaluación propuesta por el PNUMA/ONUJI 1999 adaptada a las condiciones del proceso estudiado. Se demuestra a partir de revisiones documentales de los datos existentes de la fábrica, mediciones, evaluación por especialistas y datos técnicos económicos realizados que los principales problemas de P+L en el proceso se concentran en la pérdida de materia prima (maíz) por derrame de carga orgánica que ocasionan las paradas imprevistas, los sobreconsumo de agua y energía.

Con el resultado de esta investigación se confecciona y fundamenta la posibilidad de aplicar un plan de medidas de producciones más limpias que incluye acciones de aplicación inmediata de buenas prácticas operativas para el uso eficiente del agua, la energía y las materias primas, mejoras tecnológicos en el proceso, la recuperación de la carga, la reutilización del material, que permiten obtener un beneficio económico y la disminución de impactos negativos al medio ambiente.

Summary

The present work titled "Evaluation of Cleaner Production to the productive process of humid Mill of the corn, laundry, dehydration and drying of the by-products in the Company Glucose Cienfuegos", he/she has as objective to carry out an Evaluation of Cleaner Productions to the process in study in the plant of starch and to propose actions that allow to improve the economic and environmental acting of the same one, through a preliminary evaluation and a detailed study of the entrances and exits of the process, to identify the options of improvements and to implement a Plan of Cleaner Productions.

For the development of the investigation the evaluation methodology was applied proposed by the PNUMA/ONUJDI 1999 adapted to the conditions of the studied process. It is demonstrated starting from documental revisions of the existent data of the factory, mensurations, evaluation for specialists and carried out economic technical data that the main problems of P+L in the process concentrate on the matter loss it prevails (corn) for spill of organic load that you/they cause the accidental stops, the envelope consumption of water and energy.

With the result of this investigation it is made and it bases the possibility to apply a plan of measures of cleaner productions that includes actions of immediate application of good practical operative for the efficient use of the water, the energy and the matters cousins, technological improvements in the process, the recovery of the load, the use again of the material that allow to obtain an economic benefit and the decrease of negative impacts to the environment.

Introducción	8
Capítulo 1: Revisión bibliográfica	20
1.0 Reseña histórica sobre el enfrentamiento a la problemática ambiental.	20
1.1 Conceptos de Producciones Más Limpias.	22
1.2 Beneficios de la producción más limpias se centran según Rivera (2002).	25
1.2.1 Para la empresa.	25
1.2.2 Para los clientes.	25
1.2.3 Para el medio ambiente.	25
1.2.4 Mejor productividad y rentabilidad.	25
1.2.5 En el ámbito económico.	26
1.2.6 Mejor desempeño ambiental	26
1.2.7 Beneficios Financieros.	26
1.2.8 Beneficios Operacionales.	26
1.2.9 Beneficios Comerciales.	27
1.3 Características de algunos conceptos e instrumentos paralelos a las P+L.	27
1.3.1 Minimización de residuos.	27
1.3.2 Prevención de la contaminación.	27
1.3.3 Ecoeficiencia.	27
1.3.4 Ecología ambiental.	27
1.3.5 Factor 4.	27
1.3.6 Contaminación 0.	28
1.3.7 Metabolismo industrial.	28
1.3.8 Análisis de ciclo de vida.	28
1.4 Metodologías para la aplicación de Producciones Más Limpias.	29
1.4.1 Metodologías para detectar oportunidades de PML.	29

1.4.2	Aplicación de la metodología de producción más Limpia en una empresa alimenticia.	30
1.4.3	Elementos metodológicos generales para la evaluación ambiental de un proceso productivo.	30
1.4.4	Metodología para la implementación de un programa de P+L.	31
1.4.5	Etapas de una evaluación de P+L.	32
1.4.6	Metodología para implementar un programa de P+L de cuatro fases o etapas (ONUDI, 1999).	33
1.5	Ejemplos de Producciones más Limpias aplicados en la industria alimenticia.	35
1.5.1	Industria alimenticia.	35
1.5.2	Fábrica de refrescos de Pinar del Río.	36
1.5.3	Industria láctea.	36
1.6	Etapas tecnológicas que forman parte del proceso de molinación húmeda de maíz en la industria almidonera.	37
1.6.1	La calidad del grano de maíz.	37
1.6.1.1	Dureza Endospermica.	37
1.6.1.2	Almidón.	38
1.6.1.3	Aceite.	38
1.6.2	Molinación de Maíz.	38
1.6.2.1	Molienda húmeda.	39
1.6.2.1.1	Molienda fuerte.	40
1.6.2.1.2	Productos de la molienda húmeda.	40
1.6.2.1.3	Coproductos.	40
1.6.2.2	Formas de separación del germen de la suspensión acuosa.	41
1.6.2.3	Lavado del Germen.	41
1.6.2.4	Lavado de fibras o cáscara.	41
1.6.2.5	Concentración de gluten.	41
1.7	Aplicación de producciones más limpias en la industria alimenticia.	42

1.7.1 Mejoramiento de la gestión de producción.	42
1.7.2 Modificaciones en los procesos productivos.	43
1.7.3 Aprovechamiento económico de residuales.	44
1.7.4 Controles de salida.	44
Conclusiones parciales	45
Capítulo II: Materiales y Métodos	46
2.0 Descripción general de la Empresa Glucosa Cienfuegos.	46
2.1 Planeamientos estratégicos.	48
2.2 Cartera de Productos.	49
2.3 Situación ambiental de la Empresa Glucosa Cienfuegos.	51
2.3.1 Antecedentes.	51
2.3.2 Situación ambiental actual.	52
2.4 Descripción del Objeto de estudio: Molienda húmeda en el proceso de almidón de maíz en la fábrica de glucosa en Cienfuegos.	55
2.4.1 Descripción del flujo tecnológico de la Sección.	55
2.4.2.1 Etapas tecnológicas del proceso de Molienda húmeda del maíz, lavado y secado de subproductos.	58
2.4.2 Incidencia del proceso de Molienda húmeda del maíz, lavado y secado de subproductos en los problemas ambientales.	60
2.5 Metodología para la Evaluación de Producciones más Limpias (EP+L)	60
2.5.1 Planeamiento y organización.	61
2.5.1.1 Obtener el compromiso de la dirección.	61
2.5.1.2 Involucrar a los empleados.	61
2.5.1.3 Organizar el equipo de EP+L.	61
2.5.1.4 Identificar obstáculos y soluciones para la EP+L como un proceso.	62
2.5.1.5 Decidir el enfoque de la EP+ L.	62
2.5.2 Evaluación Preliminar.	62
	10

2.5.2.1	Colectar y preparar la información básica del proceso.	62
2.5.2.1.1	Diagrama de Flujo de Procesos.	62
2.5.2.1.2	Confeccionar los Diagramas de entrada y salida.	63
2.5.2.2	Realizar el reconocimiento de planta.	64
2.5.2.2.1	Aplicación de la Técnica de Criterios de Especialistas en el proceso industrial.	65
2.5.2.2.1.1	Concepción inicial del problema.	65
2.5.2.2.1.2	Determinación del número de especialistas.	65
2.5.2.2.1.3	Selección de los especialistas.	65
2.5.2.2.1.4	Diseño y aplicación del cuestionario.	65
2.5.2.2.1.5	Procesamiento de los datos.	65
2.6	Estudio detallado de los consumos de materias primas, energía y materiales en la industria.	66
2.6.1	Balance del consumo de materias primas en la industria.	66
2.6.2	Balance del consumo del agua en la industria.	66
2.6.3	Balance del consumo de energía en la industria.	67
2.7	Confección de los balances de masa y energía en el proceso de molienda húmeda, lavado, deshidratación y secado de los subproductos.	67
2.8	Identificación de las causas que generan problemas ambientales y concebir opciones de P+L.	67
2.9	Solución Técnica.	67
2.10	Estudio de factibilidad.	68
2.10.1	Evaluación técnica de las diferentes opciones.	68
2.10.2	Evaluación ambiental de las diferentes opciones.	68
2.10.3	Evaluación económica de las diferentes opciones.	68
2.11	Preparar un plan de acción de P+L.	69
	Conclusiones parciales	70
	Capítulo III. Análisis de los resultados.	71
		11

3.0 Evaluación y aplicación de estrategias de Producción más Limpia en la Sección Molienda húmeda del maíz, lavado y deshidratación de los subproductos en La Empresa Glucosa Cienfuegos.	71
3.1 Planeamiento y organización.	71
3.1.1 Obtener el compromiso de la dirección superior.	71
3.1.2 Involucrar a los empleados.	71
3.1.3 Organizar un equipo de Producciones más Limpias.	72
3.1.4 Identificar obstáculos y soluciones para el Programa de Producciones más Limpias como un proceso.	72
3.1.5 Decidir el enfoque de la Evaluación de Producción más Limpia.	73
3.2 Evaluación preliminar.	74
3.2.1 Colectar y preparar la información básica.	74
3.2.1.1 Diagrama de Flujo de Procesos.	74
3.2.2 Reconocimiento de Planta.	75
3.2.2.1 Elaboración de la matriz DAFO.	76
3.2.3 Aplicación de la Técnica de Criterios de Especialistas.	79
3.2.3.1 Concepción inicial del problema.	79
3.2.3.2 Determinación del número de especialistas.	79
3.2.3.3 Selección de los especialistas.	80
3.2.3.4 Diseño y aplicación del cuestionario.	80
3.2.3.5 Procesamiento de los datos.	80
3.2.3.6 Concordancia de los especialistas.	80
3.3 Estudio detallado de los consumos de materias primas y materiales en la industria.	81
3.3.1 Balance del consumo de materias primas en la industria.	81
3.3.2 Balance del consumo de agua en la industria.	82
3.3.3 Balance del consumo de energía en la industria.	83
3.4 Confección de los balances de masa y energía en el proceso de molienda húmeda, lavado, deshidratación y secado de los subproductos.	83

3.4.1 Balance de masa en el proceso de molienda húmeda, lavado, deshidratación y secado de los subproductos.	83
3.4.1.1 Balance de la materia prima fundamental en el proceso de estudio.	83
3.4.1 Balance del agua utilizada en el proceso de estudio.	88
3.4.1.1 Pérdidas de agua en el proceso de estudio.	88
3.4.2 Balance de energía en el proceso de estudio.	89
3.4.2.1 Balance de energía eléctrica en el proceso de estudio.	89
3.4.2.2 Balance de energía eléctrica por pérdidas de maíz en el proceso de estudio (por paradas imprevistas) años 2010 y 2011.	90
3.4.2.3 Balance de fuel oíl por pérdidas de maíz en el proceso de estudio (por paradas imprevistas) años 2010 y 2011.	90
3.4.2.4 Balance del vapor en la etapa de secado de germen y forraje.	91
3.4.2.4.1 Pérdidas de vapor en la etapa de secado.	91
3.4.2.4.2 Cálculos de las pérdidas de vapor por salideros en las tuberías.	91
3.4.2.4.3 Cálculos de las pérdidas de vapor por tuberías sin insular.	92
3.4.2.4.4 Cálculos de las pérdidas de vapor por trampas en mal estado.	92
3.4.2.4.5 Análisis de los parámetros a controlar durante las operaciones de secado.	93
3.4.2.4.6 Análisis de los parámetros a controlar durante el tratamiento de los residuales.	94
3.5 Identificación de las causas que generan problemas ambientales y concebir opciones de P+L.	95
3.5.1 Identificación de las causas que provocan problemas ambientales.	95
3.5.2 Opciones de producciones más limpias.	95
3.6 Solución Técnica.	97
3.6.1 Solución técnica para la recuperación de la carga orgánica cuando ocurren paradas imprevistas.	97
3.6.2 Solución técnica para prevenir paradas imprevistas en el proceso tecnológico.	97
3.6.3 Recuperación del sistema regulador de agua en el tanque 010-05.	98

3.6.4 Activar segunda prensa de forraje.	98
3.6.5 Utilizar tornillos de acero inoxidable en los aros de las Lavadoras de fibras finas.	98
3.6.6 Cambio de la válvula en la línea de agua potable.	98
3.6.7 Realizar aislamientos térmicos.	99
3.6.8 Sustitución de la trampa de vapor en el secador de germen.	99
3.6.9 Sellaje de orificios en la línea conductora del vapor.	99
3.7 Estudio de la factibilidad.	99
3.7.1 Uso de un tanque de 4 m3 semisoterrado.	99
3.7.2 Adquisición del equipo de control y supervisión (equipo diagnóstico).	99
3.7.3 Recuperación del control de nivel en el tanque colector.	99
3.7.4 Recuperación de la segunda prensa de forraje.	100
3.7.5 Uso de tornillos de acero inoxidable en los aros de las Lavadoras de fibras finas.	100
3.7.6 Sustitución de la válvula en la línea de agua potable.	100
3.7.7 Realizar aislamientos térmicos.	100
3.7.8 Sustitución de la trampa de vapor en el secador de germen.	100
3.7.9 Sellaje de orificios en la línea conductora del vapor.	100
3.8 Evaluación técnica, económica y ambiental de las opciones de Producciones más Limpias.	100
3.9 Aplicación.	100
3.9.1 Plan de mejora de Producción más Limpia.	101
Conclusiones parciales	103
Conclusiones generales	105
Recomendaciones	107
Bibliografía	108
Anexos	112
EMPRESA DE GLUCOSA CIENFUEGOS.	119

Introducción

El consumo siempre creciente y las modalidades insostenibles de producción se han convertido en una amenaza para el entorno. La degradación del Medio Ambiente es actualmente uno de los problemas más severos a nivel mundial, está presente en todas las sociedades, independientemente del nivel de desarrollo socioeconómico, y constituye un fenómeno que tiene particular incidencia sobre la salud del hombre, reduciendo su calidad de vida; los ecosistemas y los recursos naturales.

En una primera etapa, los problemas de las corrientes residuales de la industria se orientaron hacia los tratamientos después del proceso. Este modo de resolver la contaminación requiere recursos adicionales y, en muchos casos, termina por producir otras corrientes residuales. Su efecto se puede considerar limitado. Las últimas décadas han estado marcadas por una preocupación creciente por el entorno en que vivimos por parte de todos los estratos de la sociedad y es por ello, que las empresas se han visto obligadas a cambiar su visión sobre los métodos productivos y adecuarse a las nuevas tendencias de los consumidores. Como propuesta a las nuevas obligaciones y condicionamientos a las prácticas de producción y a los hábitos de consumo del ser humano, fueron abordadas por primera vez **Las Producciones Más Limpias** como el método de fabricar productos en el que las materias primas, agua y energía sean utilizadas en la forma más racional, de manera que el impacto sobre el funcionamiento del medio ambiente sea mínimo.

La *producción más limpia* tiene una ventaja tanto económica como ecológica sobre los métodos tradicionales de control ambiental, pues previene la contaminación en el origen, en lugar de tratar o solucionar los contaminantes al final del proceso una vez creados, para evitar la transferencia de contaminación al medio exterior, pero no evita su generación, y al mismo tiempo aumenta la aplicación de sistemas ecológicamente sostenibles, incluyendo medidas de estímulo de la innovación de nuevos productos y procesos que utilicen al máximo los recursos y no produzcan más impacto residual que el asimilable por el medio ambiente; este constituye el reto para el futuro más inmediato.

Cuba, no está ajena a todo lo que acontece a nivel mundial en materia de producciones más limpias, y aunque el país no dispone de todos los recursos materiales necesarios para solucionar parte de los problemas ambientales existentes, se impone la necesidad de alcanzar un estadio superior en la protección del medio ambiente, y el uso racional y sostenible de los recursos naturales. La coyuntura actual demanda una concepción integral del desarrollo sostenible,

entendido como un proceso donde las políticas del desarrollo económico, científica- tecnológica, fiscales, de comercio, energéticas, agrícolas, industriales, de preparación del país para la defensa y otros, se entrelazan en un marco de justicia y equidad social; con la satisfacción de las necesidades del presente, sin comprometer la capacidad de las generaciones futuras para satisfacer las propias; permitiendo integrar los objetivos ambientales a los procesos de producción para reducir los residuos y las emisiones, en cantidad y peligrosidad.

En nuestra provincia, la bahía constituye un ecosistema marino fundamental desde la perspectiva portuaria, turística, industrial, así como fuente de una biodiversidad marina. Al golfo cienfueguero llegan los residuales líquidos provenientes de un sinnúmero de fuentes contaminantes como asentamientos poblacionales, áreas de asistencia médica, instituciones infantiles, empresas y grandes industrias; a través de su cuenca hidrográfica tributaria. Toda esta contaminación ha tenido gran impacto ecológico, reflejándose en la emisión de olores desagradables a la atmósfera, la afectación a la capa de ozono, el calentamiento global, la desertificación, la sequía y el incremento en el ritmo de la pérdida de la diversidad biológica; a la naturaleza en su conjunto y a las ulteriores descendencias.

La Empresa Glucosa Cienfuegos es una de las fuentes de contaminación ambiental que afecta el ecosistema marino de la bahía, debido a que vierte gran volumen de residuales líquidos con elevada carga orgánica, por carecer de un sistema de tratamiento adecuado de los excedentes; contamina el suelo con el desecho residuos sólidos y genera ruido, calor y polvo, que influye desfavorablemente en el hábitat que le rodea. Por lo anteriormente abordado se hace imprescindible la aplicación de prácticas de producciones más limpia, como estrategia integrada de prevención a los procesos, productos y servicios, para aumentar la eficiencia y reducir los riesgos a la vida humana y al medio ambiente; y al mismo tiempo propiciar acciones que contribuyan a disminuir la carga contaminante al ecosistema, en función de garantizar la protección de su diversidad biológica, incrementando la eficiencia y los beneficios.

Por lo cual se decide tomar como **Objeto de estudio para la investigación:** el proceso de Molienda húmeda del maíz, lavado, deshidratación y secado de los subproductos en la Empresa Glucosa Cienfuegos. Dentro de este contexto el problema científico que se plantea, la hipótesis y los objetivos son los siguientes:

Problema Científico: ¿Cuáles serían las principales acciones de Producciones Mas Limpias en el proceso de molienda húmeda del maíz, lavado, deshidratación y secado de los subproductos?

Hipótesis: Sí se aplican acciones de Producciones Más Limpias en el proceso de Molienda húmeda del maíz, lavado, deshidratación y secado de subproductos en la Empresa de Glucosa Cienfuegos se pudiera aumentar la ecoeficiencia de la misma, mediante el ahorro de materia prima, agua y energía así como la reducción de contaminantes.

Objetivo general de la investigación: Realizar una Evaluación de Producciones Más Limpias al proceso de Molienda húmeda del maíz, lavado, deshidratación y secado de los subproductos en la Empresa Glucosa Cienfuegos y proponer acciones que permitan mejorar el desempeño económico y ambiental de la misma.

Contribuir a la protección de los ecosistemas que nos rodean, con un enfoque de producciones más limpias, para alcanzar mejora constante de la calidad de vida.

Objetivos específicos:

- Aplicar métodos de producciones más limpias en la etapa de Molienda húmeda en la Empresa Glucosa Cienfuegos (GYDEMA) que permita reducir los niveles de contaminación provocados al ecosistema.
- Realizar un estudio bibliográfico que permita identificar las tendencias de las producciones más limpias en los procesos de la industria alimentaria.
- Proponer una metodología que permita evaluar las Producciones Más Limpias del proceso de estudio, de acuerdo a sus características.
- Diagnosticar mediante la aplicación de la metodología propuesta el proceso estudiado; determinando potenciales de ahorro en materia prima, agua y energía, disminuyendo el vertimiento de residuales contaminantes.
- Proponer un conjunto de acciones que permitan obtener beneficios económicos y ambientales en el proceso estudiado.

Con perspectivas a alcanzar los objetivos planteados para la investigación, el trabajo se encuentra estructurado en tres capítulos, conclusiones generales y recomendaciones.

En el **Capítulo I** se realiza un estudio documental sobre el tema de las Producciones más Limpias, en el cual se considera la evaluación y aplicación de las mismas a los procesos de la industria alimentaria, se describe además de forma general los principales aspectos de los procesos productivos para la obtención de Molienda húmeda del maíz, lavado, deshidratación y secado de los subproductos.

En el **Capítulo II** se describen de forma general los aspectos socioeconómicos de la Empresa Glucosa Cienfuegos y en específico las características del proceso de Molienda húmeda del maíz, lavado, deshidratación y secado de los subproductos. Se propone además una metodología que permite realizar una Evaluación de las Producciones Más Limpias del proceso en estudio, de acuerdo a las características del mismo.

En el **Capítulo III** se analizan los resultados de la Evaluación de Producciones más Limpias efectuada al proceso objeto de estudio y se propone un plan de acción con las oportunidades para mejorar el desempeño ambiental y económico del mismo.

Capítulo 1: Revisión bibliográfica

1.0 Reseña histórica sobre el enfrentamiento a la problemática ambiental.

El inicio de la revolución industrial constituyó una verdadera "Revolución de la Inteligencia", pues propició un avance de la ciencia y tecnología a nivel mundial en la aeronáutica, robótica, biotecnología, informática, telecomunicaciones, energía nuclear y ciencias del espacio, lo que favoreció la aplicación de tecnologías de punta en las industrias introduciendo equipos de gran precisión, invenciones novedosas, algunas de ellas con costosas inversiones. Este avance, es, sin lugar a dudas, beneficioso para la humanidad, pero también ha traído consigo problemas ambientales.

Durante las dos primeras etapas de la revolución industrial, la importancia que se le daba a la temática ambiental era escasa, los residuos eran dispuestos en basurales, sin sistemas de control, ni de seguridad. Es recién a partir de la tercera etapa de la revolución industrial, hacia la mitad del siglo XX que, en algunos países, se comienza a pensar en normativas ambientales específicas. (Ayes, Gilberto N., 2005).

Hacia la mitad de la década de los 60, aparecieron legislaciones que proponían tener en cuenta los impactos ambientales. Durante este periodo, varios países tenían legislaciones que estipulaban que *"a mayor contaminación, mayor pago"* o aplicaban el principio de *"quien contamina paga"*. El abuso que se hizo de esta legislación llevó al razonamiento que *"si yo pago, tengo derecho a contaminar"*; aunque se creía que el pago llevaría a desalentar las metodologías de trabajo vigentes y paulatinamente a la superación del problema. La realidad mostró que el dicho de *"la solución a la contaminación es la dilución"* fue el que se aplicaba en los hechos. En la década de los 70, la comunidad científica mostró ante la sociedad descubrimientos alarmantes, como la destrucción de la capa de ozono, el cambio climático (por incremento del efecto invernadero), la acidificación, la eutrofización, y otros problemas que impactaron al mundo. (Ayes, Gilberto N., 2005).

Los países comenzaron a manifestarse a través de foros internacionales de medio ambiente, planteando nuevas obligaciones y condicionamientos a las prácticas de producción y a los hábitos de consumo del ser humano. Se dio un gran impulso a la normativa, pero el gran problema era que se creía que *"la solución a la contaminación era el tratamiento al final del proceso (end of pipe)"*.

Sólo en los años 90, se comenzó a formular normas que intentaban adelantarse a los problemas, actuando de manera preventiva. Esto significó un cambio de enfoque en el manejo de los temas ambientales, sobre todo para los industriales, debido a que producir sosteniblemente no significa reducir las ganancias, y hacer buenos negocios no está reñido con el cuidado del medio ambiente:

“Producir eficientemente implica ahorros y retornos económicos a las inversiones como resultado de un mejor uso de los recursos (naturales, humanos, financieros)”.

Esta cronología de la evolución de la temática del medio ambiente hasta nuestros días, muestra el avance positivo respecto al manejo de los efluentes, desde la simple disposición de los residuos hasta la producción más limpia. (Ayes, Gilberto N., 2005).

Al final de los años 80 y principios de los 90, las agencias ambientales en los Estados Unidos y Europa reconocieron que el marco tradicional de control de la basura industrial y la contaminación podría ser mejorado, animando a instalaciones industriales a aplicar políticas preventivas de mayor impacto, como los tratamientos de efluentes y residuos. Varios estudios habían demostrado que en las compañías relevadas, los procesos si se hubieran manejado con más eficiencia, hubieran comenzado con la reducción de la contaminación, tiempo atrás.

Los investigadores descubrieron que podrían ayudar a casi cualquier compañía a reducir los costos productivos con un análisis sistemático de las fuentes. Esto es conocido como ir “encima del tubo” (*over of pipe*), en contraposición a los tratamientos de al “final de tubo” (*end of pipe*), es decir antes de la descarga al ambiente. Intervenir en los procesos de producción, mejora las operaciones de compra, y en última instancia implica el diseño de los productos mismos. Pero esto requiere un equipo de producción, de administración y de especialistas ambientales. (Rodríguez, Gustavo, 2009).

En Estados Unidos en los años 90, estas nuevas ideas y métodos fueron formalizados.

La Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos decidió llamarla “Prevención de la polución” (*Pollution Prevention*) o P2. El P2 se plasmó en un acta que fue aprobada en 1990 por el Congreso de los Estados Unidos. El acta estableció que el P2 era una prioridad superior para proteger el ambiente contra la contaminación. Parte de la declaración recalca la idea que aunque el tratamiento de los desechos era importante, el esfuerzo debía hacerse en la prevención de la generación de los residuos al final del proceso, para evitar que tengan que ser tratados. El acta recalca que el reciclaje no es P2, es una forma de encontrar otro uso para algo que ya se ha convertido en “basura” (Pino, Ana, 2009).

En Europa, el Programa de Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA), desde la División de Tecnología, Industria y Medioambiente (*Division of Technology, Industry and Economics*) de París hizo observaciones similares y se focalizó específicamente sobre la necesidad de la prevención.

La Cumbre Mundial sobre Desarrollo Sustentable de Johannesburgo estableció como uno de los objetivos del plan de acción la necesidad de modificar las prácticas no sustentables de producción y

consumo, incrementando entre otras cosas, las inversiones en programas de producción más limpia y ecoeficiencia, a través de centros de producción más limpia (Colectivo de Autores, 2007).

Por su parte, los países de la región manifestaron en la Iniciativa Latinoamericana para el Desarrollo Sustentable (2002), presentada en la Cumbre, la necesidad de incorporar conceptos de producción limpia en las industrias, crear centros nacionales de producción limpia y trabajar en pos de un consumo sustentable. Esto establece el marco a nivel internacional para definir políticas nacionales y desarrollar planes de acción en producción limpia (López, S.P. & R.R., 2009).

En países en vías de desarrollo, donde PNUMA es un recurso importante para la política ambiental, no existían o había débiles regulaciones para el tratamiento de la contaminación. La prevención sería por tanto rentable a través de una mejora en el manejo, logrando mayor eficacia como la única manera de reducir la contaminación de la industria. El PNUMA llamó a esto “Producción más Limpia”, CP (*Cleaner Production*) o P+L y promovió su aplicación convirtiéndose en el término usado en casi todos los países, con excepción de los Estados Unidos donde se utilizaba Prevención de la Polución.

No hay una diferencia verdadera entre los conceptos de Producción más Limpia y Prevención de la Polución, pues ambos se han ampliado para incluir el ciclo vital completo de productos y de los procesos, por lo tanto, el uso de cualquiera de los dos métodos es indistinto. (López, S.P. & R.R., 2009).

1.1 Conceptos de Producciones Más Limpias.

El concepto de producción más limpia fue desarrollado en una reunión de expertos asesores del Programa de la Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA) en 1989. La primera definición de la P+L fue:

“La forma de producir que requiere, conceptualmente y en el procedimiento para llevarla a cabo, sean consideradas todas las fases del ciclo de vida de un producto o proceso con el objetivo de prevenir o minimizar el riesgo, a corto y largo plazo, para los humanos y el medio ambiente”. (Ochoa George, Pedro A., 2008).

Esta definición ha experimentado algunas modificaciones. En un seminario organizado por el PNUMA en Oxford en 1996 se definía como:

1. La aplicación continua de una estrategia ambiental preventiva integrada de los procesos, productos y servicios a fin de aumentar la ecoeficiencia y reducir el riesgo para los humanos.

2. La P + L se aplica a:

• **Los procesos de producción:** conserva las materias primas y la energía, elimina materias tóxicas y reduce la cantidad y toxicidad de todas las emisiones y residuos.

- **Los productos:** reduce los impactos negativos a lo largo del ciclo de vida de un producto hasta su disposición final.
- **Los servicios:** incorpora la preocupación ambiental en el diseño y suministro de servicios. (Ochoa George, Pedro A., 2008).

Otras definiciones:

1. Un proceso de fabricación, o una tecnología integrada en el proceso de producción, concebida para reducir durante el propio proceso, la generación de residuos contaminantes.
2. El método de fabricar productos en el que las materias primas y la energía son utilizadas en la forma más racional e integrada en el ciclo de vida materias primas-producción-consumo-recursos secundarios, de manera que el impacto sobre el funcionamiento del medio ambiente sea mínimo.
3. La integración de los objetivos ambientales en un proceso de producción o servicio con el fin de reducir los desperdicios y emisiones en términos de cantidad y toxicidad y por tanto reducir los costos. (Ochoa George, Pedro A., 2008).

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 usar mejor 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, 1999) (Colectivo de Autores, 2009).

La ventaja de aplicar prácticas de PML 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. 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. Por consiguiente, se puede afirmar que, para disminuir costos de producción, es necesario reducir los flujos de residuos; o que, para reducir los flujos de residuos, es necesario incrementar la eficiencia productiva, lo que también lleva a disminuir los costos de producción. Una solución sensata de esta afirmación, es que la opción de introducir prácticas de PML debe ser

considerada como prioritaria y en forma exhaustiva antes de abordar soluciones de tratamiento “al final del proceso”.

Las técnicas de PML pueden aplicarse a cualquier proceso industrial, y abarcan desde cambios operacionales relativamente fáciles de ejecutar hasta cambios más profundos, como la sustitución de insumos, la modificación de procesos u operaciones unitarias, o el uso de tecnologías más limpias y eficientes. (López, Héctor, 2009).

Tabla 1.1 Diferencias entre tratamiento de residuos “al final del proceso” y la PML

<i>Tratamiento de efluentes “al final del proceso”</i>	<i>Producción Más Limpia</i>
La contaminación es controlada mediante sistemas de tratamientos al final del proceso (enfoque solo en residuos).	Se previene a generación de la contaminación en su fuente de origen, a través de medidas integrales.
Es aplicada cuando los procesos se han desarrollado, los productos se han producido y los residuos se han generado.	Es una parte integral del desarrollo de los procesos y productos, enfocada al aumento de la productividad y la rentabilidad.
Los sistemas de tratamientos y control requieren inversiones que, en general, no son rentables para la empresa.	Los residuos pueden ser transformados en productos/subproductos útiles y ser fuente potencial de recursos. Con ello, se aumentan las ganancias y las inversiones tienen retornos a corto y mediano plazo.
La conducción del manejo ambiental en la empresa es realizada tanto por expertos ambientalistas como expertos en el manejo de desechos.	La conducción del manejo ambiental en la empresa es responsabilidad de todo el personal de la empresa incluyendo obreros, jefes de planta, administrativos y gerencia.
Las mejoras ambientales van acompañadas de técnicas y tecnologías sofisticadas.	Las mejoras ambientales resultan de la aplicación de medidas sencillas como buenas prácticas operativas, incluso de medidas no técnicas (por ejemplo administrativas), hasta cambios tecnológicos.
Las medidas aplicadas deberían permitir el cumplimiento con los estándares impuestos por las autoridades.	Las medidas aplicadas, al estar dentro de un proceso de mejora continua, permiten alcanzar estándares cada vez más altos.

El tratamiento de efluentes “al final del proceso” no está relacionado con la mejora de la calidad de los productos, ni la mejora del ambiente de trabajo.

La PML, reduce la contaminación ambiental, mejora las condiciones de seguridad y salud, y puede mejorar la calidad de los productos.

Elaboración: CPTS (7).

Política de ahorro de la producción más limpia:

- Al ahorrar materia prima.
- Al lograr un consumo de energía más eficiente se ahorra más dinero.
- Con simples medidas de manejos y cambios, se pueden evitar más del 50 % de los desechos.
- Están ligadas con la motivación y la actitud humana más del 60% de las barreras de las producciones más limpias. (Acosta, Alberto, 2003).

1.2 Beneficios de la producción más limpias se centran según Rivera (2002).

1.2.1 Para la empresa.

- Incrementa sus beneficios económicos.
- Posibilita el acceso a nuevos mercados.
- Reduce el riesgo de sanciones de la autoridad ambiental.
- Permite la incorporación del concepto de mejoramiento continuo.
- Mejora el control de los costos y la satisfacción de criterios de inversión.

1.2.2 Para los clientes.

- Muestra mayor confianza con una gestión de la calidad y ambiental demostrable.
- Incrementa la sustentabilidad del producto y su aceptación por el cliente.
- Aumento de la vida útil del producto.
- Mayores cuidados en la disposición final del producto.
- Existe un estímulo para que la empresa piense más en el cliente y reduce el riesgo de esta de no satisfacer a sus clientes.

1.2.3 Para el medio ambiente.

- Uso racional de materias primas y otros insumos.
- Conservación de los recursos naturales.
- Disminución y control de los contaminantes.
- Armonización de las actividades con el ecosistema. (Álvarez, Pedro, 2009).

1.2.4 Mejor productividad y rentabilidad.

Los cambios a efectuarse en la producción conllevan un incremento en la rentabilidad, debido a un mejor aprovechamiento de los recursos y a una mayor eficiencia en los procesos, entre otros.

1.2.5 En el ámbito económico.

- Reduce costos a través del uso eficiente de materias primas, agua, energía y otros insumos.
- Reduce costos a través de un mejor manejo de residuos / desechos.
- Reduce costos de traslado y disposición de desechos.
- Reduce o elimina la inversión en plantas de tratamientos o medidas “al final del proceso”.
- Incrementa las ganancias por mejoras en los procesos productivos y por el valor económico obtenido al reutilizar, reciclar y recuperar los residuos.

1.2.6 Mejor desempeño ambiental

Un mejor uso de los recursos reduce la generación de desechos, que pueden, en algunos casos, reciclarse, reutilizarse o recuperarse. Consiguientemente:

- Reduce los costos y simplifica las técnicas requeridas para el tratamiento “al final del proceso” y para la disposición final de los desechos.
- Genera nuevos conocimientos en el interior de la empresa.
- Facilita el proceso de adecuación ambiental previsto en la legislación ambiental.
- Ayuda a la evaluación de riesgos relacionados con los impactos ambientales.
- Contribuye al establecimiento de un sistema de gestión ambiental en el interior de la empresa.

(López, Héctor, 2009).

Además de los beneficios ambientales que podemos observar con la implementación de un programa de producción más limpia, se identifican otros, como lo son los beneficios financieros, operacionales y comerciales.

1.2.7 Beneficios Financieros.

- Reducción de costos por optimización del uso de las materias primas e insumos en general.
- Ahorro por mejor uso de los recursos (agua, energía, etc).
- Reducción en los niveles de inversión asociados a tratamientos y/o disposición final de residuos.
- Aumento de ganancias.
- Evita o disminuye la inversión en plantas de tratamientos o medidas "end-of-pipe".

1.2.8 Beneficios Operacionales.

- Aumento de la eficiencia de los procesos.
- Mejora de las condiciones de seguridad y salud ocupacional.
- Mejora en las relaciones con la comunidad y la autoridad de aplicación ambiental.
- Reducción de la generación de residuos.

- Aumento de la motivación del personal.
- Mejora condiciones de infraestructura de la planta productiva.
- Reduce costos de traslado y disposición de desechos.

1.2.9 Beneficios Comerciales.

- Diversificación de productos a partir del uso de materiales de desecho.
- Mejora del posicionamiento de los productos que se venden en el mercado.
- Mejora de imagen corporativa de la empresa.
- Facilita el acceso a nuevos mercados.
- Aumenta las ventas y el margen de ganancia. (Ayes, Gilberto N., 2005).

Actualmente, la implementación de medidas de producción más limpia viene a ser el primer paso que debe realizarse a la hora de manejar los efluentes en una empresa.

1.3 Características de algunos conceptos e instrumentos paralelos a las P+L.

1.3.1 Minimización de residuos.

El esfuerzo organizado, sistemático, comprensivo y continuado, para reducir la generación de residuos peligrosos sin la necesidad de tratamiento final de los mismos, mediante, el diseño de nuevos procesos productivos o modificación de los existentes o reutilizando los residuos en el propio proceso o en otro.

1.3.2 Prevención de la contaminación.

Cualquier práctica que reduce la cantidad de cualquier sustancia peligrosa, contaminante que entra en cualquier corriente o bien es emitida al ambiente antes de su reciclado, tratamiento o disposición.

1.3.3 Ecoeficiencia.

La eficiencia en el empleo de los recursos que se alcanza mediante la reducción paulatina de las materias primas renovables y no renovables y la energía, el desarrollo de procedimientos ecológicamente y económicamente eficientes, la minimización de la contaminación del agua, el suelo y el aire y la optimización de la prevención de riesgos.

1.3.4 Ecología ambiental.

La búsqueda de un balance desde el punto desde el punto de vista ambiental, de los productos, procesos y servicios de manera que los residuos producidos por un sistema, puedan ser utilizados por otro como fuentes de materia prima y energía.

1.3.5 Factor 4.

La forma de corregir las ineficiencias existentes en la forma actual de utilizar los recursos de modo que esta pueda cuadruplicarse, extrayendo, mas riquezas por unidad de recursos naturales utilizada.

1.3.6 Contaminación 0.

El rediseño de los procesos industriales desde la selección de la materia prima hasta el consumo de producto de manera que aplicando modelos de transformación total, de entrada y salida y de agrupación industrial, identificando nuevas tecnologías y diseñando políticas industriales la contaminación se aproxime a 0.

1.3.7 Metabolismo industrial.

Conjunto integrado y completo de procesos físicos aplicable en el ámbito de nación, región o entidades que convierte las materias primas y la energía, donde el control estabilizante lo suministra el componente humano, mediante balance de suministros, demanda de productos y mano de obra y mecanismos de precios.

1.3.8 Análisis de ciclo de vida.

Un proceso objetivo que evalúa las cargas ambientales asociadas a un producto, proceso o actividad, identificando y cuantificando tanto el uso de materia y energía, como las emisiones al entorno, para determinar el impacto de ese uso de recursos y esas emisiones y para evaluar y llevar a la práctica estrategias de mejora ambiental. (Rigola, Miguel., 1998).

La **producción más limpia** es un término general que describe un enfoque de medidas preventivas para la actividad industrial. Este se aplica de igual manera al sector de servicio, a los sistemas de transporte y a la agricultura. No se trata de una definición legal ni científica que pueda ser sometida a exámenes minuciosos, análisis o disputas sin sentido. Es un término muy amplio que abarca lo que algunos países llaman minimización de desechos, elución de desechos, prevención de contaminación y otros nombres parecidos.

La *producción más limpia* hace referencia a una mentalidad que enfatiza la producción de nuestros bienes y servicios con el mínimo impacto ambiental bajo la tecnología actual y límites económicos.

Reconoce que la producción no puede ser absolutamente limpia. La realidad práctica asegura que habrá residuos de algún tipo, de varios procesos y productos obsoletos. Sin embargo, podemos –y debemos–, esforzarnos para hacer las cosas mejor que en el pasado, si es que queremos que nuestro planeta siga siendo habitable (Cuba. Ministerio de Ciencia, Tecnología y Medio Ambiente, 1998).

La *producción más limpia* no desconoce el progreso, sólo insiste en que el crecimiento es ecológicamente sostenible en un periodo más largo que aquél que han estado utilizando los economistas. También es importante tener una visión más clara de lo que no es la *producción más limpia*. Algunos conceptos erróneos populares como que el reciclaje y el tratamiento de efluentes constituyen en sí una *producción más limpia*, deben refutarse constantemente, puesto que muchos intereses establecidos tratan de reclasificar los programas existentes bajo un nuevo título más popular (Cuba. Ministerio de Ciencia, Tecnología y Medio Ambiente, 1998).

1.4 Metodologías para la aplicación de Producciones Más Limpias.

1.4.1 Metodologías para detectar oportunidades de PML.

Fase 1 EVALUACIÓN INICIAL.

- PASO 1.** Organizar el equipo de trabajo y conseguir los recursos.
- PASO 2.** Identificar y definir las operaciones unitarias de cada proceso.
- PASO 3.** Elaborar los diagramas de flujo por procesos, uniendo las operaciones unitarias.

Fase 2 BALANCE DE MATERIALES.

- Entradas a proceso.
- PASO 4.** Identificar y medir las entradas a cada operación.
- PASO 5.** Registrar consumo de agua y energía.
- PASO 6.** Medir niveles de reciclaje o reutilización de residuos.
 - Salidas del proceso.
- PASO 7.** Cuantificar productos y subproductos.
- PASO 8.** Cuantificar aguas residuales.
- PASO 9.** Cuantificar emisiones atmosféricas.
- PASO 10.** Cuantificar la generación de residuos sólidos enviados fuera de la planta.
 - Unificación del balance de materiales.
- PASO 11.** Relacionar información de entradas y salidas.
- PASO 12.** Realizar el balance preliminar.
- PASO 13 y 14.** Evaluar y ajustar el balance de materiales. (Meli Stanziola, Licda. Itzia, 2008).

El éxito de esta fase depende de la veracidad y confiabilidad de las mediciones.

FASE 3: ACCIONES DE INTERVENCIÓN.

- Identificación de las opciones de reducción de residuos.
- PASO 15.** Identificar medidas obvias de reducción de residuos.
- PASO 16.** Caracterizar los residuos que presentan mayor problema.

- PASO 17.** Investigar la posibilidad de separar los residuos.
- PASO 18.** Identificar las opciones de reducción de residuos a mediano y largo plazo.
 - Evaluación de las opciones de reducción de residuos.
- PASO 19.** Realizar una evaluación técnica, económica y ambiental de las opciones de reducción y seleccionar las opciones viables.
 - Plan de acción para reducción de residuos.
- PASO 20.** Diseñar e implementar un plan de acción de reducción de residuos, con cronograma y evaluación de resultados. (Meli Stanziola, Licda. Itzia, 2008).

1.4.2 Aplicación de la metodología de producción más Limpia en una empresa alimenticia.

PLANEACIÓN Y ORGANIZACIÓN:

- Obtener el compromiso de la dirección.
- Organizar el equipo del proyecto de PML.
- Definir metas en cada uno de los aspectos ambientales.

DIAGNÓSTICO INICIAL:

- Definir el enfoque del diagnóstico.
- Evaluación de entradas y salidas.
- Desarrollar diagramas de flujo de las actividades operativas.

EVALUACIÓN:

- Efectuar balance de materiales.
- Evaluar las causas de generación de residuos, ineficiencia energética o consumo excesivo de agua.
- Generar opciones de PML.
- Seleccionar opciones de PML(Colectivo de Autores, 2003).

1.4.3 Elementos metodológicos generales para la evaluación ambiental de un proceso productivo.

CONOCIMIENTO DEL PROCESO DE PRODUCCIÓN.

- Estudiar información sobre las operaciones unitarias que lo conforman, las entradas de materias primas y sustancias al proceso (cantidades y tipos), consumos de agua y energía, productos acabados y subproductos generados.

Particularmente es importante la obtención de información sobre la cantidad de agua que entra a las instalaciones, balance aproximado del agua que entra y sale (consumos de agua en procesos

para enfriamiento, lavado de gases, lavado general, enjuagues de producto, limpieza, identificación de los sistemas que recirculan agua, estimación de la cantidad de agua que se evapora, la que pasa a formar parte del producto y la que se utiliza en los procesos de lavado), para conocer el paradero de toda el agua utilizada en la instalación.

- Identificación de las áreas donde se producen, procesan, bombean, transportan, tratan o almacenan residuales o desechos y sustancias tóxicas, y localización de los puntos donde se realizan o pueden realizar descargas o emisiones al medio ambiente. Evaluar las áreas de almacenamiento para determinar la posibilidad de ocurrencia e incorporación de derrames a las redes de alcantarillado y drenaje pluvial y los procedimientos de limpieza y evacuación de cuando éstos ocurran. (Barceló, Karolina, 2005).
- Descripción de las descargas o emisiones líquidas, sólidas y gaseosas (volúmenes, concentraciones, frecuencia, destino) y evaluación de sus impactos sobre el ambiente circundante. Cuantificación de las salidas del proceso y búsqueda de pérdidas potenciales cuando sean significativamente menores que las entradas.
- Evaluación de los niveles actuales de reutilización/ reciclaje de residuales.
- Identificación de las ineficiencias del proceso y las áreas con administración deficiente, donde la toma de medidas internas contribuye substancialmente a la reducción de los volúmenes y concentraciones de los residuales generados y al uso eficiente de los materiales manejados. Identificar áreas en que se pueden reducir el uso de productos químicos, volumen y concentración de contaminantes en las descargas.
- Idoneidad, funcionamiento y estado técnico-constructivo de los sistemas de tratamiento de residuales.
- Evaluación de oportunidades para lograr mejoras ambientales, con énfasis en las opciones de reducción de residuales y su aprovechamiento económico, ya sea en el mismo lugar donde se generaron o en otras instalaciones diferentes.
- Establecimiento de planes de acción con las metas a alcanzar. (Barceló, Karolina, 2005).

1.4.4 Metodología para la implementación de un programa de P+L.

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.

EVALUACIÓN EN PLANTA.

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.

ESTUDIO DE FACTIBILIDAD.

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 DE IMPLEMENTACIÓN.

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. (Bustamante, Andrea, 2008).

1.4.5 Etapas de una evaluación de P+L.

PREPARACIÓN DE LA EVALUACIÓN:

- El compromiso de la alta dirección y manifestación empresa de su soporte a la evaluación.
- Definición de los objetivos finales y parciales.
- Organización del equipo auditor.

REVISIÓN DE LA DOCUMENTACIÓN DEL PROCESO:

- Revisión de las etapas y unidades de proceso, y diagramas de proceso incluyendo los tratamientos de corrientes residuales.

- Identificar las entradas de materias primas, agua y energía.
- Identificar las salidas del proceso.
- Identificar los destinos finales.
- Determinar los niveles iniciales de recirculación interna, de reciclado externo y de reutilización.
- Identificar las corrientes con materiales peligrosos.

VERIFICAR LA INFORMACIÓN SOBRE EL TERRENO.

- Realizar una inspección visual sobre el terreno.
- Revisar los datos y completar con datos reales.

ANÁLISIS DE BALANCES Y RENDIMIENTOS DEL PROCESO.

- Completar los balances de materia y energía.
- Evaluar la eficacia en el uso de materias y energías.
- Hacer análisis de energía y ajuste termodinámico. (*pinch*)
- Investigar el potencial de segregación de las corrientes.
- Identificación de oportunidades y evaluación técnica
- Identificar las opciones más obvias.
- Identificar otras corrientes con problemas.
- Desarrollar alternativas a largo plazo.

EVALUACIÓN ECONÓMICA.

- Determinar los costos actuales y anticipar los futuros.
- Realizar estudios de viabilidad.
- Determinar prioridades de ejecución.

PLAN DE ACCIÓN.

- Preparar un informe con conclusiones.
- Diseñar un plan de acción.
- Obtener fondos.
- Ejecutar las opciones.
- verificar los resultados.
- Medir el progreso.
- Reevaluar en su caso. (Rigola, Miguel., 1998).

1.4.6 Metodología para implementar un programa de P+L de cuatro fases o etapas (ONUUDI, 1999).

Para poder diseñar e implementar un “Programa de Producción más Limpia (P+L)”, es necesario poner en práctica una metodología de cuatro fases o etapas (ONUDI, 1999).

PRIMERA FASE: PLANEACIÓN Y ORGANIZACIÓN DEL PROGRAMA DE PRODUCCIÓN MÁS LIMPIA.

- 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.

SEGUNDA FASE: EVALUACIÓN EN PLANTA.

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

TERCERA FASE: ESTUDIO DE FACTIBILIDAD

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

CUARTA FASE: IMPLEMENTACIÓN

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

Después de presentar varias metodologías para desarrollar eficazmente evaluaciones de Producciones Más Limpias en las producciones, en los productos y los servicios, podemos considerar para efecto del presente trabajo que la metodología creada por la Licda. Itzia Meli Stanziola propone a diferencia del conjunto de autores Eduardo Orces, Cecilia A. Paredes, Mirella Bermeo y Guillermo Pincay investigar la posibilidad de separar los residuos en la fase # 3. Mientras que la Agencia del medio ambiente, el centro de Información y Educación ambiental desarrollan

dentro de su metodología, evaluar las áreas de almacenamiento para determinar la posibilidad de ocurrencia e incorporación de derrames a las redes de alcantarillado y drenaje pluvial; las metodologías de la Licda.Itzia y el conjunto de autores no recogen dentro de sus fases o puntos metodológicos la acción anterior.

La metodología presentada por la Agencia del medio ambiente a diferencia de la Licda. Itzia Meli y el conjunto de autores, plantea la identificación de las áreas en que se pueden reducir el uso de productos químicos, así como volumen y concentración de contaminantes en las descargas.

La metodología del conjunto de autores y la metodología para la implementación de un programa de P + L coinciden en la fase de planeamiento y organización, en definir metas de programas de producciones más limpias en las empresas.

Después de analizada detalladamente las distintas metodologías expuestas en el presente trabajo, se valora que la metodología desarrollada por Miguel Rigola y (PENUMA-ONUDI, 1999) tienen alcance abarcador dentro de las etapas que definen, para una evaluación de producciones más limpias.

1.5 Ejemplos de Producciones más Limpias aplicados en la industria alimenticia.

1.5.1 Industria alimenticia.

Las cantidades y propiedades de sus residuales son muy variables teniendo en cuenta que a las sustancias de pérdida de los procesos, se añaden los aditivos alimentarios y productos para la limpieza de equipos y locales.

Los subproductos y residuales de sus diferentes ramas industriales pueden utilizarse dentro de la misma industria o en otros sectores.

Muchos de estos residuales no son aceptables para consumo humano a pesar de su considerable valor nutricional, debido a sus factores organolépticos negativos y excesivo contenido de material de lastre, por lo que la manera más positiva de aprovecharlos es convertirlos en alimento animal para obtener carne, leche y huevos. De esta forma, el sector agropecuario es el receptor más importante de sus residuales, aunque otros como las industrias ligera y farmacéutica también los utilizan en algunas de sus producciones. A su vez, la industria alimenticia es una de las actividades o sectores con potencialidad y necesidad de utilizar materiales reciclados como son las botellas y frascos de alimentos, sacos para harina, cestas plásticas y envases de diferentes tipos.

Las principales acciones a tomar internamente dentro de la industria son:

- Caracterización de los residuales y análisis de sus posibles usos.
- Introducción de métodos de segregación para la recolección de los residuos con posibilidades de ser reutilizados.

- Recolección y extracción de sólidos de las canalizaciones de residuales, mediante trampas, tamices, etc.
- Aplicación de medidas organizativas dentro y fuera de la industria para asegurar la rápida extracción y uso de los residuos recuperados.
- Creación de condiciones para su almacenamiento apropiado, con el fin de evitar la descomposición de la materia orgánica.
- Control y disminución del consumo de agua industrial, realizando limpiezas secas siempre que sea posible. (Barceló, Karolina, 2005).

1.5.2 Fábrica de refrescos de Pinar del Río.

La fábrica de refrescos Los Portales, de probada presencia en el comercio cubano, asumió criterio de producciones más limpias aplicable en cualquier sector para incrementar la productividad con el uso óptimo de recursos naturales y otros insumos y menos generación de residuales, según documentos del CITMA.

Entre las novedades asumidas en esa instalación del municipio de Güanes, los directivos citan la sustitución del tradicional sistema de enfriamiento del sirope terminado con agua, por el método Shiller, consistente en la climatización del área.

Ello implica realizar ese paso productivo sin el habitual empleo del recurso líquido, del que anteriormente se consumían 21 mil 900 metros cúbicos cada año, unido al ahorro eléctrico de 35, 9 megawatts por hora y de notable cantidad de combustible diesel.

Igualmente, se colocaron válvulas en las mangueras para la higienización, antídoto para el derroche del agua, a lo cual favorece también la desinfección de las latas con aire estéril, y por otra parte se instalaron luminarias más eficientes y avanza la recuperación de materias primas reutilizables.

Incursionan además en las producciones más limpias el Combinado Lácteo Santa Cruz, centros turísticos del valle de Viñales, Soroa y el hotel El Mirador de San Diego, instalaciones de cría de ganado porcino, el Combinado Cárnico Fulgencio Oroz y el de componentes electrónicos Ernesto Guevara. (Milián Salaberri, Elena, 2010).

1.5.3 Industria láctea.

Sueros lácteos y grasas

La recuperación de suero de queso y mantequilla significa una reducción de la DBO de los residuales líquidos de aproximadamente 20%.

La recuperación de grasas puede significar una reducción del 40% de la DBO del residual.

1- Elaboración de otros productos para consumo humano (el de mantequilla se utiliza como sustituto de la leche descremada en polvo, y el de queso para un amplio surtido de productos como requesón, helados, lactosa, suero saborizado, concentrado de proteínas).

2- Elaboración de piensos para animales.

Claras de huevo en fábricas de helado.

1- Elaboración de dulces.

Sosa cáustica

1- Recuperación y reutilización de la sosa cáustica utilizada en las pasteurizadoras. (Barceló, Karolina, 2005).

1.6 Etapas tecnológicas que forman parte del proceso de moliación húmeda de maíz en la industria almidonera.

En el estudio del presente trabajo se relacionan varias operaciones unitarias para realizar el proceso tecnológico de la molienda húmeda del maíz en la industria almidonera. El maíz es un grano que tiene numerosos y diversos usos nutricionales e industriales. De particular importancia resulta su condición de materia prima renovable y no contaminante. La diversidad de aplicaciones requerirá de características específicas en la calidad de sus granos, muchas de las cuales pueden obtenerse mediante mejoramiento genético. En algunos países el maíz se emplea como alimento humano en cantidades significativas.

Además, este grano es una importante fuente de materia prima para producir almidón y derivados, como edulcorantes, aceite, alcohol, entre otros. Estos últimos pueden ser, y en cierta medida ya lo están siendo, utilizados como materia prima en la industria química, y en algunos casos como reemplazo de los derivados del petróleo. A diferencia de este, el maíz presenta ciertas ventajas ya que es un recurso renovable, los productos finales obtenidos son biodegradables y su degradación no altera el balance de anhídrido carbónico atmosférico.

1.6.1 La calidad del grano de maíz.

La calidad de uso del maíz está determinada principalmente por la estructura y composición del grano. Las diferencias en estructura y composición dependen del cultivar así como de las prácticas de manejo, el clima, el suelo y los métodos de cosecha y poscosecha. A continuación se tratarán algunas características del grano vinculadas a su estructura y composición.

1.6.1.1 Dureza Endospermica.

La dureza endospermica contribuye a otorgarle al maíz resistencia mecánica, propiedad deseable para mantener la integridad del grano durante las operaciones del mismo. La industria que utiliza la

molienda seca requiere materia prima de grano duro para obtener fracciones de los tamaños adecuados en las distintas aplicaciones de los productos de esta molienda.(Robutti, José L., 2008).

1.6.1.2 Almidón.

El almidón también se conoce como almidón de maíz y amyllum. Los almidones son mezclas de amilasa y de amilopectina. El almidón más importante desde el punto de vista industrial es el de maíz. Al año se utilizan unos 60 millones de toneladas de maíz para fabricar almidón. Las aplicaciones del almidón son múltiples, ya sea como producto final o como materia prima para la obtención de glucosa y fructosa, etc. Se puede alterar la modificación del mismo (ya sea por tratamientos químicos o por mejoramiento genético) para alterar sus propiedades funcionales y así se amplía aun más el campo de su aplicación.

1.6.1.3 Aceite.

El aceite es un componente menor del grano de maíz, siendo su concentración de alrededor del 5%. Por selección se consiguió aumentar esa concentración hasta más del 20%. La ventaja de maíces de alto aceite como materia prima para la industria aceitera no está totalmente clara, particularmente en situaciones donde abunden especies oleaginosas que compitan en precio y presenten una calidad nutricional similar. (Robutti, José L., 2008).

La palabra “calidad” aplicada al maíz es una propiedad multifacética y está determinada por diversos factores. Algunos de estos factores, como el clima y el suelo, son inmodificables. Sin embargo, es posible la modificación en otros tales como el cultivar, las prácticas culturales, así como las de manejo y transporte pos cosecha, para conservar o al menos mantener los niveles de calidad del grano.

1.6.2 Molinación de Maíz.

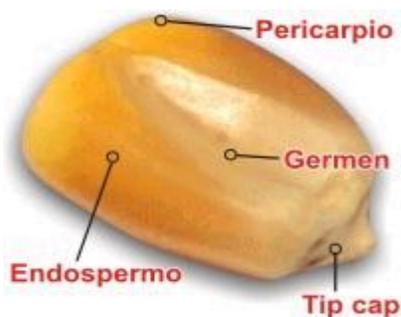


Figura 1 Componentes del grano de maíz. (Robutti, José L., 2008).

La molienda del grano de maíz puede hacerse por vía húmeda o seca; la vía seca da como resultado harinas, féculas y otros productos para alimentación humana, así como subproductos:

afrecho y germen. La molienda húmeda es la más utilizada y conduce a la obtención de almidón, aceite y varios subproductos, entre ellos el gluten meal y el gluten feed.

De la molienda húmeda de maíz se obtiene aceite de maíz, gluten feed, gluten meal, almidón, fructosa, glucosa, dextrosa y otros productos edulcorantes.

El producto principal que se obtiene de la molienda húmeda es el almidón de maíz, libre de proteínas, para ello al grano se le hace un tratamiento previo (químico) llamado maceración que apunta a disgregar (desnaturalizar) las proteínas que forman la matriz proteica que mantienen encerrado al grano de almidón. (Gimenez Jerogina, Marcela, 2010).

Para separar los componentes del grano y quede disponible el endospermo rico en almidón, proteína y germen se realiza una molienda gruesa o suave, utilizando un molino de disco de acero inoxidable provistos de dientes; el objetivo es romper el grano en partes separando el endospermo del germen, en esta molienda se puede agregar agua para eliminar sulfitos.

1.6.2.1 Molienda húmeda.

La molienda húmeda es un proceso altamente sofisticado que por medios físicos y químicos separa los componentes del grano de maíz en una serie de productos útiles. Un diagrama del proceso y los productos obtenidos se observa en la Fig. 1. La calidad requerida no se orienta hacia ningún tipo en particular ("flint", dentado o semidentado). La exigencia de esta industria se refiere principalmente a la homogeneidad de las partidas en cuanto a textura y a la contaminación por micotoxinas.

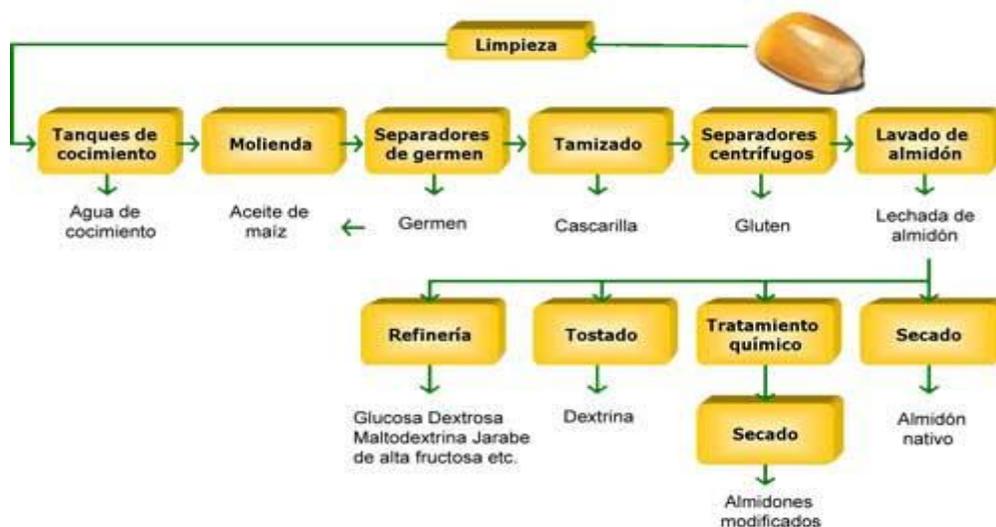


Figura 2. Diagrama de la molienda húmeda en la industria almidonera. (Robutti, José L., 2008).

1.6.2.1.1 Molienda fuerte.

De la fracción que no es germen del 2^{do} hidrociclón podemos sacar maíz hinchado, porque recordemos que la 1^{ra} molienda fue suave; también obtendremos cáscara casi entera, así que por esta razón se envía a una *molienda fina fuerte*, utilizando un molino con ranuras a ambos lados del disco, o puede ser a un molino con fuerza de impacto, cualquiera de ellos tiene poca cizalla. De esta molienda fina fuerte, se saca una pasta de proteínas, cáscara y almidón. (Gimenez Jerogina, Marcela, 2010).

1.6.2.1.2 Productos de la molienda húmeda.

Almidones nativos y modificados.

El almidón se modifica químicamente para alterar sus propiedades funcionales y así ampliar su campo de aplicaciones. Estas modificaciones son: adelgazamiento ácido, oxidación, “cross-linking”, derivatización, sustitución, entre otras. Por otra parte, existen tipos de maíces mutantes tales como el *waxy* y el *amilose extender* que también modifican las propiedades funcionales del almidón y por ende su espectro de usos. Los almidones nativos y modificados se usan en la industria de papel y cartón, textil, farmacéutica, alimenticia y otras, por su disponibilidad a bajo costo y porque puede ser convertido en una variedad de productos por medios químicos y bioquímicos. El almidón puede convertirse en alcohol combustible por fermentación.

Se ha propuesto usar el almidón en la producción de plásticos porque es una fuente renovable y biodegradable.

Fructosa.

Desde el punto de vista cuantitativo la fructosa es el producto derivado del almidón de mayor importancia en nuestro país. Se produce como jarabe, a dos niveles de concentración (42 y 55%), por hidrólisis del almidón y posterior conversión enzimática.

El jarabe de 55% se usa principalmente en bebidas sin alcohol y aperitivos. El de 42% se emplea en bebidas gaseosas, alcohólicas, jugos, etc. Igualmente en tortas y galletas, no sólo por su poder edulcorante sino también por sus cualidades como humectante y texturizador.

Otros productos son: jarabe mezcla, glucosa, dextrosa, maltodextrina, etc. Todos con diversas aplicaciones, principalmente alimenticias.

1.6.2.1.3 Coproductos.

Del germen de maíz se extrae un aceite que es reconocido como uno de los de mejor calidad, superior a la mayoría de los obtenidos de las oleaginosas. Como residuo queda una torta, rica en proteína y otros nutrientes, que se usa en alimentación animal.

1.6.2.2 Formas de separación del germen de la suspensión acuosa.

En la industria almidonera para separar el germen de la suspensión acuosa no se utilizan degerminadores sino hidrociclones, por lo que la masa obtenida del molido grueso se bombea con agua a una serie de hidrociclones para separar el líquido, pues el principal interés es el germen, el cual es grande y se encuentra flotando.

En esta serie de hidrociclones la fracción con germen va hacia arriba y la que no tiene va hacia abajo, normalmente, no se logra una separación 100%, por eso a la fracción de abajo del 1^{er} hidrociclón, se lleva a un 2^{do} hidrociclón, que se obtienen 2 corrientes (Gimenez Jerogina, Marcela, 2010).

Si la corriente de arriba aún tiene germen, se le reinyecta al 1^{er} hidrociclón y la fracción que sale de abajo es sometida a molienda para separar el germen que quedó adherido al endospermo y algo que pueda haber de cáscara.

La masa obtenida que sale de la molienda se bombea con agua a otro sistema de hidrociclones, de esta forma se van juntando todas las fracciones que van hacia arriba (germen) y se las envía a un sistema de cribas de barras, estas tienen forma triangular, y con una distancia bien definida entre una y otra.

1.6.2.3 Lavado del Germen.

Se realiza en 3 etapas y en contracorriente, es decir, a la última criba se le agrega agua limpia, que se va reinyectando mediante bombas.

Obtengo de estas cribas de barras un germen lavado, el cual se prensa para sacarle el agua y se seca. Ya seco, se envía a extracción obteniéndose por un lado el aceite y por el otro el germeal (torta). (Gimenez Jerogina, Marcela, 2010)

1.6.2.4 Lavado de fibras o cáscara.

Se realiza en una serie de cribas que trabajan a contracorriente de las cuales vamos a sacar por un lado fibra y por otra suspensión acuosa de proteína y almidón, como la fibra es densa y pesada se saca fácilmente con zarandas estáticas. Por otro lado tenemos una suspensión acuosa de proteína, de densidad 1.06 y almidón, de densidad 1.60, la cual debo separar; y como sus densidades son diferentes recurro a una centrifugación.

1.6.2.5 Concentración de gluten.

Existen dos métodos de obtención del gluten y los usos del mismo varían según la forma en que obtienen.

- El gluten meal está constituido por la fracción proteica que se separa de la lechada de almidón en la centrifugación. Se emplea principalmente en la alimentación de aves. Contiene alrededor de 60% de proteína y la mayor parte de los pigmentos carotenoides del grano original.

El gluten feed se obtiene mezclando la porción fibrosa del grano, las proteínas solubilizadas en la maceración y la torta de extracción del aceite. Contiene un mínimo de 21% de proteína y se usa para alimentación de ganado. (Gimenez Jerogina, Marcela, 2010).

- Existen tecnologías dentro del proceso de molienda húmeda del maíz especializada en el diseño de equipos, que intervienen en procesos agregando mejoras con una extensa experiencia en el sector alimenticio; obteniéndose derivados como el almidón, gluten feed y gluten meal. El centro proporciona asesoramiento sobre equipos clave dentro de la molienda; entre los equipos que se diseñan se encuentran los secadores tipos flash rotatorio para los distintos subproductos sólidos. (Acosta, Ricardo, 2008)

1.7 Aplicación de producciones más limpias en la industria alimenticia.

1.7.1 Mejoramiento de la gestión de producción.

Contempla la toma de medidas internas que no provocan cambios en los procedimientos de fabricación, sino que mejoran aspectos tales como la organización de la producción, el control de las fuentes de contaminación y el adecuado manejo del agua, materias primas y productos.

Las medidas internas pueden ser:

- Uso eficiente del agua.

El consumo de agua es un parámetro clave que determina los volúmenes y concentraciones de los residuales líquidos a manejar y por ende la capacidad y características de los sistemas de tratamiento y disposición final. Para consumir menos agua es necesario cerrar los sistemas, recircular las aguas de proceso en los casos en que sea posible, realizar la recogida en seco de desperdicios y garantizar el buen estado de los sistemas de conducción y los depósitos de almacenamiento.

- Inventario, almacenamiento y manejo adecuado de los materiales utilizados en el proceso productivo.

Incluye la compra de materiales cuando se necesite y en las cantidades necesarias, el registro de las fechas de caducidad para el establecimiento de prioridades en el uso, la utilización de para evitar derrames o fugas, el manejo cuidadoso de los materiales peligrosos y el establecimiento de los procedimientos de eliminación de materiales contaminados o caducados.

- Separación y tratamiento independiente de los residuales.

Implica la separación en la fuente de los diversos residuales generados en la instalación, para permitir su manejo diferenciado de acuerdo a su peligrosidad, grado de contaminación y posibilidades de tratamiento y aprovechamiento, reduciendo de esta manera los volúmenes y costos de manejo. Por otra parte, se facilita la reincorporación de los residuales no contaminados o no diluidos al proceso de producción, o su envío a otro sitio para la recuperación de materiales o Sustancias de valor económico.

- Mantenimiento preventivo y correctivo.

Consiste en inspecciones regulares, limpiezas, pruebas, y sustitución de partes gastadas o descompuestas, a fin de limitar las posibilidades de fugas o derrames debido al mal funcionamiento y las fallas de equipos y accesorios, o en la solución inmediata cuando éstos se produzcan, evitando que las sustancias tóxicas lleguen a los sistemas de alcantarillado y tratamiento, o se produzcan contaminaciones cruzadas.

- Reciclaje o reutilización de residuales.

Las medidas internas son también un factor de gran importancia para el posible aprovechamiento de residuales sin afectar al ambiente, la calidad del producto o el proceso receptor de los mismos.

- Educación y capacitación de los recursos humanos.

Puede ser la técnica de prevención de la contaminación más elemental, pues es importante que conozcan y entiendan los beneficios económicos, ambientales y sanitarios de lograr una producción más limpia. La toma de medidas internas como la aplicación de buenas prácticas de higiene industrial, el control eficiente de los procesos, la eliminación de errores operativos que impliquen la liberación al ambiente de corrientes contaminantes, etc., complementan los impactos positivos que pudieran tener los cambios tecnológicos. (Barceló, Karolina, 2005).

1.7.2 Modificaciones en los procesos productivos.

Muchas veces la toma de medidas internas puede ir acompañada por cambios tecnológicos en el proceso de producción que van a promover el re-uso del agua, la sustitución de algunos materiales usados en el proceso y la recuperación de determinadas sustancias que previamente se vertían en los efluentes y que a partir de los cambios se pueden utilizar dentro del mismo proceso tecnológico. Este aspecto contempla:

a) Cambios en el proceso. Consisten en cambiar uno o más procesos o el equipamiento usado en ellos. Pueden tener como resultado la reducción en volumen y/o toxicidad del residual generado. No tienen que ser necesariamente extensos o costosos para implementarse.

b) Sustitución de materiales. Comprende los cambios de la materia prima, de composición o uso de un producto intermedio o final o de productos y sustancias tóxicas que se usan en un proceso, con el objetivo de reducir la generación de contaminantes en la fuente. (Barceló, Karolina, 2005).

1.7.3 Aprovechamiento económico de residuales.

Debe constituir la línea prioritaria de trabajo en la introducción de prácticas de producción más limpia en nuestro país.

Aún con la introducción de prácticas de producción más limpia se producirán determinados volúmenes de residuales, por lo que resulta necesario agotar las posibilidades de cierre del sistema productivo y tratar éstos como recursos que al aprovecharse, disminuyen simultáneamente la demanda de recursos naturales y las cargas contaminantes dispuestas al medio ambiente.

Para ello se recurre al reciclaje. El reciclaje comprende la recuperación de aquellos residuales que pueden ser reutilizados, su procesamiento en nuevos productos o materiales y la comercialización posterior. El procesamiento es lo que distingue al reciclaje de la reutilización, pues en el segundo caso los materiales recuperados se vuelven a utilizar posiblemente en la misma forma que antes, sin ser sometidos a complejos procesos de transformación o tratamiento. (Barceló, Karolina, 2005).

1.7.4 Controles de salida.

Aunque la tendencia actual es diseñar los procesos productivos y las tecnologías previniendo la producción de residuales en la fuente, no se puede prescindir de la utilización de sistemas de tratamiento de las emisiones contaminantes a la salida de los procesos productivos, que remuevan contaminantes seleccionados y garanticen el cumplimiento de los parámetros de vertimiento o reutilización. Estos sistemas reducen la contaminación cuando su funcionamiento es adecuado, pero son soluciones costosas para la sociedad y la industria, que pueden generar problemas. (Barceló, Karolina, 2005).

Conclusiones parciales

1. Luego de un estudio bibliográfico acerca de las Producciones Más Limpias, se demuestra que la aplicación internacional de esta ecoeficiente herramienta, permite progresos económicos en las Empresas con disminución de los impactos ambientales. Las técnicas de PML pueden aplicarse a cualquier proceso industrial, y abarcan desde cambios operacionales relativamente fáciles de ejecutar hasta cambios más profundos, como la sustitución de insumos, la modificación de procesos u operaciones unitarias, o el uso de tecnologías más limpias y eficientes.
2. Las industrias alimenticias por las transformaciones intrínsecas de los procesos de producción y por la magnitud de los recursos naturales que involucra, constituyen una principal fuente de impactos ambientales como: emisiones de gases, contaminación del suelo, generación de ruido, calor, vertimiento de aguas residuales con elevada carga contaminante, así como residuos sólidos. Una solución sensata es que la opción de introducir prácticas de PML debe ser considerada como prioritaria y en forma exhaustiva antes de abordar soluciones de tratamiento “al final del proceso”.
3. La aplicación de producciones más limpias en Cuba ha demostrado que es una herramienta para alcanzar beneficios a partir de disminuciones en los consumos de agua, materia prima y energía, así como la reducción de los residuales en industrias de producciones y servicios, siendo necesario capacitar colectivos competentes para desarrollar estas tecnologías.
4. La metodología para la evaluación de producciones más limpias en la etapa de Molinación húmeda del maíz, lavado, deshidratación y secado de subproductos en la planta de Almidón fue adaptada a la metodología de P+L desarrollada por la ONUDI, en el Manual de Reducción de Residuos, que se basa en la evaluación de los procesos e identificación de las oportunidades para usar mejor 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.
5. Las bibliografías consultadas refieren el uso de hidrociclones, que es una tecnología de avanzada para la separación de los gérmenes.

Capítulo II: Materiales y Métodos

En el presente capítulo se presenta una caracterización general de la Empresa Glucosa Cienfuegos, y de forma más específica el proceso productivo de molienda húmeda del maíz, lavado y secado de subproductos en la planta de almidón; objeto de estudio en la presente investigación. Conjuntamente se describe la metodología a aplicar para realizar la Evaluación de Producciones más Limpias.

2.0 Descripción general de la Empresa Glucosa Cienfuegos.

La Empresa Glucosa Cienfuegos, conocida comercialmente con el nombre de GYDEMA, fue fundada el 11 de Diciembre de 1979, y se subordina a la rama Confitera del Ministerio de la Industria Alimentaria (MINAL). Siendo única de su tipo en el país fue creada en ese entonces para producir Glucosa ácida como materia prima, en la producción de caramelos y la exportación a países del Consejo de Ayuda Mutua Económica.

Se encuentra localizada en la Zona Industrial # 2 del Reparto Pueblo Griffo, en la provincia de Cienfuegos, exactamente en la periferia noreste de la ciudad cabecera. Limita al norte con la Empresa DIVEP, al este con la Fábrica de hielo, Almacenes de Productos Frescos y con la Línea de Ron HRL, por el oeste con la Carpintería en Blanco y el Taller de Ómnibus Escolares, y limitando al sur con el asentamiento poblacional de Pueblo Griffo; como se aprecia en el croquis general de la instalación en el anexo A.

Esta Empresa se puso en marcha en 1981 luego de un periodo inversionista que duró 6 años, con una tecnología concerniente al área capitalista, fundamentalmente a la firma Alfa Laval de procedencia sueca y a la DDS Kroyer de Dinamarca. Se construyó con el objetivo de producir diariamente 90 toneladas de Sirope de Glucosa, 9 toneladas de Gluten, 7 toneladas de Germen, 19 toneladas de Licor de Remojo y 21,5 toneladas de Forraje.

Las producciones planificadas no se han podido alcanzar en los años que lleva de puesta en marcha, constituyendo la causa fundamental la falta de maíz; materia prima importada, desde Canadá, Argentina, África del Sur, Argelia y en los últimos años desde EEUU. Dentro de otras causas se encuentra la falta de piezas de repuestos y de un mantenimiento adecuado, por lo que actualmente después de más de 30 años de explotación cuenta con una capacidad instalada de un 50 % con respecto a la de diseño, motivo por los cuales actualmente se puede producir diariamente 30 toneladas de siropes de glucosa, 15 toneladas de almidón, 11 toneladas de Forraje, 4 toneladas de gluten y 3, 5 toneladas de Germen; según la estabilidad del proceso.

Su proceso tecnológico comprende: Planta de producción de Almidón y Planta de producción de Glucosa, además de un sistema de facilidades auxiliares comunes, como son: el sistema de generación de vapor, donde se cuenta con dos calderas de tubos de fuego con una capacidad de 8 y 12 toneladas de vapor por hora respectivamente y la planta de tratamiento de residuales donde se procesan los residuales del proceso industrial más los albañales, la cual desde su concepción inicial no responde a las características de la fábrica, provocando esto que el resultado del tratamiento de los residuales líquidos sea ineficiente.

En la empresa laboran un total de 207 trabajadores, de ellos 27 son profesionales de nivel superior, 99 técnicos medios, 23 con nivel medio superior y 58 con noveno grado; que se encuentran distribuidos por las diferentes áreas, garantizando con su trabajo la gran diversificación de las producciones y los servicios. Del total 173 son directos a la producción. Los trabajadores se distribuyen por categoría ocupacional: 16 dirigentes, 11 de servicios, 54 técnicos y 126 Obreros. La Estructura Organizativa General de la Empresa se puede ver en el anexo B.

En los últimos años la Empresa ha sobre cumplido los planes económicos, manteniendo una ganancia por encima de la planificada. En la tabla 2.1 se resumen los principales indicadores técnico-económicos de la empresa en el año 2010 y 2011.

Tabla 2.1 Principales indicadores técnico-económicos en el año 2010. **Fuente:** Informes Económicos Empresa Glucosa.

Indicadores	UM	Plan 2010	Real 2010	% Cumplimiento	Plan 2011	Real 2011	% Cumplimiento
Producción Bruta	MP	6 172, 2	7 123, 1	115, 4	6420, 8	7535, 6	117, 4
Costo Producción Bruta	MP	5 636, 5	7 051, 9	125, 1	6458, 2	8234, 6	127, 5
Costo / Peso Producción Bruta	Pesos	0, 91	0, 99	108, 4	0, 91	1, 23	135, 2
Producción Mercantil	MP	5 861, 9	7 014, 0	119, 7	6954, 7	7897, 2	113, 6
Costo Producción Mercantil	MP	5 266, 1	6 943, 8	131, 9	6247, 4	7112, 3	113, 8

Costo / Peso Producción Mercantil	Pesos	0, 90	0, 99	110, 2	0, 90	1, 17	130
Utilidad del periodo	MP	411, 7	425, 0	103, 2	425, 6	450, 6	105, 9
Fondo de salario	MP	1 337, 2	1 158,0	86, 6	1 337, 2	1549, 6	115, 9
Promedio de trabajadores	U	210, 0	201,0	95, 7	210, 0	250, 6	119, 3
Salario Medio	Pesos	6 368, 0	5 761,0	90, 5	6 368, 0	5892, 3	92, 5
Productividad	Pesos	4 953,0	6 732,0	135, 9	4 953,0	6 964,1	140, 6
Correlación Salario Medio/ Productividad	Pesos	0, 81	0, 67	82, 2	0, 81	0, 72	88, 9
Liquidez Inmediata	Pesos	---	0, 75	---	---	0, 75	---

2.1 Planeamientos estratégicos.

Misión.

Elaborar materias primas y materiales para diferentes procesos industriales y productos alimenticios, en una amplia gama de surtidos para la alimentación humana y animal, con la mejor calidad y eficiencia posible, garantizando la plena satisfacción de nuestros clientes.

Visión.

Somos una empresa próspera, diversificada, líder en el mercado nacional y competitivo en el mercado internacional.

Objeto Social.

- Producir, transportar y comercializar de forma mayorista, productos alimenticios derivados del maíz, como: sirope de glucosa, almidón de maíz, aceite de consumo humano, mezclas secas, concentrados de frutas y vegetales, siropes y alimento animal, en moneda nacional y convertible.
- Producir y comercializar de forma mayorista, equipos, piezas y accesorios de metal y goma fundamentalmente para la industria de conserva y lácteos, en moneda nacional y pesos cubanos convertibles.
- Brindar servicios de alquiler de transporte especializado y de carga, en moneda nacional.
- Brindar servicios personales, de reparación de enseres menores, de transporte de personal y alimentación a sus trabajadores en moneda nacional.

- Ofrecer servicios de reparación y mantenimientos eléctricos, de instrumentación a equipos automáticos, informáticos y de comunicación a entidades en moneda nacional.
- Producir y comercializar de forma mayorista ganado menor y de forma minorista a sus trabajadores productos agropecuarios procedentes del autoconsumo en moneda nacional.

2.2 Cartera de Productos.

La Empresa produce una amplia gama de productos comercializados con la marca Gydema, estas producciones se efectúan según el proceso tecnológico general de la fábrica el cual se representa en el anexo C.

Las producciones son destinadas fundamentalmente como materia prima para la Industria de Alimentos y la Industria Farmacéutica, además sirve de soporte productivo a la Fábrica de Sorbitol de Camagüey, así como a las Fábricas de Confituras y Conservas del país. El Almidón producido es consumido principalmente, como alimento a la población, por lo que la producción de esta empresa es netamente para el consumo nacional, existiendo dos líneas fundamentales que son las siguientes.

Producciones Fundamentales:

- Almidón de Maíz
- Glucosa
- Sirope de Glucosa por vía ácida
- Sirope de Glucosa por vía enzimática

Subproductos Generados

- | | |
|-----------|--------------------|
| ➤ Germen | ➤ Licor de remojo |
| ➤ Forraje | ➤ Lodos residuales |
| ➤ Gluten | |

Producciones Alternativas:

- | | |
|-------------------------|-----------------------------------|
| • Natillas Caseras | • Sirope para Refrescos |
| • Almidón Saborizado | • Polvo para Hornear |
| • Desayuno de Chocolate | • Alimento Animal |
| • Polvo para Panetelas | • Concentrado de corteza de Mango |
| • Polvo para Arepas | |

Un resumen de las producciones fundamentales y alternativas en los años 2010- 2011 se muestran en la tabla 2.2.

Tabla 2.2 Comportamiento de la Producción en el período 2010–2011. **Fuente:** Elaboración propia a partir de los Informes de producción anual confeccionados por el departamento técnico productivo de la Empresa Glucosa Cienfuegos.

PRODUCTO	REAL 2010 en (t)	REAL 2011 en (t)
Glucosa Ácida.	847, 33	747, 47
Glucosa Enzimática.	1 126, 54	590, 08
Almidón 20 Kg.	1 525, 76	146, 71
Almidón 10 Kg.	77, 03	-
Almidón 5 Kg.	24, 15	12, 54
Almidón 180 g	12, 63	19, 749
Almidón Saborizado 180g	0, 51	17, 678
Natilla Nacional. 30 Kg.	1 015, 09	926, 352
Natilla 5 Kg.	1, 07	-
Natilla vainilla 180 g.	17, 98	-
Natilla mantecado 180 g.	15, 35	-
Desayuno Chocolate250 g	40, 74	3, 259
Desayuno Chocolate500 g	-	14, 984
Sirope (litros)	331 011, 0	449, 162
VIMANG.	31, 33	103, 172
Alimento Animal	1 415, 96	961, 94

Como apreciamos en la tabla anterior la empresa ha presentado un ascenso en el volumen de sus producciones fundamentales y alternativas, así como en la diversificación de las mismas en los últimos años.

En la tabla 2.3 mostramos el comportamiento del consumo de maíz en los años de estudio.

Tabla 2.3 Comportamiento del consumo de maíz en los años 2010 y 2011. **Fuente:** Elaboración propia a partir a partir de los Informes de producción anual confeccionados por el departamento técnico productivo de la Empresa Glucosa Cienfuegos.

Producción	Consumo de maíz (t)	Consumo plan (t/t)	Consumo real (t/t)	Sobre consumo (t)
Almidón 20 Kg	4076, 6578	2, 00	2, 21	393, 7638
Glucosa Ácida	2457, 0022	1, 9	2, 00	134, 1779
Glucosa Enzimática	2663, 2172	1, 65	1, 74	147, 9737
Total	9194, 873			675, 9154

La Empresa cuenta con un Manual de Calidad establecido en Octubre del 2010, el cual es un requerimiento del sistema de gestión de la calidad de la Empresa Glucosa Cienfuegos, basado en la Norma Cubana NC ISO 9001: 2008 “Sistemas de gestión de la calidad – Requisitos”, descrito por secciones. En cada sección se definen las responsabilidades y se hace referencia a los procedimientos e instrucciones de los puestos de trabajo. El SGC, implementado, define su alcance en la Planta de Mezclas Secas, donde se trabaja con mezclas físicas con base de almidón en el llenado y envasado de diferentes productos en bolsas, aún no se ha trabajado en la confección del manual de procedimiento y actualización de los registros en base al SGC de las demás producciones.

Existe en la empresa el manual y la política de Seguridad y Salud en el trabajo, elaborado en la resolución 72/09 del 22 de septiembre de 2009, donde se complementa a garantizar que todos los principios básicos y las buenas prácticas de seguridad estén fuertemente establecidos en nuestra empresa, aplicable a nuestros trabajadores y a los bienes materiales e inmuebles bajo nuestra responsabilidad, así como informar a los trabajadores acerca de los materiales, equipos o procesos peligrosos presentes en la actividad productiva, de manera que conozcan los peligros potenciales para su seguridad y salud, y se mantengan protegidos.

2.3 Situación ambiental de la Empresa Glucosa Cienfuegos.

2.3.1 Antecedentes.

Al triunfo de la Revolución en Cuba, la Industria Alimenticia contaba con unos pocos talleres y fábricas, prácticamente artesanales y con una gran dispersión territorial, no constituyendo en ese momento sus residuales una amenaza significativa de contaminación para el medio ambiente.

Comienza un proceso de renovación y desarrollo de esta rama con la ejecución de varias inversiones a partir de la década del 1970, lo cual permite que poseamos actualmente, un sistema productivo de la Industria Alimenticia, distribuido por todo el territorio nacional, que por las características y volumen de sus residuales, constituyen una de las fuentes importantes de contaminación del medio ambiente del país.

Los problemas ambientales ocasionados por la Empresa Glucosa Cienfuegos tienen su origen desde la propia puesta en marcha de esta fábrica, luego, debido a la situación que ha venido afrontando nuestro país con relación al mercado internacional, esta empresa se ha visto seriamente afectada en la adquisición de nuevas tecnologías para sus procesos productivos, lo que trae consigo que los residuos generados por sus producciones principales, cada día sean mayores debido a los derrames producidos por roturas imprevistas de los diferentes equipos.

2.3.2 Situación ambiental actual.

La Empresa Glucosa Cienfuegos, involucrada en un proceso de perfeccionamiento de su gestión, cuenta con una Estrategia Ambiental desde el año 2009 que se materializa en planes de acción a corto, mediano y largo plazo, la cual resulta insuficiente para resolver los problemas ambientales que ocasiona.

Según la Estrategia Ambiental del MINAL los principales problemas ambientales que presenta el Ministerio de la Industria Alimenticia en el país y de los cuales la Empresa Glucosa no está exenta y se encuentran reflejados en su estrategia ambiental son:

1. Contaminación de las aguas terrestres y marinas por el vertimiento de los residuales líquidos y sólidos industriales.
2. Contaminación de la atmósfera por emanaciones de gases, polvo, hollín y malos olores.
3. Elevado consumo de agua, recurso natural más importante que maneja el MINAL.

Lo anterior se corrobora mediante estudios e informes de las autoridades ambientales del territorio sobre los problemas detectados en esta fábrica, los cuales refieren que existen problemas con el tratamiento y disposición de los residuales líquidos, debido a un tratamiento insuficiente de sus aguas residuales y que genera además niveles importantes de contaminación atmosférica por malos olores afectando el ecosistema de la Bahía de Cienfuegos y los asentamientos poblacionales aledaños, reportándose la misma dentro de las entidades en la provincia que más afectan este ecosistema.

Actualmente la disposición final de las aguas residuales de esta industria se realiza por medio de una tubería colectora de 1 500 m de longitud que tributa hacia el Arroyo Inglés, a unos 20 m de su

desembocadura en la Bahía de Cienfuegos. Estos residuales una vez vertidos en el Arroyo se conducen libremente por un trayecto de aproximadamente 30 m, hasta que se mezclan con los residuales albañales del Reparto Pueblo Griño. Esta mezcla de residuales líquidos es usada en el riego de áreas destinadas al cultivo de arroz en la zona próxima a la Bahía de Cienfuegos.

Los resultados recientes de la caracterización de las agua residuales de dicha industria efectuada por el Centro de Estudios Ambientales de Cienfuegos se presentan en la tabla 2.4, donde se resumen las mediciones en los puntos de muestreo 1 y 2, la carga contaminante aportada a la Bahía de Cienfuegos, las razones entre el punto 1 y el punto 2 y entre el punto 1 y el Límite Máximo Permissible Promedio (LMPP), así como entre el punto 2 y el Límite Máximo Permissible Promedio. Encontrándose ubicado el punto 1 a la salida del residual de la Planta de Tratamiento de la fábrica y el punto 2 correspondiéndose a las muestra tomada unos 15 m aguas debajo de la mezcla del residual con los albañales del Reparto de Pueblo Griño, justamente en la zona más cercana a las áreas donde se utiliza como riego en la plantación de arroz.

Tabla 2.4 Caracterización de los residuales de la Fábrica de Glucosa en junio 2011. Fuente: Informe CEAC Cienfuegos (Junio 2011).

Variable medida	Punto 1	Carga Kg/día	Punto 1: LMPP	Punto 2	Punto 1: Punto2	Punto2:LMPP
S. Susp (mg/L)	660	121	-	110	6	-
ST (mg/L)	2 340	431	-	1 070	2, 2	-
SV (mg/L)	660	121	-	105	6, 3	-
SD (mg/L)	1 680	309	-	960	1, 8	-
DQO (mg/L)	6 800	1 251	97	960	7, 1	13, 7
NTK (mg/L)	82.3	15	16, 5	10,36	7, 9	2, 1
DBO₅ (mg/L)	3 150	580	105	475	6, 6	15, 8
DBO₅:DQO	0, 4632	-	-	0, 4948	-	-
PT (mg/L)	42, 9	7, 8	21, 5	118	0, 4	59

Grasas y Aceites (mg/L)	<LC	-	-	<LD	-	-
Fenoles (mg/L)	<LC	-	-	<LC	-	-
Sulf. T. (mg/L)	12, 16	2,2	-	1, 52	8	-
Conductividad Eléctrica	1 496	-	1, 1	998	1, 5	0, 71
PH	3, 96	-	-	6, 58	-	-

Para comprender el alcance del problema de contaminación provocado por la descarga de los residuales líquidos de la Fábrica de Glucosa se exponen en el anexo M las especificaciones para el vertimiento que deben cumplir las aguas residuales de dicha industria.

Al analizar los resultados obtenidos se aprecia que el residual líquido de la Empresa Glucosa Cienfuegos es ácido, con abundante contenido de sólidos totales y rico en materia orgánica de naturaleza biodegradable. El 28 % de los sólidos totales presentes están en forma suspendida, sin embargo el 72 % están en forma disuelta. La presencia de sólidos suspendidos en el agua limita la entrada de luz a las capas más profundas y por tanto afecta al desarrollo de la biota acuática.

Los valores de las variables medidas en el punto 1 fueron superiores a lo establecido en la Norma Cubana (NC) usada, excepto las grasas y aceites y el índice de fenoles que registraron valores por debajo del límite de cuantificación (16 mg/L y 0,1 mg/L, respectivamente). Indicadores que representan el contenido de materia orgánica en el residual (DQO y DBO), registraron valores aproximadamente 100 veces superiores a lo establecido por la NC (cuarta columna de la Tabla 2.3). En la tercera columna de la referida tabla se reportaron las cargas dispuestas al entorno por este residual, determinándose que la carga expresada como DBO₅ aportada en un día por esta industria representa una población equivalente de 11 904 habitantes, según el criterio establecido por la metodología del CITMA (CIGEA, 1998).

Este vertimiento con materia orgánica elevada a la bahía produce agotamiento del oxígeno disuelto lo cual ocasiona un predominio de especies anaeróbicas, afectando por tanto la biodiversidad. Además cuando se termina el oxígeno disuelto en el agua comienza la reducción de los sulfatos (abundantes en el agua de mar) y se producen sulfuros que provocan un olor desagradable en la zona afectada a la entrada de la ciudad de Cienfuegos. Podemos señalar también que al presentar

este residual elevados valores de nitrógeno y fósforo puede provocar eutrofización en los cuerpos de agua donde es vertido.

Lo anterior demuestra que esta fábrica no cumple con los límites máximos permisibles para las concentraciones de las descargas de sus aguas residuales, atendiendo a la clasificación cualitativa de este cuerpo receptor según las normas ambientales, por lo que viola la Legislación Ambiental vigente en el país pudiendo mencionarse entre otras las regulaciones siguientes:

1. Decreto Ley 138: De Las Aguas Terrestres (Artículo 17).
2. Ley No. 81 del Medio Ambiente (Artículo 95).
3. Decreto Ley 212: Gestión de la zona costera (Artículo 16, inciso g).
4. Norma cubana NC 27:1999 Vertimiento de Aguas Residuales a las Aguas Terrestres y al Alcantarillado.
5. Norma Cubana NC XX: 2001 Vertimiento de Aguas Residuales a las a las Costas y Aguas Marinas.

2.4 Descripción del Objeto de estudio: Molienda húmeda en el proceso de almidón de maíz en la fábrica de glucosa en Cienfuegos.

Con el objetivo de realizar un estudio integral de P+L en la Empresa Glucosa Cienfuegos, se enmarcó en cuatro temas la investigación con el objetivo de lograr una estrategia ambiental integrada y preventiva, a procesos y productos en el orden de reducir riesgos a los humanos y al medioambiente; el trabajo se distribuyó de la siguiente forma:

1. Almacenaje, Sección de Limpieza y Maceración del Maíz.
2. Molienda húmeda del maíz, lavado, deshidratación y secado de subproductos en la planta de almidón.
3. Separación, Refinación y Secado de Almidón.
4. Planta de Glucosa.

Este trabajo se consagra a la evaluación de P+L en el proceso de Molienda húmeda del maíz, lavado, deshidratación y secado de subproductos perteneciente a la Planta de almidón.

Para la ejecución del proceso tecnológico intervienen varias operaciones unitarias como: separaciones mecánicas, flujo de fluidos, transferencia de masas, transferencia de calor, cantidad de movimientos, etc. Se utiliza como materia prima principal el "Maíz", proveniente de la sección de maceración.

2.4.1 Descripción del flujo tecnológico de la Sección.

Una vez que el grano de maíz se encuentre en condiciones óptimas para ser sometido al proceso de molienda, se alimenta al molino previo #1 por medio de un transportador deshidratador. La entrada al molino está dotada de un separador de piedras con entrada de líquido de proceso. El separador tiene un sistema de agitación con el objetivo de mantener el maíz en constante movimiento, para lograr que las piedras puedan ir al fondo del recipiente por diferencia de densidades entre ellas y el maíz, este último cae al molino por reboso. El molino cuenta con dientes que garantizan el desgarramiento del grano, siendo separado en sus componentes (fibras finas, fibras gruesas, germen, almidón y gluten), liberando el germen sin dañarlo ya que de lo contrario se producirían disturbios en las etapas de separación del almidón por presencia de aceite en el proceso. El líquido de proceso proviene del tanque colector 010-05; es controlado y diluido con agua sulfurosa a fin de mantener la relación agua- producto.

El maíz pre molido se bombea mediante dos bombas centrífugas paralelas a los separadores de germen de la primera etapa de degerminación. El flujo se ha dividido aquí en dos corrientes por razones de capacidad.

En los degerminadores # 1 y # 2 es separado una parte considerable de los gérmenes y caen en el centro de éstos, luego son enviados por las bombas de embriones a una caja de derivación, la cual divide este flujo junto con el que viene de la segunda etapa de degerminación hacia las etapas de lavado de germen, donde se realiza un lavado a contracorriente con agua de cierta composición de líquidos de procesos. El líquido que ha funcionado como medio de transporte de los gérmenes es reciclado al sistema por el tanque colector 010-05, y una vez en el tanque, es entonces derivado a las entradas de los molinos (previo 1).

La separación correcta en la primera etapa de degerminación se realiza con una concentración de 6-7°Bé. Los tornillos inclinados que forman parte de la degerminadora transportan los sedimentos que se encuentran en el fondo al siguiente molino. En estos tornillos ocurre también una deshidratación del producto, el agua extraída es enviada hacia el tanque colector. En el molino previo #2 se efectúa una separación adicional de los gérmenes que quedaban unidos a pedazos de endospermos y cortezas. El flujo de producto, se conduce hacia la tercera degerminadora, donde los gérmenes restantes se separan del resto de los constituyentes del maíz. Esta separadora es del mismo diseño y la misma función que las de la primera etapa; para la separación correcta de los gérmenes la concentración de la suspensión debe estar de 7-9°Bé.

El líquido con gérmenes es bombeado a cuatro etapas de lavado de gérmenes por la caja de derivación, el lavado se realiza con agua de proceso del tanque # 3, posterior se prensa y se somete al proceso de secado en un secador tubular calentado por vapor, y el producto resultante se utiliza para la elaboración del pienso animal.

De la degerminadora, las cortezas o fibras gruesas, fibras finas o sémola y endospermos (gluten y almidón) son conducidos por transportador de tipo tornillo inclinado, al molino fino; en este transportador también ocurre un efecto de deshidratación. La entrada al molino está dotada de una separadora de piedra.

Este molino trabaja a una velocidad supersónica de acuerdo al principio impacto-impulso, posee un sistema de lubricación con enfriamiento por agua fresca.

A la entrada del molino se alimenta agua de proceso del tanque # 3, solo para la arrancada. El flujo de producto es entonces bombeado a la etapa de lavado de fibras gruesas, antes de entrar a la bomba el líquido es desarenado por ciclón de desaereación para evitar problemas con el aire de la lechada; el lavado se realiza con agua de proceso del tanque # 3.

Las fibras son la parte celulósica del grano de maíz y tienen dos fracciones diferentes, las cortezas o fibras gruesas, y las fibras finas o sémolas. A causa de sus propiedades diferentes las cortezas y las fibras finas se lavan separadas para asegurar un mejor resultado y menores pérdidas. La lechada del molino fino se hace pasar por una lavadora de corteza en 4 etapas de tipo transportador vertical de tornillo sinfín; su funcionamiento es igual a las lavadoras de embriones.

El agua de enjuague se añade y se conduce a contracorriente; de las lavadoras de corteza se obtiene entonces cortezas limpias y una lechada de almidón con algunas fibras finas.

La lechada de almidón desciende por gravedad a las lavadoras de fibra fina, esta es una unidad de tamices cónicos y paralelos en cuatro etapas. El lavado de las fibras finas se realiza a contracorriente utilizándose agua sulfurosa. Los productos que resultan de estas lavadoras son sémolas limpias y una lechada de almidón con gluten, denominándose "Mill-flow"- Flujo de molino, y que constituye la corriente principal del proceso.

La concentración del flujo de proceso debe ser de 6-8°Bé. Las fibras que contienen cerca del 90% de humedad son bombeadas hacia la sección de deshidratación de fibras finas, finalmente se unen con las fibras gruesas, se prensan, se secan en un secador tubular calentado por vapor y se destinan para la elaboración del pienso animal.

2.4.2.1 Etapas tecnológicas del proceso de Molienda húmeda del maíz, lavado y secado de subproductos.

- 1. Pre molienda I:** Esta sección tiene el objetivo de desgarrar el grano de maíz liberando el germen sin dañarlo, para de esta forma evitar perturbaciones en los pasos sucesivos. El maíz proveniente de la sección de remojo es transportado y alimentado al molino el cual está provisto de un separador de piedra con sistema de agitación con el objetivo de mantener el maíz en constante movimiento para lograr que las piedras puedan ir al fondo del recipiente por diferencia de densidades, el maíz cae al molino por rebozo. El molino cuenta con dientes que garantizan el desgarramiento del grano liberando el germen sin dañarlo, la suspensión acuosa debe tener una densidad entre 6-7 °Be. Tiene una capacidad de 7.1 t/h y velocidad de 330-400 rpm.
- 2. Degerminación:** el objetivo de esta sección es separar por diferencia de densidades el germen del resto de los componentes del maíz. El germen flota y los demás sedimentan. La suspensión acuosa del molino previo #1 es recepcionada en la degerminadoras A y B, la misma está provista de un sistema de agitación, el germen sube a la superficie por acción de flotación hacia el colector de germen. La suspensión acuosa libre de gran porcentaje de germen, es transportada hacia el molino previo dos por dos tornillos sinfines especiales, los cuales también tienen un efecto de deshidratación. La degerminadora C, trabaja bajo el mismo principio que la A y la B. Durante el proceso se deben mantener parámetros de calidad, degerminadoras A y B (6-7°Be) y C (7-9°Be).
- 3. Pre molienda II:** tiene por objetivo culminar el desgarramiento de los granos que quedaron sin desmenuzarse en el previo #1, el funcionamiento es igual que el descrito en el pre- molino #1, con la diferencia que la suspensión acuosa se transporta al degerminador C.
- 4. Molienda fina:** se realiza la molienda final del producto para la disminución de su granulometría. Toda la suspensión acuosa proveniente de la degerminadora C pasa al molino fino, el cual trabaja a una velocidad supersónica de acuerdo al principio impacto/impulso lo que hace posible una reducción granulométrica de las partículas. El flujo de producto es bombeado entonces hacia la etapa de lavado de corteza.
- 5. Lavado y deshidratación de germen:** Tiene el objetivo de eliminar del germen todos los restos de almidón y proteínas que hayan quedado en el paso de degerminación; con posterior reducción del % de humedad (58 %). El germen entra a la lavadora por la parte inferior de la cuarta etapa avanzando hacia la primera a contracorriente, compuesta por cuatro cilindros perforados colocados verticalmente provisto en su interior de un tornillo sin fin encargado de transportar el germen hacia su parte superior, la presión del agua de lavado no debe exceder el parámetro establecido (0, 8 kgf/cm²). En su cribar todas las impurezas pasan al agua de lavado que finalmente se recopilan en

el tanque colector, los embriones lavados que salen de la cuarta etapa caen en tornillo colector que lo transporta hasta la prensa de tornillo continuo donde son desaguado antes de pasar al secador.

6. Secado de germen: Tiene como objetivo de disminuir el % de humedad del germen hasta el valor previsto (de 3 a 6 %), la temperatura de trabajo debe estar entre 75 y 80 °C. El material húmedo cae sobre el haz tubular ocurriendo un intercambio de calor y masa a medida que se transporta por el secador, el material seco se destina para la elaboración del pienso animal.

7. Lavado de fibras gruesas: tiene el objetivo de separar las fibras gruesas proveniente del molino fino y quitarles las partículas de almidón que puedan irse con ellas. La suspensión acuosa proveniente del molino es bombeada hacia la lavadora de fibras gruesas la cual consta de cuatro etapas trabajando en serie. Estas son del tipo de transportador de tornillo vertical, el agua de lavado penetra a contracorriente, la presión del agua de lavado no debe exceder el parámetro establecido (0,8 kgf/cm²); de este lavado se obtiene las cortezas del maíz limpio y una suspensión acuosa del almidón con algunas fibras finas que pudieran pasar a través de la criba, seguidamente es bombeado hacia las lavadoras de fibras finas.

8. Lavado de fibras finas: el objetivo de esta sección es separar las fibras finas de la suspensión acuosa de almidón. Toda la suspensión acuosa de almidón proveniente de las lavadoras de fibras gruesas baja por gravedad a las lavadora de fibra finas, la cual consta de cuatro etapas que trabajan en paralelo, estas son del tipo de transportador a contracorriente, la presión del agua de lavado no debe exceder el parámetro establecido (1 kgf/cm²) y prosigue hacia el tanque de almidón crudo su flujo.

9. Desaguado de fibras: tiene el objetivo de extraer la mayor cantidad posible de agua, siendo el óptimo (60% H), para optimizar el paso de secado. Antes de mezclarse las fibras finas pasa por un proceso de desaguado, posteriormente se unen y caen en la prensa de tonillo sinfín recubierto con una malla metálica de 4 mm de diámetro; el agua resultante va al tanque colector y las fibras caen al tornillo colector, encargado de alimentar al secador.

10. Secado de fibras: se realiza en un secador tubular con entrada de vapor, siendo la temperatura de trabajo entre (80 y 85 °C), tiene el objetivo de eliminar la humedad de las fibras provenientes de las prensa. Se alimenta lentamente con material húmedo proveniente de las prensas hasta alcanzar el valor previsto, (10 a 13% H), el material seco se utiliza en la elaboración del pienso animal.

Ver en anexo D las fotos que representan las etapas tecnológicas del proceso.

2.4.2 Incidencia del proceso de Molienda húmeda del maíz, lavado y secado de subproductos en los problemas ambientales.

En este proceso existen incidencias que provocan problemas ambientales siendo:

- 1- Derrames de cargas orgánicas al alcantarillado y por consiguiente al residual de la industria por averías imprevista.
- 2- Fugas o derrames debido al mal funcionamiento y las fallas en los equipamientos.
- 3- Derrame de productos sólidos por compuertas en mal estado.
- 4- Derrame de agua de proceso por realizarse operaciones incorrectas.
- 5- Fugas de vapor por deterioro en las líneas de circulación del flujo.
- 6- Excesivo ruido durante el proceso productivo.
- 7- Desconocimiento del personal en materia de educación ambiental.
- 8- Derrame de agua potable por válvulas en mal estado.
- 9- Fuga de vapor por trampas en mal estado.

2.5 Metodología para la Evaluación de Producciones más Limpias (EP+L)

A partir de los estudios documentales se decide aplicar la metodología de la ONUDI/ PNUMA (ONUUDI, 1999), para valorar mediante una Evaluación de Producciones Más Limpias (EP+L) la problemática existente en el proceso de Molienda húmeda del maíz, lavado, deshidratación y secado de subproductos en la planta de Almidón, para lo cual se adaptó dicha metodología a las condiciones del objeto de estudio. Una (EP+L) ayuda a la empresa de muchas maneras, pues es un método excelente que debe conducirse de forma sistemática para conseguir los mejores resultados. La metodología a aplicar consta de cuatro etapas fundamentales tal como se aprecia en la siguiente figura 2.1



Figura 2.1 Etapas para la Implementación de P+L. Fuente: Elaboración propia.

2.5.1 Planeamiento y organización.

La planeación y organización comienza cuando la dirección de una empresa se interesa en las Producciones más Limpias y se describen los patrones necesarios para la implementación de la Evaluación de P+L. Para que una EP+L sea exitosa se deben realizar los siguientes pasos:

2.5.1.1 Obtener el compromiso de la dirección.

Para obtener el compromiso con la dirección de la empresa se le da a conocer las ventajas que ofrece aplicar P+L así como los beneficios económicos, de tipo ambiental como de imagen empresarial; lo anterior se realiza en caso de que el interés por aplicar P+L no se ha originado en la dirección de la empresa.

El compromiso de la administración de la empresa será el éxito para el proyecto de P+L, pues la dirección de la empresa:

- Prepara y dirige el escenario para la formación de un equipo para la EP+L.
- Apoyará el compromiso verbal y formar, comunicará este apoyo a todos los empleados.
- Destinará recursos requeridos.
- Revisará regularmente el progreso del proyecto.
- Acatará los resultados de la EP+L.

2.5.1.2 Involucrar a los empleados.

La incorporación de todos los empleados (administrativos, especialistas, operarios y prestadores de servicios), así como su compromiso en la realización del proyecto de Producciones Más Limpias, constituyen el triunfo para la Evaluación de Producciones Más Limpias, se les informa las ventajas y los beneficios del programa, valorando sus aportes para las mejoras que pudieran brindar al mismo.

2.5.1.3 Organizar el equipo de EP+L.

Se debe integrar un equipo 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 P+L, 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 P+L, que tenga la jerarquía y la autoridad necesarias para garantizar la implementación del programa e informará permanentemente a la gerencia sobre los avances del proceso.

2.5.1.4 Identificar obstáculos y soluciones para la EP+L como un proceso.

Se identificarán los posibles obstáculos o impedimentos en el proceso de estudio y proponer soluciones a los mismos. En esta actividad es de suma importancia la participación activa del personal clave, conocedor de las interioridades de sus respectivas áreas de trabajo.

2.5.1.5 Decidir el enfoque de la EP+ L.

La decisión el enfoque de la EP+L a realizar concierne a los miembros del equipo de EP+L. El alcance de la misma establece si se va a incluir en la evaluación la planta entera o limitar la misma a ciertas unidades, secciones o departamentos de la misma. El énfasis establece lo referido a los materiales sobre los que se quiere influir como por ejemplo el agua, la energía, químicos o materia prima.

2.5.2 Evaluación Preliminar.

La fase de evaluación del proceso en planta que incluye la evaluación preliminar y culmina con el estudio detallado es crucial en la implementación de la P+L, ya que al efectuar el reconocimiento de las distintas etapas del proceso productivo se identifican Fortalezas, Oportunidades, Debilidades y Amenazas (FODA). De este análisis se derivan las principales recomendaciones para la mejora.

Con la evaluación preliminar se determina también 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.

2.5.2.1 Colectar y preparar la información básica del proceso.

Se recolecta la información y datos sobre la empresa, su ubicación, locales, operaciones y procesos que desarrollan. En este paso el equipo de P+L genera dos resultados importantes:

1. Un Diagrama de Flujo de Proceso (DFP).
2. Un Eco-mapa del sitio.

2.5.2.1.1 Diagrama de Flujo de Procesos.

Los diagramas de flujo de proceso son la representación del proceso de transformación de las materias primas en productos, en el cual se identifican las distintas unidades y etapas; así como el

origen, circulación y destino de los productos, subproductos y corrientes residuales originados en la transformación principal y en las demás operaciones de proceso, entre las que se incluyen las recirculaciones internas y los tratamientos aplicados a las corrientes residuales.

Para construir el DFP, es mejor para el equipo de las P+L empezar listando las operaciones unitarias del proceso en estudio. Luego, cada una de las operaciones unitarias serán mostradas en un diagrama de bloque que indicará detalladamente los pasos con las entradas y salidas. Conectando los bloques individuales de las operaciones unitarias se hace el diagrama y se construye un DFP siguiendo los siguientes pasos:

1. Identificar las entradas de materias primas y materiales en el proceso.
2. Identificar las salidas de productos del proceso.
3. Identificar los destinos finales de todas las corrientes.
4. Determinación de los niveles de recirculación interna y reciclado externo.

2.5.2.1.2 Confeccionar los Diagramas de entrada y salida.

El diagrama de entrada / salida muestra, para cada unidad de proceso, cuales son las entradas de materia prima, materiales y energía al proceso y cuáles son las salidas.

Después que todas las unidades de proceso han sido identificadas, el próximo paso es identificar las entradas y salidas de materiales y energía en cada unidad de proceso, así como donde se generan los desperdicios. En la figura 2.2 se muestra una representación esquematizada del diagrama de entradas y salidas.

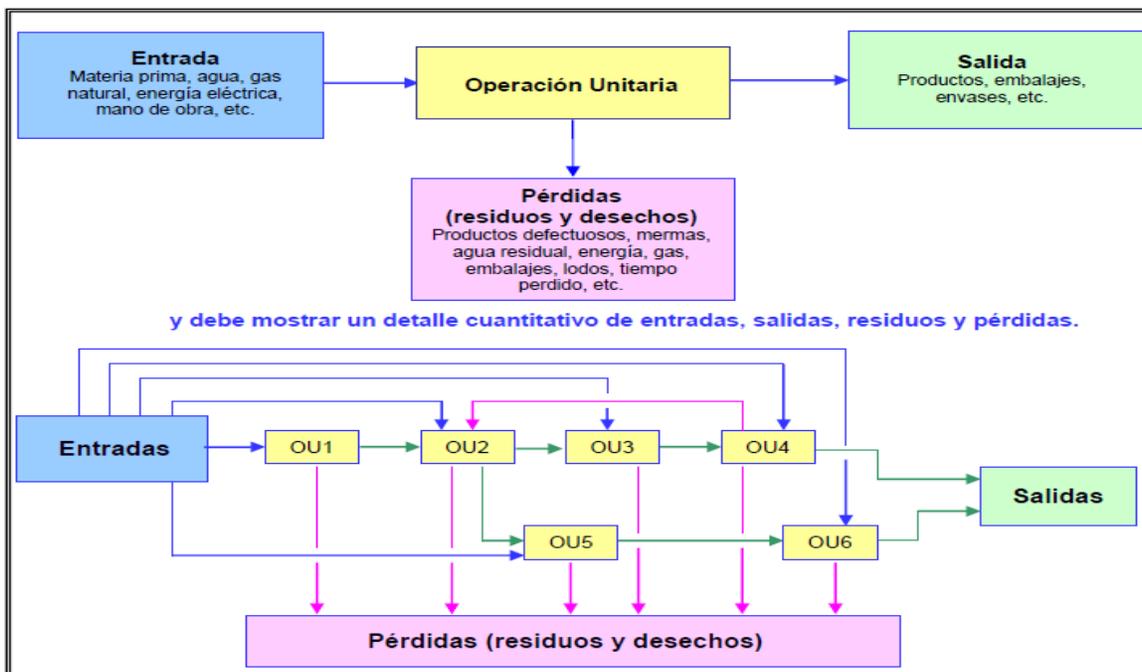


Figura 2.2: Esquema del diagrama de entrada salida. **Fuente:** [8] (CPTS, 2005).

Hay que asegurarse de que en cada unidad de proceso, para cada entrada debe haber la correspondiente salida. Si hay algún cambio en el peso de una materia prima o en un producto, hay que contabilizar la diferencia y asegurarse de que está incluida en el diagrama de entrada / salida. Hay que recordar incluir las aguas de lavado, emisiones a la atmósfera, polvos y cualquier tipo de contaminación.

El balance entre las entradas y salidas es un buen método para el desglose de las salidas de desperdicios, los que de otra manera pudieran ser pasados por alto. Hay que incluir cualquier desecho, materia prima o producto, que regular o accidentalmente, se produzca en el proceso. Hay que anotar que no se requieren cantidades y costos en el diagrama de entrada / salida en esta etapa.

2.5.2.2 Realizar el reconocimiento de planta.

El recorrido por la fábrica debe llevarse a cabo cuando ésta se encuentre funcionando en su totalidad, además se debe considerar la participación del jefe de planta y del jefe de mantenimiento junto al equipo evaluador de P+L.

Este recorrido debe ser 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 final. 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 durante el recorrido como se muestra en anexo E.

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.

Una vez realizado el recorrido por la empresa, se tendrá que organizar la información recopilada sobre el volumen de materiales, residuos y emisiones en el flujo y establecer indicadores que muestren los puntos críticos en las distintas áreas del proceso, haciendo énfasis en el uso eficiente de los recursos energía, agua y materia prima; así como en la generación de residuos de producción. En esta etapa se define el inventario de malas prácticas y problemas ambientales encontrados.

Para facilitar la identificación de indicadores de comparación, se debe contar con toda la documentación requerida como por ejemplo: recibos de consumo de energía, consumo de agua,

compra de materiales, controles de inventario, etc., así como realizar mediciones in situ sobre aspectos de relevancia.

2.5.2.2.1 Aplicación de la Técnica de Criterios de Especialistas en el proceso industrial.

La técnica de criterios de los especialistas es una herramienta que permite evaluar problemáticas existentes durante el proceso productivo, y brindar soluciones; seleccionando sobre cuáles desperdicios y unidades de proceso trabajar durante el estudio detallado. Los especialistas escogerán aquellos que ofrecen las mayores oportunidades para el mejoramiento de los beneficios y la sustentabilidad a largo plazo de la empresa a partir de la priorización de las opciones. Para llevar a cabo la aplicación de la herramienta deben tomarse en consideración los siguientes pasos lógicos:

2.5.2.2.1.1 Concepción inicial del problema.

Se determinarán aquellos desperdicios y unidades de proceso que provoquen los mayores costos a la empresa y por tanto ofrecen las mayores oportunidades de mejora.

2.5.2.2.1.2 Determinación del número de especialistas.

El número de especialistas se determinará aplicando un método probabilístico asumiendo una ley de probabilidad binominal $M = p (1-p) k / i^2$.

2.5.2.2.1.3 Selección de los especialistas.

Los especialistas serán personas con suficiente experiencia en la actividad a tratar, ya sean directivos, técnicos u obreros; proporcionarán informaciones tantas veces el equipo evaluador los solicite.

2.5.2. 2.1.4 Diseño y aplicación del cuestionario.

Se confecciona un cuestionario en forma de encuesta que reflejará los problemas de mayor impacto, así como sus causas determinantes en el proceso de molienda húmeda de maíz, lavado, deshidratación y secado subproductos. Cada especialista reflejará en el cuestionario según su criterio la prioridad de solución para el mejoramiento de los beneficios y la sustentabilidad a largo plazo de la empresa a fin de disminuir los impactos generados al medio ambiente. Es importante conocer que para establecer prioridades se tendrán en cuenta los límites legales establecidos en las emisiones de todo tipo, riesgos potenciales, las cantidades de residuos que originan, el potencial de recuperación, los costos de tratamiento o disposición de los residuos y los recursos disponibles.

2.5.2.2.1.5 Procesamiento de los datos.

Con el resultado de la priorización de opciones se deben identificar las causas que generan los principales problemas ambientales identificados. Los resultados generados por los especialistas en los cuestionarios serán procesados a través del Coeficiente de Concordancia de Kendall, donde sus resultados serán interpretados de la siguiente forma:

- Valores mayores de 0,7 se deben aceptar la decisión.
- Valores entre 0,45 y 0,7 se debe continuar el análisis.
- Valores menores de 0,45 se deben rechazar las decisiones de los especialistas.

2.6 Estudio detallado de los consumos de materias primas, energía y materiales en la industria.

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 áreas específicas determinadas en la evaluación preliminar, y para conocer las corrientes actuales del proceso.

Los balances de materia y energía se llevan a cabo a través de un inventario de los flujos de materiales que entran o salen de un proceso productivo. Se realizan alrededor de las unidades de proceso, agrupaciones de equipos o equipos individuales con el fin de verificar la consistencia de los datos disponibles o averiguar un dato que falta. Los límites del balance se ajustarán en la medida de lo posible a unidades o equipos simples y se referirán tomando como base una unidad de tiempo (un día, una hora, etc.)

2.6.1 Balance del consumo de materias primas en la industria.

El balance de materiales establece que el peso total de los materiales que ingresan a un proceso (materia prima, insumos, energía, agua, etc.), es igual al de los productos, subproductos, residuos y emisiones que salen del mismo y se representa mediante la siguiente ecuación:

Materias primas - (Productos + Subproductos) = Residuos + Emisiones

Un balance de masa requiere de una sustancia que permita el vínculo y que sirva de base para medir la eficiencia de los procesos. La selección de esta sustancia puede ser en función de diversos posibles parámetros como: un recurso caro, una sustancia peligrosa, un recurso común a la mayoría de los procesos, un parámetro fácil de medir o registrar o la sustancia que da sentido al proceso.

2.6.2 Balance del consumo del agua en la industria.

La selección de esta sustancia puede ser en función de diversos posibles parámetros como: un recurso caro, un recurso común a la mayoría de los procesos, un parámetro fácil de medir o registrar o la sustancia que da sentido al proceso.

2.6.3 Balance del consumo de energía en la industria.

Un balance de energía se llevará a cabo para cada tipo de combustible usado (por ejemplo electricidad, gas, diesel, fuel-oíl etc.); se registrará la cantidad consumida en un período de tiempo dado, junto con el costo por unidad y el costo total para el período, mostrando cual de los combustibles se usa en cada área de operaciones y mostrando los flujos de energía entre las áreas.

El registro de las fuentes de los datos es importante porque es altamente probable que mucha de la información recogida en la evaluación preliminar, necesite ser revisada con profundidad durante el estudio detallado, estos datos se tomarán sobre:

- Las cantidades y costos anuales del agua y las mayores entradas de materias primas.
- Las cantidades y costos de las entradas anuales de energía (gas, electricidad, combustibles líquidos).
- La producción anual de productos de la empresa.
- La cantidad anual de desperdicios materiales o emisiones y estimación de algunos costos asociados con estos desperdicios.

2.7 Confección de los balances de masa y energía en el proceso de molienda húmeda, lavado, deshidratación y secado de los subproductos.

Los datos de producción, cantidad de bienes y servicios producidos en el período de 24 meses son la base de los cálculos que se desarrollarán en la evaluación de P+L en el proceso de molienda húmeda, lavado, deshidratación y secado de los subproductos. Será conveniente referir los consumos y los desperdicios generados en términos de unidades de producción por tonelada del producto fabricado llevado a kilogramos por horas.

2.8 Identificación de las causas que generan problemas ambientales y concebir opciones de P+L.

Se deberán identificar las causas que generan los principales problemas ambientales reconocidos. La generación de opciones se realizará trabajando de conjunto el equipo de P+L con el personal seleccionado de la empresa.

2.9 Solución Técnica.

Se brindarán soluciones técnicas desde el punto de vista económico y ambiental a las problemáticas encontradas durante el reconocimiento por la planta en conjunto con los especialistas, con las cuales priorizaremos las reconocidas por los especialistas como mayores generadoras de contaminación ambiental y los elevados costos de producción por pérdidas de los recursos.

2.10 Estudio de factibilidad.

En esta fase el equipo debe emprender un chequeo detallado de las opciones de mejora encontradas en la categoría que se requiera para determinar cuáles sean las factibles a aplicar. Debe realizar las evaluaciones usando criterios técnicos, medio ambientales, de seguridad y económicos. Las actividades a realizar en esta etapa son:

2.10.1 Evaluación técnica de las diferentes opciones.

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. Para esto deben desarrollarse las siguientes actividades:

- Detallar los cambios técnicos necesarios para implementar cada medida de P+L.
- Determinar la factibilidad técnica de implementar los cambios requeridos por cada medida de P+L.

La factibilidad técnica de los cambios se determina en términos de la 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.

2.10.2 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. Una buena alternativa es comparar los balances de materiales y energía actuales y proyectados de la operación unitaria con el fin de evaluar el impacto ambiental de la opción, para luego eliminar las opciones que no tienen un impacto ambiental favorable. Como criterio de selección debe darse mayor peso a aquellas opciones cuya implantación, signifique una reducción de alta escala.

2.10.3 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 como son:

- ✓ Los conceptos de período de recuperación de la inversión y rentabilidad de la inversión, los cuales son utilizados para realizar evaluaciones económicas rápidas y sencillas.
- ✓ Los conceptos de valor actual y valor futuro, flujo de caja, valor actual neto (VAN), y tasa interna de retorno (TIR).

2.11 Preparar un plan de acción de P+L.

Se requiere preparar un plan de acción de P+L que permita un adecuado control y seguimiento de las opciones de P+L factibles a aplicar. Por razones económicas, o de otro tipo, no todas las opciones halladas pueden tener una inmediata realización, entonces 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 tengan un requisito previo para la aplicación de otras opciones, seguidas de otras más complejas o que requieran inversión, pruebas piloto o interrupciones en los ciclos productivos.

Conclusiones parciales

La Empresa Glucosa Cienfuegos tiene una capacidad productiva por día de sus principales producciones de 30 toneladas de siropes de glucosa, 15 toneladas de almidón, 11 toneladas de Forraje, 4 toneladas de gluten y 3, 5 toneladas de Germen; según la estabilidad del proceso y de acuerdo al plan de producción anual.

1. La Empresa Glucosa Cienfuegos es única en su tipo en Cuba, siendo soporte fundamental para el resto de las industrias alimenticias de la rama confitera, de conservas, unión del papel y textil, lácteas y para la producción de sorbitol.

2. Desde la puesta en marcha de la empresa, se ha caracterizado por ser una de las industrias más contaminantes de la provincia, por la elevada generación de cargas contaminantes durante los procesos industriales, como son: emisiones de gases a la atmósfera, contaminación del suelo y generación de ruido, calor, polvo, vertimiento de aguas residuales con elevada carga orgánica contaminante con olores desagradables, así como residuos sólidos; que afectan en gran medida a los ecosistemas y a los asentamientos poblacionales que a su alrededor habitan.

3. Se considera que la metodología de la ONUDI/PNUMA del año 1999 es la que se adapta a las condiciones de la empresa para efectuar una Evaluación de P+L en el proceso de molienda húmeda de maíz, lavado, deshidratación y secado de los subproductos, que será aplicada en el capítulo # 3.

Capítulo III. Análisis de los resultados.

3.0 Evaluación y aplicación de estrategias de Producción más Limpia en la Sección Molienda húmeda del maíz, lavado y deshidratación de los subproductos en La Empresa Glucosa Cienfuegos.

Para la realización de una evaluación de Producciones más Limpias en la Fábrica de Glucosa, es necesaria e imprescindible la realización de una evaluación en la sección objeto de estudio, ya que dependiendo de su buen desempeño y eficiencia logramos que el resto de los procesos sean estables teniendo en cuenta la calidad de sus producciones, estabilidad en el equipamiento y por consiguiente ahorro de energía, agua y materias primas. Para realizar una implementación de Producciones más Limpias se efectúa un reconocimiento de las distintas etapas del proceso, identificando los puntos críticos en el manejo de la energía, del agua, las materias primas y la generación de residuos, así como sus efectos ambientales y económicos, determinándose las oportunidades de mejora.

El objetivo principal de este trabajo es el de aplicar la Metodología de Producción más Limpia, para identificar las oportunidades la Industria Almidonera perteneciente al Sector Alimenticio, en la Provincia Cienfuegos, las cuales se pondrán a consideración para su posible implementación. Además, se busca con este proyecto que las empresas industriales eleven su nivel de eficiencia, competitividad, rentabilidad y minimicen el grado de contaminación de nuestro país.

3.1 Planeamiento y organización.

3.1.1 Obtener el compromiso de la dirección superior.

El compromiso de la dirección superior queda plasmado en la declaración de la política ambiental, trazando su propia estrategia en coordinación con el Grupo de Gestión Ambiental para minimizar las contaminaciones ambientales, así como la búsqueda de mecanismos y vínculos necesarios para la solución de problemas ambientales, con la participación activa de todos los trabajadores; y al mismo tiempo sentar las bases para un trabajo más efectivo, en aras de alcanzar las metas de un desarrollo económico social "sostenible".

3.1.2 Involucrar a los empleados.

Con el objetivo de crear una conciencia ambientalista en el colectivo de trabajadores, se les dialoga acerca de la importancia de aplicar producciones más limpias a las producciones, los productos y los servicios, y su ejecución en el proceso de molienda húmeda de maíz, lavado, deshidratación y secado de subproductos.

3.1.3 Organizar un equipo de Producciones más Limpias.

El equipo auditor para la Evaluación de las Producciones de nuestra empresa, está integrado por 12 miembros con conocimientos, experiencias y las competencias necesarias para realizar un análisis de las prácticas de producciones actuales, poseen además la creatividad para explorar, desarrollar y evaluar los obstáculos existentes en el proceso, enfrentarlos, valorarlos y determinar los métodos a seguir. Para la formación del grupo de P+L se ejecutó una reunión, en la cual se tomaron acuerdos para la realización del proyecto. Ver anexo F los acuerdos tomados en la reunión.

Los integrantes se encuentran en el Anexo G.

3.1.4 Identificar obstáculos y soluciones para el Programa de Producciones más Limpias como un proceso.

Luego de un conjunto de ideas con los miembros del equipo de producciones más limpias se identifican los principales obstáculos que coexisten para aplicar una evaluación de producciones más limpias en la etapa de molienda húmeda de maíz, lavado, deshidratación y secado de subproductos en la planta de almidón; y se diseñan posibles soluciones a los mismos. A continuación se resumen en la tabla 3.1.

Tabla 3.1: Obstáculos y soluciones para el programa de producciones más limpias como un proceso.

Fuente: Elaboración propia, a partir del folleto de proyección estratégica de la Empresa Glucosa Cienfuegos.

Categoría	Obstáculo	Solución
Información	Falta de conocimiento del personal en el trabajo de P+L.	Capacitar al personal sobre el trabajo de P+L.
	Se desconocen los beneficios de la introducción de las P+L.	Mostrar beneficios en base a casos exitosos en empresas alimenticias.
	Carencia de información tecnológica actualizada.	Búsqueda de información actualizada mediante centros especializados.
Trabajadores	Resistencia al cambio.	Interesar al personal mostrándole los beneficios laborales.
	Falta de práctica de trabajo en	Capacitar al personal en desarrollo

	equipo.	de técnicas de trabajo en equipo.
Tecnológicos	Falta de equipos de medición y registradores en el proceso.	Adquirir equipos de medición y registradores para el proceso.
	No es posible medir por áreas los consumos de agua, vapor y energía eléctrica.	Instalación de metro contadores de agua y energía eléctrica por áreas
	Falta de sistematicidad en la caracterización de los residuales.	Caracterizar los residuales sistemáticamente.
Financieros	Falta de recursos financieros para realizar inversiones.	Mostrar que las inversiones de P+L son atractivas al tener cortos períodos de retorno.
	Falta de recursos financieros para la adquisición de instrumentos de medición.	Estimar las pérdidas económicas ocasionadas por las deficiencias existentes.

3.1.5 Decidir el enfoque de la Evaluación de Producción más Limpia.

El alcance: incluye la sección de molienda húmeda del maíz, lavado, deshidratación y secado de los subproductos en el proceso de obtención de Almidón y Glucosa.

Énfasis: estará encauzado en reducir el consumo de materias primas y materiales auxiliares que interviene en el proceso productivo en estudio, así como evacuar la carga orgánica que se genera por averías imprevistas durante las operaciones y minimizar los residuos líquidos y sólidos generados, o encontrar posibilidades para su reutilización, tomando como referencia los aspectos productivos de la empresa durante los años 2010 y 2011.

Los objetivos que persigue la industria con la realización de la evaluación de P+L en este proceso productivo son:

1. Evaluar la forma de incrementar el aprovechamiento de la productividad del trabajo.
2. Disminuir las pérdidas de materia prima y los costos de producción.
3. Evaluar el consumo total de electricidad en el proceso productivo y unidades del proceso.
4. Evaluar las soluciones ambientales posibles.
5. Incrementar la motivación al trabajo ambiental en el centro.
6. Contribuir al cumplimiento de las legislaciones ambientales.

3.2 Evaluación preliminar.

3.2.1 Colectar y preparar la información básica.

En la sección objeto de estudio se desarrollan los procesos de molienda húmeda del maíz, lavado, deshidratación y secado de los subproductos, donde se realizan operaciones unitarias de: molinación, tamizado, cantidad de movimiento, transferencia de calor y de masa. En dichas etapas se utiliza maíz macerado como materia prima fundamental, así como agua sulfurosa proveniente de la torre de absorción # 2 ubicada en la planta de sulfitación; vapor y electricidad. En ella se obtiene como subproductos germen y forraje, utilizados para la elaboración del pienso como alimento animal; y una suspensión de almidón y gluten como corriente principal del proceso, que es depositada en un tanque de balance de almidón crudo.

3.2.1.1 Diagrama de Flujo de Procesos.

El proceso objeto de estudio comprende de siete operaciones unitarias, cuya secuencia se muestra en la figura 3.1 en el diagrama de flujo correspondiente a la etapa de molienda húmeda de maíz, lavado, deshidratación y secado de subproductos. Los diagramas de entrada y salida en cada etapa tecnológica se encuentran en el Anexo H.

Leyenda del diagrama de flujo de procesos.

SG: suspensión de germen.

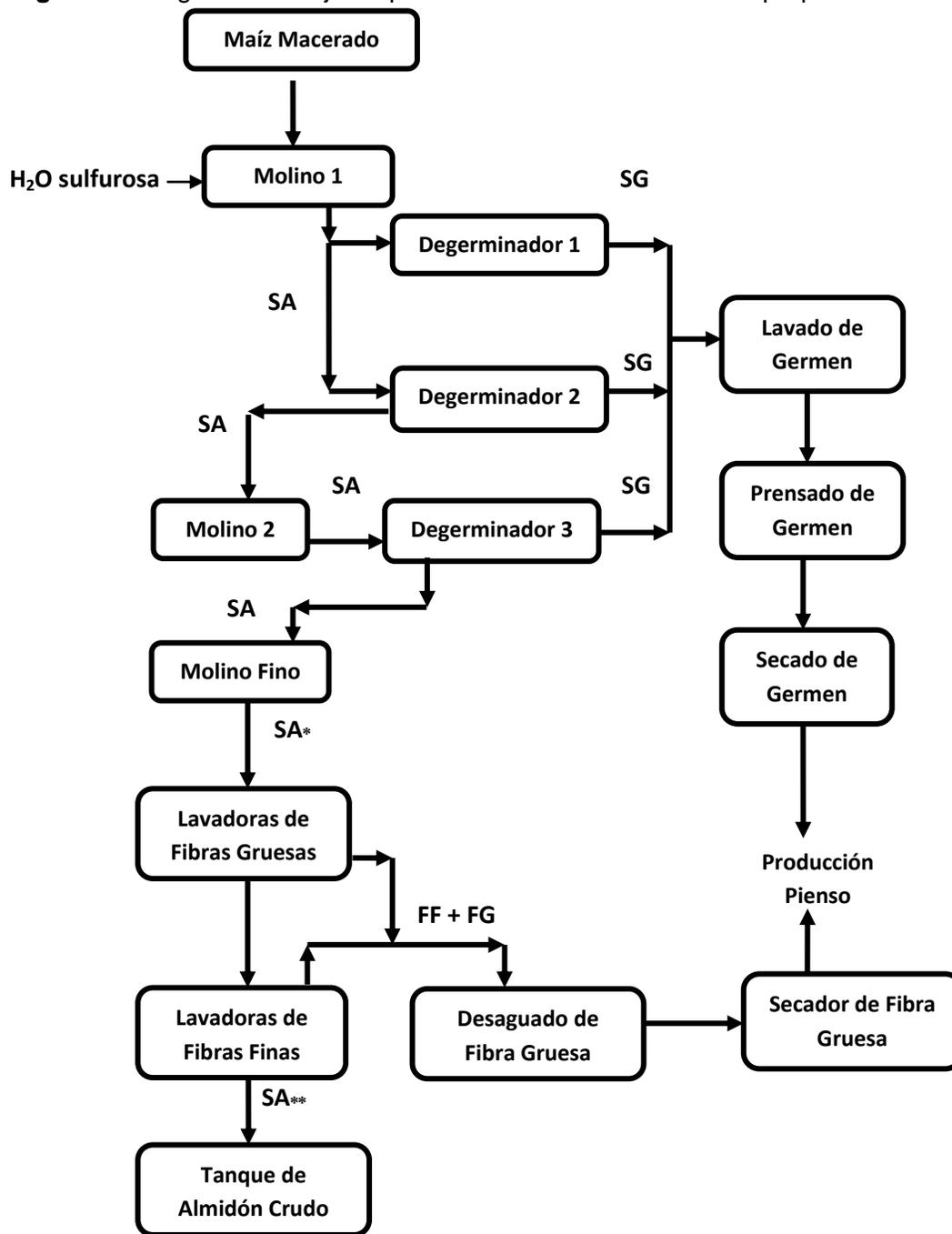
SA: suspensión acuosa que contiene fibra fina, fibras gruesas, gluten, almidón y gérmenes.

SA*: suspensión acuosa que contiene fibra fina, fibras gruesas, gluten y almidón.

FF + FG: fibra fina+ fibra gruesa.

SA:** suspensión acuosa que contiene almidón y gluten.

Figura3.1 Diagrama de flujo de procesos. **Fuente:** Elaboración propia.



3.2.2 Reconocimiento de Planta.

Al realizarse un recorrido en conjunto con especialistas y técnicos de la empresa por la sección de molienda húmeda de maíz, lavado, deshidratación y secado de subproductos en la planta de almidón; que en lo adelante nombraremos molienda húmeda, se detectaron deficiencias que atentan contra las buenas prácticas de las Producciones más Limpias; vale destacar que en

nuestro proceso productivo ha existido cambios en el diseño para el cual estuvo concebido, lo que ocasiona en determinados momentos alteraciones en el flujo tecnológico. Para efectuar la inspección tuvimos en cuenta una lista de control, ver Anexo E. A continuación se resumen las deficiencias:

1. Derrame de suspensión acuosa por averías imprevistas en las bombas de suspensión.
2. Pérdida de carga de proceso por fallas eléctricas.
3. Desecho de la suspensión acuosa que contienen las degerminadoras por averías imprevistas.
4. Derrame de carga del proceso en las lavadoras de fibra fina por averías imprevistas.
5. Derrame de productos por tuberías y fémulas en el mal estado.
6. Derrame de agua del proceso por regulador de nivel fuera de servicio (tanque 01005).
7. Derrame de agua potable por válvulas defectuosas.
8. Falta de un diseño de programa para el tratamiento de las aguas resultantes de las limpiezas químicas.
9. Estructura constructiva en mal estado con deterioro de los pisos produciendo encharcamientos, además la estructura metálicas con alto grado de corrosión que originan salideros.
10. Pérdida de materia prima fundamental (maíz) por roturas imprevistas.
11. Derrame de agua potable por dejar válvulas abiertas.
12. En fase de arrancada, el cambio de la válvula, del drenaje para la etapa de refinación de la lechada de almidón se realiza de forma manual, luego de ser visualizada por el operador, lo que ocasiona exceso de carga orgánica a los residuales.
13. Derrame de producto sólido por averías en las prensas.
14. Derrame de productos por averías en los molinos.
15. Derrame de producto sólido por compuertas de cierre en mal estado.

En el Anexo I se muestran fotos tomadas durante el reconocimiento de planta, las cuales evidencian lo antes expuesto.

3.2.2.1 Elaboración de la matriz DAFO.

Al terminar el recorrido por la etapa en estudio correspondiente a la planta de almidón, se identifican las principales debilidades, amenazas, fortalezas y oportunidades con que cuenta el proceso de molienda húmeda de maíz, lavado, deshidratación y secado de los subproductos, a través de un intercambio de ideas con los especialistas y técnicos, las cuales se resumen en la tabla 3.2.

Tabla 3.2 Matriz DAFO Empresa Glucosa Cienfuegos. **Fuente:** Elaboración propia a partir del folleto Prevención estratégica Empresa Glucosa Cienfuegos.

Razonamiento Interno

FORTALEZAS	DEBILIDADES
Contar con la única línea de producción de su tipo en el país.	Tecnología atrasada y pocas inversiones en el proceso tecnológico.
La empresa se encuentra finalizando el proceso de perfeccionamiento.	Insuficiente explotación de la capacidad potencial instalada por falta de materia prima.
Preparación técnica y profesional del Consejo de Dirección.	Poca estabilidad en la producción y producciones fundamentales no rentables.
Óptima calidad de sus producciones.	Se dispone de poco tiempo para la capacitación de los operarios.
Capacidad para realizar producciones alternativas, que sustituyen importaciones.	Falta de recursos materiales, para la producción, venta y mantenimientos.
Personal técnico con buena calificación.	No se encuentra implantado ningún sistema de gestión de la calidad.
Contar con una capacidad instalada en la industria para satisfacer las demandas del mercado.	No se encuentra certificado el laboratorio, ni el personal que en él trabaja.
Espíritu innovador de los trabajadores y directivos.	Funcionamiento deficiente de la planta de tratamiento de residuales líquidos.
Disposición de directivos y empleados de la necesidad de resolver los impactos ambientales provocados por la fábrica.	Escasa automatización e instrumentación en el proceso productivo.
	Alta fluctuación de la fuerza de trabajo.

Razonamiento externo

OPORTUNIDADES	AMENAZAS
Decisión del país de fortalecer la recuperación de la industria de producción de alimentos.	La contratación de materias primas a proveedores extranjeros es lenta como consecuencia del bloqueo.
Ubicación geográfica de la empresa.	La calidad de la materia prima fundamental (maíz) no siempre es la requerida para su procesamiento.
Garantía de mercado para sus producciones.	La empresa provoca contaminación ambiental debido al tratamiento ineficiente de sus residuales líquidos.
Demanda creciente e insatisfecha de nuestras producciones.	Aumento del precio de las materias primas fundamentales como consecuencia de la crisis económica mundial.
Fomento de la exportación de sorbitol, del cual la glucosa enzimática, constituye la materia prima fundamental.	Difícil adquisición de piezas de repuesto en el mercado nacional e internacional y aumento del precio de los mismos.
Preparación de tres especialistas y un dirigente en la empresa sobre el tema de las P+L.	Posibilidad de egresos de fuerza de trabajo hacia el polo petroquímico.

La empresa Glucosa Cienfuegos luego de haber identificado las amenazas externas e internas a las que se enfrenta para poder producir y cumplir sus planes de producción, contribuye de manera creciente para la satisfacción de las demandas de las entidades contratadas y redes industriales.

Una vez identificadas las problemáticas existentes, se realiza análisis profundo con el personal calificado de la empresa y se determina que de los problemas citados anteriormente, ocho de ellos originan causas de primer nivel, las cuales se muestra en la tabla 3.3.

Tabla 3.3 Problemas identificados que originan causas de primer nivel.

Fuente: Elaboración propia.

Orden	Problemas identificados
1	Derrame de carga del proceso en las lavadoras de fibra fina por averías imprevistas.
2	Derrame de agua del proceso por regulador de nivel fuera de servicio (tanque 01005).
3	Desecho de la suspensión acuosa que contienen las degerminadoras por averías imprevistas.
4	Pérdida de materia prima fundamental (maíz) por roturas imprevistas.
5	Derrame de productos por averías en los molinos (Molino Fino).
6	Pérdida de maíz por avería en la prensa de forraje.
7	En fase de arrancada, el cambio de la válvula del drenaje para la etapa de refinación de la lechada de almidón se realiza de forma manual, luego de ser visualizada por el operador, lo que ocasiona exceso de carga orgánica a los residuales así como pérdida de maíz.
8	Derrame de agua potable por válvulas defectuosas.

3.2.3 Aplicación de la Técnica de Criterios de Especialistas.

Una vez seleccionados los 8 principales problemas relacionados con las malas prácticas de producciones más limpias se somete a la aplicación de la Técnica de Criterios de especialistas donde los pasos lógicos a aplicar son:

- Concepción inicial del problema.
- Determinación del número de especialistas.
- Selección de los especialistas.
- Preparación de los cuestionarios.
- Procesamiento y análisis de la información mediante técnicas estadísticas.

3.2.3.1 Concepción inicial del problema.

Se determinó la prioridad de los problemas de las Producciones más Limpias que más impactan en el objeto de estudio, referidos en la tabla 3.3.

3.2.3.2 Determinación del número de especialistas.

El número de especialistas se determinó empleando un método probabilístico, asumiendo una ley de probabilidad binomial $M = p (1-p) k / i^2$, cuya explicación se encuentra en el Anexo J. El número de especialistas aplicando la ecuación anteriormente expuesta fue 8, para un 10 % de error en la estimación.

3.2.3.3 Selección de los especialistas..

Los especialistas son dirigentes, técnicos u obreros de experiencia acumulada en la actividad productiva, que están de acuerdo en cooperar y en ofrecer información tanta veces como se les solicite. Ver anexo K datos de los especialistas seleccionados.

3.2.3.4 Diseño y aplicación del cuestionario.

De la Empresa de Glucosa Cienfuegos, se seleccionaron 8 especialistas que dominan el problema científico tratado, de ellos 2 pertenecen a la Universidad de Cienfuegos “Carlos Rafael Rodríguez”, los cuales tienen incidencia en el estudio del presente trabajo. Ver en el anexo L la encuesta aplicada. En la tabla 3.8 se relaciona el cuestionario diseñado.

3.2.3.5 Procesamiento de los datos.

Luego de tabular las 8 principales causas seleccionadas para la aplicación de criterios de especialistas, se determinó que el orden de prioridades establecido por problemas existente es:

Problema 1: Pérdida de materia prima fundamental (maíz) por averías imprevistas.

Problema 2: Desecho de la suspensión acuosa que contienen las degerminadoras por averías imprevistas.

Problema 3: Derrame de agua del proceso por regulador de nivel fuera de servicio (tanque 01005).

Problema 4: Derrame de carga del proceso en las lavadoras de fibra fina por averías imprevistas.

Problema 5: Pérdida de maíz por avería en la prensa de forraje.

Problema 6: Derrame de productos por averías en los molinos (Molino Fino).

Problema 7: Derrame de agua potable por válvulas defectuosas.

Problema 8: En fase de arrancada, el cambio de la válvula del drenaje para la etapa de refinación de la lechada de almidón se realiza de forma manual, luego de ser visualizada por el operador, lo que ocasiona exceso de carga orgánica a los residuales así como pérdida de maíz.

Ver anexo M los datos obtenidos.

3.2.3.6 Concordancia de los especialistas.

Se determinó a partir del Coeficiente de Concordancia de Kendall. El coeficiente de Kendall es de 0,57, cuyo resultado se interpreta:

- Valores mayores de 0,7 se debe aceptar la decisión.
- Valores entre 0,45 y 0,7 se debe continuar el análisis.
- Valores menores de 0,45 se deben rechazar las decisiones de los especialistas.

Ver anexo N: Cálculo del Coeficiente de Concordancia de Kendall; se confecciona una matriz con los criterios y la votación de los especialistas.

3.3 Estudio detallado de los consumos de materias primas y materiales en la industria.

3.3.1 Balance del consumo de materias primas en la industria.

La materia fundamental utilizada en el proceso de molienda húmeda del maíz, lavado, deshidratación y secado de subproductos, recibe un tratamiento previo en la etapa de maceración con el objetivo de lograr el ablandamiento del grano para separarlo en todos sus componentes (germen, fibra fina, fibras gruesas, almidón y gluten), siendo utilizado posteriormente como materia prima para la obtención de otros productos. El consumo de maíz en los años 2010 y 2011 por producciones se tabulan en la tabla 3.4 y 3.5.

Tabla 3.4 Comportamiento del consumo de maíz y sus producciones totales. Año 2010. **Fuente:** Elaboración propia a partir de los informes de producción.

Producciones	Realizadas	Consumo de Maíz	Consumo Plan	Consumo Real	Sobre consumo
Glucosa Ácida	475, 669 t	940, 534 t	1, 90 t/t	1, 97 t/t	37, 9029 t
Glucosa Enzimática	934, 31 t	1667, 312 t	1, 65 t/t	1, 78 t/t	125, 7005 t
Almidón	793, 737 t	1775, 837 t	2, 0 t/t	2, 23 t/t	188, 367 t
Total	2203, 716 t	4383, 683 t			351, 9704 t

Tabla 3.5. Comportamiento del consumo de maíz. Año 2011. **Fuente:** Elaboración propia a partir de los informes de producción.

Producciones	Realizadas	Consumo de Maíz	Consumo Plan	Consumo Real	Sobre consumo
Glucosa Ácida	747, 47 t	1 516, 4682 t	1, 9 t/t	2, 02 t/t	96, 2752 t
Glucosa Enzimática	590, 08 t	993, 901 t	1, 65 t/t	1, 68 t/t	20, 269 t
Almidón	1046, 71 t	2 300, 8208 t	2, 0 t/t	2, 2 t/t	207, 4008 t

Total	2384, 26 t	4811, 19 t	323, 945 t
--------------	-------------------	-------------------	-------------------

Como se observa el consumo real queda por encima del plan, lo que representa un deterioro en ambos años de 675, 9154 toneladas de maíz, siendo el molido real de 9194, 873 t. Existieron varias causas que quebrantaron el deterioro actual:

- En la industria se procesa un maíz que no cumple con las especificaciones o requisitos de calidad que exige la norma de proceso NEIAL 2306.19 1999.
- Excesivas roturas imprevistas (mecánica, eléctricas, instrumentación etc.), que produjeron derrames de la carga existente en el proceso productivo.
- Reinciden las averías después de su intervención.

3.3.2 Balance del consumo de agua en la industria.

El consumo de agua de la fábrica se relaciona con las toneladas de producción realizadas, de forma general; no es posible determinar el gasto de agua por procesos, ni el mayor consumidor por existir un único metro contador, que solo registra la entrada de agua a la fábrica.

En la tabla 3.6 relacionamos como se comportó este indicador en los años 2010 y 2011.

Tabla 3.6 Consumo de agua. Año 2010 y 2011. **Fuente:** Balance anual de la Empresa Glucosa Cienfuegos.

Año	Consumo por factura m³	Pago por plan acueducto a \$0.30	Pago por sobre consumo
2010	230 494	69148, 2	26151, 56
2011	217 886	65 365, 8	24721, 08

Como se puede observar la figura representa los porcentajes relacionados por el pago por facturas y extra plan del consumo de agua en ambos años.

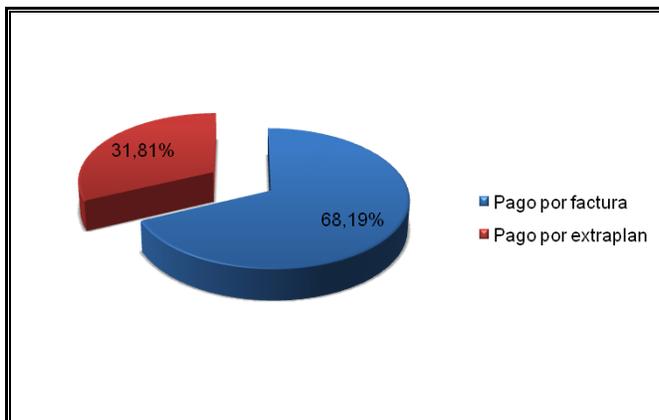


Figura 3.2 Relación del porcentaje por pagos del consumo de agua en los años 2010 y 2011.

3.3.3 Balance del consumo de energía en la industria.

El consumo de energía eléctrica en la empresa se cuantifica a partir de las producciones realizadas en el mes; actualmente se desconoce lo que consume cada área y etapas del proceso productivo, por existir solamente un metro contador para toda la empresa, lo cual trae como consecuencia que no se puede determinar el gasto, ni las pérdidas de este portador en las diferentes áreas de trabajo. El consumo de fuel oil en la empresa se cuantifica igual que la energía eléctrica; se desconoce también el consumo de este portador por etapas del proceso. En la tabla 3.7 relacionamos como se comportó estos indicadores en los años 2010 y 2011.

Tabla 3.7 Comportamiento de los portadores energéticos en los años 2010 y 2011.

Fuente: Balance anual de la Empresa Glucosa Cienfuegos. Año 2010 y 2011.

Años	Energía Eléctrica		Fuel oil	
	Mwh / t		tcc / t	
	Plan	Real	Plan	Real
2010	0.149	0.148	0.328	0.320
2011	0.149	0.146	0.328	0.303

3.4 Confección de los balances de masa y energía en el proceso de molienda húmeda, lavado, deshidratación y secado de los subproductos.

La realización de los balances de masa y energía para cada una de las operaciones que comprenden el proceso de molienda húmeda de maíz, lavado, deshidratación y secado de subproductos, se realizan tomando como base un día de trabajo.

Las especificaciones de calidad de la materia prima y los materiales auxiliares utilizados para el balance de masa y energía se encuentran en el Anexo O.

3.4.1 Balance de masa en el proceso de molienda húmeda, lavado, deshidratación y secado de los subproductos.

3.4.1.1 Balance de la materia prima fundamental en el proceso de estudio.

Se realizaron los balances de masas a las siete etapas tecnológicas que comprende el proceso de estudio, teniendo en cuenta el maíz que entra al proceso como materia prima fundamental, separándose en sus componentes (fibras fina, fibras gruesas, germen, gluten y almidón), dando

lugar a la obtención de diferentes productos que se utilizan como materia prima para la elaboración de las producciones fundamentales y alternativas de la industria, ejemplo:

- Lechada de almidón: se utiliza como materia prima para las producciones de Almidón de maíz, Glucosa ácida y Glucosa enzimática.
- Gluten, Germen y Forraje: se utiliza para la elaboración del pienso como alimento animal.

A través de los balances de masas se cuantifican todas las corrientes de entradas y salidas de los procesos por etapas tecnológicas, anteriormente las corrientes se identificaban sobre datos estimados, debido a modificaciones realizadas en el diseño inicial. Ver en Anexo P los cálculos detallados de los balances correspondientes al proceso de molienda húmeda de maíz, lavado, deshidratación y secado de los subproductos.

La tabla que resume los parámetros y flujos para cada etapa del proceso con los datos obtenidos de la documentación técnica de la planta, los registros del laboratorio y las mediciones reales en el flujo tecnológico; así como los resultados del balance de masa y energía se muestran en el Anexo Q.

Con el desarrollo del balance se demuestra que durante el proceso de las operaciones tecnológicas no se evidencian pérdidas de la materia prima fundamental, es un proceso continuo; estas ocurren cuando existen paradas imprevistas por cualquier causa, provocando que la carga que contienen los equipos receptores se drenen al alcantarillado, por ser la suspensión de almidón de fácil sedimentación y con tendencia al endurecimiento dentro del equipamiento tecnológico, pudiendo provocar alteraciones y roturas en el interior de los mismos. El razonamiento anterior se correlaciona con los análisis realizados por los especialistas, coincidiendo sus prioridades con la ocurrencia de las pérdidas en el proceso por averías imprevistas durante el proceso fabril.

Un resumen de las afectaciones en los años 2010 y 2011 por averías imprevistas se muestran en las siguientes tablas:

Tabla 3.8 Averías imprevistas en el año 2010. **Fuente:** Elaboración propia

Averías imprevistas	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	Total
Roturas Mecánica	10	6	15	9	9	5	8	6	11	7	8	-	94
Avería Eléctricas	1	2	8	5	2	3	2	3	2	-	3	-	31
Por instrumentación	1	3	4	4	-	-	4	3	-	-	1	-	20
Falta de agua	3	-	-	-	-	-	2	2	-	-	4	-	11
Operacional	-	1	-	-	2	-	-	-	2	-	-	-	5
Otras	-	-	1	-	1	1	-	1	2	-	3	1	10

Total	15	12	29	18	14	9	16	14	17	7	19	1	171
--------------	-----------	-----------	-----------	-----------	-----------	----------	-----------	-----------	-----------	----------	-----------	----------	------------

Para mejor comprensión se muestra el siguiente gráfico.

Gráfico de Pareto para las paradas imprevistas en el año 2010

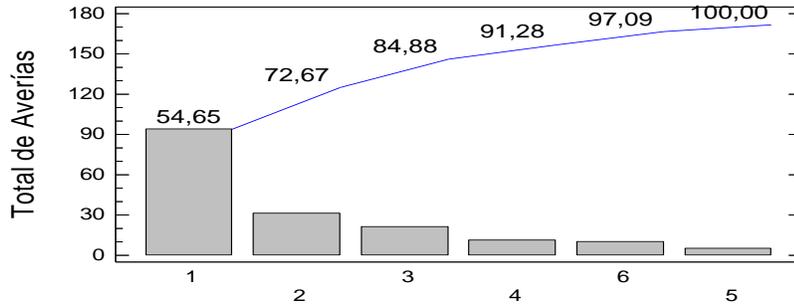


Figura 3.3 Diagrama de Pareto para la ocurrencia de averías en el año 2010.

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 3.9 Averías imprevistas en el año 2011. Fuente: Elaboración propia

Averías imprevistas	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	Total
Roturas Mecánica	-	6	4	5	12	4	11	8	5	3	7	6	71
Avería Eléctricas	-	1	2	6	2	3	1	3	2	1	3	4	28
Por instrumentación	-	1	1	4	-	2	-	2	-	-	4	1	15
Falta de agua	-	-	-	2	-	-	-	1	-	-	2	2	7
Operacional	-	-	-	1	-	2	1	-	-	1	1	-	6
Otras	-	-	-	2	-	-	-	-	-	-	-	1	3
Total	-	8	7	20	14	11	12	14	7	5	17	14	130

Para mejor comprensión se muestra el siguiente gráfico.

Gráfico de Pareto para las paradas imprevistas en el año 2011

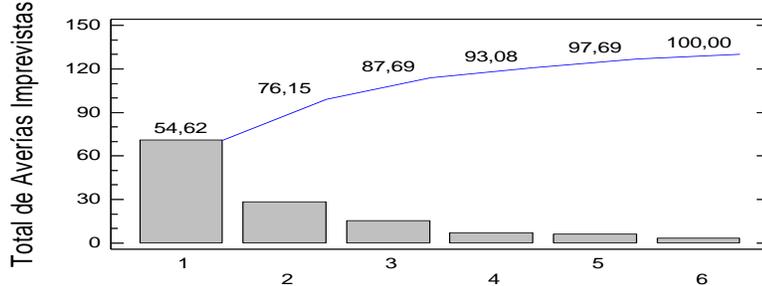


Figura 3.4 Diagrama de Pareto para la ocurrencia de averías en el año 2011.

Fuente: Elaboración propia.

Los datos de las tablas anteriores, fueron recopilados de los libros de control del proceso tecnológico de la Planta de Almidón correspondiente a los años 2010 y 2011, el cual registra diariamente el tiempo perdido por averías y otras causas relacionadas con el proceso productivo. Como se puede observar las mayores ocurrencias de averías fueron por roturas mecánicas, eléctricas y por instrumentación; la ocurrencia de averías imprevistas conlleva a elevar las pérdidas durante los procesos tecnológicos, elevados costos de producción y por consiguiente contaminación al medio ambiente.

Para determinar la cantidad de maíz que se pierde por averías imprevistas se utiliza como referencia la cantidad de maíz molido en una hora de trabajo, equivalente a 3,75 t. Se efectúa la trazabilidad del maíz desde la puesta en marcha de la sección de molienda húmeda, midiendo el tiempo de la entrada del mismo al sistema hasta la ejecución del cambio de la válvula de adelanto al tanque receptor de almidón crudo; en este tiempo el equipamiento alcanza la carga para el régimen de trabajo estable, encontrándose la concentración de la suspensión de almidón de 5 a 7 °Be´ (descrita en NEIAL 2306: 19. 1999). Ver en Anexo R los ensayos realizados por turnos de trabajo.

Los resultados a partir de los ensayos efectuados mostraron que el cambio de la válvula hacia el tanque de almidón crudo en los cuatro turnos, se realiza luego de transcurrido 15 minutos de su puesta en marcha, tiempo en que la suspensión de almidón alcanza la concentración establecida según la norma de proceso (NEIAL 2306: 19. 1999), lo que representa 0,937 t de maíz molido, conociendo que en una hora de trabajo se muele 3,75 t.

Posterior a los ensayos realizados se comprueba que cuando ocurre una parada imprevista, se descarga al residual la masa que contienen los equipamientos receptores del proceso, siendo de 2729 kg de suspensión acuosa, equivalente a 0,937 t de maíz molido. Por lo tanto el maíz que se pierde por cada avería imprevista es de 0,937 t.

Luego de determinar la cantidad de maíz que se pierde cuando ocurre una parada imprevista durante el proceso productivo, las pérdidas de maíz en los años 2010 y 2011 se muestran en la tabla 3.10.

Tabla 3.10 Pérdidas de maíz en los años 2010 y 2011. **Fuente:** Elaboración propia a partir de los informes de producción anual de la empresa.

Año	Pérdida en el año (t).	Total de averías	Pérdidas/ averías (t)	% pérdida / averías	Precio del Maíz \$/(t)	\$/año por averías
2010	351, 97	130	121, 81	35	343	41780, 83
2011	323, 94	171	160, 22	49	343	54957, 86
Total	675, 91	301	282, 03	84	386	96738, 69

El porcentaje de las pérdidas en los años 2010 y 2011 se obtuvo a partir de lo representado por averías del total perdido en ambos años.

Es importante destacar que el precio del maíz por ficha de costos varía según la comercializadora de procedencia, teniéndose en consideración este precio para ambos años.

Seguidamente se relaciona en un gráfico de pastel el porcentaje de pérdidas de maíz por averías, del total ocurridas en ambos años, resumido de la tabla 3. 10.

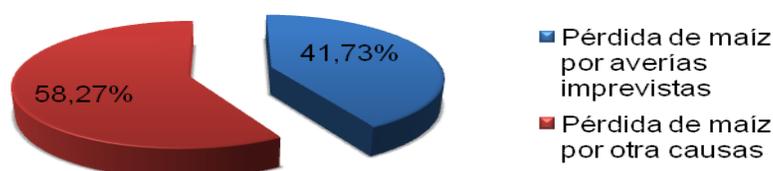


Figura: 3.5 Relación de las pérdidas de maíz por averías imprevistas y otras causas que generan pérdidas en los años de estudios.

A continuación en la tabla 3.11 relacionan las producciones que se pudo haber realizado, así como los ingresos por cada producción de no haber existido pérdidas.

Tabla 3.11 Producciones que pudo haberse realizado según planificación.

Fuente: Elaboración propia a partir de los informes de producción anuales de la empresa.

Producciones	Año 2010 (t)	Año 2011(t)	Total en (t)	Ingresos \$/año
Almidón de Maíz.	61	80	141	83754, 00
Glucosa Ácida.	64	84	148	92784, 16
Glucosa Enzimática.	73	97	170	97787, 4

El resultado de los ingresos en los años de estudio pudo ser mayor de no haber existido pérdidas del maíz motivada por las averías imprevistas durante el proceso de producción.

3.4.1 Balance del agua utilizada en el proceso de estudio.

El agua que se utiliza en el proceso objeto de estudio proviene de la torre de absorción # 2, esta es un agua sulfurosa con una concentración de 600 ppm, que permite conservar los parámetros de densidad dentro del degerminador, así como mantener el nivel en el tanque receptor de balance (010-05); también se utiliza para el lavado de las fibras finas durante el proceso productivo. A las etapas de lavado de germen y forraje llega agua proveniente de la caja # 3 de agua del proceso.

Las etapas tecnológicas del proceso generan gran cantidad de agua, la cual es depositada en el tanque colector 010-05; estas aguas provienen de las salidas de los tornillos deshidratadores, del lavado de germen y forraje y de la deshidratación de las prensas. Toda el agua generada en las operaciones se reutiliza nuevamente en el propio proceso.

3.4.1.1 Pérdidas de agua en el proceso de estudio.

Las pérdidas de agua en el proceso de molienda húmeda del maíz, lavado, deshidratación y secado de los subproductos están motivadas por encontrarse fuera de servicio el regulador de nivel en el tanque colector 010-05, ocasionando una pérdida de 1090 m³ de agua por año. Ver en Anexo S el cálculo realizado.

Por paradas imprevistas en el proceso de estudio ocurren pérdidas de agua, pues para restablecer nuevamente el proceso, es necesario suministrarle nivel a las degerminadoras, siendo de 1806 m³ de agua. Ver en Anexo S el cálculo realizado. A continuación se muestra la figura 3.5 para mejor comprensión de lo abordado anteriormente.

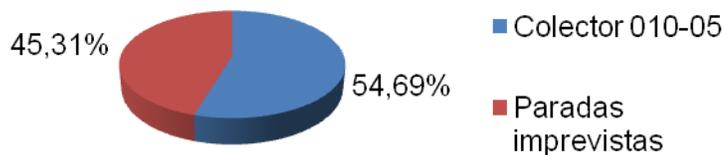


Figura 3.6 Comportamiento de las pérdida de agua en la etapa de estudio.

Fuente: Elaboración propia a partir de mediciones reales en el proceso de estudio.

3.4.2 Balance de energía en el proceso de estudio.

3.4.2.1 Balance de energía eléctrica en el proceso de estudio.

En las etapas estudiadas hay un gran consumo de energía eléctrica debido al número de motores existentes en cada operación tecnológica, de aquí la necesidad de utilizar motores de alta eficiencia sin ocurrencia de sobre diseño en los mismos, evitando así, sobre carga en el sistema.

En estos momentos se desconoce el consumo real de electricidad por etapas de trabajo por carencia de medidores; existe solamente un metro contador que registra el consumo total de la empresa. En la tabla siguiente se puede observar el consumo de los motores por operaciones unitarias existentes.

Tabla 3.12 Consumo de los motores en las etapas de estudio. **Fuente:** Elaboración propia a partir de mediciones reales.

Operación Unitaria	Números de motores	Consumo
Molienda y degerminación.	22	332, 96 kw-h
Lavado de fibras finas.	14	85, 0 kw-h
Lavado y desaguado de germen.	6	34, 0 kw-h
Lavado y desaguado de forraje.	12	41, 8 kw-h
Secadores de germen y forraje.	16	57, 9 kw-h

Para una mejor comprensión observemos el diagrama de Pareto mostrado.

Consumo de los motores en las etapas de Estudio

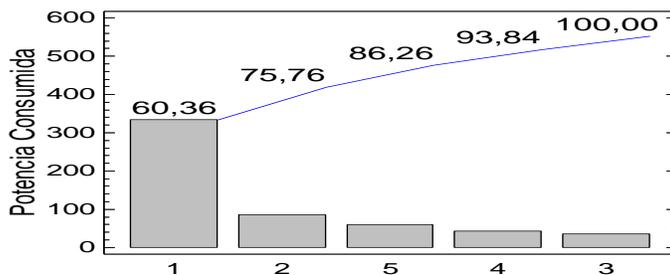


Figura 3.7: Diagrama de Pareto para el Consumo de los motores en las Etapas de Estudio.

Fuente: Elaboración Propia.

A través del diagrama de Pareto podemos diferenciar las etapas consumidoras de energía eléctrica en el proceso estudiado siendo: Molienda y degerminación, Secadores de germen y forraje, así como las Lavadoras de fibras finas.

3.4.2.2 Balance de energía eléctrica por pérdidas de maíz en el proceso de estudio (por paradas imprevistas) años 2010 y 2011.

Para procesar el maíz total en ambos años se consumió de energía eléctrica 683, 52 Mwh/t, a partir de las toneladas totales de producciones fundamentales realizadas en el 2010 y 2011, conociendo que para realizar una tonelada de producción se necesita de energía eléctrica 0, 149 Mwh/t; siendo el sobre consumo de energía eléctrica 100, 71 Mwh/t.

En los años de estudio las pérdidas totales de maíz por paradas imprevistas fueron de 282, 974 t, siendo las pérdidas en energía eléctrica de 42, 16 Mwh/t. En la tabla que se muestra a continuación se observa el consumo de energía eléctrica por afectaciones.

Tabla: 3.13 Consumo de energía eléctrica por afectaciones. **Fuente:** Elaboración propia

Años	Energía por sobre consumo de maíz (Mwh)	Energía por averías imprevista(Mwh)	Costo por averías imprevistas \$/Kw
2010 y 2011	100, 71	42, 16	8432, 00

3.4.2.3 Balance de fuel oíl por pérdidas de maíz en el proceso de estudio (por paradas imprevistas) años 2010 y 2011.

Para procesar el maíz total en ambos años se consumió 1505 t de combustible, a partir de las toneladas totales de producciones fundamentales realizadas en el 2010 y 2011, conociendo que para realizar una tonelada de producción se necesita 0, 328 t de combustible; siendo el sobre consumo de 221, 7 t de combustible. Ver tabla 3.4 y 3.5 el comportamiento del consumo del maíz y sus producciones totales.

En el año 2010 y 2011 las pérdidas totales de maíz por paradas imprevistas fueron de 282,974 t, siendo las pérdidas en combustible de 92,8 t. En la tabla 3.14 que se muestra a continuación se observa el consumo del combustible por afectaciones.

Tabla 3.14: Consumo de combustible por afectaciones.

Años	Fuel por sobre consumo de maíz (t)	Fuel por averías imprevista (t)	Costo del fuel por averías imprevistas \$/t
2010 y 2011	221, 7	92, 8	60876, 8

3.4.2.4 Balance del vapor en la etapa de secado de germen y forraje.

En la etapa de secado de germen y forraje se utiliza el vapor generado del área de caldera; actualmente se desconoce el consumo de vapor en esta instalación por carecer de instrumento para la medición del mismo en los equipamientos.

Para la realización de los balances se utilizó el flujo másico generado en las etapas donde se consume vapor a partir de los balances de masas realizados, teniendo como base un día de trabajo.

Los balances de energía se concentraron en las etapas de secado de germen y forraje ya que son los únicos bloques tecnológicos que consumen vapor en el proceso productivo. Es importante destacar que las etapas de secado han sufrido cambios en cuanto al consumo de vapor con relación a su diseño, por existir anteriormente dos líneas de proceso fuera de servicio que tributaban a ambos secadores, lo cual determina que el resultado de los balances sea menor con respecto a lo que describe la literatura en archivo.

Ver en Anexo P los cálculos detallados de los balances correspondientes al proceso de molienda húmeda de maíz, lavado, deshidratación y secado de los subproductos.

3.4.2.4.1 Pérdidas de vapor en la etapa de secado.

En esta sección existen pérdidas de vapor por: salideros en tuberías, salideros en trampas de vapor y falta de insulación en la línea principal de entrada al proceso; provocando un excesivo gasto de combustible e incremento en los costos operacionales.

A partir de las deficiencias encontradas en el área se calculan las pérdidas de vapor provocada por afectación.

3.4.2.4.2 Cálculos de las pérdidas de vapor por salideros en las tuberías.

En una línea de distribución de vapor es común observar salideros y se le resta importancia; en el diagnóstico de recorrido inicial en el área de los secadores de forraje y germen, perteneciente a la planta de almidón contamos 7 salideros, algunos de consideración, por lo que asumo que todos son de 1mm por este concepto se pierde 22060, 08 \$/año.

Para realizar el cálculo se utilizó el folleto “Ahorro económico por medidas energética, indicaciones para su cargo” Buró Energético MINAL. Ver cálculo en el Anexo S

3.4.2.4.3 Cálculos de las pérdidas de vapor por tuberías sin insular.

Para el cálculo se utilizó el folleto referido anteriormente.

Analizando que debido al deterioro de las tuberías en el área de secado, los cálculos evidencian que se pierde por falta de aislamiento 0, 0002 toneladas de vapor por hora, lo cual constituye 724, 84 \$ /año. Ver cálculo en el Anexo S.

3.4.2.4.4 Cálculos de las pérdidas de vapor por trampas en mal estado.

Evaluando los problemas encontrados se ha considerado que sólo una trampa tiene salidero, cuyo diámetro es de 1 mm para una pérdida de 1807, 29 Kg de combustible en un año, siendo de 1186, 59 \$/año. Ver en Anexo S los cálculos de las pérdidas de vapor por trampas en mal estado.

A continuación presentamos en la tabla 3.15 las pérdidas por fuga de vapor existentes en las etapas de secado de los subproductos del maíz. Ver en Anexo S los cálculos de las pérdidas de vapor por trampas en mal estado.

Tabla 3.15 Pérdidas por fugas de vapor. **Fuente:** Elaboración propia apoyada en el folleto “Ahorro Económico por Medidas Energéticas, Indicaciones para su Uso” Buró Energético MINAL (para los cálculos).

Ocurrencia de pérdidas	Pérdidas en un año	Combustible perdido en un año	Costo \$/año
Fugas por tuberías en mal estado.	309120 Kg	25760 Kg	22060, 08
Tuberías sin insular.	1104 Kg	92 Kg	724, 84
Fugas por trampas en mal estado.	21687, 5 Kg	1807, 29 Kg	1186, 59
Total	331899 Kg	27658, 25 Kg	23971, 51

Los datos tabulados anteriormente se muestran en la figura 3, 6 destacándose la ocurrencia que determina la mayor pérdida de combustible.

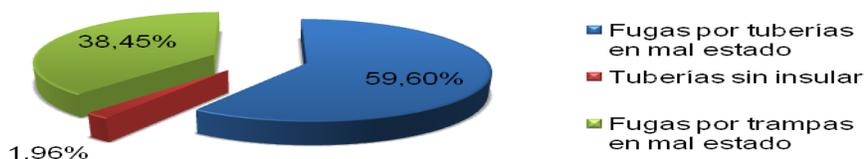


Figura 3, 6: Relación de las pérdidas de vapor que provocan elevado consumo de combustible.

Se analizó el total de las pérdidas y el costo por pesos del combustible; se cita oportunidades, con las cuales se podrá minimizar el deterioro de este portador (fuel oíl); ver tabla de evaluación de calidad. Anexo T

3.4.2.4.5 Análisis de los parámetros a controlar durante las operaciones de secado.

El parámetro a controlar en los procesos de secado es el porcentaje de humedad que contiene el subproducto (germen o forraje) a la salida de los secadores. Esta variable debe cumplir con las especificaciones de calidad establecidas en las normas NEIAL 2306:04. 1992 y NEIAL 2306:03. 2001. Para el análisis de dicha variable se utilizó el método estadístico STATGRAPHICS Centurión XVI, a partir de los valores que se registraron en el libro de control del laboratorio y los modelos del proceso tecnológico de la industria en los años de estudio.

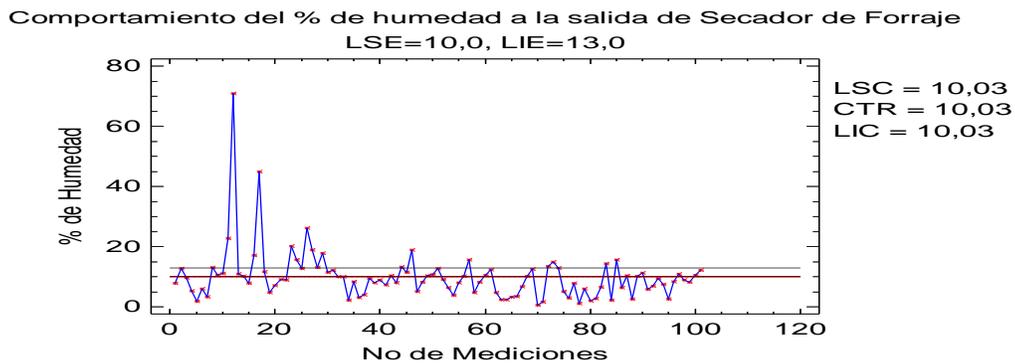


Figura 3.7 Gráfico de control del % de humedad en el secador de forraje.

Fuente: Elaboración propia.

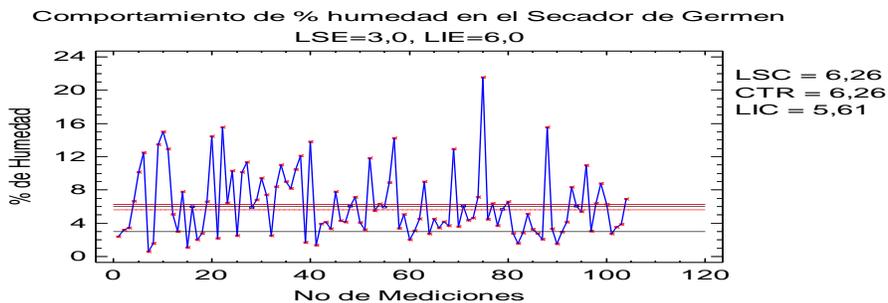


Figura 3.8 Gráfico de control del % de humedad en el secador de germen.

Los gráficos de control están diseñados para determinar si los datos provienen de un proceso capaz de cumplir con las especificaciones deseadas. Los límites de control en el gráfico de aceptación se han colocado con base a la fracción no conforme permitida. Estos parámetros fueron cuantificados a partir de los datos del proceso. Como se puede observar los parámetros del % de humedad en ambos secadores se encuentran fuera control, lo que demuestra que los parámetros del producto terminado fueron inestables. Los valores por debajo del mínimo permisible determinan pérdidas o mayor consumo de vapor, y los que se encuentran por encima del límite máximo permisible provocan inestabilidad en la secuencia operacional. Ver en Anexo U los resúmenes estadísticos.

3.4.2.4.6 Análisis de los parámetros a controlar durante el tratamiento de los residuales.

Las aguas residuales son originadas por los desechos del proceso productivo para la obtención del Almidón de maíz y otras producciones. La materia prima principal en este proceso es el maíz, razón por la cual el residual que llega a la planta de tratamientos de residuales es rico en materia orgánica y nutrientes tales como carbohidratos, proteínas y material orgánico.

El tratamiento de estas aguas está basado esencialmente en un método físico ocurriendo la sedimentación de las sustancias sólidas por diferencia de densidades; durante el tratamiento de los residuales se logra elevar el pH a valores de 6, 5 a 7, 5 en el agua residual, con la adición de una suspensión de hidrato de cal, así como lograr el proceso de floculación mediante la adición del sulfato de alúmina para facilitar la sedimentación de los sólidos. En la figura 3, 9 se muestran parámetros de pH del agua a la salida de la planta de tratamientos; relacionado la década de los noventas hasta la actual.

Comportamiento de parámetros de Calidad (salida aguas residuales)

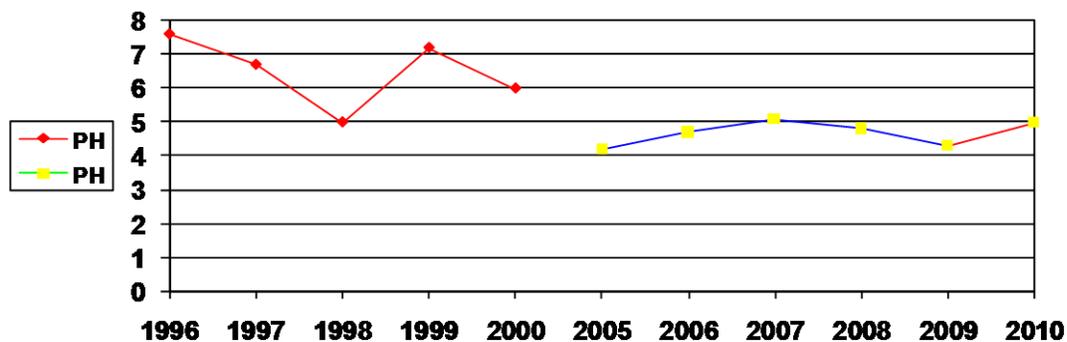


Figura: 3. 9 Comportamiento de los parámetros de pH en la década de los noventa hasta el 2010.

Como se puede observar hasta el año 2000 los parámetros del proceso se comportaron como lo exige la norma cubana para el vertimiento de los residuales; no siendo así en los últimos años, manifestándose agresividad en el agua que se vierte por su alto nivel de contaminación; la trayectoria del gráfico actual refleja que no existe prevención de la contaminación ambiental en el sitio y en mucho de los casos riesgos en realizar un tratamiento correcto al final del tubo.

3.5 Identificación de las causas que generan problemas ambientales y concebir opciones de P+L.

3.5.1 Identificación de las causas que provocan problemas ambientales.

1. Inestabilidad en el proceso productivo por averías imprevistas.
2. Fallas en la ejecución del mantenimiento planificado para los equipamientos.
3. Averías en los equipamientos por utilizar recursos sobre diseñados que no garantizan estabilidad.
4. Deterioro en válvulas y en compuertas que determinan derrames de productos y agua.
5. Pizarras de operación en mal estado, ocasionando paralización del equipo y por consiguiente derrames.
6. Operarios del área productiva y mantenimiento con poca experiencia en la actividad.
7. Falta de conocimiento y educación ambiental del personal en las áreas de trabajo sobre producciones más limpias.
8. Los tanques de balance para el depósito del flujo presentan inestabilidad en el control de nivel, por lo que se producen derrames.
9. Falta de insulación en las tuberías de conducción de vapor.
10. Tuberías de conducción de agua con elevado grado de corrosión que provocan salideros.
11. Desgaste en la estructura de las cajas receptoras de suspensión, propiciando salideros.

3.5.2 Opciones de producciones más limpias.

Las opciones de mejoras se desarrollan y evalúan, según los posibles cursos de acción para realizar las oportunidades de mejoras identificadas, y se priorizan en función de criterios tales como: costos, beneficios, posibilidad de ejecución y probabilidad de éxito. Para las cuales se pueden desarrollar algunas alternativas.

➤ Alternativas de opciones para aplicar Producciones Más Limpias

1. Optimizar el proceso:

- Mejorar el entrenamiento de los operarios realizando evaluaciones periódicas.

- Revisar la documentación de los procedimientos de los operarios, y hacerlos cumplir para garantizar mejoras operacionales.
- Utilizar materias primas de más alta calidad, para obtener productos que cumplan con las normas de calidad requeridas dentro del proceso productivo.
- Asegurar que los equipos trabajen de acuerdo al orden establecido, para evitar roturas.
- Reducir interrupciones del proceso para aumentar la capacidad de molida.

2. Mejoramiento del control del proceso:

- Activar por puestos de trabajo el modelo de control de proceso.
- Realizar mantenimientos preventivos al equipamiento tecnológico.
- Mantener estabilidad en el régimen operacional y sistematizar el entrenamiento de los operadores.
- Incorporar control de flujo y densidad a la salida de la bomba del tanque 010-05.
- Incorporar manómetro de presión en las lavadoras de fibras finas, fibras gruesas y lavadoras de germen.
- Recuperar o habilitar regulador de nivel para el tanque de balance 010-05.

3. Mejoramiento Tecnológico:

- Habilitar pizarra de control con medios de seguridad (señalización, guarda motor, alarma sonora, etc.)
- Incorporar variador de velocidad para los motores de alto consumo en el área.
- Instalar turbo-acoplador a los motores eléctricos.
- Recuperar o activar las válvulas de seguridad de los secadores de forraje y germen.
- Activar segunda línea de molinación, para aumentar la capacidad productiva.
- Incorporar variador de velocidad en las prensas de germen.

4. Uso eficiente del agua, la energía y la materia prima:

- Instalar metro contador de agua por etapas del proceso.
- Instalar metro contador de electricidad por etapas del proceso.
- Instalar flujómetro de vapor en las etapas del proceso que lo requieran.
- Al culminar el proceso de molinación cerrar el agua de enfriamiento del molino fino.
- En parada total cerrar la entrada de agua fresca de la caja cuatro de proceso.
- Realizar limpieza del área sin derroche del agua potable.
- No dejar válvulas de agua abiertas.
- En caso de avería informar de inmediato al jefe de turno o personal administrativo.
- Paralizar los equipos cuando las averías excedan el tiempo reglamentado.

- En paradas más de ocho hora paralizar los agitadores de las degerminadoras.
- En caso de paradas planificadas liberar todo el producto dentro del equipamiento.
- Planificar las arrancadas fuera del horario pico.
- Mantener los parámetros operacionales como describe la norma de proceso.

3.6 Solución Técnica.

En este acápite se brindan soluciones técnicas desde el punto de vista económico y ambiental a las problemáticas encontradas durante el reconocimiento por la planta en conjunto con el grupo evaluador, en las cuales priorizaremos las reconocidas por los especialistas como mayores generadoras de contaminación ambiental y los elevados costos de producción por pérdidas de los recursos. Las soluciones que se proponen son opciones simples que se pueden llevar a cabo sin dificultades; su aplicación inmediata brinda beneficios reales y tangibles para la dirección en un período corto, cosa que hace muy atractiva la evaluación de producciones más limpias.

3.6.1 Solución técnica para la recuperación de la carga orgánica cuando ocurren paradas imprevistas.

La solución técnica que se propone realizar tiene como objetivo solucionar la problemática identificada, fundamentada en recolectar la carga orgánica o suspensión acuosa que contienen los equipos receptores en el proceso tecnológico cuando ocurren paradas imprevistas que motiven la descarga del material; evitando así su vertimiento al residual, pudiendo provocar alteraciones en el proceso de tratamiento de los residuales por la fermentación en los sedimentadores, debido al alto contenido de materia orgánica y nutrientes (carbohidratos, proteínas, grasas, etc.) aumentando así los impactos ambientales sobre los ecosistemas que nos rodean, así como un elevado consumo de los aditivos químicos y por consiguiente los costos operacionales. Una vez recolectada la carga se puede emplear en la venta como alimento animal.

La solución técnica consiste en colocar un tanque de 4 m³ soterrado, provisto de un agitador para evitar que el producto sedimente; tendrá instalada una bomba que será la encargada de enviar el producto hacia la pipa cisterna ubicada en el exterior de la fábrica a 10 metros del sitio. Ver en el Anexo V propuesta para el diseño del sistema recolector.

3.6.2 Solución técnica para prevenir paradas imprevistas en el proceso tecnológico.

La solución técnica consiste en la adquisición de un equipo integrador de control y supervisión, compuesto por un equipo de diagnóstico que incluye varios accesorios y un tacómetro laser de contacto para una medición rápida y precisa de las velocidades del equipamiento. Este paquete

es ideal para el control y supervisión del estado de los rodamientos de las maquinarias, así como realizar mediciones de temperatura y vibración en los equipamientos.

El tacómetro brinda la posibilidad de verificar el grado óptimo general del funcionamiento de la máquina; permite mediciones sin contacto, fácil y rápida a una distancia segura de la máquina rotativa.

El conjunto de diagnóstico ofrece la posibilidad de alertar la ocurrencia de la avería a corto plazo, e indica el momento oportuno para la intervención de un mantenimiento preventivo con posibilidad de prevenir la ocurrencia de averías imprevistas; así como el desplazamiento del mantenimiento planificado. Ver en anexo V Foto del equipo de control y supervisión y ventajas que ofrece.

3.6.3 Recuperación del sistema regulador de agua en el tanque 010-05.

Para activar el sistema regulador de nivel en el tanque colector 010-05 se necesita un sistema de sensor que emita las señales según el nivel del tanque, controlando así el flujo de agua que llega al mismo proveniente de la torre # 2 de absorción. La eficacia del proceso en estudio depende en gran medida de la deposición de las aguas generadas, así como de las densidades en las etapas de degerminación, al recibir concentraciones de agua sulfurosa de 400 p.p.m. proveniente del tanque colector 010-05.

3.6.4 Activar segunda prensa de forraje.

Activar la segunda prensa de forraje proporcionará seguridad en la continuidad del proceso productivo en caso de ocurrencia de averías imprevistas, permitiendo ejecutar cambios en las líneas de producción en el menor tiempo posible sin paralización de los equipamientos; evitando así que se produzcan pérdidas en el proceso por derrame de productos ocasionando además daños al medio ambiente.

3.6.5 Utilizar tornillos de acero inoxidable en los aros de las Lavadoras de fibras finas.

Utilizar tornillos de acero inoxidable para el ajuste en los aros de las (LFF), permitirá estabilidad en la operación tecnológica, disminuirá el tiempo perdido por el desgaste en los tornillos siendo protegido por la corrosión existente en el medio, así como la disminución de las pérdidas de producto y maíz por las ocurrencias de paradas imprevistas.

3.6.6 Cambio de la válvula en la línea de agua potable.

Realizar el cambio de la válvula será oportuno para disminuir el consumo de agua que pudiera ocasionar la etapa, permitirá reducir los pagos por extra plan que presenta la industria en

sentido general. Este portador determina en gran medida la estrategia productiva por ser los procesos grandes consumidores de agua.

3.6.7 Realizar aislamientos térmicos.

Permite optimizar la transferencia de calor en el sistema, lográndose parámetros operacionales que accedan a la mejora continua, disminuye el consumo de combustible, garantiza un ambiente adecuado en cuanto a la seguridad industrial y el valor humano.

3.6.8 Sustitución de la trampa de vapor en el secador de germen.

Para aumentar la eficiencia de trabajo en el sistema de recolección del condensado en el secador de germen es necesario sustituir la trampa de vapor existente por presentar deterioro en el sistema de cierre. Admite disminuir las pérdidas de combustible, impidiendo salida del vapor.

3.6.9 Sellaje de orificios en la línea conductora del vapor.

Ejecutar el sellaje en la línea conductora del vapor brinda oportunidades de mejora en el régimen de trabajo, aumenta la eficiencia en cuanto a la estabilidad de los parámetros operacionales, disminuye además el sobre consumo de combustible en las etapas de estudio; así como un ambiente adecuado.

3.7 Estudio de la factibilidad.

3.7.1 Uso de un tanque de 4 m³ soterrado.

La recuperación de la carga orgánica cuando ocurren paradas imprevistas es factible aplicar para lograr mejoras en el proceso productivo desde el punto de vista ambiental, recuperándose 2729 Kg de suspensión para un valor de \$ 77134, 00 en un período de recuperación 1, 3 meses.

3.7.2 Adquisición del equipo de control y supervisión (equipo diagnóstico).

Adquirir un equipo integrador de control y supervisión es la solución más costosa de todas las propuestas indicadas para cada una de las problemáticas encontradas en el proceso de molienda húmeda de maíz, lavado, deshidratación y secado de los subproductos; pero su aplicación permitirá reducir las interrupciones por roturas imprevistas así como el advenimiento de un mantenimiento preventivo y oportuno para los equipamientos; es factibles, impidiéndose posible pérdida de 282, 037 t de maíz. La inversión se recupera en seis meses.

3.7.3 Recuperación del control de nivel en el tanque colector.

El sistema regulador de agua en el tanque 010-05, permite un ahorro de 2180 m³ de agua durante el proceso tecnológico, impidiéndose derrame del líquido; es factible y se recupera en un mes.

3.7.4 Recuperación de la segunda prensa de forraje.

Activar la segunda prensa de forraje, permitirá disminuir pérdidas de maíz valorado en 242, 683 t; la inversión se recupera en 1, 3 meses.

3.7.5 Uso de tornillos de acero inoxidable en los aros de las Lavadoras de fibras finas.

Utilizar tornillos de acero inoxidable en los aros de las Lavadoras de fibras finas, permitirá disminuir las pérdidas en \$ 77134, 00; recuperándose la inversión en un mes aproximadamente.

3.7.6 Sustitución de la válvula en la línea de agua potable.

El Cambio de la válvula en la línea de agua potable, proporcionará un ahorro de \$ 654, 00; recuperándose la inversión en quince días de trabajo.

3.7.7 Realizar aislamientos térmicos.

Realizar aislamientos térmicos en las etapas de secado, permitirá un ahorro de \$724, 84 en combustible, en un año de trabajo; recuperándose en 4 meses.

3.7.8 Sustitución de la trampa de vapor en el secador de germen.

Con la sustitución de la trampa de vapor en el secador de germen, permitirá un ahorro de \$1423, 72 en combustible, recuperándose en 2, 5 meses.

3.7.9 Sellaje de orificios en la línea conductora del vapor.

Realizar esta actividad permite un ahorro de \$22060, 00 en combustible, recuperándose en quince días de trabajo.

El estudio de la factibilidad de cada una de las soluciones propuestas se realizó a partir del período de retorno de la inversión; excepto la adquisición del equipo de control y supervisión, constituyendo está la de mayor inversión.

Ver anexo W los cálculos de la factibilidad económica de cada una de las propuestas de mejoras.

3.8 Evaluación técnica, económica y ambiental de las opciones de Producciones más Limpias.

En la tabla 3.3.16 se relacionan opciones de mejoras, posibilidades de ahorro de materia prima, agua y energía a partir de las problemáticas de mayor impacto en el proceso estudiado; siendo identificadas de conjunto con los expertos. Ver anexo T.

3.9 Aplicación.

3.9.1 Plan de mejora de Producción más Limpia.

Acciones	Responsable	Fecha
1. Mejorar el entrenamiento de los operarios realizando evaluaciones periódicas.	Jefe de Producción y Tecnología.	Periódica
2. Crear programas de capacitación con el término de tiempo necesario que permita lograr sus objetivos.	Jefe de Recursos Humanos.	Inmediato
3. Desarrollar programas de capacitación de educación ambiental en P+L para operarios, especialistas y directivos.	Especialista de Medioambiente.	Inmediato
4. Cumplir con el mantenimiento preventivo industrial, y revisión diaria del estado técnico de los equipamientos.	Jefe de Mantenimiento.	Permanente
5. Instalar metros contadores de agua y electricidad por etapas del proceso.	Administración y Jefe de mantenimiento.	1-12-2012
6. Incorporar control de flujo y densidad a la salida de la bomba del tanque 010-05.	Administración y Jefe de mantenimiento.	10-10-2012
7. Insular tubería de vapor para evitar su pérdida.	Jefe de Mantenimiento.	20-09-2012
8. Recuperar o habilitar regulador de nivel para el tanque de balance 010-05.	Jefe de Mantenimiento.	Inmediato
9. Cambiar las tuberías de circulación de flujo por encontrarse en mal estado, posibilitando salideros del producto.	Jefe de Mantenimiento.	20-08-2012
10. Reparar los pisos para evitar acumulación de productos.	Jefe de Unidad de Fábrica.	30-08-2012
11. Incorporar manómetro de presión en las lavadoras de fibras finas, fibras gruesas y lavadoras de germen.	Jefe de Mantenimiento.	20-10-2012
12. Habilitar pizarra de control con medios de seguridad.	Jefe de Mantenimiento	30-8-2012

13. Recuperar o activar las válvulas de seguridad de los secadores de forraje y Germen.	Jefe de Mantenimiento	Inmediato
14. Planificar la puesta en marcha del proceso fuera del horario pico.	Jefe de Producción	Permanente
15. Mantener los parámetros operacionales como describe la norma de proceso.	Jefe de Turno y tecnólogo	Permanente
16. Asegurar que los equipos trabajen de acuerdo al orden establecido, para evitar roturas.	Jefe de Turno	Permanente
17. Reducir interrupciones del proceso para evitar derrames del producto la capacidad.	Jefe de Turno	Permanente

Conclusiones parciales

1. Existe por parte de la empresa el compromiso de la máxima dirección, involucrando a los empleados del compromiso de las Producciones más Limpias de las etapas en estudio.
2. Las etapas donde se realiza el proyecto de investigación, se procesa como materia prima fundamental “el maíz” A finales del año 2011 la calidad del grano de maíz no ha sido satisfactoria, y la Industria se ha visto afectada por el desconocimiento del porcentaje de almidón que trae el maíz, constituyendo este parámetro el principal indicador para conocer el rendimiento de la materia prima a procesar; debe contener como mínimo 70 % de almidón, estudios realizados en el Instituto de Investigación Alimenticia (IIA) (finales del año 2011) abordaron un contenido de 65, 43 % de almidón.
3. Infaliblemente se desconoce el consumo real de agua por etapas pues carecemos de metro contadores; conocemos por estudios realizados que al reiniciar la operación de arrancada por paradas imprevistas, el consumo de agua en el proceso en estudio se incrementa, necesiéndose 6 m³ de agua para darle nivel a las degerminadoras. En el año 2010 y 2011 se perdieron 1800 m³ de agua l por concepto de paradas imprevistas.
4. Los balances energéticos en las etapas de secado demostraron potencialidades de ahorro en \$ 23974, 51.
5. Las mediciones de pH mostraron inestabilidad en los parámetros de salida. Desde finales del año 2009 se retiró la dosificación del sulfato de alúmina (AlSO₄) por provocar turbulencias en los sedimentadores; aditivo que tiene la función de crear flóculos para que el proceso de sedimentación sea más efectivo. Solamente se utiliza el hidrato de cal para estabilizar el pH del agua a la salida de la planta a valores alcalino (pH de 6, 5 a 7, 5).
El agua del proceso llega muy agresiva y con alto contenido de materia orgánica a la planta de tratamiento de los residuales, debido a todos los residuos contaminantes generados durante el proceso.
6. En análisis con los especialistas luego de realizar el recorrido por la planta e identificados los principales problemas que desfavorecen el desarrollo de P+L, se priorizaron 8 elementos desde el punto de vista económico y ambiental, otorgándole la mayor prioridad a: pérdida materia prima fundamental (maíz) por roturas imprevistas, desecho de la suspensión acuosa que contienen las degerminadoras por averías imprevistas y derrame de agua del proceso por regulador de nivel fuera de servicio (tanque 01005).

7. Estudios realizados en el proceso a través de los balances de masas demostró que en paradas imprevistas se derraman 2729 Kg de suspensión acuosa.
8. Estudios realizados en el proceso demostró que en paradas imprevistas se pierden 0, 937 t de maíz; en ambos años de estudios se pudo cuantificar un total de 282, 037 t de maíz por paradas imprevista.
9. Se valoran los 8 problemas identificados por los especialistas, de mayor impacto ambiental en el proceso de estudio; se proponen soluciones técnicas, siendo factible y recuperándose la inversión en corto tiempo.
10. Se propone un plan de acción con 17 medidas de mejoras de P+L en el proceso estudiado.

Conclusiones generales

1. Se demuestra según análisis bibliográfico que la mayor posibilidad de introducción de Producciones Más Limpias en el proceso de molienda húmeda del maíz, lavado, deshidratación y secado de los subproductos en la empresa Glucosa Cienfuegos están en:

- Mejoramiento de la gestión de producción.
- Aprovechamiento económico de residuales.
- Modificaciones en los procesos productivos.
- Controles de salida.

2. Se propone y adapta la metodología del PENUMA – ONUDI 1999 para la evaluación de producciones más limpias en el proceso estudiado, la cual demuestra que se adapta a las condiciones tecnológicas del mismo.

3. Se detecto que los principales problemas que inciden en la ecoeficiencia del proceso estudiado es la pérdida de maíz por derrame de la carga del proceso por averías imprevistas. Este fue valorado en \$ 96738, 691 por lo que se propone la aplicación del diagnostico preventivo en el equipamiento tecnológico para prevenir la ocurrencia de averías por deterioro en los mismos.

4. Una evaluación preliminar de la información básica existente del proceso estudiado, mostró que los planes de producción establecidos por años se cumplen, siendo el año 2010, el de mejor resultados de producción con relación al año 2011. En ambos años se evidencian gran deterioro en el consumo de maíz por toneladas de producción, siendo el mismo de 675, 91 toneladas; las causas evidenciadas fueron:

✓ El maíz procesado no cumple con los parámetros descritos en la norma de calidad NEIAL 2306.19 1999.

✓ Se utilizó en el proceso de molienda, maíz con bajo porcentaje de almidón, siendo su valor de 65, 43 %.

✓ Inadecuada estrategia productiva.

✓ Se produjeron 301 averías imprevistas en los años de estudios, que originaron pérdida de producto, y por consiguiente la materia prima fundamental del proceso “maíz”.

5. Se identificaron 15 malas prácticas en el proceso estudiado; se realiza posteriormente una evaluación, destacándose como mayor impacto ambiental:

✓ Pérdida materia prima fundamental (maíz) por roturas imprevistas.

✓ Desecho de la suspensión acuosa que contienen las degerminadoras por averías imprevistas.

✓ Derrame de agua del proceso por regulador de nivel fuera de servicio (tanque 01005).

✓ Derrame de carga del proceso en las lavadoras de fibra fina por averías imprevistas.

6. Con la aplicación de potenciales de ahorro en las etapas de estudio, se obtienen mejoras ambientales y económicas, definidas como:

✓ Disminución del sobre consumo de la materia prima fundamental (maíz): 41, 73 %.

✓ Reducción del consumo de agua: 45, 31%.

✓ Reducción de la energía eléctrica: 41, 86%.

✓ Disminución del fuel-oíl: 41, 85%.

7. Resultados a partir de los análisis químicos, demuestran que los valores del pH a la salida del residual se encuentran fuera de norma, lo que provoca gran inestabilidad en el proceso de sedimentación durante el tratamiento de los residuales. Sé propone recolectar la carga orgánica cuando existan paradas imprevistas.

8. En análisis de los portadores energéticos en los procesos de estudio mostraron que los principales potenciales de ahorro están proporcionados en la estabilidad del proceso productivo.

9. Cuando se generan pérdidas en el proceso productivo se deterioran todos los indicadores (materia prima, agua y energía); se propone en el cuerpo del trabajo soluciones técnicas y económicas.

10. Evaluaciones realizadas en el proyecto de investigación evidencian en sentido general potenciales de P+L que pueden disminuir en materia prima \$ 96738, 69; de energía eléctrica \$ 8432,00; fuel oíl de \$ 108819, 10; en agua \$ 1195, 8 y dar un efecto económico de \$ 215185, 59.

Recomendaciones

1. Discutir este trabajo con la dirección de la empresa para que planifique, organice, controle y dirija el plan de medidas de P+L expuesto en el presente trabajo. Central, el trabajo realizado, a fin de inducirlo en el proceso estudiado.
2. Repetir este trabajo en dos años a fin de ver los avances que se han producido en este sentido.
3. Continuar el presente trabajo, integrando el resto de las tesis de grado que se han realizado en la planta en general, a fin de valorar en su integridad el proceso de producción de dicha fábrica.
4. Complementar este estudio con una investigación de la eficiencia y la eficacia en la planta de tratamientos de residuales de la empresa, la cual será el complemento del trabajo al tratar eficientemente los residuales que no se puedan minimizar.
5. Socializar el presente trabajo a través de publicaciones y eventos científicos de manera que cumpla con los objetivos académicos e investigativos de esta maestría.

Bibliografía

- Acosta, Alberto. (2003). *Las Producciones Más Limpias en la Gestión Empresarial*. Brasil: Centro de producciones más limpias.
- Acosta, Ricardo. (2008). *SEI-CONTRERAS INGENIERIA. Tecnologías: Derivado del maíz*. Argentina: Editorial: Centro. Derivados del maíz.
- Alvarez, Pedro. (2009). *¿Qué es la Producción más Limpia?* Consejo Nacional de la Empresa Privada. Recuperado a partir de <http://www.conep.org.pa/prodlimpia/templates/quepl>.
- Ayes, Gilberto N. (2005). *Promoción de Tecnologías Sostenibles*. La Habana: Editora Científico Técnica.
- Balkau, F. (s.f.). *Manual de Producción más Limpia Un Paquete de Recursos de Capacitación*. Unidad de Industria y Medio Ambiente del PNUMA en Francia.
- Barceló, Karolina. (2005). *Elementos metodológicos para la introducción de Prácticas de producción más limpia. Alternativas para el aprovechamiento económico de residuales del ministerio de ciencia, tecnología y medio ambiente, Agencia de medio ambiente*. Colombia: Centro de divulgación e información.
- Brown, G. (1969). *Operaciones Básicas de la Ingeniería Química*. La Habana: Edición Revolucionaria.
- Bustamante, Andrea. (2008). *Metodología para la implementación de un programa de Producciones más Limpias*. Argentina: Consejo Empresario.
- Colectivo de Autores. (1980). *Critica data. Tabla, Fábrica de Glucosa*. Editora Científico Técnica.
- Colectivo de Autores. (2005a). *Centro de promoción de tecnologías sostenibles-CPTS de Producciones Más Limpias, adoptada por el programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente-PNUMA*. Bolivia: editorial: D.L.ISBN.
- Colectivo de Autores. (2005b). *Sistema de tratamiento, Agua residuales, proceso tecnológico*. La Habana: editorial, Oficina de medio ambiente.
- Colectivo de Autores. (2007). *Indicadores Ambientales. Iniciativa Latinoamericana y Caribeña para el Desarrollo Sostenible Indicadores de seguimiento*. República Argentina. Ministerio de Salud y Ambiente de Nación Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente. Recuperado a partir de <http://www.estrucplan.com.ar/Producciones/>
- Colectivo de Autores. (2009). *Guía de Producción más Limpia para el procesamiento de caña de azúcar*. Honduras: Edición AGA & Asociados – Consultores en comunicación.

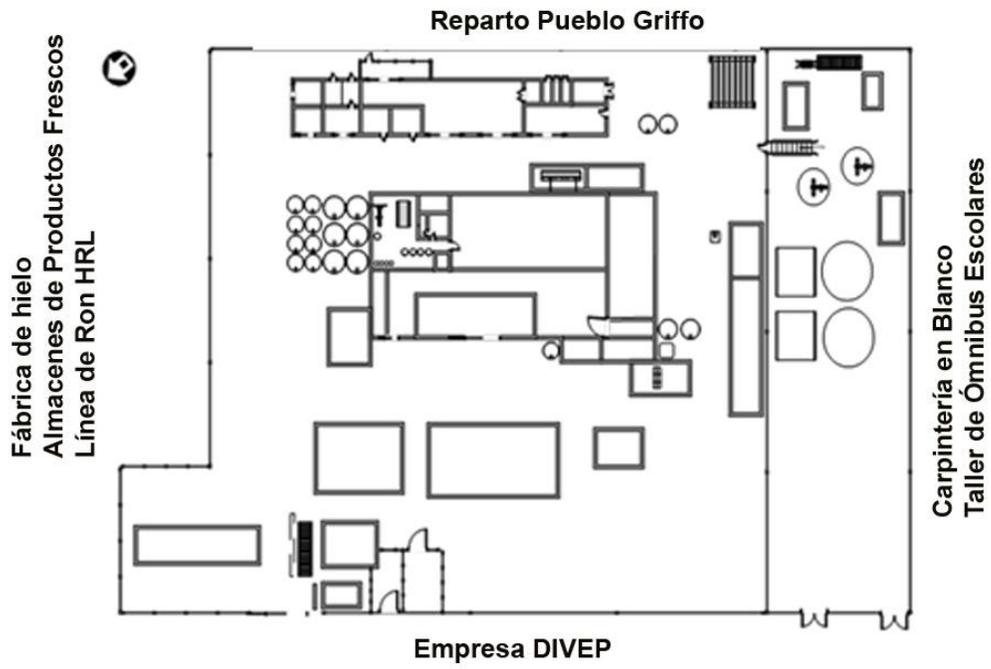
- Colectivo de Autores. (2010). Programa de la Naciones Unidas para el Medio Ambiente. Oficina Regional para América Latina y el Caribe Diego Masera. Editorial: RSPT México. Recuperado a partir de industria@pnuma.org
- Colectivo de Autores. (2003). *Aplicación de la metodología de producción más Limpia en una empresa alimenticia*. Brasil: ESPOL. Centro Metodológico.
- Colectivo Técnico. (2000). *Ahorro económico por medidas energética, indicaciones para su cargo*. Folleto, Empresa Glucosa Cienfuegos.
- Colectivo Técnico. (2008). Norma de proceso tecnológico de Almidón de maíz. Editorial Oficina de normalización de Cienfuegos.
- Colectivo Técnico. (2010a). *Estrategia ambiental. Empresa de Glucosa*. Cienfuegos: Empresa de Glucosa.
- Colectivo Técnico. (2010b). Manual para la asamblea de representantes. editorial, Empresa de Glucosa Cienfuegos.
- Colectivo Técnico. (2010c). Proyección Estratégica. Empresa Glucosa Cienfuegos. editorial, Empresa de Glucosa, Cienfuegos.
- Colectivo Técnico. (2011). Norma para el proceso del forraje y gluten. Informe de Glucosa, caracterización de residuales. editorial Oficina de normalización y lugar Provincia de Cienfuegos.
- Corporación Alfa-Laval. (1980). Carp P- A Molinación. Editora Científico Técnica.
- Corporación Alfa-Laval. (1980). Degerminación. Editora Científico Técnica.
- Corporación Alfa-Laval. Carp P- A. (1980a). Deshidratación y secado de los subproductos. Editora Científico Técnica.
- Corporación Alfa-Laval. Carp P- A. (1980b). Lavado de los subproductos. Editora Científico Técnica.
- Corporación Alfa-Laval. Carp P- P. (1980). Sistema de piezas de recambio. Editora Científico Técnica.
- Corporación Alfa-Laval. Carp P-A. (1980). Sistema de agua de proceso. Editora Científico Técnica.
- García Díaz, Rafael. (1990). *Diccionario técnico Inglés-Español*. La Habana: Editorial Revolucionaria.
- Giménez, Jorgelina. (2008). *Análisis de Alimentos*. Argentina: Científico-Ambiental. Procesos Industriales. Recuperado a partir de jrgln79@hotmail.com
- González, Erenio. (2005). *Vías para el diseño de nuevas instalaciones de la industria de procesos químicos fermentativos y farmacéuticos*. La Habana: Editorial Científico Técnica.

- González, Erenio., González, Vicente, & Lothar Schuart, Tech. (1987). *Aspectos técnicos – económicos en la proyección de plantas químicas*. Universidad Central De Las Villas: editorial: Unidad de producción del Ministerio de educación Superior.
- Jonas, Hans. (1995). *El principio de responsabilidad: ensayo de una ética para la civilización tecnológica*. Brasil: Editorial Herder.
- Kazatkin, A.G. (1990). *Operaciones básicas y aparatos en la tecnología química*. (Vol. 2). La Habana: Editorial Revolución.
- Kazatkin, A. G. (1990). *Operaciones básicas y aparatos en la tecnología Química*. (Vol. 1). La Habana: Editorial Revolución.
- Keena, Joseph H. (1988). *Thermodynamic Properties of Water Including Vapor, Liquid and Solid Phases*. La Habana.
- Kern, D. Q. (2005). *Procesos de Transferencia de calor*. La Habana: Edición Revolucionaria.
- López, Héctor. (2009). Una historia de Producción más Limpia. Cleaner Production International LLC. Recuperado a partir de <http://www.cleanerproduction.com/español/espanol.htm>
- López, S.P., & R.R. (2009). *Producciones más Limpias aplicada al sector hotelero autor*. Brasil: Centro de producciones más limpias.
- Meli Stanziola, Licda. Itzia. (2008). *Producción más limpia: Conceptos y beneficios*. Buenos Aires: Industria alimenticia.
- Milián Salaberri, Elena. (2010). Producción más limpia asumen los pinareños.
- Ochoa George, Pedro A. (2008). *Las producciones más limpias en la gestión empresarial*. La Habana: Editorial Félix Varela.
- Ochoa, A. Pedro. (2001). Las producciones más limpias en la gestión empresarial.
- Organización de Naciones Unidas para el Desarrollo Industrial. (1999). Producciones más limpias para el desarrollo industrial. ONUDI.
- Parlov, K. F. (1990). *Problemas y Ejemplo para el Curso de Operaciones Básicas y Aparatos en Tecnología Química*. La Habana: Editorial Pueblo y Educación.
- Perry, R., & D. C. (1979). *Chemical Engineers Handbook*. La Habana: Editorial Pueblo y Educación.
- Peter, M. S. (1990). *Plant design and economics for chemical engineering*. La Habana: Editorial Pueblo y Educación.
- Pino, Ana. (2009). Antecedentes de Dirección de Producción Limpia y Consumo Sustentable. Secretaría de Ambiente y Desarrollo Sustentable. Recuperado a partir de <http://www.ambiente.gov.ar/?idseccion=13>
- Producciones más Limpias aplicada al sector hotelero*. (s.f.).

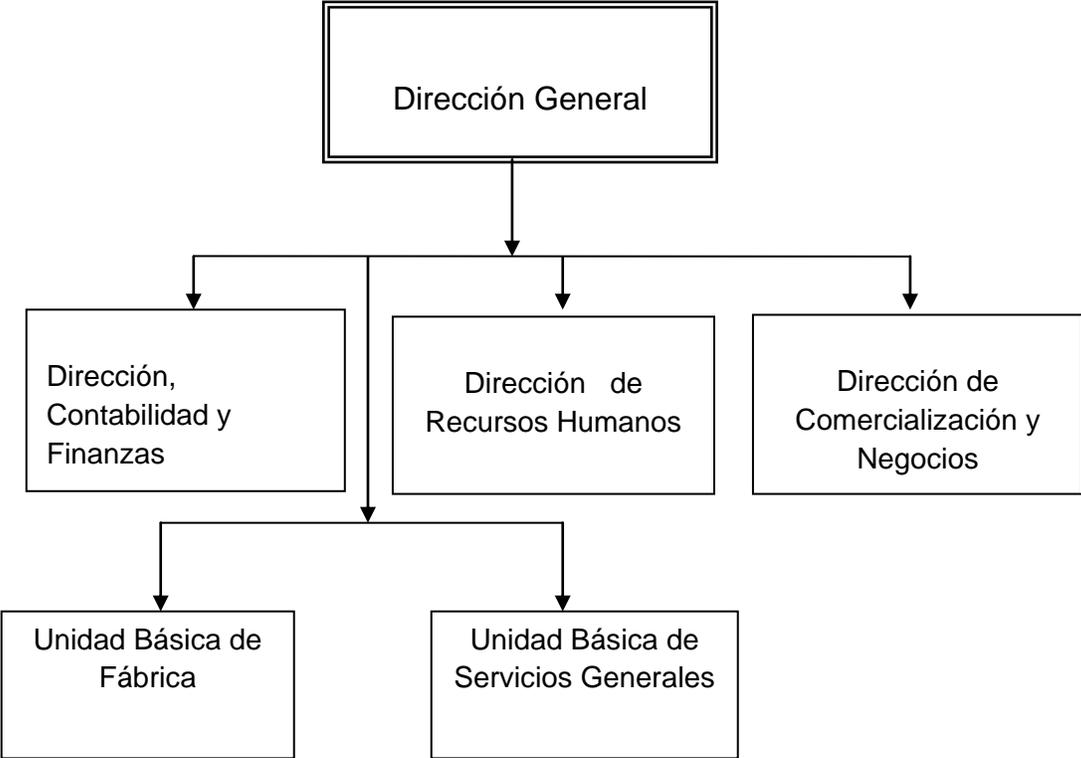
- Ramírez, Nelson. (1998). *Elementos metodológicos para la introducción de prácticas de producción más limpia. Alternativas para el aprovechamiento económico de residuales*. Honduras: Centro de investigaciones KLNH.
- Rigola, Miguel. (1998). *Producción + Limpia*. Barcelona: Editorial Rubes.
- Robutti, José L. (2008). *INTA Pergamino, Calidad y Usos del Maíz. Jarabe de maíz*. Buenos Aires: Centro de eficiencia tecnológica.
- Rodríguez Cruz, Ernesto. (1979). *Prensa de germen y forrajes*. La Habana: Editora Científico Técnica.
- Rodríguez, Gustavo. (2009). Pollution Prevention Act of 1990. Senado de los Estados Unidos. Recuperado a partir de <http://epw.senate.gov/PPA90.pdf>
- Rosaball Vegas, Julio. (1980). *Hidrodinámica y separaciones mecánicas*. La Habana: Editorial Revolución.
- Ulrich, G. D. (1990). *Diseño y Economía de los Procesos de Ingeniería Química*. La Habana: Editorial: Científico- Técnica.
- Vertimiento de Aguas residuales a la Zona Costera y Aguas Marinas*. (2007).

Anexos

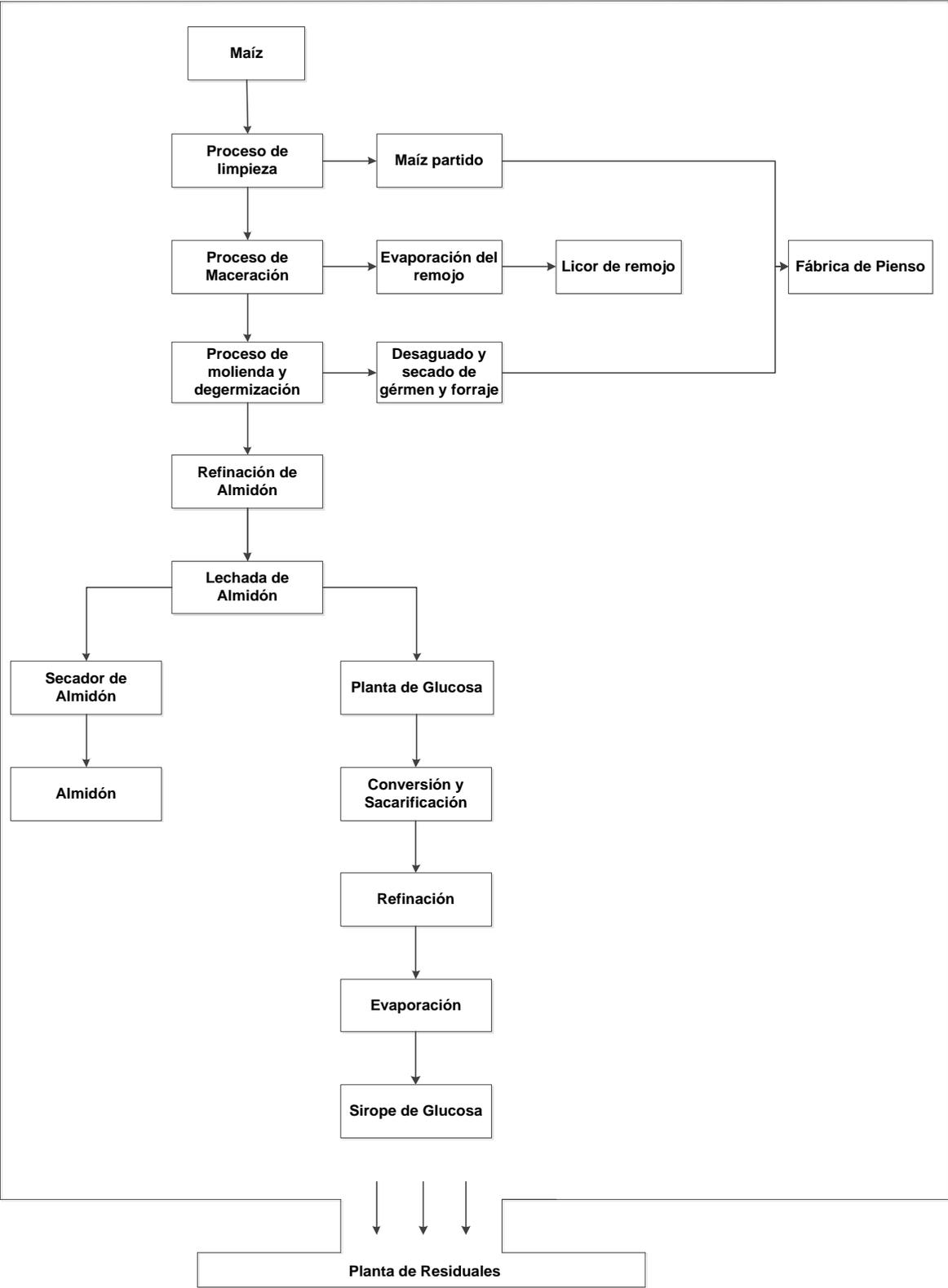
Anexo A Croquis general de la Empresa Glucosa Cienfuegos.



Anexo B Estructura organizativa de la Empresa Glucosa Cienfuegos.



Anexo C Proceso tecnológico en la Planta de Almidón y Glucosa.



Anexo D Fotos que representan las etapas tecnológicas del proceso de Molienda húmeda del maíz, lavado, deshidratación y secado de subproductos.

Tornillo de alimentación



Lavadoras de germen



Molino previo



Degerminadoras



Lavadoras de forraje



Tanque colector 010-05



Secadores de forraje



Secador de germen



Anexo E Lista de control para efectuar el Reconocimiento de planta.

Fuente: Las Producciones Más Limpias en la gestión empresarial de Pedro A. Ochoa George.

Piso de trabajo

- ¿El suelo está sucio o roto?
- ¿Los obreros pueden mover fácilmente sobre él? ¿Hay amontonamiento innecesario de nuevos materiales y acciones?
- Es el esquema óptimo; ¿es decir el flujo de trabajo puede mejorarse para minimizar el movimiento de materiales y el tiempo durante los recorridos de trabajo?

Áreas de almacenamiento

- Es el sistema del almacenamiento FIFO (es decir: primero que entra, primero que sale; las materias primas se utilizan basándose en la fecha de compra, dando preferencia a los inventarios más viejos) o LIFO (último que entra, primero que sale; ¿la materia prima fresca es utilizada primero, mientras los inventarios más viejos siguen sin utilizarse)?
- ¿Cómo se reciben las materias primas que hay que verificar por la calidad?
- ¿Hay casos frecuentes de recibir materias primas que no reúnen las especificaciones requeridas? ¿Qué pasa con los desechos?

Equipos y procesos

- ¿El proceso se opera según las Normas Prácticas de Operación suministradas por el proveedor del equipo/tecnología? ¿Cuáles son las razones si hay cualquier variación?
- ¿Los mantenimientos de equipos se realizan regularmente? ¿Cuáles son las eficiencias de operación del equipo? ¿Se registran averías de las máquinas o los problemas y sus causas se corrigen regularmente?
- ¿Se realiza aseguramiento de la calidad o control de calidad para los productos acabados e intermedios? ¿Cuán frecuentemente? ¿Cuáles son los resultados actuales?

Las calderas y el sistema de distribución de vapor

- ¿Hay fugas por las juntas, uniones, válvulas o válvulas de seguridad?
- ¿Se retorna el condensado con la máxima extensión posible?
- ¿Están aisladas las líneas de condensado y los tanques de alimentación?
- ¿Se usan trampas de vapor del tipo correcto para cada proceso?
- ¿Qué combustible se usa? ¿Es de una calidad y composición consistente?
- ¿Cuál es la fuente de agua? ¿El agua cruda se trata antes del uso?
- ¿Cuál es el tipo de calderas (por ejemplo el solo paso / el paso doble, etc.)?

- ¿Cuál es la frecuencia del soplado de las calderas?

Los desperdicios y emisiones

- ¿Los desperdicios son apropiadamente colectados, segregados y transportados?
- ¿La generación de desperdicios es continua o discontinua?
- ¿Se realizan mediciones de los desperdicios y emisiones generados?
- ¿Forman parte de los desperdicios cualquier producto o materia prima valiosa?
- ¿Es posible reusarlos o reciclarlos si se recuperan?

Anexo F Reunión efectuada en la Empresa de Glucosa Cienfuegos para formar el equipo de P+L y tratar el tema del Medio Ambiente

 <p>MINAZ</p>	EMPRESA DE GLUCOSA CIENFUEGOS.	Código: DF/ P 16-01 Rev.: 00 Pág.: 119 De: 164
--	---	--

Referencia: Reunión efectuada sobre tema Medio Ambiente.

Fecha: 24/9/10.

Hora: 2:00pm.

Lugar: Dirección de la Empresa.

Presentes

Ing. Ernesto Zayas. Jefe de Planta de Almidón.
Téc. Amarilis Hernández. Especialista de Control de la Calidad.
Téc. Fernando Cruz. Especialista de Comercialización.
Téc. Miguel A. Galván. Responsable del Almacén de Materias Primas.
Téc. Rosario Cabrera .Especialista de Calidad y Medio Ambiente.
Ing. Carlos Enríquez. Jefe de Mantenimiento.
Téc. Lourdes Escarrás. Especialista de Metrología.
Téc. Juan Bueno. Jefe del Área de Caldera.
Lic. Yisel Domínguez .Especialista en Asesoría Jurídica.
Téc. Liuba Kuan. Especialista en Gestión Ambiental.
Téc. Julia Ortega. Jefa del Departamento de Recursos Humanos.
Ing. Idania Martínez. Especialista en Energía.
Ing. Johanka Moya. Especialista en Inversión y Desarrollo
Ing. Martha B. García. Especialista en Tecnología de los Procesos
Ing. Jaime García Especialista Mecánico.
Téc. Rafael López Quiñones. Jefe Planta Glucosa

Se da comienzo a la reunión tomando la palabra el director explicando el porqué de la misma, habla sobre la necesidad de hacer algunos cambios en la empresa relacionado todo con el tema medio ambiente, haciendo alusión que se conformará un grupo de trabajo para trabajar en tales fines. Derivándose los siguientes acuerdos.

Acuerdo #1 Crear un grupo de trabajo para el tema Medio Ambiente y Producción más Limpia.

Responsable/: Jurídica

Conformado por:

Representante: Rosario Cabrera.

Miembros: Amarilis Hernández, Johanka Moya, Martha B. García, Jaime García, Juan Bueno, Idania Martínez, Mabel Cuesta, Belkis García.

Acuerdo # 2 Traspasar la parte documental de los temas ambientales para el especialista de calidad.

Responsable/: Ernesto Zayas y Rosario.

Acuerdo # 3 Proyectar el sistema de trabajo, la metodología de este equipo.

Responsable/: Rosario, Zayas, Johanka, Amarilis.

Acuerdo # 4 Hacer levantamiento integral del área calderas, temas contra incendio.

Responsable/: Bueno, Idania, Lourdes, Pedroso, F/C: Hoy en la tarde.

Acuerdo # 5 Hacer un levantamiento general sobre la situación de residuales.

Responsable/: Carlos, Zallas, Liuba.

Acuerdo # 6 Presentación integral sobre el tema de residuales

Responsable/: Johanka, Joel Haro, Amarilis, Rosario, Yornoi, Carlos

Sin otro asunto que tratar se da por terminada la reunión.

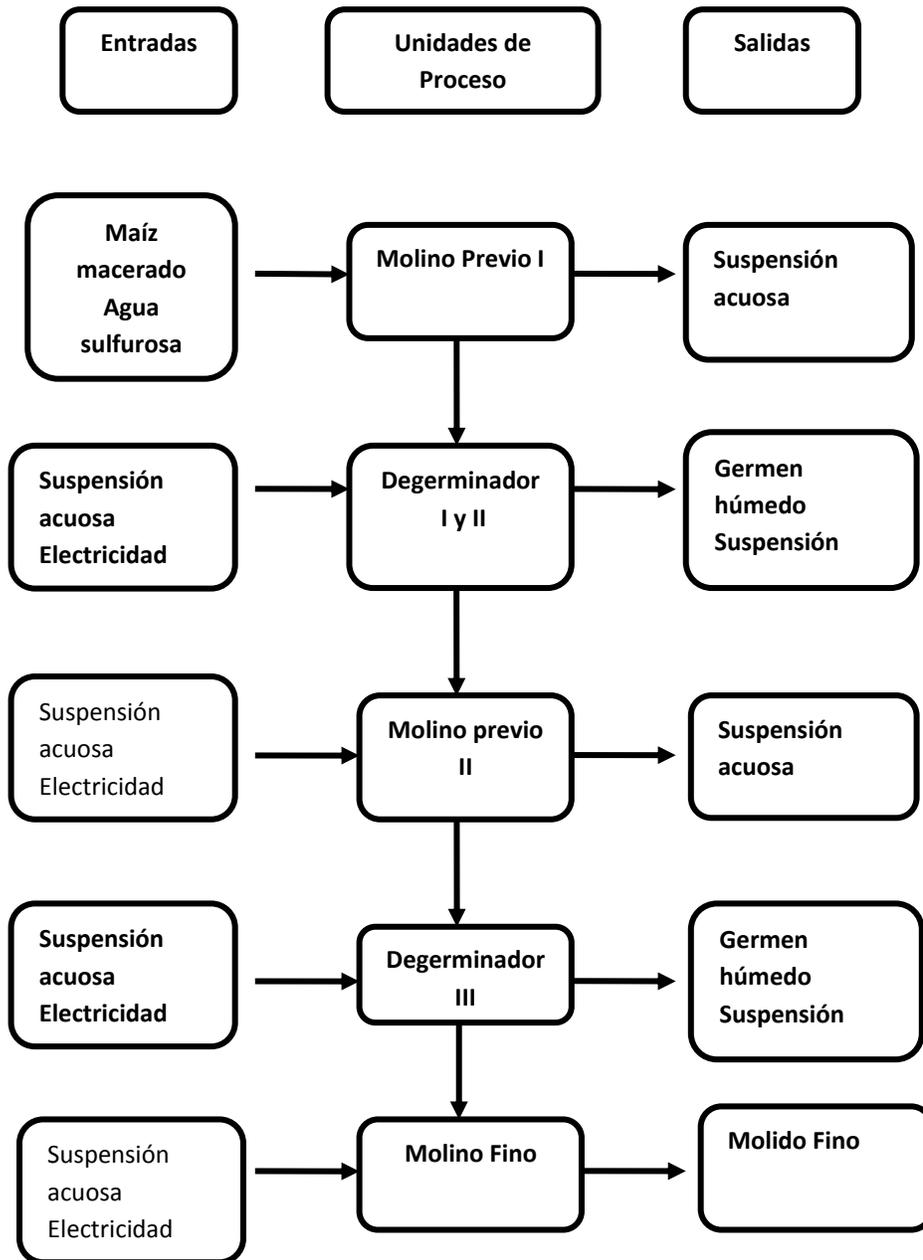
Fecha Emisión: 24/09/10

Anexo G: Integrantes del Equipo de Producciones más Limpias. Empresa Glucosa.

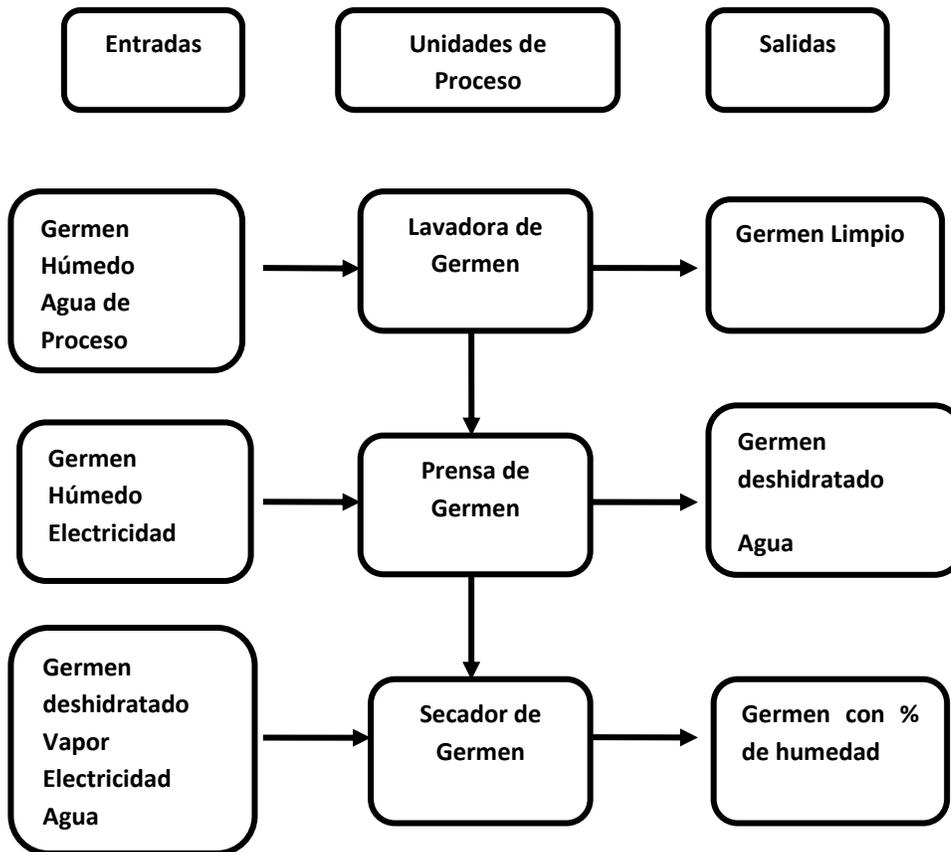
Ocupación	Integrantes
Asesor Jurídico	Lic. Yissell Domínguez
Especialista Financiero	Tec. Yaima Lima
Especialista en tecnología	Ing. Martha Yáñez García
Jefe de Producción	Tec. Rafael López Quiñones
Especialista de calidad.	Tec. Rosario Cabrera Alonso
Jefe de Laboratorio	Tec. Amarilis Hernández Hernández
Especialista de Mantenimiento	Ing. Jaime García Zamora
Jefe de Mantenimiento	Ing. Leoniles Pellisiel Rodríguez
Especialista Investigación y desarrollo	Ing. Johanka Moya Monteagudo
Gestor de Ventas.	Tec. Cecilia Arrechea Garrido
Especialista de Compras	Ing. Juan Pablo Contreras
Especialista de Seguridad y salud	Tec. Blanca Saura

Anexo H Diagrama de entrada y salida de cada operación tecnológica.

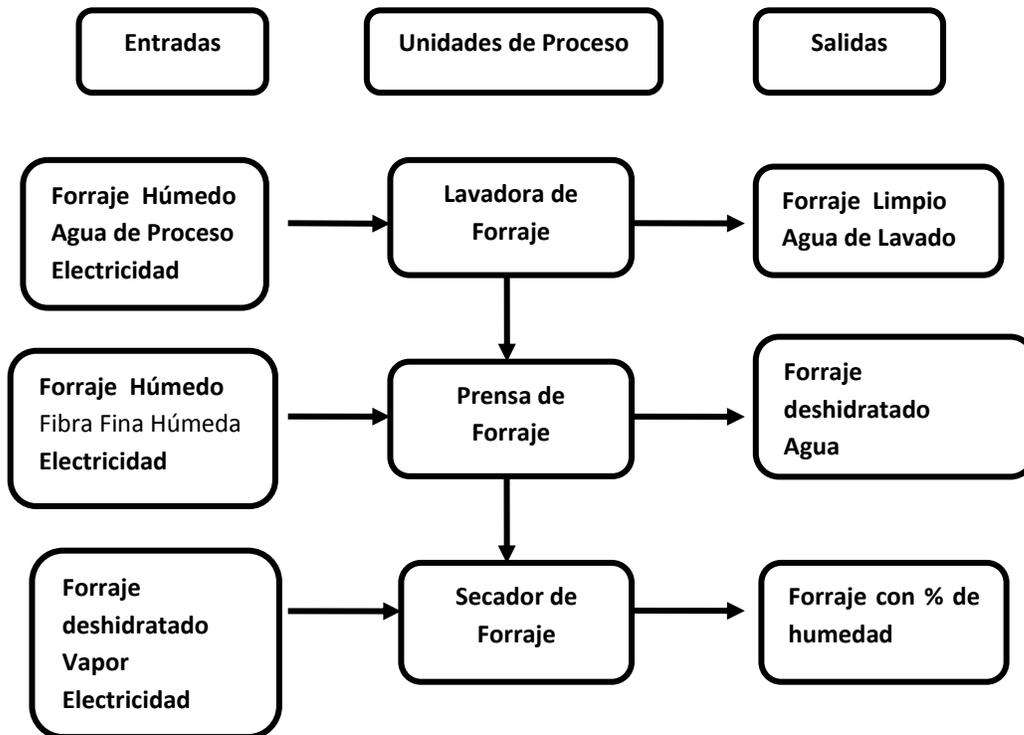
➤ **Sección de Molinación Húmeda de Maíz.**



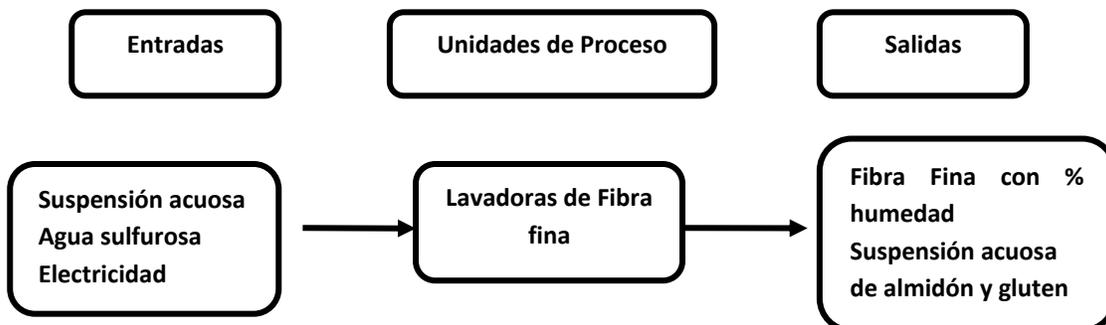
➤ **Sección de lavado, prensado y secado de germen.**



➤ **Sección de lavado, prensado y secado de forraje.**



➤ **Sección de Lavado de Fibra Fina.**



Anexo I Fotos tomadas durante el reconocimiento de la planta que evidencian las malas prácticas.



Anexo J 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.

Aplicando la ecuación $M = p(1-p)^k / i^2$

Donde: $p = 5\%$; $i = 0,142$

Para 90 % $k = 2,67$.

$$M = \frac{0.05(1 - 0.05)^{2.67}}{0.142^2} = 8 \text{ expertos}$$

El número de expertos aplicando la ecuación: $M = 8$

Tabla 3.7. Valores de k

$1 - \alpha$	k
99	6,65
95	3,84
90	2,67

Tomando como base para el cálculo un error del 10%, para un nivel de confianza del 90 % y el valor de i medio de 0.2 se calcula el número de expertos:

$M = 8$ expertos, es decir se requieren de 8 expertos para realizar el primer análisis para un 10% de error en la estimación.

Anexo K Datos generales de los especialistas seleccionados como expertos.

Experto	Formación Técnica, académica y científica	Años de experiencia en la temática	% de dedicación dedicada al tema
E1	Ingeniero - Maestrante	17	60
E2	Técnico mantenimiento	32	60
E3	Técnico alimentos	25	100
E4	Técnico alimentos	32	90
E5	Ingeniero - Máster	2	30
E6	Ingeniero - Maestrante	10	20
E7	Dr. C.T	2	10
E8	Dr. C.T	2	10

Anexo L Encuesta aplicada a los expertos

EMPRESA DE GLUCOSA CIENFUEGOS ENCUESTA APLICADAS A LOS EXPERTOS

26 de Febrero del 2012

Estimado Experto.

La Dirección de la Empresa está realizando una encuesta para conocer su opinión sobre los impactos ambientales detectado en la secciones de almacenaje, limpieza y maceración de maíz los cuales afectan las aguas residuales 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 8.

El de mayor importancia se marca con 1 y así sucesivamente hasta 8 el de menor importancia.

Le agradecemos de antemano su colaboración.

El cuestionario se diseñó y aplica similar a una encuesta, pero solamente a los expertos.

Muchas gracias.

Orden	Problemas identificados	Prioridad
A	Derrame de carga del proceso en las lavadoras de fibra fina por averías imprevistas.	
B	Derrame de agua del proceso por regulador de nivel fuera de servicio (tanque 01005).	
C	Desecho de la suspensión acuosa que contienen las degerminadoras por averías imprevistas.	
D	Pérdida materia prima fundamental (maíz) por roturas imprevistas.	
E	En fase de arrancada, el cambio de la válvula del drenaje para la etapa de refinación de la lechada de almidón se realiza de forma manual, luego de ser visualizada por el operador, lo que ocasiona exceso de carga orgánica a los residuales así como pérdida de maíz.	
F	Derrame de agua potable por válvulas defectuosas.	
G	Pérdida de maíz por avería en la prensa de forraje.	
H	Derrame de productos por averías en los molinos (molino fino).	

Explicación de los problemas detectados.

A. Derrame de carga del proceso en las lavadoras de fibra fina por averías imprevistas

(tornillos que sujetan los aros son de acero negro y se encuentran con gran corrosión).

Son cuatro lavadoras de tamices cónicos, su interior contiene mallas metálica y plásticas que permiten el paso del flujo de proceso quedando las fibras finas después del lavado que se le realiza. Estas mallas están sujetas por un aro, los tornillos de ajuste son de acero negro y la corrosión existente en el medio ocasiona deterioro de los mismos ocurriendo averías en su interior donde la carga de los equipos receptores se dispersan al alcantarillado; lo anterior propicia pérdida del producto y daños al medio ambiente.

B. Desecho de la suspensión acuosa que contienen las degerminadoras por averías imprevistas.

Las tres degerminadoras dentro del proceso de molinación son las de mayor capacidad de carga (2m^3) cada una, al existir parada espontánea por averías imprevista el contenido se desecha al alcantarillado por sedimentar rápidamente, pudiendo ocasionar ruptura en su eje y agitadores de paletas; además interfiere en la continuidad del proceso.

C. Derrame de agua del proceso por regulador de nivel fuera de servicio (tanque 010-05).

Este tanque dentro del proceso de molinación tiene la función de recepcionar todo el agua generada del proceso (tornillos deshidratadores, lavadoras de fibras gruesas, pantalla de deshidratación y lavadoras de germen); así como controlar el suministro de agua sulfurosa proveniente de la torre № 3 de absorción. El sistema que regula estas aguas se encuentra fuera de servicio por carencia de recursos provocándose así derrames de líquido con cierta composición.

D. Pérdida materia prima fundamental (maíz) por roturas imprevistas.

Al existir paradas imprevistas por cualquiera de las causas que mencionamos anteriormente se pierde en el proceso gran cantidad de producto, existe elevado consumo de energía y maíz; deteriorándose los indicadores planificados, provocando además afectaciones al medio ambiente y los ecosistemas que nos rodean, además el rendimiento del producto final es bajo.

E. Derrame de agua potable por válvulas defectuosas.

En la instalación existen numerosos salideros de agua potable por encontrarse las válvulas deterioradas imposibilitando un cierre adecuado, por este concepto se pierden en una hora 0,6m³ de agua y en 8h 4, 8m³.

F. Pérdida de maíz por avería en la prensa de forraje.

Para llevar a cabo la etapa de molinación debe existir continuidad en el proceso tecnológico, las prensas como cualquier otro equipo de la sección paralizan el funcionamiento total por cualquier imprevisto, provocando derrame de gran volumen de carga y por consiguiente pérdida de la materia prima. En estos dos últimos años de producción el proceso se ha visto afectado por rotura en la prensa de forraje.

G. En fase de arrancada y parada de la sección el cambio de la válvula del drenaje para la etapa de refinación de la lechada de almidón se realiza de forma manual, luego de ser visualizada por el operador, lo que ocasiona exceso de carga orgánica a los residuales así como pérdida de maíz.

En el proceso de molinación existe una válvula que su accionamiento permite el paso del flujo hacia la etapa de refinación de la lechada de almidón cuando el contenido se encuentre en parámetros de trabajo; es accionada de forma manual por el operario del área. En arrancada se encuentra vertiendo al residual más del tiempo establecido por descuido del operador, al igual sucede en la parada de la sección.

H. Derrame de productos por averías en los molinos (Molino Fino).

Durante las operaciones tecnológicas existen averías imprevistas en la sección de molienda, la carga de proceso se derrama al alcantarillado y por esta causa se deterioran los consumos establecidos generándose además excesivos grados de contaminación.

Anexo M Procesamiento de los datos obtenidos de los especialistas.

#	Criterios evaluados	E1	E2	E3	E4	E5	E6	E7	E8	T
A	Derrame de carga del proceso en las lavadoras de fibra fina por averías imprevistas.	3	4	4	4	4	3	2	4	28
B	Derrame de agua del proceso por regulador de nivel fuera de servicio (tanque 01005).	2	3	3	1	1	4	4	5	23
C	Desecho de la suspensión acuosa que contienen las degerminadoras por averías imprevistas.	4	1	1	5	8	1	1	1	22
D	Pérdida materia prima fundamental (maíz) por averías imprevistas.	1	2	2	2	1	2	3	7	20
E	Derrame de productos por averías en los molinos (Molino Fino).	6	6	7	6	4	5	7	3	44
F	Pérdida de maíz por avería en la prensa de forraje	5	5	5	3	1	6	5	2	32
G	En fase de arrancada, el cambio de la válvula del drenaje para la etapa de refinación de la lechada de almidón se realiza de forma manual, luego de ser visualizada por el operador, lo que ocasiona exceso de carga orgánica a los residuales así como pérdida de maíz.	7	8	8	7	8	7	8	6	59
H	Derrame de agua potable por válvulas defectuosas.	8	7	6	8	1	8	6	8	52

Anexo N Matriz con los datos de la desviación del valor medio; cálculo del coeficiente de Kendall.

No	Criterios	Expertos				A _{ij}	Δ	Δ ²
		1	2	3	M			
A	Derrame de carga del proceso en las lavadoras de fibra fina por averías imprevistas.					28	-8	64
B	Derrame de agua del proceso por regulador de nivel fuera de servicio (tanque 01005).					23	-13	169
C	Desecho de la suspensión acuosa que contienen las de-germinadoras por averías imprevistas.					22	-14	196
D	Pérdida materia prima fundamental (maíz) por roturas imprevistas.					20	-16	256
E	En fase de arrancada, el cambio de la válvula del drenaje para la etapa de refinación de la lechada de almidón se realiza de forma manual, luego de ser visualizada por el operador, lo que ocasiona exceso de carga orgánica a los residuales así como pérdida de maíz.					44	8	64
F	Derrame de agua potable por válvulas defectuosas.					32	-4	16
G	Pérdida de maíz por avería en la prensa de forraje.					59	23	529
H	Derrame de productos por averías en los molinos (molino fino).					52	16	256
Total								1550

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

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

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.

$$\tau = \frac{1}{2} M (K+1) = 0,5 * 8 (8+1) = 36$$

El valor que posibilita decidir el nivel de concordancia entre los especialistas se determina por el estadígrafo Kendall ω . El valor ω 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 especialistas.

Cálculo del coeficiente de concordancia de Kendall.

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

$$\omega = 12 * 1550 / 64 * (8^3 - 8) = 0.57$$

Anexo O Especificaciones de Calidad.

Especificaciones de las aguas residuales según las normas de vertimiento.

Parámetros	U/M	NC 27:1999	NC XX:2001
pH	Unidades	6,5-8,5	6-9
Conductividad eléctrica	μ S/cm	1400	-
Temperatura	°C	40	Tenor natural
Grasas y aceites	mg/L	10	0.5
Materia flotante	-	Ausente	Ausente
Sólidos Sedimentables Totales	mL/L	1	1
DBO ₅	mg/L	30	30
DQO (Dicromato)	mg/L	70	70
Nitrógeno total (Kjeldah)	mg/L	5	2
Fósforo total	mg/L	2	0.01

Fuente: NC 27:1999 Vertimiento de Aguas Residuales a las Aguas Terrestres y al Alcantarillado LMMP y NC XX: 2001 Vertimiento de Aguas Residuales a las Costas y Aguas Marinas.

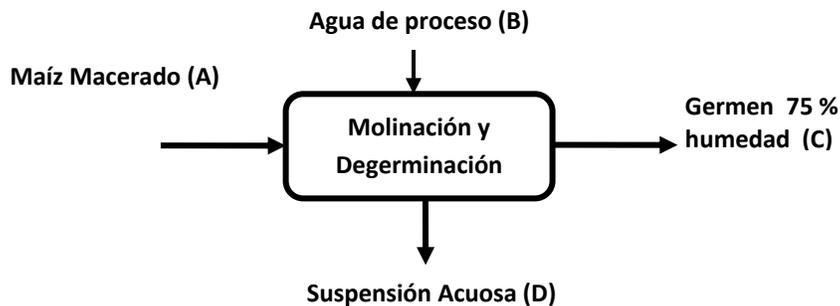
Especificaciones de las entradas al proceso.

Materias Primas y Materiales	Especificaciones
Maíz yellow	Humedad: 15 %
	Almidón: 70 % mínimo

	Acidez: 35 % máximo
	Viabilidad: 55 % mínimo
	Germinación: 55 % mínimo
	Impurezas: partido 2 %, dañado por calor 1 % y enfermo 0, 5 %
Agua de la caja 3 de proceso	Color: Amarillo claro
	Olor: característico del proceso
	Sabor: caractístico del proceso
	pH: 5,0-7,0
	Turbidez: detectable a simple vista
	Materias en suspensión: almidón
	Densidad: 1150 kg/m ³
Fuel oil	Densidad: 0.9353 Kg/l
	Temperatura: 45-50 ⁰ C
	Factor de viscosidad: 0.9787
Energía eléctrica	Corriente trifásica, 440V, 60Hz

Anexo P: Desarrollo y cálculo de los balances.

➤ *Molinación y Degerminación.*



Datos: (En base a un día de trabajo)

- Maíz macerado (A)= 90 000 kg/d
- Agua de proceso(B)= 1,8 m³/h, con densidad de 1200 kg /m³(determinada en el laboratorio)(por tanto 1,8 m³/h.* 1200 kg /m³ * 24 h/d = 51840 kg/d)
- Germen húmedo(C)= 11230 kg/d(pesado a la salida de las degerminadoras)
- Suspensión acuosa (D)=?

Balance total

$$A + B = C + D$$

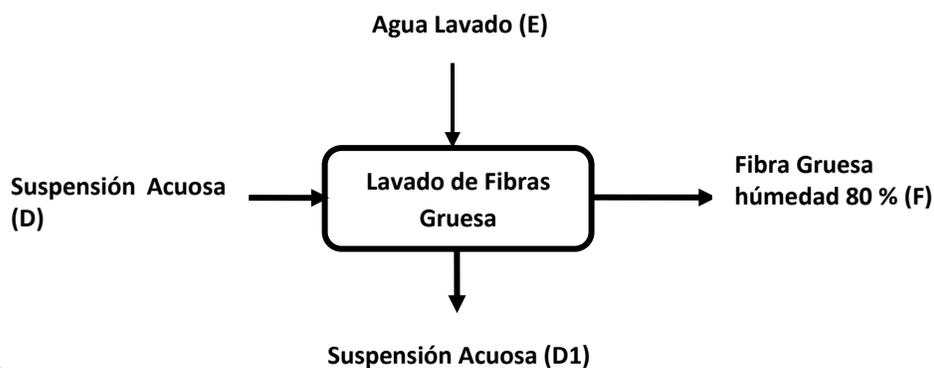
$$D = A + B - C$$

$$D = 90\,000 \text{ kg/d} + 51\,840 \text{ kg/d} - 11\,230 \text{ kg/d}$$

$$D = 130\,610 \text{ kg/d}$$

$$D = 5442 \text{ Kg/h}$$

➤ *Lavado de Fibras Gruesas.*



Datos:

- Suspensión acuosa (D)= 130610 kg/d
- Agua de Lavado(E)= 0,18 m³/h, con densidad de 1150 kg/m³ (determinada en el laboratorio)(por tanto 0,18 m³/h.* 1150 kg /m³ * 24 h/d = 4968 kg/d)
- Fibra gruesa húmeda (F)=15552 kg/d (pesado a la salida de las lavadoras).
- Suspensión acuosa (D1)=?

Balance total

$$D + E = F + D1$$

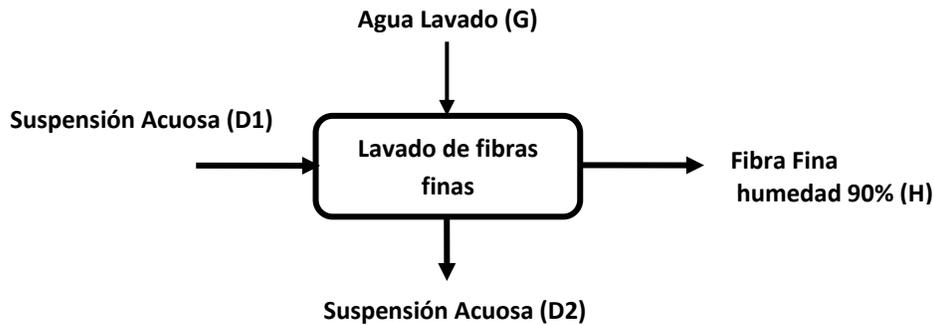
$$D1 = D + E - F$$

$$D1 = 130610 \text{ kg/d} + 4968 \text{ kg/d} - 15552 \text{ kg/d}$$

$$D1 = 120026 \text{ kg/d}$$

$$D1 = 5001 \text{ Kg/h}$$

➤ **Lavado de Fibras finas**



Datos:

- Suspensión acuosa (D1)= 120026 kg/d
- Agua de Lavado (G) = 3 m³/h, con densidad de 1180 kg/m³ (determinada en el laboratorio) (por tanto 3 m³/h. * 1180 kg /m³ * 24 h/d = 84960 kg/d)
- Fibras finas (H)=73440 kg/d (pesado a la salida de la mono bomba de fibras).
- Suspensión acuosa (D2) =?

Balance total

$$D1 + G = H + D2$$

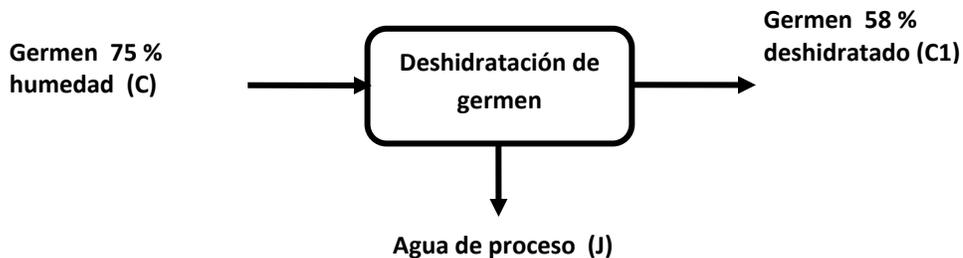
$$D2 = D1 + G - H$$

$$D2 = 120026 \text{ kg/d} + 84960 \text{ kg/d} - 73440 \text{ kg/d}$$

$$D2 = 131546 \text{ kg/d}$$

$$D2 = 5481 \text{ Kg/h}$$

➤ **Deshidratación de germen**



Datos:

- Germen húmedo (C) = 112 30 kg/d (pesado a la salida de las lavadoras).
- Germen deshidratado (C1) = 10240Kg/d (pesado a la salida de la prensa).
- Agua de proceso (J)=?

Balance total

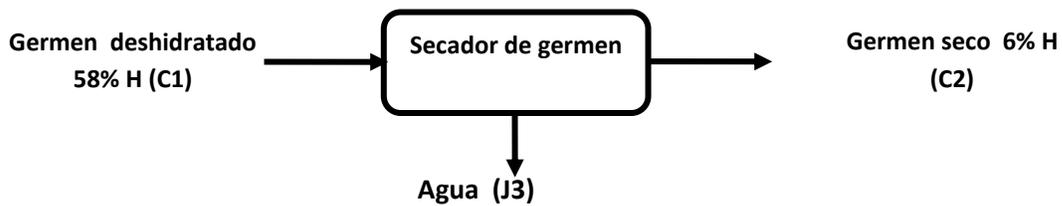
$$C=J + C1$$

$$J=C - C1$$

$$J=11230 \text{ kg/d} - 10240 \text{ kg/d}$$

$$J=990\text{Kg/d} =41, 29\text{Kg/h}$$

➤ **Secador de germen**



Datos:

- Germen deshidratado (C1) = 10240Kg/d (peso a la salida de la prensa).
- Germen seco (C2) = 1059, 31 kg/d (peso a la salida del secador).
- Agua (J3) =?

Balance total

$$C1= J3 + C2$$

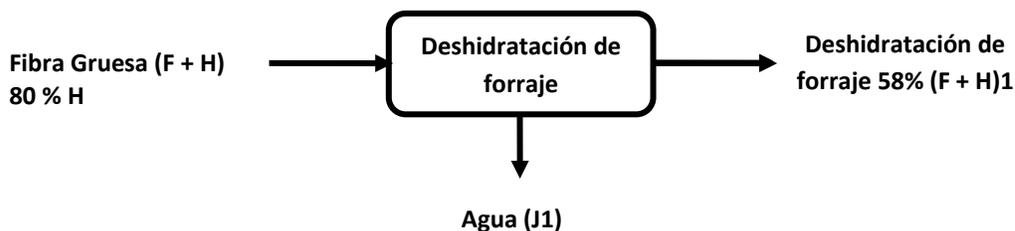
$$J3 = C1- C2$$

$$J3 = 10240\text{Kg/d} - 1059, 31 \text{ kg/d}$$

$$J3 = 9180, 69 \text{ kg/d}$$

$$J3 =382, 5 \text{ Kg/h}$$

➤ **Deshidratación de Forraje**



Datos:

- Fibra gruesa húmeda (F + H)= 88992 kg/d (peso de la fibra fina más las fibras gruesas).
- Deshidratación de forraje (F + H) 1 = 64519, 2 kg/d (peso a la salida de la prensa).
- Agua (J1)=?

Balance total

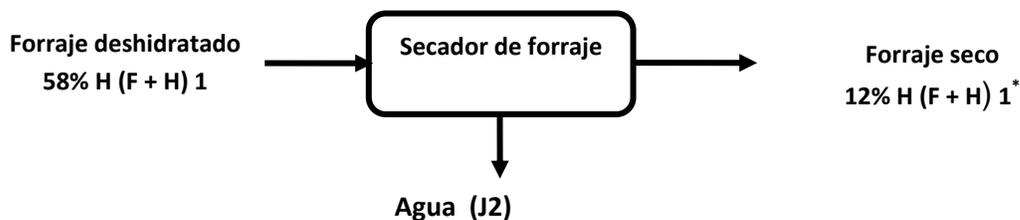
$$(F + H) = J1 + (F + H) 1$$

$$J1 = (F + H) - (F + H) 1$$

$$J1 = 88992 \text{ Kg/d} - 64519, 2 \text{ Kg/d}$$

$$J1 = 24472, 8 \text{ Kg/d} = 1019, 7 \text{ Kg/h}$$

➤ **Secador de Forraje**



Datos:

- Forraje deshidratado (F + H) 1 = 64519, 2 kg/d (peso a la salida de la prensa).
- Forraje seco (F + H) 1* = 13348, 8 kg/d (peso a la salida de la prensa).
- Agua (J2) =?

Balance total

$$(F + H) 1 = J2 + (F + H) 1^*$$

$$J2 = (F + H) 1 - (F + H) 1^*$$

$$J2 = 64519, 2 \text{ kg/d} - 13348, 8 \text{ kg/d}$$

$$J2 = 51170, 4 \text{ kg/d}$$

$$J2 = 2132, 08 \text{ Kg/h}$$

Balance de energía en los secadores de germen y forraje

➤ **Secador de Forraje**

Datos:

Suponiendo que la eficiencia sea a un 100%

Masa de forraje (Mf) = 64519, 2 Kg/d (obtenida en el balance de masa).

Presión de vapor = 5 kgf/cm²

Calor latente del vapor (λ_v) = 2613, 4KJ/Kg (lo obtuve en la kena a partir del Cp.)

Capacidad calorífica del forraje (cp_f) = 1, 8756 kJ/kg °C (lo obtuve de la tabla de datos críticos de la fábrica de glucosa).

Calor cedido (Qc) = Mv* λ_v

Calor ganado (Qg) = Mf* cp_f * ΔT

Variación de temperatura ΔT

Masa de vapor consumida (Mv)=?

Cálculos del balance

$$Q_c = M_v \cdot \lambda_v$$

$$Q_g = M_f \cdot cp_f \cdot \Delta T$$

$$Q_c = Q_g$$

$$M_v \cdot \lambda_v = M_f \cdot cp_f \cdot \Delta T$$

$$\Delta T = T(\text{salida}) - T(\text{entrada})$$

$$= 85^\circ\text{C} - 25^\circ\text{C}$$

$$= 60^\circ\text{C}$$

$$M_v = (M_f \cdot cp_f \cdot \Delta T) / \lambda_v$$

$$M_v = \frac{64519,2 \text{ kg/d} \cdot 1,8756 \text{ kJ/kg } ^\circ\text{C} \cdot 60^\circ\text{C}}{2613,4 \text{ kJ/Kg}}$$

$$M_v = 20504 \text{ Kg/d}$$

$$M_v = 854 \text{ Kg/h}$$

➤ **Secador de Germen**

Datos

Masa de germen (Mg) = 10240Kg/d (determinada en el balance de masa)

Presión de vapor = 5 kgf/cm²

Calor latente del vapor (λ_v) = 2604, 1 KJ/Kg

Capacidad calorífica del germen (cp_f) = 1,99 kJ/kg°C (se tomó como dato aproximado el Cp. del aceite de germen, tabla de datos crítico de la fábrica de glucosa)

Masa de vapor consumida (Mv)=?

Cálculos del balance

$$Q_c = M_v \cdot \lambda_v$$

$$Q_g = M_g \cdot c_{p_f} \cdot \Delta T$$

$$Q_c = Q_g$$

$$M_v \cdot \lambda_v = M_g \cdot c_{p_f} \cdot \Delta T$$

$$\Delta T = T(\text{salida}) - T(\text{entrada})$$

$$= 85^\circ\text{C} - 25^\circ\text{C}$$

$$= 60^\circ\text{C}$$

$$M_v = (M_g \cdot c_{p_f} \cdot \Delta T) / \lambda_v$$

$$M_v = \frac{102400 \text{ Kg/d} \cdot 1,99 \text{ kJ/kg}^\circ\text{C} \cdot 60^\circ\text{C}}{2604,1 \text{ kJ/Kg}}$$

$$M_v = 4695,3 \text{ Kg/d}$$

$$M_v = 196,00 \text{ Kg/h}$$

Anexo Q Resultados del balance de masa y energía con las corrientes de entrada y salida

Etapas del proceso	Parámetros a medir	Resultados
Molienda y Degerminación	Maíz macerado(A) Agua de proceso(B) Germen húmedo(C) Suspensión salida del degerminador (D)= ?	3750 Kg/h 2160 Kg/h 468 Kg/h 5442 Kg/h
Lavado de Fibras Gruesas	Agua de lavado(E) Fibras gruesas húmedas(F) Suspensión acuosa (D) 1=?	207 Kg/h 648 Kg/h 5001 Kg/h
Lavado de Fibras Finas	Agua de lavado(G) Fibras finas(H) Suspensión acuosa (D) 2=?	3540 Kg/h 3060 Kg/h 5481 Kg/h
Deshidratación de germen	Germen deshidratado(C)1 Agua al tanque 010-05(J) =?	427 Kg/h 37, 5 Kg/h
Secador de Germen	Germen seco(C)2 Agua (J) 3=? Vapor consumido=?	44 Kg/h 382, 5 Kg/h 196 Kg/h
Deshidratación de Forraje	Fibras Gruesas húmedas(F+H) Deshidratación de forraje(F+H)1 Agua al tanque 010-05(J)1=?	3708 Kg/h 2688, 3 Kg/h 1019, 7 Kg/h
Secador de Forraje	Forraje seco(F+H)1* Agua (J)2= ? Vapor consumido=?	13348 Kg/h 2132, 08 Kg/h 854 Kg/h

Anexo R: Ensayos por turnos de trabajos Año 2011.

Meses	Turno de trabajo	Tiempo del cambio	⁰ Be Tanque almidón crudo
Enero	A	15 minutos	6, 9
	B	16 minutos	5, 7
	C	15minutos	6, 5
	D	15minutos	7, 0
Febrero	A	15 minutos	5, 9
	B	17 minutos	5, 7
	C	15minutos	6, 5
	D	15minutos	5, 5
Marzo	A	19 minutos	6, 7
	B	15 minutos	5, 7
	C	15minutos	6, 2
	D	15minutos	5, 5
Abril	A	16 minutos	6, 7
	B	15 minutos	5, 7
	C	15minutos	7, 2
	D	16minutos	5, 5

Anexo S: Cálculo para conocer la cantidad de agua que se pierde.

Cálculo para conocer la cantidad de agua que se pierde en el tanque 010-05.

Para realizar el cálculo de las pérdidas de agua se tomó como referencia un turno de trabajo, donde se evaluó que en un minuto se pierden 40 litros de agua, esto sucede aproximadamente 4 veces en un mismo turno de trabajo por 10 minutos, entonces:

- En los 3 turnos de trabajo que laboran en un día, se pierden 4, 8 m³ de agua, y al año 1090 m³.
- Para ambos años en estudio la pérdida de agua fue 2180 m³, para un valor de \$ 654, 00.

Cálculo para conocer la cantidad de agua que se necesita para dar nivel a las degerminadoras.

En el proceso productivo existen 3 degerminadoras con capacidad de 2 m³ de agua cada una, entonces cuando ocurren paradas imprevistas se necesita darle nivel a las 3 degerminadoras para restablecer nuevamente el proceso, siendo de 1806 m³ de agua en 301 averías acontecidas en dos años; para un valor de \$ 541, 80.

Cálculos de las fugas de vapor por salideros en las tuberías.

Datos

Presión de trabajo = 5 Kgf /cm²

Orificios = 1 mm

Precio del combustible = 656, 56 \$/t

Para obtener 12 Kg de vapor, se necesita 1 Kg de combustible.

Si:

1 mm se pierde 8 Kg de vapor/hora en un salidero (referido del folleto "Ahorro económico por medidas energética, indicaciones para su cargo" Buró Energético MINAL), entonces:

7 salideros * 8 Kg de vapor/hora = 56 Kg de vapor/hora.

En día = 56 Kg de vapor/hora * 24 horas
= 1344 Kg de vapor

En 1 año = 1344 Kg de vapor * 230
= 309120 Kg de vapor/año

Cantidad de combustible para 1344 Kg de vapor =?, entonces:

$$\begin{array}{l} 12 \text{ Kg de vapor} \quad \text{-----} \quad 1 \text{ Kg de combustible} \\ 309120 \text{ Kg de vapor} \quad \text{-----} \quad x \end{array}$$

X = 25760 Kg de combustible

X= 25, 760 t de combustible

Si 1 t de combustible vale 656, 56 \$: entonces:

25, 760 t = 16 913 \$/año

Cálculos de las pérdidas de vapor por tuberías sin insular o falta de recubrimiento térmico.

Datos

Tuberías sin insular = 10 m

Presión de trabajo = 5 Kg/cm²

Diámetro de fuga en la tubería = 1,5 pulgadas

Precio del combustible = 656, 56 \$/ton

Para obtener 12 Kg de vapor, se necesito 1 Kg de combustible.

Con el diámetro de la tubería y la presión de trabajo, obtengo

el valor de la pérdida en Kcal /m .Lineal-hr; sustituyo en la ecuación para el cálculo de las pérdidas en ton/h (base 230 días).

$$\begin{aligned} \text{Pérdidas en tuberías sin insular} &= \frac{\# \text{ metros} \times \text{Kcal /m .Lineal-h}}{9600 \text{ Kcal/Kg} \times 1000 \text{ Kg/t}} \\ &= \frac{10 \times 233}{9600000} \\ &= 0, 0002 \text{ t/h} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{En un día} &= 0, 0002 \text{ t/h} \times 24 \text{ h} \\ &= 0, 0048 \text{ t} \end{aligned}$$

En un año = 0, 0048 t * 230

$$= 1, 104 \text{ t/año}$$

1 t combustible = 656, 56 \$ entonces:

$$1, 104 \text{ t/año} = 724, 84 \text{ $ /año}$$

Cálculos de las pérdidas de vapor por trampas en mal estado.

Evaluando los problemas encontrados se ha considerado que sólo una trampa tiene salidero, cuyo diámetro se asume de 0, 25 mm; conociendo a partir del folleto "Ahorro económico por medidas energética, indicaciones para su cargo" Buró Energético MINAL que:

Con 1mm de abertura se pierden 8675 Kg de vapor en un mes; en 0, 25 mm se pierden 21687, 5 Kg de vapor en diez meses de trabajo; siendo en combustible de 1807, 29 Kg para un costo de 1186, 59 \$/año.

Problema Detectado	Opciones de P+ L	Solución técnica	Beneficio económico \$/año	Inversión \$	PIR	Aspecto ambiental
Derrame de la carga que contienen las degerminadoras por paradas imprevistas	Recuperación de la carga. Mantenimiento preventivo del equipamiento.	Colocar un tanque de 4 m ³ semi-soterrado, para colectar la carga.	Se recupera 256, 526 \$/t. \$ 3078, 312 anual.	8706, 21	1, 3 meses	Reduce el vertimiento de la carga orgánica a los residuales siendo de 1360 Kg por averías.
Derrame de agua de proceso por control de nivel fuera de servicio.	Rehabilitar el sistema regulador para el control de nivel en el tanque 010-05.	Colocar un censor en el lazo de control.	Se recupera 327, 00\$ \$ 3924 anual.	42, 5	1 mes.	Reduce las pérdida de agua, el sobre consumo, así como el vertimiento a los residuales por presentar concentraciones de azufre.
Pérdida de maíz por averías imprevistas.	Aplicar mantenimiento preventivo al equipamiento. Evitar el sobre diseño en la adaptación de los recursos.	Adquisición de equipo de control y supervisión para el monitoreo preventivo del equipamiento.	Se recupera 321, 391 \$/t. \$ 3856, 692 anual.	10 000	TIR-196% VAN-266781, 14	Reduce el vertimiento de la carga al residual por averías imprevistas, disminuyen las pérdidas del maíz en el proceso.
Perdida de producto por averías imprevista	Sustituir tornillos de acero negro por inoxidables.	Uso de tornillos de acero inoxidables.	Se recupera 256, 526 \$/t	217, 48	1 mes	Disminuyen los derrames por ocurrencia de averías, impide

en las LFF		\$3078, 312 anual.			contaminación ambiental	
Pérdida de maíz por derrame de la carga cuando ocurre rotura en la prensa de forraje.	Activar segunda prensa de forraje	Adquirir carcasa Inoxidable.	Se recupera 9641, 73 \$/t	1076, 63	1, 3 meses	Disminuyen los derrames por ocurrencia de averías, impide contaminación ambiental.
Pérdida de energía por falta de aislamiento térmico	Ejecutar aislamiento térmico en el área de los secadores.	Aislar térmicamente la línea de vapor.	724, 84 \$/t	252, 20	4, 0 meses	Disminuyen los riesgos de seguridad industrial.
Pérdida de energía por trampas de vapor en mal estado.	Restablecer el sistema.	Instalar trampa en buen estado técnico.	1186, 59 \$/t	298, 39	2, 5 meses	Disminuyen los riesgos de seguridad industrial.
Pérdida de energía por salideros de vapor en la línea conductora de vapor.	Realizar saneamiento en la línea conductora.	Sellar los orificios que se encuentran en la línea conductora.	22060, 08 \$/t	230, 24	15 días	Disminuyen los riesgos de seguridad industrial y pérdida de energía.
Total			35011, 813 \$/t			

Anexo U Resultados estadísticos de los parámetros a controlar durante el proceso de secado de germen y forraje.

Parámetro a controlar: % de humedad.

Secador de forraje= de 10 a 13 % (NEIAL2306:04. 1992).

Secador de germen= de 3 a 6 % (NEIAL 2306:03. 2001).

Secador de forraje:

Resumen estadísticos:

$n=101$

$\bar{X} = 10,02$

Desviación estándar=8,59

Coefficiente de variación=85,71%

Valor máximo=13

Valor mínimo=10

Rango=70,41

Secador de germen:

Resumen estadísticos:

$n=101$

$\bar{X} = 6,26$

Desviación estándar=4,01

Coefficiente de variación=64,14

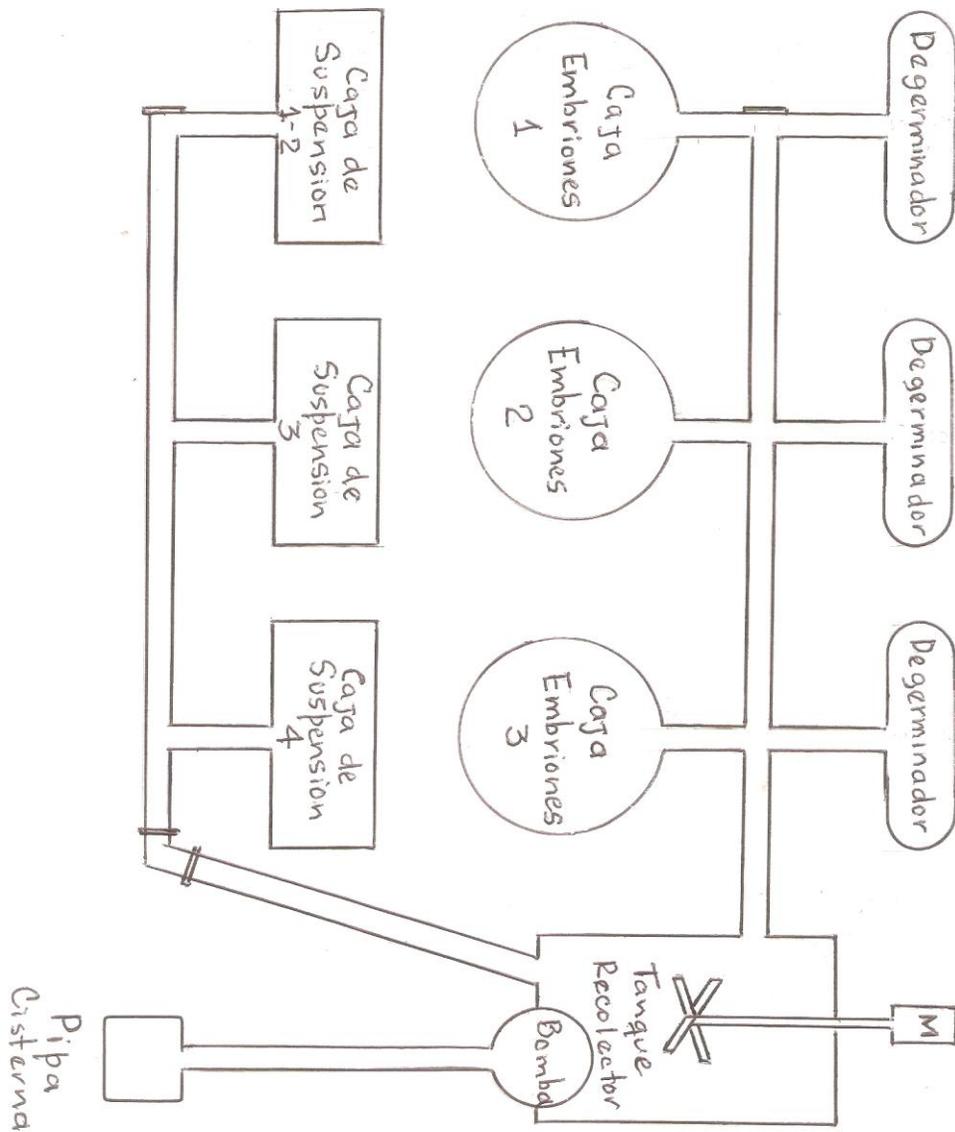
Valor máximo=6

Valor mínimo=3

Rango=2093

Anexo V Diseño de las soluciones.

Diseño del sistema recolector. Solución técnica # 1



Equipo de control y supervisión (equipo de diagnóstico).

Kit básico de control y supervisión. Serie CMPK



El kit SKF CMPK 30 / 40 es el paquete ideal para iniciarse en el control y supervisión del estado de los rodamientos de su maquinaria realizando mediciones de temperatura y vibración.

- VibPen (CMVP 40 / 50) con funda protectora.
- SPS Pen (CMSP 30) con funda protectora y gássa para el sensor.
- Termoplen (TSP-1).
- Pila de recambio.
- Manual de instrucciones.
- Tarjeta de seguridad de vibración.
- Cuaderno de trabajo.
- Positivo estuche de transporte.

■ Kit básico CMPK 30

Detalles de pedido

■ CMPK 30 Incluye CMVP 50 mm en RMS

■ CMPK 40 Incluye CMVP 40 pulg. en eq. RMS



▲ CMVP 40 50 VibPen™

SKF

Tacómetros SKF láser y de contacto, para una medición rápida y precisa de las velocidades

La velocidad es uno de los parámetros clave para determinar si una aplicación rotativa funciona según sus especificaciones, en particular cuando se trata de calibrar la máquina después de una reparación. Además, la velocidad es un factor importante a la hora de seleccionar el rodamiento adecuado para cada aplicación, así como verificar el grado óptimo general de funcionamiento de la máquina.

En algunas industrias de transformación, como la industria alimentaria, la velocidad de una máquina afecta considerablemente a la calidad del producto terminado. Por lo tanto, una medición precisa es fundamental para conseguir una calidad continua. Para ayudarte a medir con precisión las velocidades de giro y lineales de su maquinaria, SKF le ofrece la última incorporación a su gama de instrumentos de precisión – Los tacómetros de la serie TMRT.

Alta precisión combinada con una medición versátil

La serie TMRT de SKF incluye dos tacómetros de uso fácil y de alta precisión para mediciones láser o por contacto, de velocidades de giro y lineales: TMRT 1 y TMRT 1Ex. Equipados con un adaptador de contacto ambos tacómetros ofrecen una excelente versatilidad en la medición de la velocidad de distintas formas.

- Sistema óptico láser
 - permite una medición sin contacto, fácil y rápida, a una distancia segura de la máquina rotativa
 - ofrece un amplio rango angular de ± 90° a objetivo, para facilitar la fácil medición en aquellas áreas que no permiten un acceso en línea recta, y
 - permite su utilización sobre superficies imperfectas
- El usuario puede seleccionar el tipo de medida:
 - en rpm, rps, m, ft o yds por minuto o segundo
 - de distancias o la cuenta de revoluciones, o
 - los intervalos de tiempo
- Su amplia gama de velocidad y sus distintos modos de medición hacen que la serie TMRT sea adecuada para medir velocidades en una extensa variedad de aplicaciones
- La pantalla LCD, grande e invertible, facilita la lectura incluso cuando el instrumento se apunta a la maquinaria mirando hacia abajo
- Diseño compacto, de fácil uso y manejable con una sola mano
- Se suministra en un cómodo estuche de protección que facilita su transporte
- El TMRT 1 también puede venir equipado con un sensor láser de control remoto que puede servirse de manera opcional



Ventajas de aplicar equipo de control y supervisión.

1. Permite medir con exactitud el estado de los rodamientos de las máquinas; realizando mediciones de temperaturas y vibración.

2. No deben ocurrir desperfectos completos en los equipamientos (paralización imprevista), con la secuela de afectaciones a la producción.
3. Se puede determinar en qué condiciones se encuentra la instalación.
4. Se somete el equipo o instalación a actividades de control.
5. Los resultados facilitan la planificación y las reparaciones tan pronto como sea necesario evitando mayores riesgos de paro.
6. Con esta estrategia se elimina el riesgo de sustituir piezas cuando todavía se les puede utilizar.

Anexo W Cálculo de la factibilidad económica de cada una de las propuestas de mejoras.

Cálculos del estudio de factibilidad económica de la utilización de un tanque de 4 m³ semi-soterrado para la recolección de la carga orgánica generada por averías imprevistas.

La recolección de la carga orgánica que se genera durante el proceso productivo por averías imprevistas permitirá reducir los impactos ambientales generados por los derrames producidos, así como disminuir los costos operacionales por ingreso de las ventas de este producto. Se cuantificó a partir de los resultados del balance de masa la pérdida de 2729, 33 kg de suspensión, correspondiente a \$ 256, 526 por ocurrencia de una avería imprevista durante el desarrollo de la producción.

Para ejecutar la propuesta a utilizar se necesitan los siguientes materiales:

Materiales	Dimensiones y características	Material de construcción	Cantidad (u)	Precio (\$)	Importe(\$)
Tanque	4m ³	Acero Inox	1	300, 00	300, 00
Motor con agitadores	1745 rpm	Acero Inox	1	1000,00	1000, 00
Bomba centrífuga con motor glf-20	Capacidad 15 m ³ /h, presión 2Kgf/cm ²	Acero Inox	1	6000, 00	6000, 00
Tuberías	L= 40m, d=4pulg	Acero Inox	30m	21, 00	840, 00
Codos	4pulgadas	Acero Inox	2	10, 00	20, 00
Válvulas de bolas	4pulgadas	Acero inox	2	10, 00	20, 00
Tapones	4pulgadas	Anexo Inox	2	10, 00	20,00
Electrodos	5mm	Platino	0, 1Kg	0, 40	0, 460
Gases	acetileno	-	1m ³	1, 75	1, 75

Mano de obra se necesita trabajar 20 días

Integrantes	Cantidad (U)	Salario (\$)	Gasto de salario(\$)
Mecánico B	1	350, 00	292, 00
Pailero soldador	1	255, 00	212, 05
Total			504, 00

PIR = Costo de la Inversión

Incremento de Utilidades

Costo de la inversión = Costo de los Materiales + Costo de la Mano de obra = \$ 8706, 21

Incremento de Utilidades = Incremento de los Ingresos (I) + Reducción de gastos (II)

(I) Incremento de los Ingresos= \$77134, 00

(II) Reducción de gastos= \$ 1730, 75

Para bombear la cantidad de suspensión generada se necesita de 2 horas de bombeos aproximadamente, la bomba centrifuga tiene un consumo de 11, 4 Kw-h, para un valor de \$ 5, 75; totalizada por el número de averías en los años de estudios en \$ 1730, 75.

Incremento de Utilidades = \$ 78864, 75

El PIR= Costo de la inversión = \$ 8706, 21 = 0, 11 años
Incremento de utilidad \$ 78864, 75

El Período estimado de Retorno de la Inversión es aproximadamente de 1, 3 meses.

Análisis de factibilidad económica para el equipo de control y supervisión (equipo de diagnostico).

Conceptos	0	1	2	3	4	5
Disminución de la pérdidas de maíz		83240,269	83240,269	83240,269	83240,269	96046,7965
Costos de Producción		19440	19440	19440	19440	19440
Gastos Generales		1200	2304	2304	2304	2304

Depreciación		2000	2000	2000	2000	2000
Utilidad antes de interese e impuestos		105880,269	106984,269	106984,269	106984,269	119790,796
Impuestos sobre la renta (36 %)		37058,0942	37058,0942	37058,0942	37058,0942	37058,0942
Utilidad neta		68822,1749	69926,1749	69926,1749	69926,1749	82732,7023
Depreciación		2000	2000	2000	2000	2000
Flujo neto efectivo	-36229,47	70822,1749	71926,1749	71926,1749	71926,1749	84732,7023
Fc descontados (7%)	-36229,475	66188,9485	62823,1067	58713,1838	54872,1344	60413,2457
VAN	266781,14	66188,9485	0,54736441			
TIR	196%	70822,1749	0,51155553			
PRI promedio	0,49					
PRI descontado	0,55					
PRlreal	0,51					
IR	8,36					
Fc descontados (10%)	-36229,475	64383,7953	59443,1197	54039,1997	49126,5452	52612,3416
VAN	243375,53	0,56271108				
IR	7,72					
PRI descontado	0,56					
Fc descontados (12%)	-36229,475	63234,0847	57339,1062	51195,6306	45710,3844	48079,6109
VAN	229329,34	0,57294219				
IR	7,33					
PRI descontado	0,57					
Fc descontados (15%)	-36229,475	61584,4999	54386,5216	47292,6275	41124,0239	42127,1283
VAN	210285,33	0,58828886				
IR	6,80					
PRI descontado	0,59					

Perfiles del VAN

0	7	10	12	15	196%
335103,93	266781,144	243375,527	229329,342	210285,326	0



Cálculo de factibilidad económica por activar el regulador de nivel en el tanque colector 010-05.

El regulador de nivel en el tanque colector 010-05 regula el flujo de agua sulfurosa proveniente de la torre # 2 de absorción, manteniendo así el nivel del tanque con la deposición del resto de las aguas que a él llegan. En los años 2010 y 2011 hubo pérdida de 2180 m³ agua por estar fuera de servicio el regulador de nivel del tanque.

Material	Cantidad	Precio	Importe
Lazo de control	1	\$ 30, 65	\$ 30, 65
Total			\$ 30, 65

Para establecer la renovación es necesario 1 días de trabajo.

Integrantes	Cantidad	Salario	Gasto en salario
Instrumentista	1	\$ 285, 00, 00	\$ 11, 87
Total			\$ 11, 87

PIR = Costo de la Inversión

Incremento de Utilidades

Costo de la inversión = Costo de los Materiales + Costo de la Mano de obra = \$ 42, 5

Incremento de Utilidades = Incremento de los Ingresos (I) + Reducción de gastos (II)

(I) **Incremento de los Ingresos** = 0

(II) **Reducción de gastos** = \$ 654, 00

Incremento de Utilidades = **Reducción de gastos** = 654, 00

El PIR = Costo de la inversión / Incremento de utilidad = \$ 42, 5 / \$ 654, 00 = 0,06 años

El Período estimado de Retorno de la Inversión es aproximadamente de un mes.

Cálculo de factibilidad económica por activar la segunda prensa de forraje.

Activar la segunda prensa de forraje permite dar continuidad al proceso de molinación en caso de suceder avería imprevista en la prensa de forraje # 1; es decir sacando de servicio la # 1 y entrando en línea la # 2. En los años 2010 y 2011 existieron pérdidas de maíz por rotura en la prensa de 28, 11t (este dato lo obtuve a partir del maíz que se pierde en una avería imprevista por la cantidad de roturas en la prensa en ambos años). Para un valor de \$ 9641,73.

Materiales	Cantidad	Precio	Importe
Carcasa inoxidable	1	\$1000, 00	\$1000, 00

Para establecer la renovación es necesario 2 días de trabajo.

Integrantes	Cantidad	Salario	Gasto en salario
Especialista mecánico	1	\$ 400, 00	\$ 33, 3
Ayudante mecánico	1	\$ 265, 00	\$ 22, 08
Pailero soldador	1	\$ 255, 00	\$ 21, 25
Total	3		\$ 76, 63

PIR = Costo de la Inversión

Incremento de Utilidades

Costo de la inversión = Costo de los Materiales + Costo de la Mano de obra = \$ 1076, 63

Incremento de Utilidades = Incremento de los Ingresos (I) + Reducción de gastos (II)

(I) Incremento de los Ingresos = 0

(II) Reducción de gastos = \$ 9641, 73

Incremento de Utilidades = Reducción de gastos = \$ 9641, 73

El PIR= Costo de la inversión = \$1076, 63 =0, 11 años

Incremento de utilidad \$ 9641, 73

El Período estimado de Retorno de la Inversión es aproximadamente de 1, 3 meses.

Cálculos para el estudio de factibilidad económica en los conos de las Lavadoras de fibras finas, sustituyendo la tornillería de acero negro por inoxidable.

Utilizar tornillos de acero inoxidable para el ajuste en los aros de las (LFF), disminuirá el tiempo perdido por el desgaste en los tornillos de acero negro, dada a la corrosión existente, así como las pérdidas de producto (maíz) por las paradas imprevistas; por la causa anterior existieron 10 averías en ambos años de estudio lo que produjo la pérdida de 9, 37 t de maíz aproximadamente para un valor de 3214 \$/t.

Para ejecutar la sustitución de la tornillería se necesitan los siguientes materiales:

Materiales	Cantidad	Precio	Importe
Tornillo acero in oxidable M-8*45	48	\$ 0, 118	\$ 5, 664
Tuerca acero inoxidable M-8*45	48	\$ 0, 017	\$ 0, 816

Para establecer la renovación es necesario 5 días de trabajo.

Integrantes	Cantidad	Salario	Gasto en salario
Especialista mecánico	1	\$ 400, 00	\$ 80, 00
Ayudante mecánico	1	\$ 305, 00	\$ 61, 00
Mecánico B	1	\$ 350, 00	\$ 70, 00
Total	3		\$ 211, 00

PIR = Costo de la Inversión

Incremento de Utilidades

Costo de la inversión = Costo de los Materiales + Costo de la Mano de obra = \$ 217, 48

$$\text{Incremento de Utilidades} = \text{Incremento de los Ingresos (I)} + \text{Reducción de gastos (II)}$$

(I) Incremento de los Ingresos = 0

(II) Reducción de gastos = \$ 3214, 00

Incremento de Utilidades = Reducción de gastos = \$ 3214, 00

EI PIR = $\frac{\text{Costo de la inversión}}{\text{Incremento de utilidades}} = \frac{\$ 230, 24}{\$ 16913} = 0, 07 \text{ años}$

El Período estimado de Retorno de la Inversión es aproximadamente en un mes.

Cálculos para el estudio de factibilidad económica para el cambio de la válvula de agua en la línea de agua potable.

Para disminuir el consumo de agua en el área de molinación es necesario sustituir la válvula que se encuentra en la línea de suministro por estar deteriorada. Se consumen los siguientes materiales:

Materiales	Cantidad	Precio	Importe
Válvula de cierre rápido M-2463, 3/4 pulg	1	\$ 5, 04	\$ 5, 04

Para lo cual se necesitan trabajar 1 día de trabajo.

Integrantes	Cantidad	Salario	Gasto en salario
Ayudante mecánico	1	\$ 250, 0	\$ 10, 44
Total			\$ 10, 44

PIR = $\frac{\text{Costo de la Inversión}}{\text{Incremento de Utilidades}}$

Costo de la inversión = Costo de los + Costo de la = \$ 15, 44

Materiales Mano de obra

Incremento de Utilidades = Incremento + Reducción
de los Ingresos de gastos
(I) (II)

(I) Incremento de los Ingresos = 0

(II) Reducción de gastos = \$ 327, 00

Incremento de Utilidades = \$ 327, 00

El PIR= $\frac{\text{Costo de la inversión}}{\text{Incremento de utilidades}}$ = 0, 03 años

El Periodo estimado de Retorno de la Inversión es de aproximadamente 15 días.

Cálculos para el estudio de factibilidad económica de recuperar la protección térmica de las tuberías de vapor.

Para realizar la protección térmica en la sección de secado de los subproductos, se requiere de especialistas en la materia que establecen dentro del contrato un precio aprobado de 25, 22 \$/m de tubería, de 8 pulgadas a insular, necesitándose insular 10 m de tuberías de vapor. Con la ejecución de esta actividad se rescatan 1104 Kg de vapor/h.

PIR = $\frac{\text{Costo de la Inversión}}{\text{Incremento de Utilidades}}$

Costo de la inversión = Costo de los + Costo de = \$ 252, 20
Materiales Mano de Obra

Incremento de Utilidades = Incremento + Reducción
de los Ingresos de gastos
(I) (II)

(I) Incremento de los Ingresos = 0

(II) Reducción de gastos = Reducción gasto de combustible = \$724, 84

Incremento de Utilidades = Reducción de gastos = \$724, 84

El PIR= $\frac{\text{Costo de la inversión}}{\text{Incremento de utilidades}}$ = $\frac{\$ 252, 20}{\$ 724, 84}$ = 0,34 años

El Periodo estimado de Retorno de la Inversión es de aproximadamente 4 meses.

Cálculos para el estudio de factibilidad económica del montaje de la trampa de vapor.

Para aumentar la eficiencia de trabajo en el sistema de recolección del condensado en el secador de germen es necesario sustituir la trampa de vapor existente por presentar deterioro en el sistema de cierre. Se consumen los siguientes materiales:

Materiales	Cantidad	Precio	Importe
Trampa de vapor	1	\$ 258, 6	\$258, 6

Para lo cual se necesitan trabajar 2 días de trabajo.

Integrantes	Cantidad	Salario	Gasto en salario
Tubero A	1	\$ 325,0	\$ 27, 08
Ayudante mecánico	1	\$ 305, 0	\$ 12, 71
Total			\$ 39, 79

$$\text{PIR} = \frac{\text{Costo de la Inversión}}{\text{Incremento de Utilidades}}$$

$$\text{Costo de la inversión} = \text{Costo de los Materiales} + \text{Costo de la Mano de obra} = \$ 298, 39$$

$$\text{Incremento de Utilidades} = \text{Incremento de los Ingresos (I)} + \text{Reducción de gastos (II)}$$

$$\text{(I) Incremento de los Ingresos} = 0$$

$$\text{(II) Reducción de gastos} = \text{Reducción de Gasto combustible} = \$1423, 72$$

$$\text{Incremento de Utilidades} = \text{Reducción de gastos} = \$ 1423, 72$$

$$\text{El PIR} = \frac{\text{Costo de la inversión}}{\text{Incremento de utilidades}} = \frac{\$ 298, 39}{\$ 1423, 72} = 0, 2 \text{ años}$$

El Periodo estimado de Retorno de la Inversión es 2, 5 meses.

Cálculos para el estudio de factibilidad económica para sellar los orificios que provocan salideros en la línea conductora del vapor en la etapa de secado.

Para disminuir las pérdidas de vapor por fugas en la línea conductora provocada por numerosos salideros, es necesario sellar los orificios de fuga. Con la ejecución de esta actividad se rescata 309120 Kg de vapor/año.

Materiales	Cantidad	Precio	Importe
Electrodos	5 Kg	\$ 4, 56	\$ 23, 00
Gases	1,5 m ³	\$ 2, 00	\$ 3, 00

Para sellar los salideros de la línea conductora del vapor se precisan 5 días de trabajo.

Integrantes	Cantidad	Salario	Gasto en salario
Tubero A	1	\$ 325,00	\$ 67, 70
Ayudante mecánico	1	\$ 305, 00	\$ 63, 54
Pailero soldador	1	\$ 350, 00	\$ 73, 0
Total			\$ 204, 24

PIR = $\frac{\text{Costo de la Inversión}}{\text{Incremento de Utilidades}}$

Costo de la inversión = Costo de los Materiales + Costo de la Mano de obra = \$ 230, 24

Incremento de Utilidades = Incremento de los Ingresos (I) + Reducción de gastos (II)

(I) Incremento de los Ingresos = 0

(II) Reducción de gastos = Reducción de Gasto combustible = \$ 16913, 00

Incremento de Utilidades = Reducción de gastos = \$ 16913, 00

El PIR = $\frac{\text{Costo de la inversión}}{\text{Incremento de utilidades}} = \frac{\$ 230, 24}{\$ 16913, 00} = 0, 013$ años

El Periodo estimado de Retorno de la Inversión es en 15 días.