



FACULTAD DE INGENTERÍA
DEPARTAMENTO DE INGENTERÍA QUÍMICA

TRABAJO DE DIPLOMA
EN OPCIÓN AL TÍTULO DE INGENIERO
QUÍMICO

TÍTULO: Evaluación de Producción Más Limpia de la
elaboración de queso en la Empresa de Productos Lácteos
Escambray.

AUTOR: Jimmy Viera Herrera
TUTOR: MSc: Elísa María Chou Rodríguez.
Colaborador: Ing. Ricardo Alfredo Quevedo Amador

Cienfuegos, 2017

Pensamiento:

La ciencia consiste en sustituir el saber que parecía seguro por una teoría, o sea, por algo problemático.

José Ortega Y Gasset

Dedicatoria:

A la memoria de mi abuela María Graciela que por problemas de salud no pudo lograr su sueño de verme convertido en ingeniero, espero que donde se encuentre esté muy orgullosa de mí.

A mis padres que para mí lo han sido todo y no me alcanzará esta vida, ni muchas otras si las tuviera para agradecerles su apoyo y amor incondicional en toda mi vida.

A toda la familia en general por ser personas excelentes y hayan demostrado ese amor y preocupación hacia mí.

A mi tutora “Elisa María” por su atención y dedicación en esta investigación, muchas gracias profe por su tiempo y preocupación, nunca podré agradecerle lo suficiente.

A mis compañeros de grupo, a los antiguos y a los nuevos por compartir todos estos años y realizar experiencias inolvidables y amistades para toda la vida.

A todos los profesores que de alguna forma u otra dejaron en mí no solo el conocimiento sino también sus experiencias y visiones futuristas.

A todos los trabajadores de la Empresa de Productos Lácteos “Escambray”, que aportaron su grano de arena para lograr así darle forma a esta investigación.

A todas aquellas personas que confiaron en que podía llegar a cumplir mi meta de convertirme en ingeniero.

A todas estas personas está dedicada esta investigación



Agradecimientos:

De manera general agradezco a todas las personas que han interactuado conmigo y de una manera u otra me ayudaron a convertirme en la persona que hoy en día soy, las cuales son muchas comenzando desde mi familia , profesores y amistades, que han formado parte desde mi infancia hasta ahora y terminando por las amistades futuras que me depara el destino.

¡A todos infinitamente gracias!

Resumen:

El presente trabajo tuvo como objetivo realizar una evaluación de producción más limpia que afectan el proceso de elaboración de queso, para el desarrollo del mismo se aplicó la metodología propuesta por la Organización de Naciones Unidas en el Desarrollo Industrial (1999) adaptada a las condiciones del objeto de estudio, utilizando para ello técnicas de manejo tales como: observación directa y métodos manuales, identificación de malas prácticas, revisión de documentos, criterios de expertos de la fábrica, tormentas de ideas, balances de materia y energía, análisis de laboratorio y evaluaciones económicas. Como resultados de la misma se determinó que para un lote de 7 500 L de leche, según balance de materiales se obtienen 1 024,84 kg de queso, y se derraman 51, 85 m³ de líquidos proveniente de etapas como desuerado, hilado y agua de limpieza, las cuales van a los tanques séptico que al no cumplir con sus especificaciones de funcionamiento, fue necesario su rediseño obteniendo un PRI de 2,65 años, la salmuera no alcanza las concentraciones adecuadas y los valores de temperatura en las cubas esta fuera de la norma. Finalmente se propuso acciones de Producciones más Limpias que mejoren el desempeño ambiental de la línea de elaboración de queso y su competitividad.

Summary:

The objective of the present work was to carry out a cleaner production evaluation that affects the cheese processing process. The methodology proposed by the United Nations Industrial Development Organization (UNIDO) adapted to the conditions of the Object of study, using management techniques such as: direct observation and manual methods, identification of bad practices, revision of documents, criteria of factory experts, brain storms, matter and energy balances, laboratory analysis and evaluations Economic development. As results of the same it was determined that for a batch of 7 500 L of milk, according to material balance 1 024.84 kg of cheese are obtained, and 51, 85 m³ of liquids are spilled from stages such as dewatering, spinning and water from Cleaning, which go to the septic tanks that do not meet their operating specifications, it was necessary to redesign it obtaining a PRI of 2,65 years, the brine does not reach the appropriate concentrations and the temperature values in the vats is out of the rule. Finally, actions were proposed for Cleaner Productions to improve the environmental performance of the Cheese processing line and its competitiveness.

Índice

INTRODUCCIÓN:	1
Capítulo 1. Revisión Bibliográfica	6
1.1. Producciones más Limpias. Fundamentos generales	6
1.1.1. Situación de Producciones Más Limpias en Cuba	9
1.2. Metodología de la Producción Más Limpia	12
1.2.1. Opciones de Producción Más Limpia	15
1.3. Producciones Más Limpia en la industria alimenticia	16
1.4. Producción Más limpia en la industria láctea e impactos ambientales	17
1.4.1. Prevención de la contaminación en la industria láctea	18
1.4.2. Buenas Prácticas de Manufactura (BPM)	19
1.4.3. Buenas Prácticas Ambientales (BPA)	19
1.4.4. Beneficios de la utilización de Producción Más Limpia en la industria láctea	19
1.4.5. Ejemplos de Oportunidades de Producción Más Limpia implementadas en la industria láctea	20
1.5. Producción Más Limpia en la producción de queso	21
1.5.1. Leche y sus derivados	21
1.5.2. Descripción general del proceso de producción de queso	22
1.5.3. Descripción de las operaciones del proceso productivo	23
1.5.4. Clasificación de los quesos	25
1.5.5. Impacto ambiental en la producción de quesos	26
Capítulo II. Propuesta metodológica con enfoque de Producción Más Limpia	28
2.1. Caracterización de la Empresa Productos Lácteos Escambray	31
2.1.1. Descripción de la Empresa Productos Lácteos Escambray	31
2.1.2. Planeación Estratégica de la Empresa de Productos Lácteos Escambray	33
2.1.3. Cartera de Productos	34
2.1.4. Comportamiento de las producciones realizadas en los años del 2012 al 2016	34
2.2. Situación ambiental de la Empresa de Productos Lácteos Escambray	35
2.2.1. Antecedentes	35
2.2.2. Situación ambiental actual	35
2.3. Descripción del proceso de producción del queso	38
2.3.1. Flujo productivo de la planta objeto de estudio	39

2.3.2. Leche	39
2.3.3. Etapas que comprende el proceso de producción de queso	41
2.4. Metodología para la evaluación de Producción Más Limpia.....	45
2.4.1. Planeación y organización.....	46
2.4.2. Evaluación Preliminar	47
2.4.3. Estudio detallado.	50
2.4.4. Estudio de factibilidad.....	51
2.4.5. Fase de implementación	52
Capítulo III. Análisis de los resultados obtenidos	53
3.1. Planeación y organización.	53
3.2. Evaluación en Planta.....	55
3.3. Estudio Detallado.....	71
Problema 1. Los tanques sépticos no tienen eficiencia de tratamiento.....	71
Problema 2. Falta de control en la concentración de la salmuera.	83
Problema 3. Variaciones de temperatura en la cuba de elaboración.....	86
3.4. Generar opciones de PML	87
3.5. Análisis de factibilidad	89
3.6. Plan de Mejora propuesto	89
Conclusiones.....	91
Recomendaciones.	92
Bibliografía:.....	93
ANEXOS.	96

INTRODUCCIÓN

La preocupación por los problemas ambientales es evidente desde mediados del siglo XX, como consecuencia de la degradación provocada por el acelerado desarrollo industrial. A partir de entonces comienzan a difundirse ideas que cuestionan el modelo de crecimiento económico imperante y sus implicaciones en el deterioro del ambiente y la afectación de los recursos naturales (Chou Rodríguez, 2012).

Como respuesta a los problemas medioambientales nace en los años ochenta el concepto de Desarrollo Sostenible, que es aquel tipo de desarrollo que permite satisfacer las necesidades de las generaciones presentes, sin comprometer la capacidad de las generaciones futuras. En el caso de la industria, el concepto de Desarrollo Sostenible debe traducirse en el compromiso de fijar y lograr metas de funcionamiento que reduzcan las emisiones de sustancias nocivas, así como en el compromiso de aceptación de su responsabilidad sobre los productos que fabrican (Bifani, 2000).

Los sistemas de producción actuales, basados en el despilfarro de materias primas, energía y agua, y en la utilización de productos y procesos industriales tóxicos, generan y emiten masivamente residuos y sustancias químicas tóxicas que los sistemas naturales no pueden asimilar o degradar, pues son en su mayor parte completamente ajenos a la naturaleza (Garzón Benavides, 2008).

Estos métodos de producción han llevado a la tierra a una crisis ambiental sin precedentes. La industria moderna se ha convertido en un arma de doble filo, ya que ha generado un desarrollo económico y social beneficioso en algunos aspectos, pero desafortunado y peligroso desde otros puntos de vista. El aumento en la contaminación ambiental, la extinción de algunas especies animales y vegetales, aunado a la reducción de los recursos no renovables, son algunos ejemplos de los efectos perjudiciales causados en gran medida por las decisiones equivocadas de las personas que asumen los puestos gerenciales en las industrias y el comercio.

En virtud de lo anterior, es necesario que las personas que se encuentran al frente de las empresas, diseñen en conjunto con las comunidades, políticas de producción limpia con el fin de minimizar el impacto negativo de su actividad en sus respectivas áreas de influencia, y que además maximicen sus beneficios, traducidos no sólo en rendimientos económicos sino además en bienestar social.

La filosofía de la producción más limpia empezó a mediados de los ochenta y hoy en día forma parte de la política medioambiental de la mayoría de los países desarrollados. Es una estrategia de gestión empresarial preventiva aplicada a productos, procesos y organización del trabajo, cuyo objetivo es minimizar emisiones tóxicas y residuos, reduciendo así los riesgos para la salud humana y ambiental, y elevando simultáneamente la competitividad (Garzón Benavides 2008).

Cuba, no está ajena a todo lo que acontece a nivel mundial en esta materia, y aunque el país no dispone de todos los recursos materiales necesarios para solucionar parte de los problemas ambientales existentes, aplicando algunos de los aspectos que contemplan la producción más limpia, se pueden alcanzar resultados satisfactorios que beneficiarían tanto a la sociedad como al sector empresarial, permitiendo integrar los objetivos ambientales a los procesos de producción para reducir los residuos y las emisiones en cantidad y peligrosidad, para lo cual se aplica un enfoque de gestión ecosistémico y multisectorial con la participación oportuna y efectiva de los órganos de la administración central del estado, ratificado en el Lineamiento de PCC. No 135 donde expresa: “Definir una política tecnológica que contribuya a reorientar el desarrollo industrial, y que comprenda el control de las tecnologías existentes en el país; a fin de promover su modernización sistemática atendiendo a la eficiencia energética, la eficacia productiva e impacto ambiental, y que contribuya a elevar la soberanía tecnológica en ramas estratégicas.

La industria alimentaria es uno de los sectores productivos que mayor impacto tiene sobre el medio ambiente, bien sea por sus procesos productivos o por los diferentes productos que salen al mercado. Cada sector en particular genera residuos en diferentes porcentajes de acuerdo con los tipos de productos que fabrican.

La industria láctea evidentemente genera impactos ambientales por sus actividades relacionadas con el uso, aprovechamiento o afectación de los recursos naturales renovables y no renovables. Los principales impactos ambientales desde el punto de vista de afectación de los recursos naturales, están asociados con la generación de aguas

residuales, de subproductos orgánicos (sueros de quesería), de residuos ordinarios (empaques y embalajes de materias primas, productos defectuosos, desperdicios), de residuos peligrosos (empaques embalajes y productos usados contaminados con aceites usados, lubricantes, químicos para aseo y desinfección, reactivos de laboratorios) y en

un menor grado, emisiones atmosféricas cuando existen procesos de combustión para generación de energía térmica (calderas) (Luquet, 1995).

La Empresa de Productos Lácteos Escambray, perteneciente al municipio de Cumanayagua, realiza esfuerzos con el objetivo de alcanzar un verdadero perfeccionamiento empresarial, esta entidad está formada por tres UEB de producción: UEB de Helados, Quesos y Producción de Leche y Derivados de la Soya y aunque tiene una Estrategia de Gestión Ambiental diseñada e implementada en su cuarta fase, ésta no ha sido del todo exitosa y la institución es frecuentemente señalada por su bajo desempeño ambiental, tanto por los organismos encargados del tema, como por la comunidad.

De acuerdo con lo antes expuesto es imprescindible realizar un estudio basado en el concepto de producción más limpia a la UEB Producción de Queso, entidad que en la actualidad genera una cantidad considerable de residuales de sus procesos productivos. Dentro de este contexto el problema investigativo que se plantea, la hipótesis y los objetivos son los siguientes:

Problema Investigativo

Necesidad de mejorar el desempeño ambiental y productivo de la UEB producción de queso de la empresa de Productos Lácteos Escambray

Hipótesis

Es posible mejorar el desempeño ambiental y productivo de la UEB de Producción de Quesos en la Empresa Productos Lácteos Escambray aplicando una evaluación de Producción Más Limpia.

Objetivo General:

Realizar una evaluación de Producción Más Limpia en la fabricación de queso de la Empresa de Productos Lácteos Escambray.

Objetivos Específicos:

1. Establecer los fundamentos teóricos que permitan identificar las tendencias de aplicación de Producción Más Limpia en la línea de producción de queso.

2. Proponer una metodología de Producción Más Limpia que permita evaluar el proceso estudiado de acuerdo a sus características.
3. Diagnosticar e identificar mediante la aplicación de la metodología de Producción Más Limpia propuesta, las principales corrientes y problemas del proceso estudiado.
4. Proponer un plan de acción fundamentado técnica y económicamente que permita mejorar el desempeño económico ambiental del proceso estudiado.

Con vistas a alcanzar los objetivos planteados en la investigación el trabajo se estructura en tres capítulos, conclusiones y recomendaciones.

En el Capítulo I, se realiza un estudio documental acerca de los aspectos generales del enfoque de Producción Más Limpia y su aplicación en la industria láctea, además se identifican los principales impactos ambientales de esta industria.

En el Capítulo II se realiza una caracterización de dicha empresa, los principales aspectos socioeconómicos y productivos de la misma, así como su situación ambiental, se realiza una descripción de todas las etapas del proceso de elaboración del queso.

En el Capítulo III se realiza la gestión de la Evaluación de Producción Más Limpia en la planta, mediante la cual, desarrollando el balance de masa, se estiman las pérdidas y el efecto económico en el proceso. Finalmente se dan opciones de Producción Más Limpia, referidas a buenas prácticas operativas para el uso eficiente de la energía eléctrica y el agua, cambios tecnológicos y se realiza un análisis de factibilidad.

Capítulo 1. Revisión Bibliográfica

1.1. Producciones más Limpias. Fundamentos generales

Para resolver la problemática ambiental actual se deben lograr procesos productivos y de servicios capaces de utilizar un número reducido de recursos y generar una cantidad reducida de desechos. El concepto más ampliado es el de tecnologías ambientalmente integradas, en el sentido de que todo el sector productivo sea capaz de trabajar en procesos productivos limpios y complementarios entre sí, donde el desecho de un proceso productivo constituya un insumo de otro (Chimbo, 2001).

Una de las estrategias de enfoque preventivo de gran importancia es el de Producción más Limpia, la cual conlleva a un cambio de actitud enfocado a la aplicación del conocimiento y el mejoramiento de las prácticas y las tecnologías en los procesos de producción, los productos y la prestación de servicios (Buenas Prácticas Ambientales de Producción Más Limpia, 2009).

Por tanto se puede definir qué: La Producción Más Limpia (PML) es la aplicación continua de una estrategia ambiental preventiva, integrada a los procesos, productos y servicios, con el fin de mejorar la eco-eficiencia y reducir los riesgos para los humanos y el medio ambiente (Asociación Nacional para el Medio Ambiente, 2005).

Es en esencia una estrategia preventiva encaminada a la reducción, total o parcial, de las emisiones contaminantes, la optimización de los procesos y a la reutilización, reciclaje y valorización de los residuos o subproductos. Es así como su implementación dentro de un proceso productivo se refleja en un menor impacto ambiental, menor cantidad de emisiones, eliminación de los desperdicios de materias primas, ahorro de agua y energía, mayor calidad en los productos y menores costos de producción, que dan como resultado una mayor competitividad. Por lo tanto, cuando se trata de manejar los impactos ambientales relacionados con un proceso, la PML es la alternativa más conveniente, por encima de los tratamientos de final de tubo (Asociación Nacional para el Medio Ambiente, 2005).

El objetivo de la PML es aumentar la productividad, mejorar los procesos productivos y de servicio, calidad del producto, disminución de costos por la inadecuada utilización de materia prima, agua y energía, está dirigida a un desarrollo económico y sostenible

(Centro de Promoción más limpia de Centro de Promoción más limpia de Nicaragua (1994).

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

El proceso de reducción de la contaminación, para un mejor manejo ambiental de los desechos producidos en las industrias, se realiza en cuatro niveles de acción como se aprecia en la Figura 1.1, observándose dos niveles preventivos: la reducción en el origen y el reciclaje o reutilización y dos niveles de control que son: el tratamiento y la disposición final.

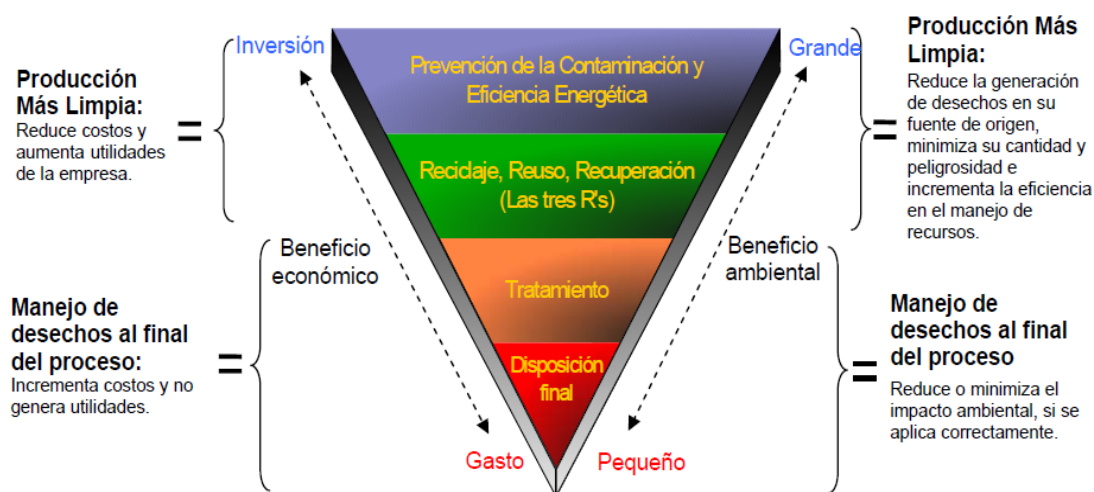


Figura 1.1. Esquema piramidal de los niveles de reducción de contaminación. **Fuente.** (Centro de Promoción de Tecnologías Sostenibles, 2005)

Es importante destacar que la filosofía del proceso de PML está sobre todo relacionada con la reducción al máximo de la generación de residuos a lo largo de toda la cadena de producción. Sin embargo, no existe una producción limpia como tal, la generación de residuos es inherente a cualquier proceso productivo. Lo que busca el proceso es evitar una generación excesiva de residuos, dado que por un lado es considerada una pérdida económica como producto del mal aprovechamiento de los recursos e insumos

empleados, y por el otro, los residuos son contaminantes y afectan a la salud y al ambiente, por lo que su reducción permite prevenir impactos ambientales negativos (Chou Rodríguez 2012).

La PML no constituye una estrategia ajena a la formulación y desarrollo de un sistema de gestión ambiental de las entidades productivas y de servicios, sino que es una herramienta de gestión que abarca una evaluación documentada, periódica y objetiva de una situación ambiental o de un factor organizacional, que incluye: sitios, instalaciones y aspectos técnicos como el uso de la energía y la emisión de contaminantes (Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente e Instituciones del Medio Ambiente para América Latina y el Caribe, 1999).

En un programa de PML y su implementación se incluyen una serie de pasos a seguir en los cuales las evaluaciones, deben tener una prioridad clara dentro del sistema de gestión ambiental más amplio de la empresa, ya que mediante el establecimiento del mismo se pueden ejecutar las opciones recomendadas y prestar atención a cualquier nueva circunstancia que requiera una intervención puntual como se aprecia en la figura 1.2.

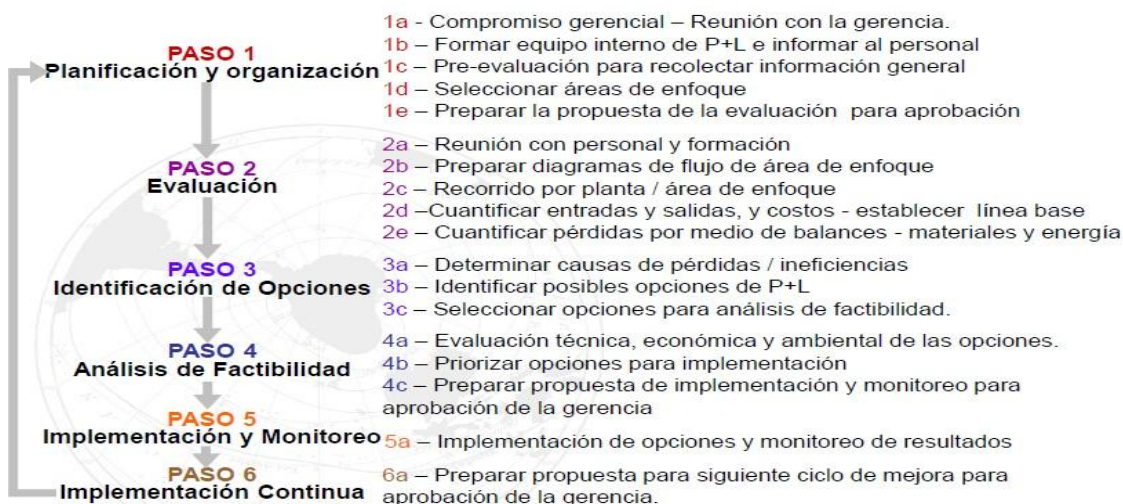


Figura 1.2. Resumen del proceso de implementación de una estrategia de PML.
Fuente.(Arias Zuniga, 2003)

Por ende, el enfoque de la Producción Más Limpia trata de reducir de manera continua la generación de residuos y contaminantes en cada etapa del ciclo de vida, esto trae consigo beneficios técnicos, económicos y ambientales, como se puede observar en la Tabla 1.1.

Tabla 1.1. Beneficios esperados con la aplicación de Producción Más Limpia. **Fuente.** (Organización de Naciones Unidas en el Desarrollo Industrial, 1999).

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

1.1.1. Situación de Producciones Más Limpias en Cuba

En Cuba la protección del medio ambiente y la perspectiva del desarrollo sostenible tienen rango constitucional pues la Constitución de la República de Cuba de 1976, modificada en 1992, en su artículo 27, plantea como principio fundamental “la protección estatal del medio ambiente y los recursos naturales por su estrecha vinculación con el desarrollo económico y social sostenible para hacer más parcial la

vida humana y asegurar la supervivencia, el bienestar y la seguridad de las generaciones actuales y futuras” (Colectivo de Autores, 2011).

En 1993, aproximadamente a un año de la Cumbre de Río, el Programa Nacional sobre Medio Ambiente y Desarrollo, aprobado por el gobierno y que constituye la adecuación cubana de la Agenda 21, dedica un Capítulo, el No. 18, a la Producción Más Limpia en la Industria y el Comercio.

Este Programa Nacional se define como sus objetivos los siguientes:

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

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

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

En Cuba existe una Red Nacional de PML, con cinco puntos focales: el Centro de Información, Gestión y Educación Ambiental de la Agencia de Medio Ambiente del Ministerio de Ciencia, Tecnología y Medio Ambiente (CIGEAAMA); el Instituto Cubano de Investigaciones de los Derivados de la Caña de Azúcar), que pertenece al Ministerio de la Industria Azucarera (ICIDCA); el Instituto de Investigaciones para la

Industria Alimenticia del Ministerio de la Industria Alimenticia (IIIA); el Instituto de Investigaciones en Fruticultura Tropical del Ministerio de la Agricultura (IIFT); y el Centro de Ingeniería Genética y Biotecnología (CIGB). Estas unidades actúan según las líneas generales establecidas por el PNUMA/ONUDI, dividiendo las tareas y teniendo como público objetivo: a los organismos públicos, las unidades productivas e instituciones de enseñanza, entre otros. (Caraballo Maqueira, 2002)

En el país se dan pasos en la introducción de las PML en el sistema normativo y regulatorio de la actividad industrial y varios ministerios tienen estrategias establecidas para su implementación y promoción. En general existe un claro reconocimiento al hecho que el primer paso para la promoción e implementación de las PML en cualquier país o región es la formación de capacidades que lo aseguren y hagan viable. (Moreno Linares, 2008).

La introducción de la Producción Más Limpia en Cuba ha tenido algunas limitaciones debido a: (Serrano Méndez, 2006a)

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

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

1.2. Metodología de la Producción Más Limpia

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

Evaluación de la Producción Más Limpia (EPML): Es el proceso de manejo de la información requerida para identificar posibles mejoras del proceso, enfocadas a la reducción de los desperdicios en una empresa y para la preparación de los planes para ejecutar esas mejoras.

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

La metodología de PML desarrollada por la Organización de las Naciones Unidas para el Desarrollo Industrial (Organización de Naciones Unidas en el Desarrollo Industrial, 1999) se basa en la evaluación de los procesos e identificación de las oportunidades para una mejor utilización de los materiales, minimizar la generación de los residuos y emisiones, utilizar racionalmente la energía y el agua, disminuir los costos de operación de las plantas industriales, y mejorar el control de procesos e incrementar la rentabilidad de las empresas. Esta metodología se basa en tres conceptos fundamentales que se conocen en la literatura especializada como las tres 3 R's, Reducción, Reutilización y Reciclaje (Organización de Naciones Unidas en el Desarrollo Industrial, 1999), lo que se explica en la Figura 1.3.



Figura 1.3.Conceptos básicos de PML. **Fuente.** (Organización de Naciones Unidas en el Desarrollo Industrial, 1999)

En la revisión bibliográfica realizada se constata que existen varias metodologías para realizar una evaluación de Producción Más Limpia. A continuación relacionamos algunas de ellas:

- Metodología de Producción Más Limpia descrita por (Orcés, 2003).
- Metodología de Producción más Limpia descrita por Miguel Rigola (Rigola, 2006).
- Metodología de Evaluación de Producciones Más Limpias del método genérico (Ochoa, 2007).
- Metodología para la Evaluación de Producción Más Limpia, descrita por expertos cubanos (Serrano Méndez, 2006a).
- Metodología de Producciones Más Limpias implementada en el Programa de (Organización de Naciones Unidas en el Desarrollo Industrial, 1999)/ (Programa de Naciones Unidas para el Medio Ambiente, 2004).

Por lo que se puede apreciar en los estudios realizados, todas estas metodologías tienen aspectos comunes a desarrollar, coincidiendo en la planeación y organización, donde juega un papel importante el conocimiento y aprobación por la dirección del centro para que se realice el estudio y su implementación para el mejoramiento de las condiciones ambientales de la industria que se trate; así mismo, hay que realizar un diagnóstico detallado de los problemas tanto cualitativos como cuantitativos proponiendo un plan de medidas, su evaluación y supervisión posterior.

Esta investigación se rige por la metodología descrita por el PNUMA/ONUDI la cual se muestra en la Figura 1.4, ya que es la que más se adapta a las condiciones actuales de la fábrica y en específico a la producción de queso objeto de estudio del presente trabajo.



Figura 1.4. Etapas para la Implementación de PML. **Fuente.**(Arias Zuniga 2003)

Fase I “Planeamiento y organización”

Las actividades a desarrollar en esta fase son:

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

Fase II “Evaluación en planta”

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

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

Fase III “Estudio de factibilidad”

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

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

Fase IV “Fase de implementación”

Esta es la fase de ejecución en la que se concretan las recomendaciones establecidas

mediante la asignación de recursos económicos, tecnológicos y humanos. Para la implementación se requiere:

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

1.2.1. Opciones de Producción Más Limpia

Una vez realizada la Evaluación de PML se debe elaborar una estrategia de trabajo para lo cual se recomienda trabajar en 3 niveles como se aprecia en la Figura 1.5. En el tope se encuentran dos objetivos y de izquierda a derecha está la prioridad: evitar la generación de residuos y emisiones en la fuente (nivel 1) y los residuos que no pueden evitarse deben preferencialmente ser reintegrados al propio proceso productivo (nivel 2), como primeros pasos para lograr la introducción de medidas de una producción limpia de forma sostenida, o utilizar el reciclaje externo (nivel 3) en caso que sea necesario.



Figura 1.5. Diagrama de Flujo de Producción Más Limpia. **Fuente.**(Serrano Méndez, 2006b)

En el proceso de generación de opciones de PML, los elementos básicos a considerar según (Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente e Instituciones del Medio Ambiente para América Latina y el Caribe, 1999) se presentan a continuación:

- **Cambios en las materias primas:** mediante un cambio en las materias primas se puede reducir la generación y formación de residuos o compuestos residuales

peligrosos, originados por la presencia de impurezas en las materias primas inadecuadamente seleccionadas. Al sustituir un compuesto peligroso o contaminante por otro más inocuo, se elimina la necesidad de aplicar un tratamiento al "final del tubo".

- **Cambios en las tecnologías:** se refiere a las modificaciones que pueden realizarse en el proceso o en los equipos, con la finalidad de reducir la generación de residuos y emisiones, así como al uso eficiente de materias primas y energía.
- **Generar buenas prácticas operativas:** consiste en una optimización de los procedimientos operativos y administrativos para reducir o eliminar, residuos, emisiones, uso ineficiente de insumos y tiempos de operación.
- **Reutilización y reciclaje en planta:** estas dos actividades pueden dar lugar a una recuperación de materias útiles, y a la localización de nuevos factores que promuevan el uso adecuado de materias primas, reduciendo así los gastos innecesarios.

1.3. Producciones Más Limpia en la industria alimenticia

La industria alimentaria abarca un conjunto de actividades industriales dirigidas al tratamiento, transformación, conservación y el envasado de productos alimenticios, la misma depende directamente del medioambiente natural para garantizar un suministro de materias primas que le permita obtener productos adecuados para el consumo humano. A la vez, con su diversidad de segmentos, es uno de los sectores productivos que mayor impacto tiene sobre el mismo, ya sea por sus procesos productivos o por los diferentes productos que salen al mercado (Berkowitz, 2000). Cada sector en particular genera residuos en diferentes porcentajes de acuerdo con los tipos de productos que se fabrican como se muestra en la Tabla 1.2.

Tabla 1.2. Porcentaje de subproductos generados en diferentes sectores de la industria alimentaria. **Fuente.** (Restrepo, 2006)

Industria	Subproductos	Porcentaje
Cárnica (mataderos)	Sangre, vísceras, huesos, intestinos, piel	30-52
Pesquera	Cabezas, vísceras, colas, piel, espinas y conchas	30-75
Vegetales	Hojas, semillas, pieles, tallos y pulpa	5-50
Láctea	Lactosuero	90
Oleaginosa	Hojas, orujo, goma y jabones	40-70
Azucarera	Pulpa, melazas y levaduras	88

1.4. Producción Más limpia en la industria láctea e impactos ambientales

La industria láctea, como parte del sector agroalimentario, constituye uno de los eslabones más importantes de la cadena alimenticia. En el circuito lácteo dominan dos sectores: los productores de leche cruda y la industria procesadora, perteneciendo a esta última las procesadoras de leche líquida (pasteurizada y ultrapasteurizada), leche en polvo, quesos frescos y madurados, mantequilla y otros derivados.

Los principales aspectos medioambientales de la industria láctea tienen que ver con un elevado consumo de agua y energía, la generación de aguas residuales con alto contenido orgánico y la producción y gestión de residuos. Su efecto depende tanto del nivel de tratamiento de los efluentes como de las características del cuerpo receptor, de menor importancia son las emisiones de gases y partículas a la atmósfera y el ruido (Centro de Actividad Regional para la Producción Limpia, 2002)

- **Consumo de agua**

En las industrias lácteas se consumen diariamente grandes cantidades de agua en sus procesos, para mantener las condiciones higiénicas y sanitarias requeridas. Dependiendo del tipo de instalación y del sistema de limpieza y manejo, la cantidad total de agua consumida puede llegar a superar varias veces el volumen de leche tratada, por lo que el mayor gasto se produce en las operaciones auxiliares, particularmente en la limpieza y desinfección, donde se consume entre el 25 – 40 % del total del agua utilizada.

- **Consumo de energía**

El uso de la energía es fundamental para asegurar el mantenimiento de la calidad de los productos lácteos, especialmente en los tratamientos térmicos de las operaciones de refrigeración y en el almacenamiento del producto. El consumo de energía total se reparte aproximadamente entre un 80 % de energía térmica obtenida de la combustión de combustibles fósiles (fuel-oil, gas, etc.) y un 20 % de energía eléctrica.

- **Aguas residuales**

El problema medioambiental más importante de la industria láctea es la generación de aguas residuales, tanto por su volumen como por la carga contaminante asociada (fundamentalmente orgánica), los valores oscilan entre 2 y 6 L/L leche procesada. Se ha estimado que el 90 % de la DQO es atribuible a componentes de la leche y sólo el 10 % a suciedad ajena a la misma.

En el proceso de elaboración de queso cabe destacar la generación de lactosuero, el volumen generado es aproximadamente nueve veces la cantidad de leche tratada, con una carga orgánica muy elevada (DQO aproximadamente de 60 000 mg/L).

- **Residuos**

La mayor parte de los residuos generados son de carácter inorgánico, principalmente residuos de envases y embalajes tanto de materias primas y secundarias como del producto final. También se generan otros residuos relacionados con las actividades de mantenimiento, limpieza, o el trabajo de oficina y laboratorio.

- **Emisiones a la atmósfera**

Las principales emisiones gaseosas se generan en las calderas de producción de vapor o agua caliente necesarios para las operaciones de producción y limpieza. Los contaminantes que se pueden esperar en los gases de combustión son el CO, SO₂ o NO_x y partículas. Los niveles de emisión de estos contaminantes variarán en función del tipo y calidad del combustible utilizado, del estado de las instalaciones, de la eficiencia y control del proceso de combustión.

- **Ruido**

En función de la cercanía a núcleos urbanos pueden presentarse problemas por el ruido, debido a la maquinaria propia de la actividad industrial, principalmente en el envasado y en los equipos de generación de frío. Otro aspecto es el ruido provocado por el tráfico de camiones, tanto en la recepción de leche como en la salida del producto acabado, ya que el tráfico continuo de camiones puede provocar niveles altos de contaminación acústica.

1.4.1. Prevención de la contaminación en la industria láctea

En general, los procesos llevados a cabo por la industria láctea suponen importantes consumos de agua y energía, así como grandes volúmenes de aguas residuales con una carga orgánica elevada (Centro de Actividad Regional para la Producción Limpia, 2002). Estas características dependen, por una parte, de la tecnología utilizada y por otra, de la operación y manejo de cada instalación. Por esta razón, se describen a continuación distintas Oportunidades de Prevención de la Contaminación (OPC) con el objetivo de reducir los consumos y el vertido final sin que por ello se vea afectada la producción. Las Oportunidades de Prevención de la Contaminación se han clasificado en función de los siguientes puntos:

- **Reducción en origen:** Se considerará cualquier modificación de proceso, instalaciones, procedimientos, composición del producto o sustitución de materias primas que comporte la disminución de la generación de corrientes residuales (en cantidad y/o peligrosidad potencial), tanto en el proceso productivo como en las etapas posteriores a su producción.
- **Reciclaje:** Se considerará aquella opción de valorización que implica volver a utilizar una corriente residual bien en el mismo proceso o en otro. Si se realiza en el mismo centro productivo donde se ha generado, se considera como reciclaje en origen.
- **Valorización:** Se considerarán aquellos procedimientos que permitan el aprovechamiento de los recursos contenidos en los residuos.

1.4.2. Buenas Prácticas de Manufactura (BPM)

Son consideradas como un conjunto ordenado de propuestas eco-eficientes que no representan un gran esfuerzo para la empresa (sencilla y pequeñas inversiones), no necesariamente significan modificar sus procesos, ni sistemas de gestión y éstas se pueden llevar a término en la misma para reducir su impacto ambiental, se basan en la puesta en marcha de una serie de procedimientos destinados a mejorar y optimizar los procesos productivos y promover la participación del personal.

1.4.3. Buenas Prácticas Ambientales (Buenas Prácticas Ambientales de Producción Más Limpia)

Las BPA son un conjunto de acciones establecidas, pero que no son únicas, para lograr el mejoramiento y optimización de los procesos, promoviendo la participación del personal que labora en la empresa. Son acciones que a gran escala aumentan la rentabilidad de la empresa, tanto administrativa como institucionalmente (Lee Morales, 2012)

1.4.4. Beneficios de la utilización de Producción Más Limpia en la industria láctea

La aplicación de PML en el sector lácteo genera los siguientes beneficios:(Garzón Benavides, 2008)

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

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

1.4.5. Ejemplos de Oportunidades de Producción Más Limpia implementadas en la industria láctea

Según el Programa Piloto de Asistencia Técnica a Industrias de la cadena productiva láctea para la aplicación de PML en el año 2012 se pueden implementar oportunidades de PML en diferentes materias, productos, subproductos y residuos que se obtienen de las etapas del proceso productivo del sector lácteo como son:

Sueros lácteos y grasas: la recuperación de suero de queso y mantequilla significa una reducción de la DBO de los residuales líquidos de aproximadamente un 20 %. Además de la 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). También se puede emplear en la fabricación de piensos para animales.

Sosa cáustica: recuperación y reutilización de la sosa cáustica utilizada en las pasteurizadoras.

Fabricación de ricota a partir del suero: esta técnica es empleada como una alternativa de aprovechamiento del contenido proteico del suero obtenido en el proceso de fabricación de queso.

Conservación del agua: esta labor es realizada mediante la optimización del lavado de cajas y bandejas, uso de agua a presión y boquillas pulverizadoras, inversiones económicas para la adquisición de equipamientos de lavado automático de equipos, conducciones, tanques, etc.

Valorización de residuos: a través de la segregación de los residuos sólidos, de acuerdo a sus características, almacenamiento transitorio y comercialización a terceros en esta última se tiene las bolsas plásticas de polietileno, cajas de cartón y tambores plásticos de 200 kg.

Todos los ejemplos anteriores demuestran que en el sector productivo lácteo se pudieron identificar infinidad de oportunidades de PML, que implementadas de seguro contribuirán al mejoramiento productivo eco-eficiente.

1.5. Producción Más Limpia en la producción de queso

La producción láctea es una de las actividades más antiguas, se caracteriza por producir variados subproductos a partir de la leche. La industria láctea tiene impactos ambientales generados por residuos sólidos, desechos líquidos y emisiones gaseosas. Los principales procesos productivos a partir de la leche son pasteurización de la leche, queso, yogurt y helados.

1.5.1. Leche y sus derivados

La producción de leche y derivados lácteos para el consumo humano es una actividad económica de gran importancia, que provee al consumidor de alimentos ricos en proteínas. Los principales procesos identificados son: producción de leche cruda, producción de leche tratada térmicamente, producción de quesos, producción de yogurt y producción de helados entre otros productos. En la Figura 1.6 se muestran los diferentes productos derivados de la leche.



Figura 1.6. Productos Derivados de la Leche. **Fuente.** Elaboración propia.

1.5.2. Descripción general del proceso de producción de queso

El queso es un alimento sólido elaborado a partir de la leche cuajada de vaca, cabra, oveja, búfalo, camello u otros mamíferos rumiantes. La leche es inducida a cuajarse usando una combinación de cuajo (o algún sustituto) y acidificación. Las bacterias se encargan de acidificar la leche, jugando también un papel importante en la definición de la textura y el sabor de la mayoría de los quesos. Algunos también contienen mohos, tanto en la superficie exterior como en el interior. El queso es la forma más antigua de conservar los elementos nutricionales (proteínas, minerales, grasas y vitaminas) de la leche.

Antes de comenzar con las operaciones de fabricación de queso, la leche debe ser tratada y preparada para acondicionar sus características físicas, químicas y biológicas (filtración, clarificación, normalización) al producto final que se quiere obtener. Una vez lista para iniciar la etapa de coagulación la leche se lleva a la temperatura adecuada y se añaden los fermentos y/o enzimas encargados de la formación del gel o coágulo. Terminada la coagulación, se corta la cuajada en pequeños cubos para favorecer el desuerado. Después de separar el suero, se introduce la cuajada en los moldes y en algunos casos se prensa. Una vez estabilizada la forma del queso, se sala y se procede a la maduración. En algunos quesos el proceso termina con el desuerado y envasado sin que tenga lugar la etapa de maduración (quesos frescos) (Centro de Actividad Regional para la Producción Limpia, 2002). En la Figura 1.7 se muestra el diagrama de bloque para la fabricación de queso.



Figura.1.7. Diagrama de bloque para la fabricación del queso. **Fuente.** (Centro de Actividad Regional para la Producción Limpia, 2002)

1.5.3. Descripción de las operaciones del proceso productivo

Coagulación

La operación de coagulación se basa en provocar la alteración de la caseína y su precipitación, dando lugar a una masa gelatinosa que engloba todos los componentes de la leche. La naturaleza del gel que se forma al coagular la caseína influye poderosamente sobre los posteriores procesos de fabricación del queso (desuerado, desarrollo de la maduración, formación de “ojos”). La coagulación se realiza en cubas donde se forma la cuajada, éstas no deben moverse ni recibir golpes durante el tiempo de coagulación, ya que de no ser así se pueden alterar los procesos de coagulación, con la consecuente pérdida de caseína con el residuo líquido.

Corte y desuerado

El gel formado en la coagulación, cualquiera que sea el método empleado, constituye un estado físico inestable. Según las condiciones en las que se encuentra la fase líquida o lactosuero que lo impregna, se separa más o menos rápidamente. Este fenómeno es el que se conoce como desuerado. Las condiciones en que se efectúa el troceado del gel

influyen sobre el producto final obtenido, por lo que según el tipo de queso el troceado puede ser más o menos intenso.

Moldeo y prensado

El moldeo consiste en verter, en los moldes los trozos de cuajada, estos suelen ser de plástico (PVC), aunque a veces se emplean metales o maderas, y deben tener la característica que le confieran al queso acabado las medidas y el peso establecidos. El prensado se aplica para favorecer la expulsión del suero intergranular de la cuajada y dar al queso su forma definitiva. El prensado proporciona una mayor consistencia al producto final.

Salado

Cada variedad de queso tiene asignado un determinado contenido en sal común. Como norma general, el contenido de sal disminuye a medida que disminuye la proporción de extracto seco. El salado es uno de los factores que más influyen en darle al queso el sabor deseado. Además interviene en la regulación del contenido de suero y de la acidez.

La sal hace que se esponje la pasta del queso, asegura su conservación (junto con el valor de pH), inhibe la germinación de los microorganismos causantes del hinchamiento y estimula el desarrollo de la flora de maduración del queso. El contenido en sal también influye en la consistencia del queso: cuanto mayor es el contenido de sal, mayor es la consistencia del queso

Secado

Una vez terminada la operación de salado, el queso puede exponerse a una corriente de aire para que se seque la superficie. El secado superficial tiene una especial importancia cuando el queso se envuelve o se recubre de cera para su maduración.

Esta operación se realiza en salas o cámaras de secado acondicionadas para este fin. En ellas se hace circular una corriente de aire con unas condiciones de temperatura y humedad controladas para provocar el secado superficial del queso.

Maduración

Los quesos, una vez salados y secados, son llevados a las salas o cámaras de maduración, en las que se controla la temperatura y la humedad.

La maduración del queso incluye procesos físicos, microbiológicos y enzimáticos, dando lugar a un producto acabado con unas determinadas características de aroma, sabor y textura.

1.5.4. Clasificación de los quesos

Los quesos se pueden clasificar dependiendo de muchos y diversos factores, de acuerdo a lo que se pretenda evaluar:

Según su procedencia o país de origen: es decir si son quesos de elaboración española como el manchego; italiana como la mozzarella o francesa como brie, etc.

Según su sistema de elaboración: en este caso se clasifican como queso artesanal o, por el contrario, industrial.

Según el tipo de leche utilizada: cabe considerar que la adición de algunos ingredientes aumenta aún más la variedad de quesos, por lo que, para poder clasificarlos, hay criterios que engloben los distintos tipos de posibles quesos.

Algunos de estos ingredientes pueden modificar el sabor final del queso, dentro de ellos se encuentra, desde quesos dulces con una textura más cremosa por la adición de nata como los de untar, más fuertes de sabor como los de cabra o roquefort, con adición de hongos, incluso algunos con especias que le confieren un sabor picante y un aroma muy particular.

Según sus características nutricionales: en este caso se clasifican según su contenido en materia grasa. De menos a mayor proporción se clasifican en:

1. Queso desnatado: cuando tiene menos de un 10 % de nata.
2. Queso con bajo contenido en grasas: entre un 10-25 % de grasa.
3. Queso semigraso: cuando contiene entre un 25 – 45 % de grasa.
4. Queso graso: cuando contiene entre un 45 – 60 % de grasa
5. Queso extragrasso: si supera el 60 % de contenido graso

Según su humedad: la humedad muestra su concentración de nutrientes y su consistencia en la textura, la cual está directamente relacionada con su período de maduración, siendo menos su contenido en agua a mayor tiempo de maduración.

De acuerdo a este criterio existen los siguientes tipos de quesos:

1. Quesos blandos: se consideran más blandos y menos madurados los que tienen niveles de humedad mayor al 69 % de donde resulta un queso blando y tierno.
2. Queso semiblandos: si su contenido de humedad está entre 61-69 %.
3. Queso curado: el queso curado puede presentar diferentes variedades. Se considera un queso curado si se trata de un queso que ya ha madurado durante más de un mes.

El queso es un alimento altamente nutritivo. Al igual que otros muchos productos lácteos, aporta proteínas, vitaminas, minerales y grasas al consumo diario, ya que es un concentrado de todos los componentes de la leche. Cuanto menor sea la cantidad de

agua presente en el queso, más concentrados estarán el resto de los nutrientes. En el Anexo A se muestra una tabla con los valores nutritivos de diferentes tipos de quesos (Arias Zuniga 2003).

1.5.5. Impacto ambiental en la producción de quesos

El principal problema medioambiental generado por la elaboración de queso es la producción de lactosuero. Según el tipo de coagulación empleado se obtendrá un tipo de lactosuero distinto (Centro de Actividad Regional para la Producción Limpia, 2002)

- Suero dulce: Es generado durante la coagulación enzimática de la leche. Generalmente contiene entre 0,6-0,9 % de proteína soluble, alrededor del 0,3 % de grasa y una gran cantidad de lactosa (más del 5 %). En este tipo de suero la presencia de ácido láctico es prácticamente inapreciable.
- Suero ácido: se genera cuando se realiza coagulación ácida para coagular la leche. Este tipo de lactosuero contiene aproximadamente la misma proporción de proteína soluble que el lactosuero dulce pero una menor proporción de grasa y algo menos de lactosa (4,5 %), mientras que el ácido láctico representa hasta un 0,8 %.

El contenido en lactosa y proteína del lactosuero origina un incremento especialmente alto del grado de contaminación de las aguas residuales (llegando a superar los 60 000 mg DQO/L de lactosuero). Por esta razón hay que evitar el vertido del lactosuero junto con el resto de las aguas residuales. El consumo de energía eléctrica será en función del grado de automatización del proceso y de la utilización de medios mecánicos para la separación del lactosuero.

En la Figura 1.8 se representa a través de un diagrama los principales efectos medioambientales derivados de la producción del queso en cada etapa del proceso y su impacto en el medio ambiente y en la Tabla 1.3 se muestran estos, por orden de

prioridades.

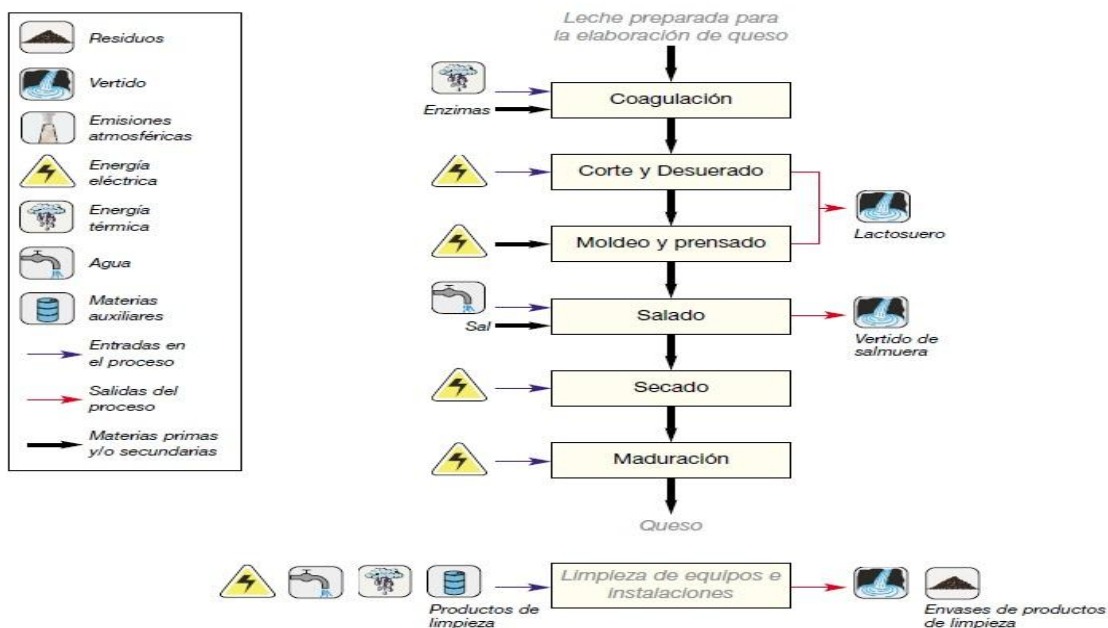


Figura. 1.8. Aspectos medioambientales del proceso de elaboración del queso.

Fuente. (Centro de Actividad Regional para la Producción Limpia, 2002)

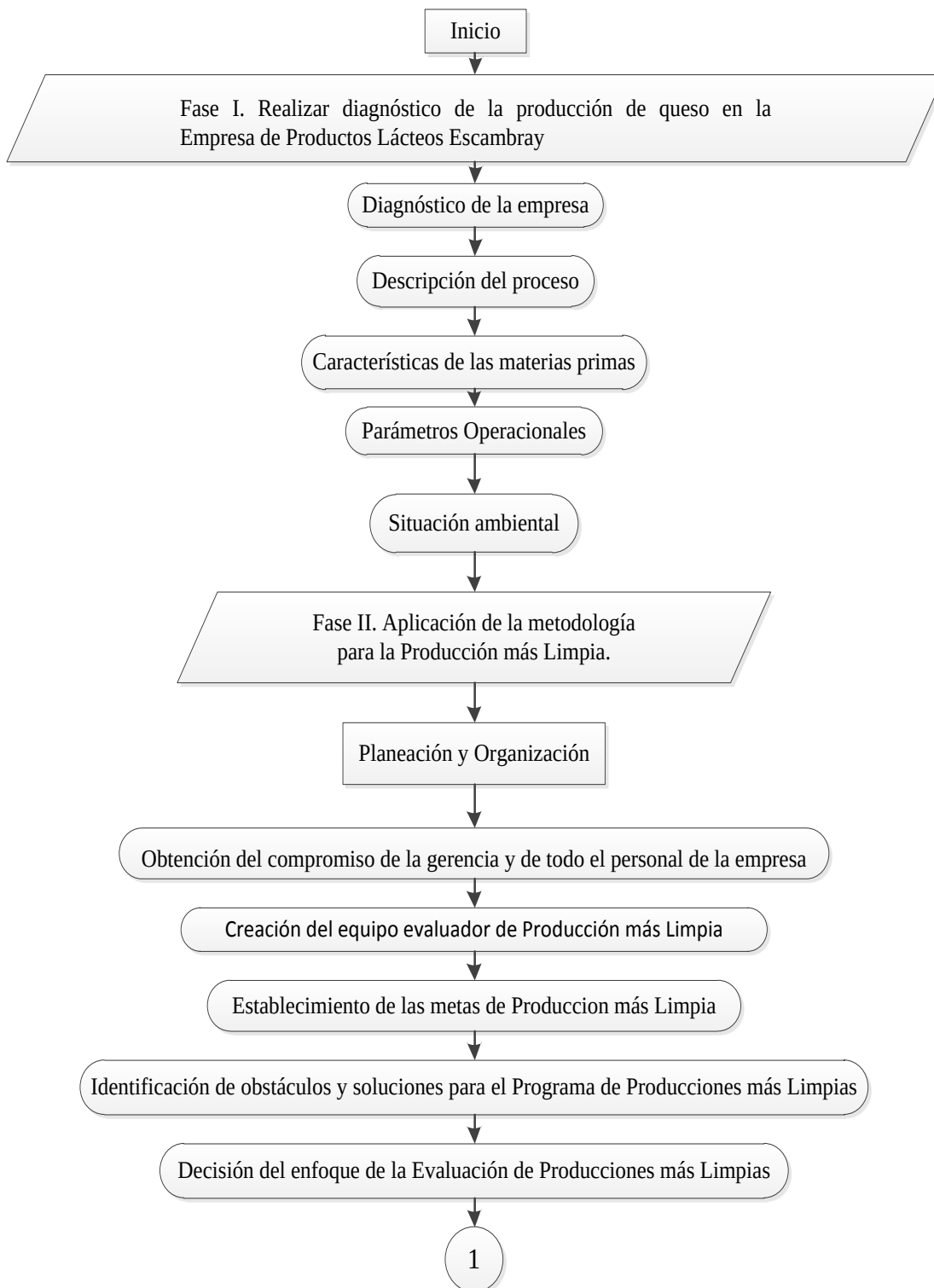
Tabla. 1.3. Valoración de los aspectos medioambientales del proceso de elaboración del queso.

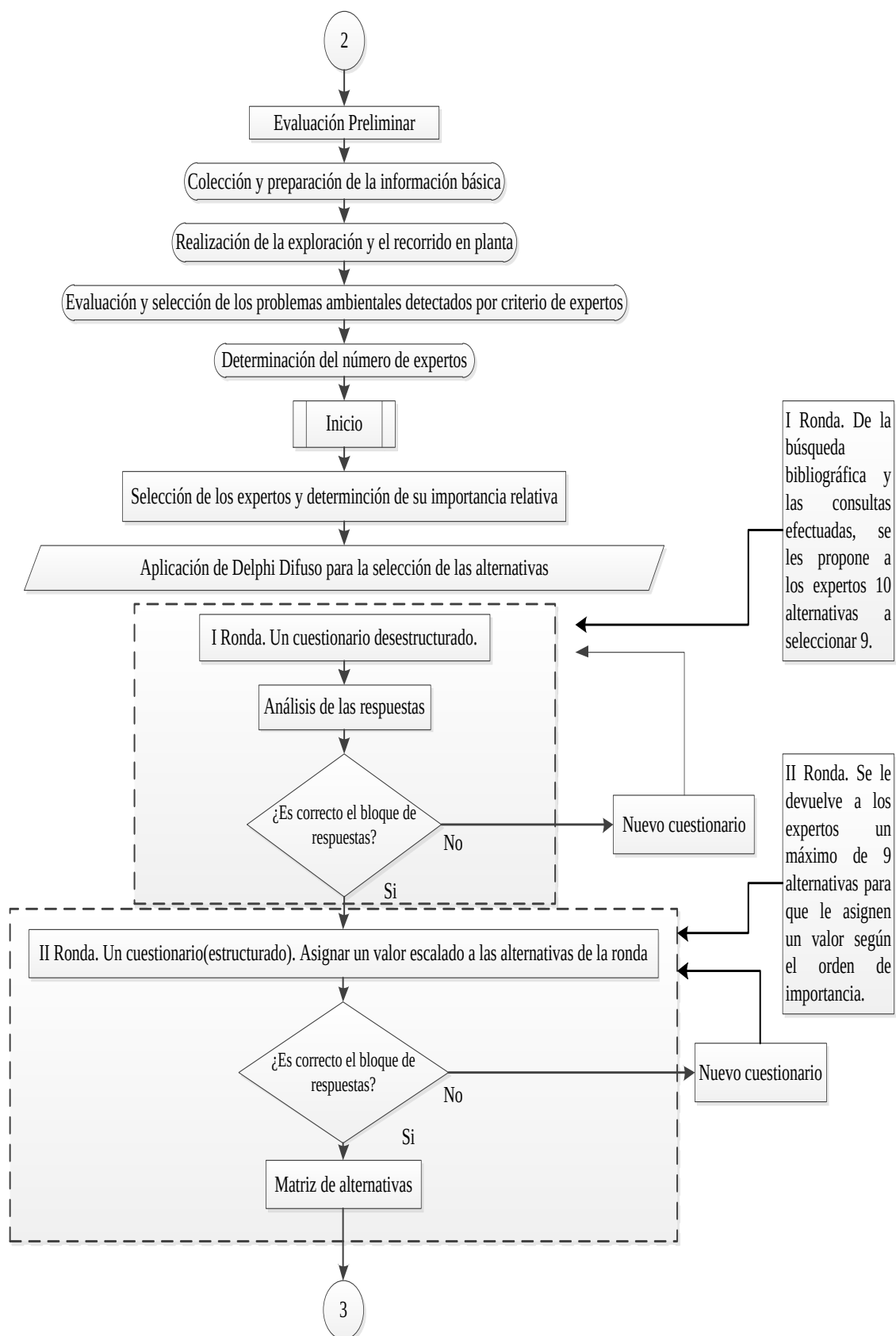
Fuente. (Centro de Actividad Regional para la Producción Limpia, 2002)

OPERACIÓN BÁSICA	EFEECTO	ORDEN
Coagulación	Consumo de energía térmica	2.º
Corte y desuerado	Vertido de lactosuero	1.º
	Consumo de energía eléctrica	2.º
Moldeo y prensado	Vertido de lactosuero	1.º
	Consumo de energía eléctrica	2.º
Salado	Consumo de agua	1.º
	Vertidos de salmuera	1.º
Secado	Consumo de energía eléctrica	2.º
Maduración	Consumo de energía eléctrica	2.º
Limpieza	Consumo de energía térmica	1.º
	Consumo de agua	1.º
	Vertido de aguas residuales (volumen de vertido y carga contaminante)	1.º
	Consumo de productos químicos	1.º
	Generación de residuos (envases de productos de limpieza)	2.º
	Consumo de energía eléctrica	2.º

Capítulo II. Propuesta metodológica con enfoque de Producción Más Limpia

Para el desarrollo de esta investigación, se propone el procedimiento a seguir mediante un diagrama heurístico:





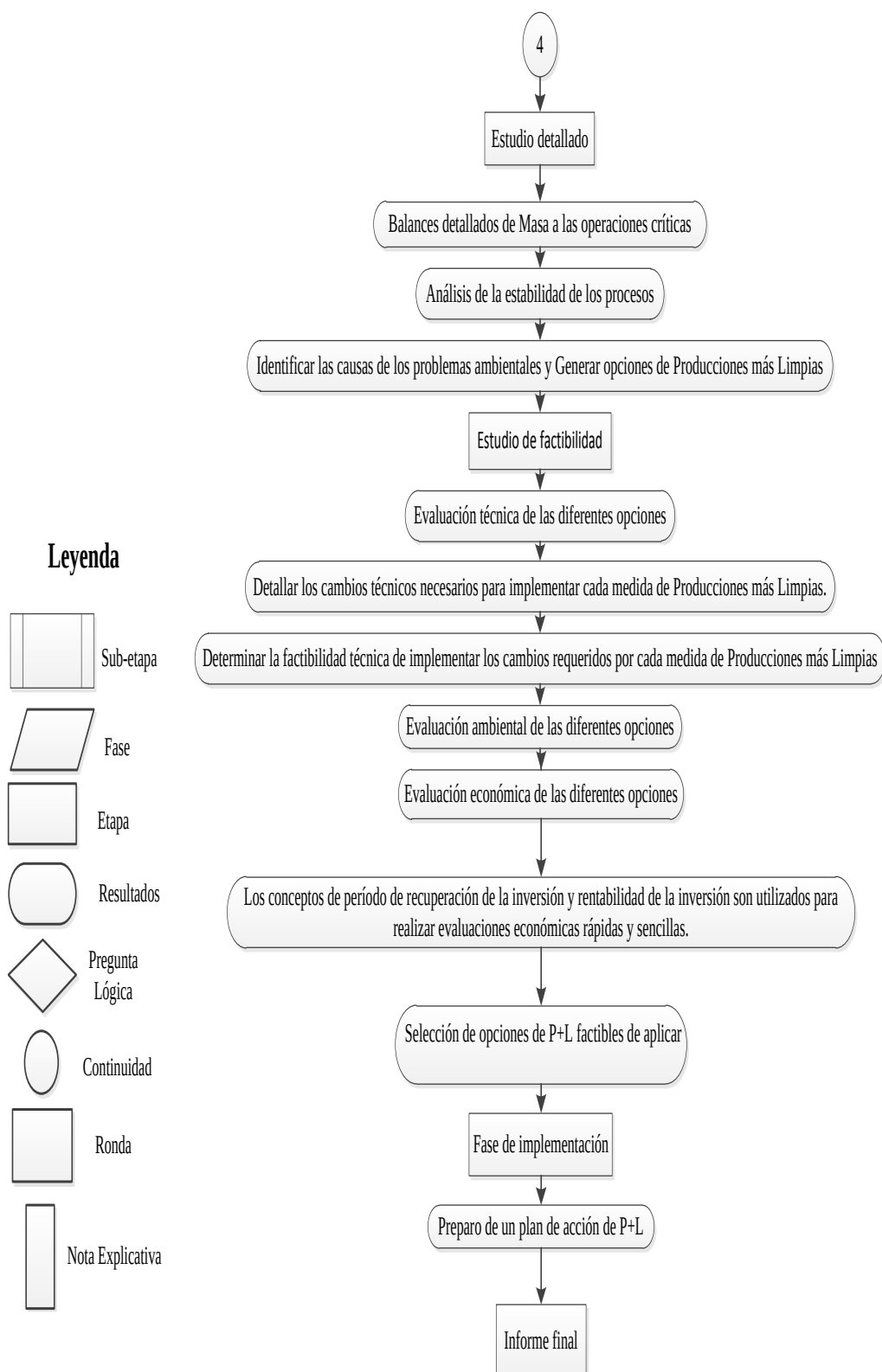


Figura 2.1. Diagrama Heurístico de la metodología propuesta. **Fuente.** Elaboración propia.

2.1. Caracterización de la Empresa Productos Lácteos Escambray

La Empresa de Productos Lácteos Escambray anteriormente llamada y aún conocida como Combinado Lácteo "Escambray", se encuentra ubicada en la Zona Industrial km 1 el Municipio de Cumanayagua, perteneciente a la provincia de Cienfuegos. Esta Empresa fue creada por la Resolución No. 340-76 del 15 de Diciembre de 1976 emitida por el Ministro de la Industria Alimenticia, aunque anteriormente estaba estructurada y funcionaba desde el año 1975, está integrada por tres fábricas en las cuales se elabora Queso, Helado y Productos de la Leche y Derivados de la Soya, así como sus unidades de aseguramiento y apoyo. Cuenta con un área de 3 600 m² y un total de 667 trabajadores.

2.1.1. Descripción de la Empresa Productos Lácteos Escambray

La Fábrica de Quesos se construyó en el año 1973, teniendo en cuenta los factores favorables existentes en esta zona geográfica y las perspectivas de amplio desarrollo concebidas para los planes lecheros circundantes de El Tablón, El Abra, Breñas y La Sierrita.

Posteriormente y por la decisión del Comandante en Jefe Fidel Castro Ruz, a finales del mismo año, dada la ubicación de los equipos tecnológicos, se concibe la construcción de la fábrica de helados. Ya en el año 1989 se concluye la construcción y montaje de la planta pasteurizadora perteneciente a esta entidad. Su estructura organizativa se muestra en la figura 1 (Anexo B).

Actualmente laboran en la Empresa 667 trabajadores: 62 dirigentes, 128 técnicos, 397 obreros, 74 de servicios y 6 administrativos distribuidos en las tres fábricas como se observa en la Figura 2.2. En el área objeto de estudio de esta investigación laboran 72 trabajadores de ellos 14 técnicos, 3 servicios, 44 operarios y 11 dirigentes.

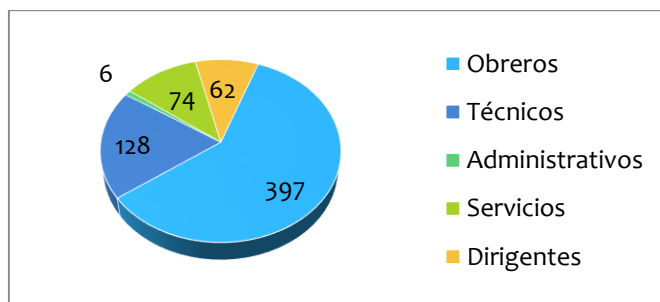


Figura 2.2. Distribución de los trabajadores por categoría ocupacional.

Fuente. Elaboración propia.

La Empresa en los últimos años ha superado los planes económicos, manteniendo una ganancia por encima de la planificada, observándose aumento de la producción bruta y mercantil en el año 2016. En la tabla 2.1 se muestra un resumen de los principales indicadores técnico-económicos de la Empresa para los años 2012 al 2016.

Tabla 2.1. Indicadores Técnicos–Económicos de la Empresa Productos Lácteos Escambray. **Fuente.** Elaboración propia a partir de los informes del Departamento Económico de la Empresa de Productos Lácteos Escambray.

INDICADOR	U.M	2012	2013	2014	2015	2016
Producción Bruta.	MP	79 404,6	76 375,0	68 181,0	134 516,7	96 529,8
Producción Mercantil.	MP	83 757,1	74 530,8	68 097,5	117 138,1	89 510,1
Ventas netas con Impactos	MP	88 432,4	83 276,4	78 790,6	107 303,1	91 673
Impuesto de Circulación	MP	5 936,3	5 635,2	6 386,4	985,4	902,5
Ventas Netas sin Impuestos	MP	82 496,1	77 641,2	72 404,2	106 317,7	82 134,1
Total de ingresos	MP	83 369,5	78 535,7	73 867,3	107 583,5	81 256,9
Total de gastos	MP	78 173,1	74 474,7	69 449,3	102 871,2	67 421,4
Utilidad del Período	MP	5 196,4	4 061,0	4 418,0	4 712,3	2389,4
Utilidad después del Impuesto	MP	-	-	-	-	-
Producción que se comercializa en divisas	MCUC	-	-	-	-	-
Ventas en Divisas	MCUC	793,7	1 278,1	1 823,2	2236,4	1357,5
Ingreso Monetario trabajo	MP	3 503,8	3 494,1	3 987,6	6 600,5	4 321
Promedio de trabajadores	UNO	603,0	606,0	609,0	623,0	620,0
Consumo Material	MP	61 622,5	59 092,6	51 514,9	91 454,6	83926,4
Servicios Recibidos	MP	1 158,7	1 875,4	856,0	2 258,7	1280,3
Margen Comercial	MP	-	-	-	-	-
Costo de ventas	MP	72 197,9	67 746,2	63 018,4	93 218,2	89 273,2
Costo/ peso de Venta	Pesos	0,8752	0,8725	0,8704	0,8768	0,87708
Gastos divisa/ Estimulación	M CUC	-	-	-	-	-
G. Total / Ing. Totales	Pesos	0,9377	0,9483	0,9402	0,95620	0,9302
Salario Medio Mensual	Pesos	484	480	546	883	901,8
Gasto Mat./peso Producción	Pesos	0,77606	0,77372	0,7556	0,6799	0,8694
Valor Agregado	MP	16 623,4	15 407,0	15 810,1	40 803,4	12 603,4
Productividad (V. Agreg. /Prom. Trabajad.)	Pesos	27 568	25 424	25 961	65 495	148275
Gasto Salario/peso V.Agregado	Ctvos	0,2108	0,2268	0,25222	0,16176	0,07155

INDICADOR	U.M	2012	2013	2014	2015	2016
Fondo de Salario/peso Prod.Mercantil	Ctvos	0,0418	0,0469	0,0586	0,0563	0,0101
Costo Producción Mercantil	Pesos	74 018,5	65 843,2	56 142,4	89 381,4	80 547,0
Costo/peso Prod. Mercantil	Ctvo.	0,8837	0,8834	0,8244	0,7630	0,4701
Correlación Salario Medio/Prod.	Coef.	0,7716	0,9060	0,7573	0,5462	0,8129
Ingreso Monetario/Ventas Netas	Ctvo.	0,0425	0,0450	0,0551	0,0621	0,0597

2.1.2. Planeación Estratégica del la Empresa de Productos Lácteos Escambray

Entre los planeamientos estratégicos de la empresa para el año 2016 están:

Misión:

Elaborar productos lácteos, derivados de la soya, de un alto nivel nutricional, que garanticen la canasta básica, consumo social, así como productos para la venta en divisa con una calidad acorde a las exigencias del mercado actual, aprovechando la ubicación en el centro sur del país, lo cual facilita estabilidad y competitividad en el mercado.

Visión:

- La Empresa de Productos Lácteos Escambray está en perfeccionamiento empresarial.
- Realiza producciones de derivados lácteos competitivas, redituable, con tecnología homologada a la media internacional.
- Sus producciones satisfacen los requerimientos de los clientes del mercado nacional con un incremento progresivo de las ventas.
- Existe un clima personal y organizacional favorable con predominio de la cooperación mutua en función del interés general de la entidad.
- Dirigen la empresa cuadros con liderazgos, muy capaces, altamente motivados y con un elevado nivel de gestión.
- Existe un alto nivel informático y de otras tecnologías de la comunicación a favor de la elevación de la efectividad para el cumplimiento de la misión.
- Se mantiene el liderazgo en la comercialización de productos lácteos y derivados de la soya.
- Existe una Estrategia Ambiental la que permite y garantiza su inserción en el micro-macro-entorno.

2.1.3. Cartera de Productos

La empresa produce una amplia gama de productos, los cuales se comercializan en moneda nacional destinados a la canasta básica, merienda escolar y consumo social (incluye educación, salud y deporte), la comercialización en divisa está dirigida fundamentalmente a hoteles de la provincia, polos turísticos Habana y Varadero, cadena de Tiendas Recaudadoras de Divisa, cadena Ideal.

Las producciones fundamentales son:

- Quesos de diferentes tipos.
- Leche pasteurizada.
- Yogur natural y de sabores.
- Derivados de la soya (yogur, cremas, etc.).
- Helados de diferentes modalidades.

Para la realización de la venta de los productos se emite un certificado de concordancia donde se plasma fecha de fabricación y vencimiento de los productos, las características organolépticas (olor, sabor, textura, consistencia y color), así como sus parámetros de calidad que conllevan análisis físico químico donde se mide el % de ácido lácteo, temperatura, % de grasa, % de sólidos no grasos, sedimentación, sólidos totales y densidad, también se le realizan análisis microbiológicos como: conteo de coliformes, hongos, levadura.

2.1.4. Comportamiento de las producciones realizadas en los años del 2012 al 2016

Las producciones realizadas en la EPLE en los años analizados, tienen un comportamiento estable según se muestra en la tabla 2 del (Anexo C), aunque se puede decir que en los años 2012 y 2016 hubo un aumento de las producciones, en la Figura 2.3 se representan dicho comportamiento.

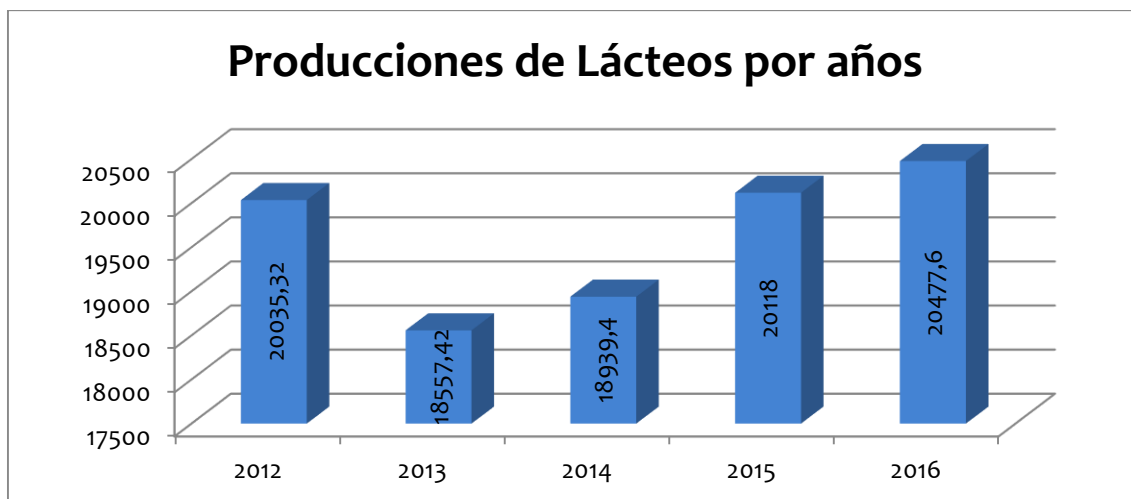


Figura 2.3. Comportamiento de las producciones realizadas en los años del 2012 al 2016. **Fuente.** Elaboración propia.

2.2. Situación ambiental de la Empresa de Productos Lácteos Escambray

2.2.1. Antecedentes

La Empresa de Productos Lácteos Escambray, en su concepción ambiental se preocupa desde su origen en atender las inquietudes de la sociedad y su interés por incorporar los criterios de desarrollo Sostenible en todas las actuaciones de la vida diaria, reconoce además que las actividades vinculadas con su proceso de producción pueden poner en peligro el medio ambiente y la salud de los trabajadores y la población en general.

En la actualidad 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 en lo fundamental a los derrames producidos por roturas imprevistas de los diferentes equipos. Es por ello que la dirección se compromete a desarrollar sus actividades con el debido respeto por la protección del medio ambiente, y a mejorar continuamente sus prácticas medioambientales cuya implantación será responsabilidad de todos sus dirigentes y trabajadores.

2.2.2. Situación ambiental actual

La Empresa de Productos Lácteos Escambray, involucrada en un proceso de perfeccionamiento de su gestión, cuenta con una Estrategia Ambiental desde el año 1995 que se materializa en planes de acción a corto, mediano y largo plazo, la cual resulta insuficiente para resolver los problemas ambientales que ocasiona.

La Empresa se encuentra inmersa en comenzar la cuarta fase de la implantación de su Sistema de Gestión Ambiental, por lo que debe proceder a la medición, revisión y evaluación del grado de economía, eficiencia y eficacia de su desempeño ambiental de forma periódica y sistemática, siendo imprescindible una guía para realizar una auditoría interna a todas sus áreas e instalaciones, comenzando por las de mayor relevancia ambiental para detectar, corregir desviaciones, planificar y realizar acciones correctivas y preventivas que garanticen el mejoramiento continuo de su sistema de gestión con el objetivo de solicitar la auditoría externa por expertos del CITMA para lograr la convocatoria a su reconocimiento ambiental.

En la última inspección realizada por el CITMA se detectaron las siguientes deficiencias:

- Falta de mantenimiento al sistema de atarjeas que conducen los residuales y aguas de proceso.
- El consumo de agua total, es aproximadamente de 626,58 m³/día, se contabiliza por mediciones del nivel de las cisternas, no existiendo metro-contadores en cada una de las áreas para determinar este gasto, además de no contar con flujómetros para realizar los balances.
- Las bombas de agua se encuentran en mal estado técnico.
- Se consumen grandes cantidades de agua para mantener la higiene y limpieza en las áreas productivas, existiendo perdidas por salideros y en ocasiones se dejan las llaves abiertas.
- La eficiencia de las calderas es baja, producto de los años de explotación y presencia de incrustaciones.
- Los pozos sépticos ubicados en áreas de la instalación, sus estructuras se encuentran mal diseñados por lo que no logran un buen funcionamiento, al mismo se vierten las aguas residuales del proceso productivo.
- Existe un mal manejo de los residuos sólidos generados el proceso industrial, causando un vertedero de gran magnitud y con ello a la proliferación de vectores.
- Las emanaciones de gases provenientes de la operación de las calderas de vapor influyen significativamente en la calidad del aire de la zona, afectando a los pobladores que se encuentran cercanos a la instalación.
- Faltan los resultados de caracterizaciones de los residuales líquidos de la fábrica.

Las deficiencias incumplidas relacionadas con el mantenimiento, así como la

adquisición de metro-contadores de agua, la caracterización de los residuales líquidos y las emisiones de gases contaminantes a la atmósfera necesitan del financiamiento del MINAL. El resto de las medidas están relacionadas con disciplina tecnológica y reorganización del trabajo.

En la Tabla 2.2 se presentan los resultados de los ensayos a las aguas residuales realizadas por el Centro de Estudios Ambientales de Cienfuegos (CEA), tomando como referencia el año 2016. Según la NC 27: 2012 los límites máximos permisibles promedio (LMPP) para los parámetros de los residuales líquidos son: pH entre 6 – 9 unidades, DBO <300 mg/L y DQO <700 mg/L

Tabla 2.2. Caracterización de los Residuales realizada por el Centro de Estudios Ambientales de Cienfuegos (CEAC). **Fuente.** Informe ambiental del CITMA.

Parámetros	U.M	Salida T.Séptico Queso Helado	Entrada T. Séptico Pasteuriza dora	Entrada T. Séptico Queso Helado	Salida Final	NC 27
pH	u	8,62	7,58	4,86	9,26	6,9
C.E	S/cm	868	443	1 065,8	1 038	<4 000
DQO	mg/L	1 480	536	1 760	1 720	<700
DBO	mg/L	733	250	967	933	<300
Fósforo Total	mg/L	17,7	2,30	23,5	13,4	10
Nitrógeno	mg/L	33,2	20,16	11,4	38,6	20
Temperatura	°C	31,8	37,7	41,1	33,0	<50
Sólidos Sedimentables	mg/L	7,5	3,0	4,0	6,0	<10
Grasas	mg/L	1010	25,1	111,0	3150	<50
Fenol	mg/L	<L/C	<L/C	0,088	0,148	<5
Plomo	mg/L	<0,027	<0,0275	0,0275	<0,0275	1,0
Zinc	mg/L	0,126	0,117	0,171	0,161	5,0
Cobre	mg/L	0,066	0,09	0,081	0,059	<5
Cadmio	mg/L	<0,012	<0,0125	<0,0125	<0,0125	<3
Cromo	mg/L	<0,021	<0,021	0,023	<0,021	2,0

En la siguiente tabla se observa que en la salida final se incumplen los parámetros máximos admisibles del DBO, DQO, pH, fósforo total, nitrógeno y grasas, establecido por la NC 27: 2012(Oficina Nacional de Normalización, 2012)

.

Por todo lo antes expuesto la Empresa de Productos Lácteos Escambray tiene como objetivo medio ambiental, promover la sustentabilidad ambiental de los procesos productivos y de servicios del sector, mediante el uso eficiente de recursos materiales y energéticos, que contribuyan a la protección y conservación de los recursos naturales, mejoras en la salud y calidad de vida de los trabajadores y la comunidad.

Dentro de las buenas prácticas que se realizan en la Empresa de Productos Lácteos Escambray se encuentran:

- La recuperación de los sacos de nylon provenientes de las materias primas como envase en la línea de queso crema de soya.
- Las cubetas de grasa vegetal se recuperan para la producción de quesos fundidos, queso crema de soya y helados.
- Se utiliza el suero generado de la producción de quesos, tanto para consumo animal como humano y dentro de éste, se utiliza hasta un 25 % de los Sólidos No Grasos (SNG) en la producción de helados, ahorrando esta proporción de leche en polvo y sustituyendo importaciones. Se trabaja para rescatar la producción de requesón y lactofress.
- Se recuperan los aceites usados generados por la industria y el transporte por medio de servicios de CUPET.
- Se encuentra bien organizado y consolidado el movimiento de ANIRISTAS que con el desarrollo de sus innovaciones y recuperaciones de piezas, dan solución a los problemas existentes en el proceso tecnológico. Esta buena práctica es la que ha permitido durante varios años, continuar trabajando ininterrumpidamente en las diferentes líneas productivas, si se tiene en cuenta que la tecnología existente es obsoleta y que existe carencia en el país de piezas de repuesto.

2.3. Descripción del proceso de producción del queso

Con el objetivo de realizar un estudio integral de Producción Más Limpia en la Empresa de Productos Lácteos Escambray, se toma como referencia la UEB Producción de Queso, esta unidad produce una cantidad considerable de residuales los cuales afectan el medio ambiente.

2.3.1. Flujo productivo de la planta objeto de estudio

En la producción de queso se realizan operaciones de transferencia de calor, mezclado, transferencia de masa, cantidad de movimiento, prensado y filtrado.

El queso es el producto que se elabora a partir de la cuajada de la leche con las adiciones de cortantes para la leche como una simbiosis de cultivos lácteos, caseinato de calcio y sal común. En la Figura 2.4 se muestra el diagrama de flujo de dicho proceso.

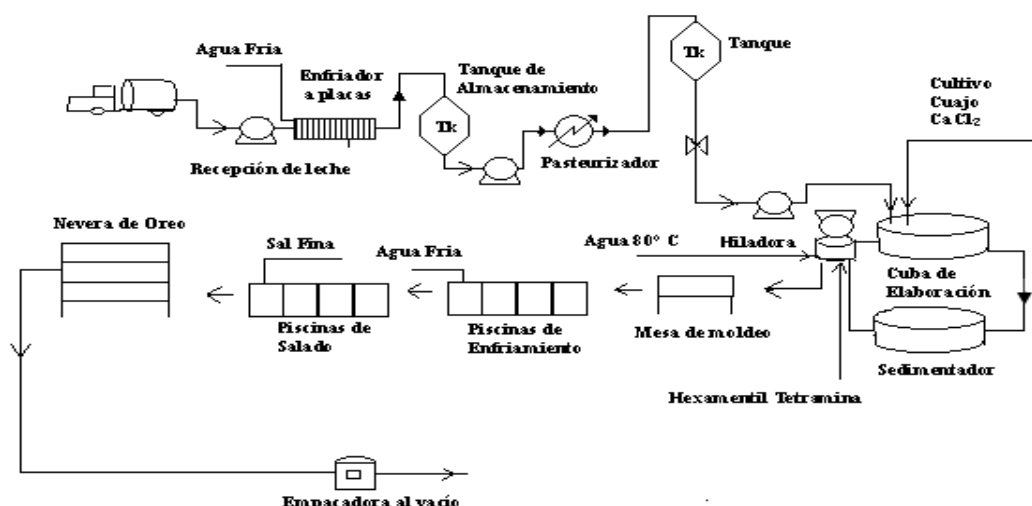


Figura 2.4. Diagrama de flujo del proceso de obtención del queso. **Fuente.** Empresa de Productos Lácteos Escambray.

A continuación plantean las características de las materias primas que intervienen en el proceso, así como la descripción literal de las etapas que comprende el mismo.

2.3.2. Leche

La leche fresca principal materia prima del proceso es trasladada a la fábrica en carros termos y botijas, proveniente de planes pecuarios, posteriormente a su recepción se le toma una muestra y se lleva al laboratorio para su análisis. La leche será almacenada en tanques isotérmicos de doble pared, y contruidos de acero inoxidable de una capacidad aproximada 10 m³. Si el almacenamiento dura más de 48 horas, la temperatura a que debe estar la leche será de 4 a 6 °C, en las Tablas 2.3 y 2.4 se describen las principales características de esta materia prima y los requisitos microbiológicos para su utilización.

Tabla 2.3. Características físico-químicas de la leche de vaca. **Fuente.** Empresa de productos lácteos Escambray.

Requisitos	Mínimo	Máximo
Densidad a 15°C(gravedad específica)	1,029	1,033
Materia Grasa % m/m	3,20	-

Proteína % m/m	2,90	-
Sólidos totales % m/m	11,40	-
Sólidos no grasos % m/m	8,20	-
Acidez expresada como ácido láctico % m/v	0,13	0,17
pH	6,6	6,8
Impureza microscópica (sedimentos)	Grado 1 casi limpia 0,2 mg	Grado 2 medianamente limpia 0,5 mg
Índice criscópico	-0,5 – 10°C	-
Índice de refracción en sueros cúpricos a 20°C	30	-
Prueba de alcohol	Negativa	
Presencia de conservantes	Negativa	
Presencia de adulterantes	Negativa	
Presencia de neutralizantes	Negativa	

Tabla 2.4. Características microbiológicas de la leche de vaca. **Fuente.** Empresa de productos lácteos Escambray.

Características	Grados			
	Extra	A	B	C
Prueba de azul de metileno(TRAM) expresada en horas(mínimo)	> 5,30 3,30	5,30	4,30	3,30
Contenido de células somáticas(Cel/mL)	100 000 - 450 000		500 000 - 900 000	
Conteo total de bacterias(UFC/mL)	300 000 - 700 000		500 000 - 900 000	
Prueba de coliformes para el diagnóstico de la mastitis	Hasta una cruz (positiva débil)			
Prueba de inhibidores	Negativa			

En la elaboración de queso se emplean otras materias primas, las mismas presentan las siguientes características:

Propiedades del cloruro de calcio dihidratado

Descripción del producto: En forma de escamas.

Usos: En refrigeración.

Especificaciones:

Pureza..... 94 % $\text{CaCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$.
70 % CaCl_2 .

Impurezas..... 2 %.

Humedad.....4 %.

Arsenico.....3 ppm máx.

Metales pesados.....10 ppm máx.

Propiedades del Cuajo Líquido "CUAMEXYME" QUIMOSINA MICROBIANA

Origen: Enzima coagulante de origen microbiano, para la elaboración de quesos.

Especificaciones físico-químicas:

Titulo (NRIAL 135) (unidades coagulantes de leche)..... 50 000 UCL (fuerza 1:20000)

Especificaciones organolépticas:

Color.....Pardo oscuro, característico

Olor.....Fuerte, característico

Especificaciones microbiológicas:

Cuenta microbiana standard (ISO 4833/91).....1 000 UFC/mLmáx

Hongos y levaduras (IDF E - DOC 96/78).....10 UFC/mLmáx

Salmonella (ISO 6579/93).....Neg. en 25 mL

Staphylococcusaureus (ISO 68 88).....Neg. en 10 mL

Hexametil tetramina: Es usado principalmente para la fermentación precoz del queso durante el proceso de producción sin ser requerido, evitando que el queso comience el proceso de maduración antes de adquirir ciertos parámetros que debe poseer.

2.3.3. Etapas que comprende el proceso de producción de queso

➤ Recepción de la leche en la planta

En la planta el personal que recibe la leche deberá seguir los siguientes pasos tomados de la descripción total que se hace en la referencia siguiente: (Zamorán Murillo, 2003)

- Evaluación organoléptica: si la leche recibida cumple con las características organolépticas es aceptada para su procesamiento, en caso contrario se rechaza.
- Pruebas de calidad de la leche: se realizan las pruebas que el empresario estime convenientes para garantizar que la leche cumple con sus estándares de calidad y que es apta para el procesamiento.

Si la leche se encuentra en los rangos normales, se le realizará un conjunto de operaciones, de modo que ésta se convierta en un producto de buena calidad.

➤ Filtrado de la leche

El filtrado de la leche es un proceso importante en la elaboración de quesos. La operación consiste en hacer pasar el producto a través de una tela para eliminar pelos, pajas, polvo, insectos y otras suciedades que generalmente trae la leche, especialmente cuando el ordeño se realiza en forma manual. El paño para ser usado como filtro de la leche debe encontrarse limpio.

La tela o paño debe lavarse después de cada uso con detergente y una solución de cloro a 100 ppm. Así también, durante el proceso de filtrado, deben ser remplazados

frecuentemente de modo que la suciedad no se convierta en el vehículo de transmisión de los microorganismos a la leche. Es muy importante destacar que los paños que se usan en esta operación, deben limpiarse y cambiarse frecuentemente, aunque no se note la suciedad que pueda contener. La operación de filtrado de la leche solo logra eliminar las suciedades más grandes, aquellas que puedan ser retenidas por el paño. Sin embargo, a través del filtro logran pasar una cantidad inmensa de microorganismos que en definitiva dañan la calidad del queso o pueden causar enfermedades al consumidor. La eliminación de los microorganismos indeseados se logra en forma eficiente mediante la pasteurización de la leche.

Si la leche se pasteuriza:

- Se evita la alteración de las proteínas.
- Mantendrá su contenido vitamínico.
- Tendrá un poco más de calcio.
- Se pueden obtener productos derivados de mejor calidad.
- Se eliminan microorganismos productores de la tuberculosis, la difteria, la polio, la salmonelosis, fiebre escarlata y las fiebres tifoideas.

En la producción de quesos a pequeña escala, se recomiendan los siguientes tipos de pasteurización:

- Pasteurización baja: calentar la leche hasta 60 °C y mantener esta temperatura por 30 minutos. Luego enfriar a 37 °C.
- Pasteurización media: calentar hasta 70-72°C y mantener por 15-30 segundos. Luego enfriar a 37 °C.

Una vez transcurrido el tiempo de pasteurización, la leche se debe enfriar lo más rápido posible. Es necesario enfriarla haciendo circular agua fría por la doble pared de la tina, en el caso que se cuente con este equipo. Si no se dispone de una tina del tipo indicado, se puede recurrir a enfriar colocando el recipiente con la leche caliente dentro de una tina con agua fría.

La recepción de la leche, el filtrado y el pasteurizado corresponde a las operaciones preliminares que se deben aplicar a la leche independientemente del tipo de producto que se quiera realizar (Zamorán Murillo, 2003).

➤ **Descremado**

Es el proceso de reducción de los niveles de grasa de la leche, la magnitud del descremado depende del tipo de queso a producir y de la característica que cada empresa desea darle a su producto.

➤ **Coagulación**

Se aplica un agente fermentador (cuajo) para separar la caseína (principal proteína de la leche) del suero. En el comercio, existe cuajo líquido, en pastillas o en polvo y con diferente fuerza o poder de cuajado, por tanto el fabricante especifica la cantidad de cuajo que se deberá agregar según la cantidad de leche a cuajar.

Después de agregar el cuajo, se deja reposar entre 30-45 minutos y se debe mantener la temperatura entre 32 - 35 °C, ya que si, durante la coagulación, la leche y la cuajada en formación se enfrían, los granos resultan de tamaño irregular y la humedad no será uniforme. Darwin José Zamorán Murillo (2003)

Hay varias causas que originan que la leche a procesar tenga baja cantidad de calcio, ocasionando una coagulación y una cuajada débil, lo que conlleva a tener rendimientos malos. Por esta razón debe añadirse cloruro de calcio (CaCl_2) a la leche (máximo 0,2 gramos (g) por litro de leche).

➤ **Quebrado de la cuajada**

Esta operación comprende dos etapas: el corte y el batido de la cuajada. (Darvin José Zamorán Murillo, 2003)

El corte de la cuajada se realiza con una lira o con un cuchillo de hoja larga, con la finalidad de liberar el suero y obtener los granos de cuajada. Del tamaño de éstos depende el contenido de humedad en el queso. El corte de la cuajada comprende un corte vertical y un corte horizontal para formar cubitos.

Después del corte de la cuajada, el grano empieza a presentar cada vez más la tendencia a sumergirse en el suero. Si enseguida del corte se deja reposar el grano durante un largo tiempo en el fondo de la tina, aquél se adhiere y vuelve a formar una masa blanda y compacta.

En la práctica, una vez cortada la cuajada se deja reposar durante 5 minutos. Al término de este tiempo se apreciará que el grano empieza a soltar el suero.

Para conservar el grano definido y evitar que se apelmace formando grumos y se pierda el ritmo del desuerado, es necesario mantener el grano en constante movimiento por medio del batido.

El batido tiene como finalidad darle consistencia al grano de cuajada, se realiza de forma suave para no pulverizar la cuajada y conforme avanza el batido se le aplica más fuerza, el grano disminuye de volumen y se torna más consistente, por la pérdida del suero.

➤ **Desuerado**

Esta operación contempla la eliminación total o parcial del suero de acuerdo al tipo de queso que se esté elaborando.

Al finalizar la agitación, se deja algunos momentos en reposo. Los granos de cuajada se depositan en el fondo de la tina mientras que el suero quedará en la parte superior. De esta manera será posible extraer el suero sin dificultad.

En caso que el recipiente en donde se encuentra la cuajada no posee una salida para el suero, se puede separar con ayuda de un colador.

➤ **Salado**

Terminada la etapa de desuerado se inicia el salado, que favorece a la producción de ácido láctico, realza el aroma y contribuye a la preservación del queso y a su curación. Previo a realizar el salado mismo, es necesario triturar la cuajada seca. La trituration se realiza en forma manual, procurando que queden trozos de cuajada de tamaño similar con el fin que la penetración de la sal sea homogénea.

La cantidad de sal que se agrega es aproximadamente el 0,3 % en relación a la cantidad de leche que se está trabajando.

➤ **Prensado**

Para iniciar el prensado la cuajada es colocada dentro de moldes. El objetivo del prensado es eliminar algo más de suero, unir el grano haciendo la masa más compacta y dar definitivamente el formato deseado.

El tipo de queso determina la intensidad y la duración del prensado. Algunos quesos no reciben presión alguna y únicamente los moldes llenos se les dan vuelta con frecuencia, para que el propio peso de la cuajada vaya logrando la compactación necesaria.

➤ **Empacado y almacenado**

El queso debe ser empacado en envases o bolsas que no dañen su calidad ni afecten la inocuidad, y que además preserven sus propiedades organolépticas. El producto terminado debe ser almacenado bajo refrigeración para evitar acidificación y sobremaduración.

2.4. Metodología para la evaluación de Producción Más Limpia

A partir de los estudios documentales se decide aplicar la metodología descrita por el ONUDI/PNUMA, para valorar mediante una evaluación de Producción Más Limpia la problemática del proceso de Producción de Queso, para lo cual se adaptó dicha metodología a las condiciones del objeto de estudio.

Primeramente se desarrolló un diagrama heurístico como se muestra en la Figura 2.1 que comienza con la aplicación del método Delphi para la selección de las mejores alternativas para este estudio, esta metodología desarrollada incorpora criterios de evaluación tanto económicos, medioambientales y sociales.

La metodología de Producción Más Limpia consta de cuatro etapas fundamentales tal y como se aprecia en la Figura 2.5.

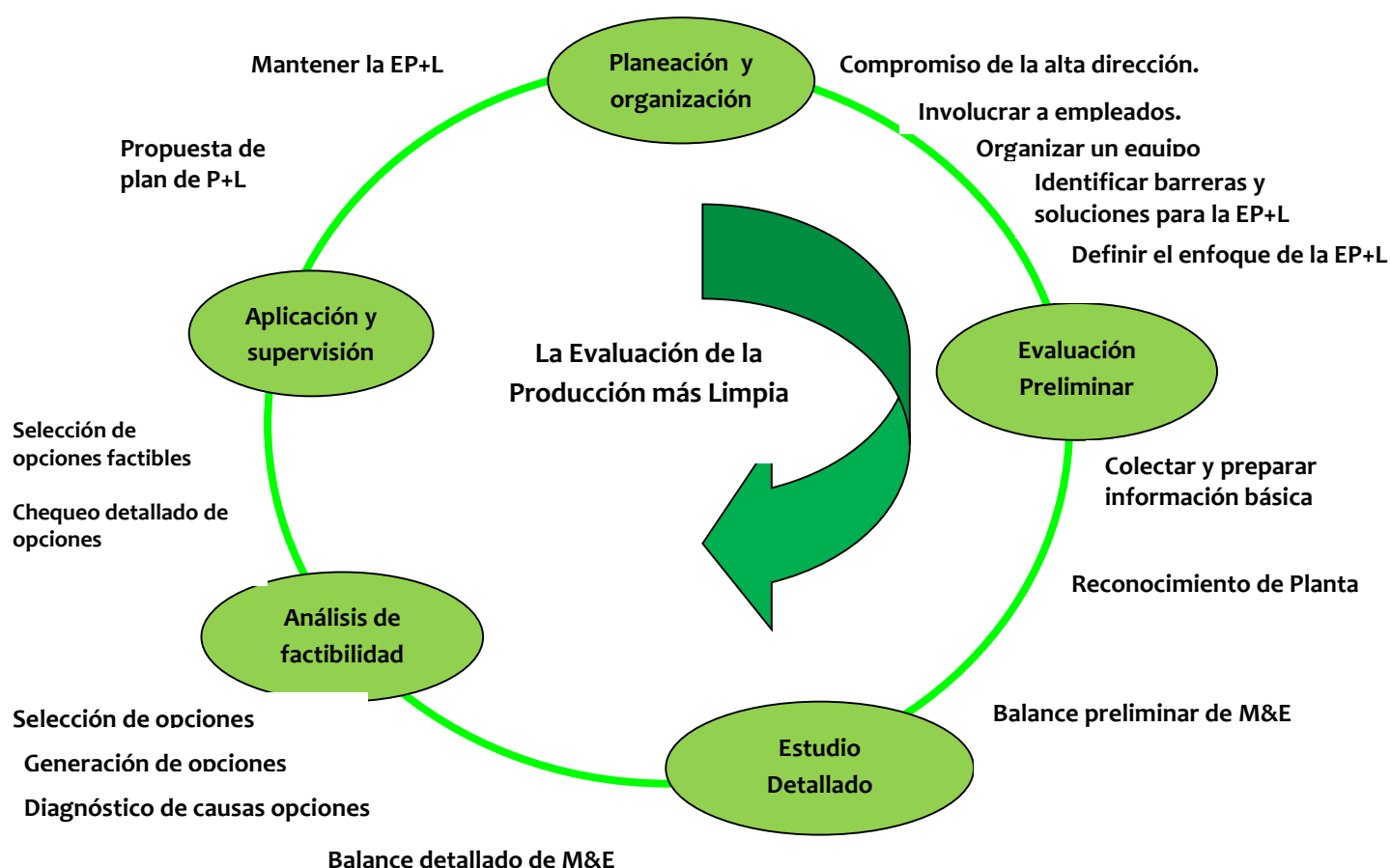


Figura 2.5. Etapas para la Implementación de PML. **Fuente.** (Colectivo de Autores, 2007)

2.4.1. Planeación y organización

En esta etapa se establecen las tareas indispensables para la implementación exitosa de una evaluación de Producción Más Limpia y se realizan las siguientes tareas:

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

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

- Organizar el equipo de Proyecto de PML.

Se debe integrar un equipo responsable del mismo, que incluya a empleados clave de las distintas áreas de la empresa, con un alto nivel de compromiso, experiencia y competencia. El equipo será el responsable de la coordinación del Programa de Producción más Limpia, 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 PML, que tenga la jerarquía y la autoridad necesarias para garantizar la implementación del programa e informará permanentemente a la gerencia sobre el avance del proceso.

- Establecer las metas de PML.

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

- Identificar obstáculos y soluciones para el Programa de PML.

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

- Decidir el enfoque de la evaluación de PML.

La decisión el enfoque de la Evaluación de PML concierne a los decisores involucrados.

El alcance establece si se va a incluir la planta entera o limitar la evaluación a ciertas unidades, secciones o departamentos. El énfasis establece lo referido a los materiales; por ejemplo el agua, energía o químicos.

2.4.2. Evaluación Preliminar

Las actividades a realizar por el equipo de la PML en esta etapa son:

- Colectar y preparar la información básica

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

- Realizar la exploración y el recorrido en planta

Al organizar el recorrido por la fábrica, se debe considerar la participación del jefe de planta y del jefe de mantenimiento, así como el equipo evaluador de PML, no debe llevarse a cabo un reconocimiento de planta cuando la misma no esté funcionando. Este equipo deberá realizar un recorrido coherente con el ordenamiento del proceso productivo, es decir que se deberá iniciar con la recepción de materias primas e insumos auxiliares y finalizar con la entrega del producto. Al realizar el recorrido por la empresa el equipo tendrá que tener claridad sobre los aspectos a evaluar y los datos a recopilar. Se recomienda elaborar un cuestionario que facilite la evaluación de los procesos. En el cuadro 1 (Anexo D), se expone la "Guía metodológica para visitas de diagnóstico rápido" y se da algunas recomendaciones para el recorrido (Ochoa, 2007).

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

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

Aplicando esta técnica permite extraer la información de los expertos que conformen un

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

Los pasos lógicos para la aplicación de la técnica son:

- Concepción inicial del problema.

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

- Determinación del número de expertos

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

- Selección de los expertos.

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

- Preparación de los cuestionarios.

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

- Procesamiento y análisis de la información mediante técnicas estadísticas.

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

- Agrupación de los criterios por orden de prioridad.

Al aspecto de mayor importancia se le concede el mayor número de puntos y así en orden decreciente hasta 1 punto al de menor importancia. Esta matriz se presenta en la Tabla 2.5.

Tabla 2.5. Matriz con los datos de la desviación del valor medio.

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

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

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

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

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

- Nivel de concordancia

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

Se calcula el coeficiente de concordancia de Kendall.

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

- Confeccionar diagramas de flujo de proceso

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

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

- Confeccionar los diagramas cualitativos de entrada y salida.

Identificadas todas las unidades de proceso, el próximo paso es identificar las entradas y salidas de materiales y energía en cada unidad de proceso, así como donde se generan los desperdicios. En la Figura 2.4 se muestra una representación esquematizada del diagrama de entradas y salidas.



Figura 2.4. Esquema de diagrama de entrada y salida. Fuente. Elaboración propia.

2.4.3. Estudio detallado.

El estudio detallado es la recopilación, validación y evaluación sistemática de los datos de proceso, el mismo se fundamenta en los datos e información sobre los principales problemas detectados por el criterio de experto en la evaluación preliminar, los datos obtenidos se colectan para completar los balances de masa de las entradas y salidas seleccionadas. Comprende las siguientes tareas:

- Balances detallados de masa a las operaciones críticas.

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

- Análisis de la estabilidad de los procesos.

Para el análisis del proceso se toman los valores de las variables fundamentales que intervienen en el proceso objeto de estudio, en un periodo de tiempo determinado. Para la determinación de los valores estadísticos se utiliza el STATGRAPHICS Centurión XVI análisis de una variable y se confecciona un gráfico de aceptación.

- Identificar las causas de los problemas ambientales y generar opciones de PML.

El equipo de evaluación de PML debe empezar a generar opciones. Esto será posible mediante lo que se conoce como un diagnóstico de la causa, por lo que el equipo debe concentrarse en separar las causas más importantes. Para establecer prioridades en la ejecución de las oportunidades se tendrán en cuenta los límites legales establecidos en las emisiones de todo tipo, los riesgos potenciales, las cantidades de residuos que se originan, el potencial de recuperación, los costos de tratamiento o disposición de los residuos, los recursos disponibles y los efectos financieros y ambientales. Durante los pasos anteriores se habrán ido identificando diversas opciones de PML. Algunas de las opciones identificadas serán de aplicación obvia desde el primer momento, en especial las que solo implican cambios de gestión, mientras otras se podrán descartar inmediatamente. Otro grupo de opciones requiere de un análisis técnico y económico más profundo antes de determinar lo apropiado de su ejecución.

2.4.4. Estudio de factibilidad.

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

- Evaluación técnica de las diferentes opciones.

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

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

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

- Evaluación ambiental de las diferentes opciones.

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

- Evaluación económica de las diferentes opciones.

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

- Los conceptos de período de recuperación de la inversión y rentabilidad de la inversión son utilizados para realizar evaluaciones económicas rápidas y sencillas.
- Seleccionar opciones de PML factibles de aplicar

La etapa final de la evaluación es la decisión sobre cuál de las opciones debe incluirse en el plan de mejoras de la empresa. Al momento de seleccionar las medidas a

implementar, se debe analizar la relación costo beneficio de la inversión, así como el período de retorno de las acciones. Teniendo en cuenta que la PML es un proceso de mejora continua las recomendaciones no son estáticas y dependerán de las condiciones de cada empresa que decidirá cuales implementar en función de los beneficios económicos, del ahorro de recursos o de la prevención de problemas ambientales.

2.4.5. Fase de implementación

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

- Preparar un plan de acción de PML

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

Capítulo III. Análisis de los resultados obtenidos

Para realizar una Evaluación de PML en la Planta de Producción de Queso se realizó un estudio en la línea de producción del Queso Cumanayagua, en la misma se efectuó un reconocimiento de las distintas etapas del proceso, identificando los puntos críticos en el manejo de materias primas, agua y energía, así como la generación de residuos, determinado los efectos ambientales y económicos y las oportunidades de mejora.

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

3.1. Planeación y organización.

En esta etapa se establecieron las tareas indispensables para la implementación de una Evaluación de PML y se realizaron las siguientes tareas:

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

En reunión efectuada con el Consejo de dirección de la Empresa de Productos Lácteos Escambray con la participación de técnicos y especialistas de las diferentes áreas de trabajo, se analizó el banco de problemas que afectan el buen desempeño de los procesos productivos en relación a los impactos ambientales que genera la fábrica y su influencia en los ecosistemas aledaños a la entidad. A partir de la discusión con estos factores se determinó la necesidad de realizar un estudio de los procesos con el objetivo de amortiguar o minimizar las afectaciones existentes, lograr disminuir los consumos de agua, energía, materia prima, y emisiones de gases, así como la carga contaminante a los pozos sépticos. Obteniendo el compromiso de la dirección de la Empresa, en apoyar con recursos y personal técnico, creando un equipo de producciones más limpias, y definiéndose un plan de trabajo para la ejecución de las tareas.

❖ **Organizar el equipo de Proyecto de Producciones más Limpias.**

La evaluación de PML es un trabajo de equipo, organizado, dirigido y apoyado por la dirección general de la Empresa y UEB objeto de estudio, también participan algunas instituciones que están involucradas o afectadas por la actividad de la industria, los clientes o consumidores y la comunidad. El equipo está integrado por 9 miembros con conocimientos, experiencias y las competencias necesarias, para realizar un análisis de las prácticas de producciones actuales, y posee la creatividad para explorar, desarrollar y de ser necesario hacer modificaciones, además de evaluar los obstáculos existentes en el

proceso, enfrentarlos, valorarlos y determinar los métodos a seguir. La relación de los especialistas que integran el equipo de PML se aprecia en la tabla 1 (Anexo E).

❖ **Identificar obstáculos y soluciones para el Programa de PML.**

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

- Poco conocimiento sobre PML del equipo de trabajo y personal general de la fábrica.
- Insuficiente educación ambiental de los trabajadores.
- Documentación técnica actualizada muy escasa.
- Falta de recursos materiales e incumplimiento del plan de mantenimiento.
- Carencias de medidores de flujo, manómetros de presión en los procesos.
- Ausencia de metro contadores para el consumo de agua en el proceso.
- Tecnología con más de 30 años de explotación.
- Deficiente funcionamiento de la Planta de Residuales.
- Exceso de carga contaminante en los residuales líquidos.
- Falta de recursos para acometer nuevas inversiones.

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

1. Capacitar al equipo y personal sobre PML.
2. Brindar información sobre los problemas ambientales existentes a directivos y trabajadores, así como capacitar a estos a través de un programa de educación y cultura ambiental.
3. Buscar documentación actualizada en centros especializados.
4. Cumplir el plan de mantenimiento y reparaciones, no efectuar estos solo por roturas y mejorar la gestión de los recursos materiales.
5. Gestionar con las empresas competentes para la instalación de metros contadores para agua.
6. Caracterizar sistemáticamente los residuales de la planta.
7. Cumplimentar con el plan de inversiones asignado a la entidad.

❖ **Decidir el enfoque de la Evaluación de PML**

El alcance del trabajo incluye el proceso de producción de quesos perteneciente a la Empresa de Productos Lácteos Escambray.

El énfasis del mismo estuvo dado en reducir el consumo de materias primas y materiales auxiliares, así como ahorro de agua que intervienen en el proceso, disminuyendo los residuos líquidos y sólidos que se generan y encontrar posibilidades de reuso de ellos.

3.2. Evaluación Preliminar

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

- **Colectar y preparar la información básica**

En la elaboración del queso se desarrollan varias etapas que son: recepción y filtrado de la leche, descremado, la coagulación en la cuba de elaboración con la adición del cuajo, el corte de la cuajada con la ayuda de las cuchillas y desuerado, salado, prensado, moldeado y la maduración como etapas principales, y un proceso auxiliar que comprende preparación de cultivos madres en el laboratorio, cuando el volumen de producción es grande estos cultivos se preparan en cuarto de cultivos industriales, preparando cepas puras de bacterias lácticas compuestas por una o varias especies de géneros afines que fermentan igual o en diferentes grados la lactosa y otros azúcares de la leche para producir ácido, que alcanzan el estado seco mediante la congelación y alto vacío, así el hielo contenido se sublima evitando los cambios físicos químicos y enzimáticos asociados a otras formas de deshidratación. Luego los microorganismos se introducen en leche previamente tratada con un porcentaje de sólidos necesarios para su reproducción y esto da paso a las producciones de los siguientes cultivos hasta llegar al cultivo industrial:

- Cultivo iniciador: es el primer cultivo que se prepara en los laboratorios de empresas o establecimientos a partir de la reactivación del cultivo liofilizado.
- Cultivo madre: es el que se obtiene a partir del cultivo iniciador al 1% de inoculación y se propaga como máximo en volúmenes de 100 ml.
- Cultivo técnico: es el que se obtiene en la 2da etapa de propagación y con volúmenes mayores.

- Cultivo industrial: es el que se obtiene en la 3ra etapa de propagación y se prepara de acuerdo a la norma de proceso que corresponda.

En estas etapas se utiliza la leche como materia prima fundamental, cuajo microbiano, cuajo industrial, hexametil tetramina, cloruro de calcio y sal fina, así como agua tratada, electricidad y materiales de empaque, siendo el producto terminado el queso, por lo que se generan desperdicios los cuales se vierten a los residuales de la Empresa.

❖ Consumo de materias primas

En la recolección de la información se toman las entradas de materia prima al proceso productivo tomando como referencia el año 2016 para el estudio, en la Tabla 3.1 se desglosan los datos.

Tabla 3.1. Comportamiento del consumo materia prima en el Queso Cumanayagua.

Fuente. Elaboración propia a partir del Balance Anual de UEB Producción de Quesos. Año 2016.

Materia Prima	Consumo	
	Plan 2016	Real 2016
Cuajo microbiano (kg)	1 535,161	1 534,835
Cloruro de calcio (kg)	1 479,006	1 479,72
Sal fina (kg)	49 807,047	49 913,715
Leche fresca (L)	174 885,6410	186 960
Cultivo Industrial (L)	0	0
Hexametil tetramina (kg)	473,36	470,181
Bolsas al vacío 260*540 (U)	58975	0
Bolsas 50x70x40 (U)	100,77	92761
Cajas de cartón (U)	48714	0
Cinta adhesiva (Organización de Naciones Unidas en el Desarrollo Industrial)	1355	1345
Et Térmica 40x120 mm (U)	0	763623
Etiquetas para caja (U)	10	0

❖ Consumo de agua

El registro del consumo de agua del Combinado Lácteo es general, no obstante en el último año se instrumentó un sistema de mediciones para determinar aproximadamente el consumo de este portador en las tres UEB (Helado, Queso, Producción de Leche y derivados de la Soya), en la Tabla 3.2 relacionamos cómo se comportó este indicador en el año 2016.

Tabla 3.2. Consumo de agua para la producción de queso. **Fuente.** Cierre de eficiencia del Combinado de Productos Lácteos Escambray.

Consumidor	Consumo de Agua. 2016(m ³)	Importe de agua. (CUP) 2016
Empresa de Productos Lácteos	274019	602841,8
UEB Producción de Quesos	95 906,65	210 994,63
Producción de queso Cumanayagua	17 158	37 747,6

Consumo de agua en el año 2016 (m3)

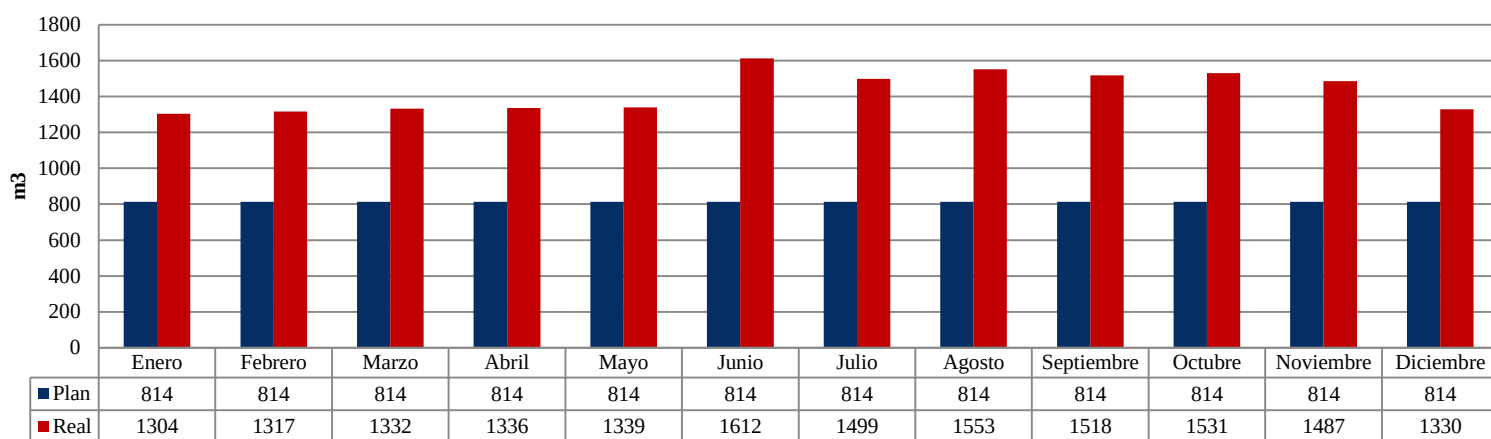


Figura 3.1: Consumo de agua en el año 2016 en m³. **Fuente.** Elaboración propia.

El consumo real de agua en todos los meses del año se mantuvo por encima de los planificados en la UEB Producción de Quesos como se aprecia en la Figura 3.1, siendo esto uno de los principales problemas ambientales que afecta hoy en día a la fábrica, los meses de junio y agosto son los de mayor consumo debido a que hay una mayor producción de queso.

❖ Consumo de energía

El Combinado Lácteo cuenta con un sistema de contadores los cuales miden la cantidad de electricidad que se consume en cada UEB (Helado, Queso, Producción de Leche y derivados de la Soya), en la Tabla 3.3 relacionamos cómo se comportó este indicador en el año.

Tabla No. 3.3. Comportamiento de portadores energéticos Año 2016. **Fuente.** Elaboración Propia a partir del Cierre de eficiencia de Combinado Lácteos Escambray. Año 2016

Portadores Energéticos.	U/M	Plan	Real
Consumo Energía Eléctrica en el Combinado Lácteo	kW/h	5681535	5535992
Consumo de Fuel Oíl en el Combinado Lácteo	m ³	854,03	829,74
Consumo Energía Eléctrica en la UEB de Quesos	kW/h	2406256	2338418
Consumo de Fuel Oíl en la UEB de Quesos	m ³	172,28	149,33

Para cuantificar el consumo de energía de la producción de quesos, se calculó el consumo de electricidad de los equipos instalados en la misma, como se muestra en la Figura 3.2. En el Anexo F, tabla 1 se relacionan estos equipos.

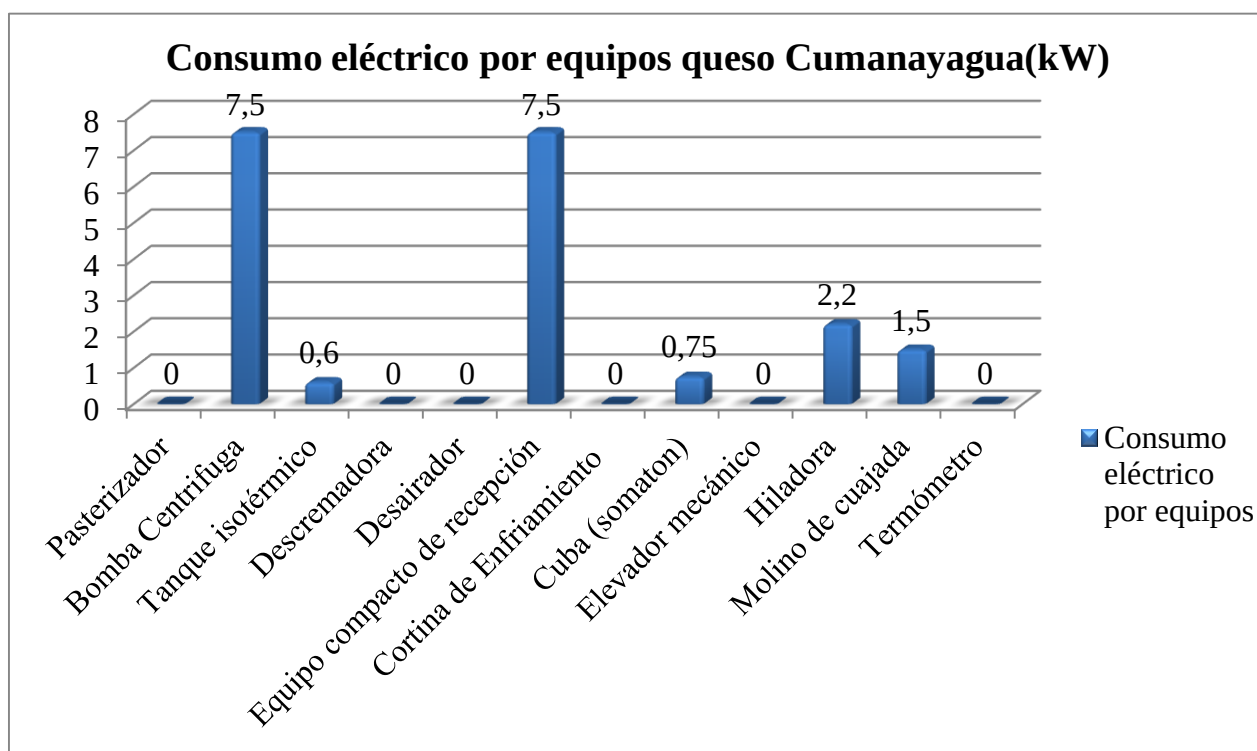


Figura 3.2. Mapa de consumo de energía eléctrica en la Producción de Quesos. **Fuente.** Empresa de Productos Lácteos Escambray.

Al analizar los diagramas se observa que el equipo de mayor consumo de energía eléctrica es la bomba centrífuga y el equipo compacto de recepción de la leche los mismos se encuentran en diferentes etapas como son la recepción de la leche y el desuerado.

Consumo de electricidad en el año 2016 (kWh)

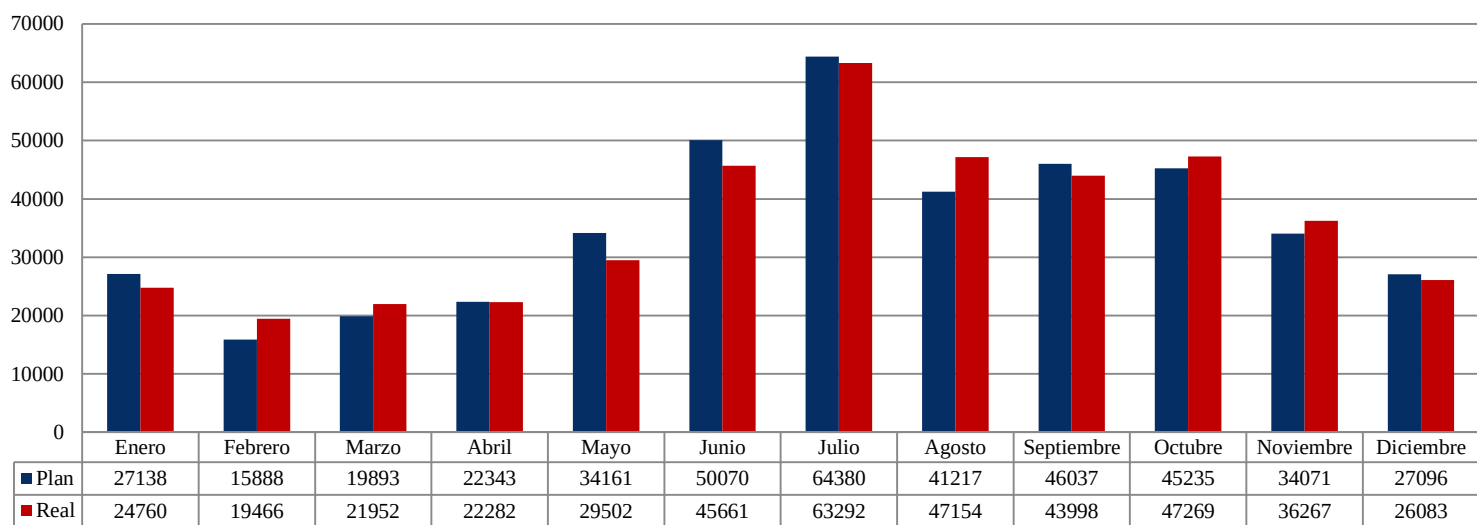


Figura 3.3: Consumo de electricidad en el año 2016 en kW/h. **Fuente.** Elaboración propia.

El consumo de electricidad en el año 2016 según la Figura 3.3 se comportó de manera correcta ya que se logró un ahorro de energía con respecto al plan por lo que se trabajó de manera eficiente incluso en el mes de julio, el cuál tubo un volumen de producción alto y un mayor gasto de energía eléctrica.

❖ **Salida del proceso productivo**

Queso: Se produjeron un total de 1507,6 toneladas de queso en el año 2016.

Agua: Existe salida de agua proveniente de la limpieza de los equipos y de la hiladora, así como del agua de enfriamiento de la masa del queso en todos los casos este producto va a los residuales de la empresa.

❖ **Salidas de desperdicios**

En el proceso de producción del queso, uno de los desperdicios sólidos que se obtiene son los residuos de material de embalaje como son cajas de cartón, nylons, los cuales van a la basura y luego se venden a materias primas además de los residuales líquidos como son el agua de limpieza y suero provenientes del proceso productivo.

❖ **Diagrama de bloque de proceso.**

La producción de quesos comprende varias operaciones unitarias en la Figura 3.4 se muestra el diagrama de bloque de este proceso.

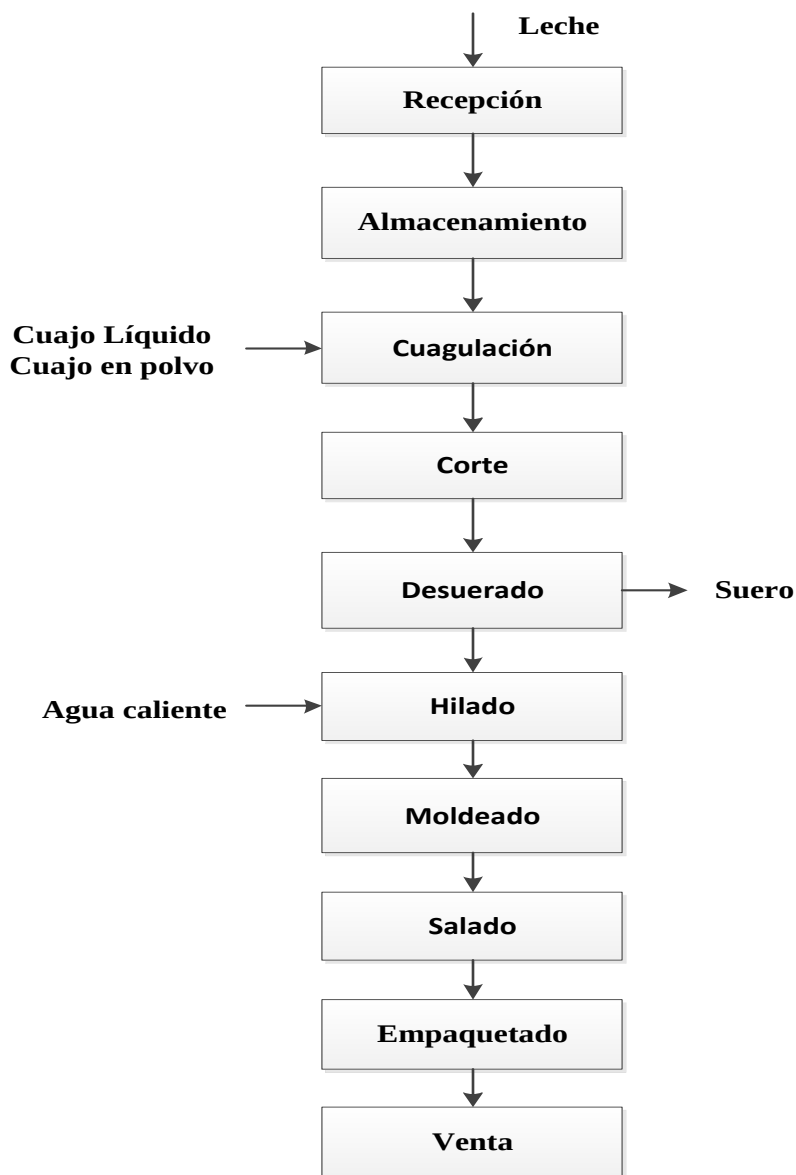


Figura. 3.4. Diagrama de flujo de la línea de elaboración de queso. **Fuente.** Elaboración Propia.

❖ **Diagrama Cualitativo de entradas y salidas del proceso objeto de estudio.**

En la Figura 3.5 se muestra el diagrama cualitativo de entrada y salidas de todas las etapas de la producción de queso.

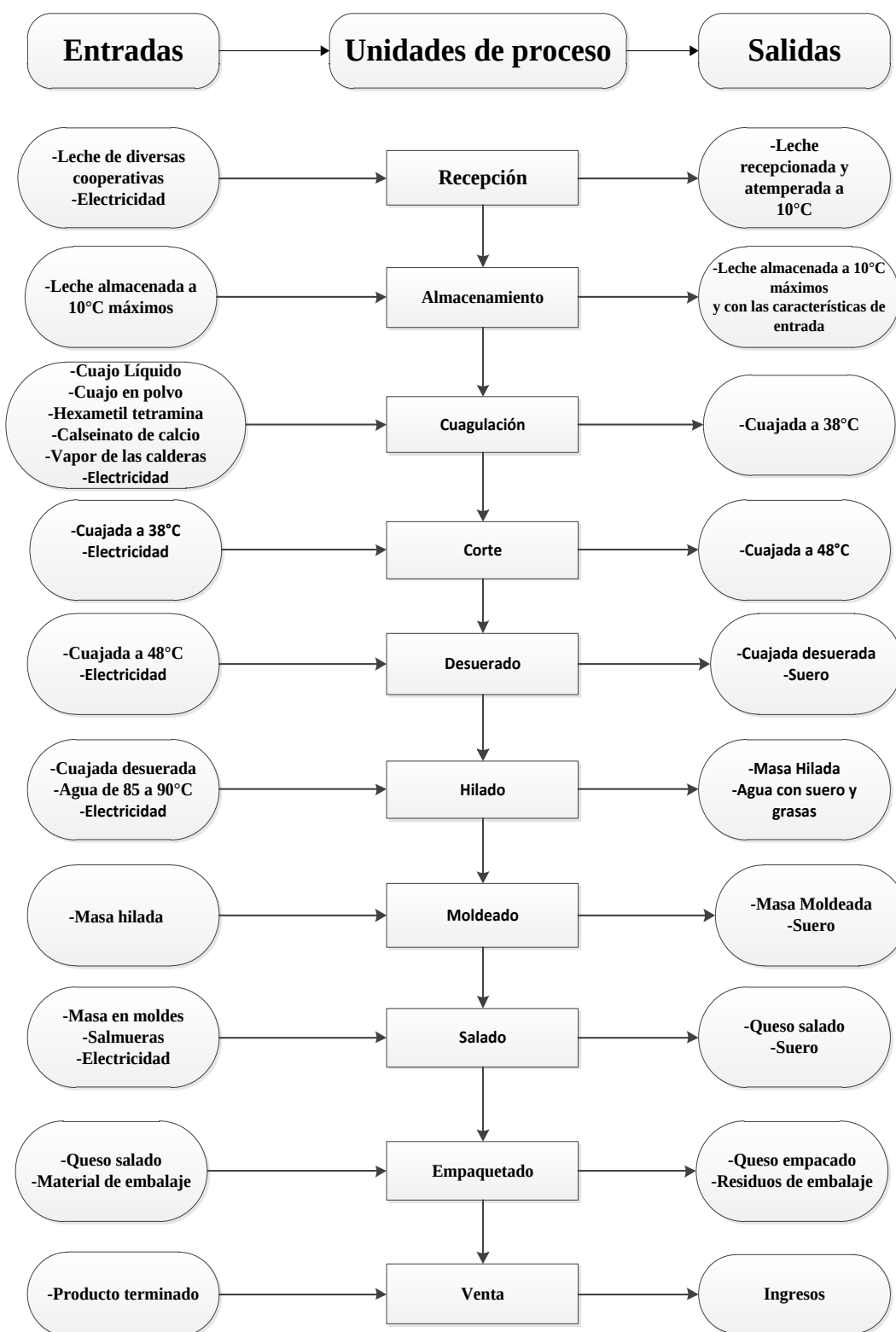


Figura 3.5. Diagrama cualitativo de entrada y salida de productos. **Fuente.** Elaboración propia.

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

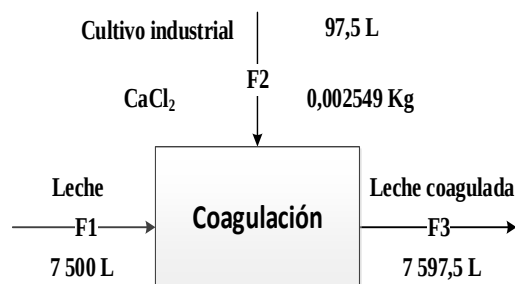
- Materias primas: Leche, cuajo líquido, cuajo industrial, calceinato de calcio, hexametil tetramina, sal fina, queso.
- Desechos sólidos: Residuos de materiales de embalaje.
- Desechos Líquidos: Agua de enfriamiento de la cuba, suero, detergentes y otros químicos de limpieza.
- Desechos gaseosos: Vapores de evaporación.

• Exploración y recorrido en Planta

❖ Balance de masa de la cantidad de residuales líquidos que genera la planta.

El balance de materiales de dicho proceso se realizó basado en los datos operacionales de la fábrica y el diagrama de bloque de la misma que se encuentra en la Figura 3.4, teniendo en cuenta un lote de producción y para su realización se dividió en diferentes etapas del proceso.

Etapas 1



Balance total: $F1 + F2 = F3$

$\rho(\text{CaCl}_2) = 2,15 \text{ g/cm}^3 = 2\,150 \text{ kg/m}^3$

$V = 0,002549 \text{ kg} / \rho(\text{CaCl}_2)$

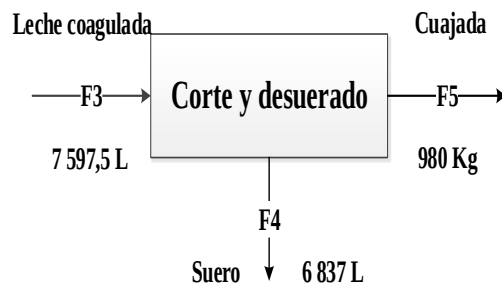
$\rho = m/V$

$V = 0,002549 \text{ kg} / 2\,150 \text{ kg/m}^3 = 0,0000011855 \text{ L}$

$F3 = 7\,500 \text{ L} + 97,5 \text{ L} + 0,0000011855 \text{ L}$

$F3 = 7\,597,5 \text{ L}$

Etapa 2



Balance total: $F3 = F4 + F5$ $7\,597,5\text{ L} \cdot 0,9 = F4$ $7\,597,5\text{ L} \cdot 0,1 = F5$

Balance parcial: $F3 \cdot 0,9 = F4$ $6\,837,5\text{ L} = F4$ $759,75\text{ L} = F5$

$F3 \cdot 0,1 = F5$

$F5 = 759,75\text{ L} = 0,75975\text{ m}^3 \cdot \rho \text{ (Escambray)}$

$F5 = 0,75975\text{ m}^3 \cdot 1\,290\text{ kg/m}^3$

$F5 = 980,1\text{ kg}$

Etapa 3

Balance total: $F5 + F6 = F7 + F8$

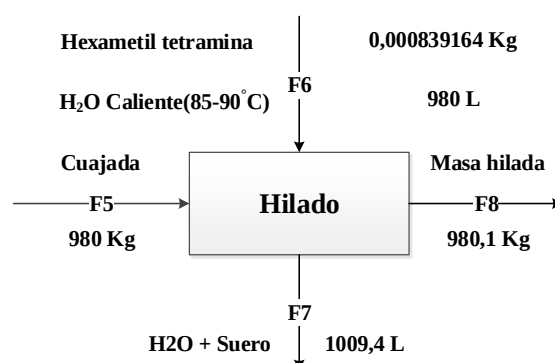
Balance parcial: $F5 = F8$ (la cantidad de hexametil tetramina que es de 0,000839164 kg que se desprecia)

El agua entrante en la corriente F6 es de 980 L y a la salida de la corriente F7 salen los 980 L de agua más un (3-5%) del suero acumulado en el grano de cuajada, este residual va directo junto con el agua utilizada en la limpieza de los equipos y aproximadamente el 1 % del suero del proceso de desuerado van al tanque séptico.

$980\text{ L} \cdot 0,05 = F7$

$F8 = 980,1\text{ kg}$

$F7 = 1\,029\text{ L}$



Etapa 4:

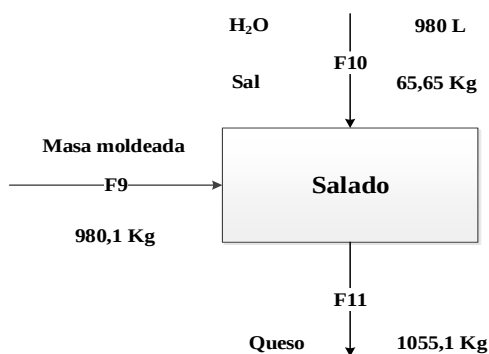
Balance total $F_8 = F_9 = 980,1 \text{ kg}$



Etapa 5:

Balance total: $F_9 + F_{10} = F_{11}$

$980,1 \text{ kg} + 65,65 \text{ kg} = 1\,045,75 \text{ kg}$



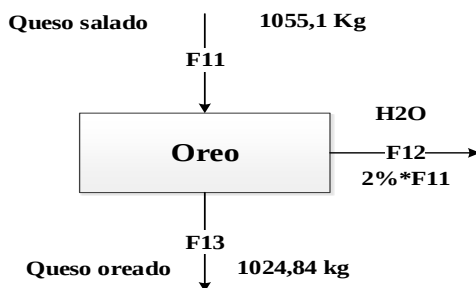
Etapa 6:

Balance total: $F_{11} = F_{12} + F_{13}$

$1045,75 \text{ kg} = 0,02 * F_{11} + F_{13}$

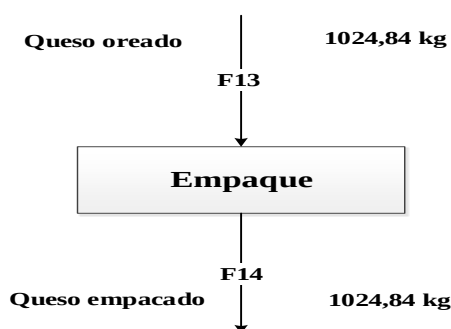
$F_{13} = 1\,024,84 \text{ kg}$

Según la norma del proceso tecnológico queso pasta hilada de la Empresa de Productos Lácteos “Escambray” establece que en la etapa de oreo la pérdida de agua en el queso es de 1-2 % de la masa húmeda que entra a la misma, por lo que la masa seca es de 1 024,84 kg.



Etapa 7:

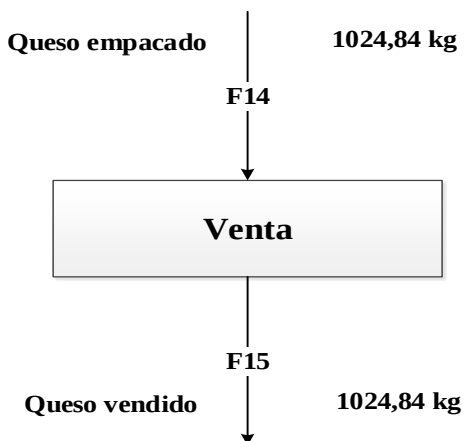
Balance total: $F13=F14=1024,84 \text{ kg}$



Etapa 8:

Balance total:

$F14=F15=1024,84 \text{ kg}$



Según el resultado del balance de materiales realizado para un lote de 7 500 L de leche se obtienen 1 024,84 kg de queso y 6 837,5 L de suero proveniente de la etapa de desuerado en la cuba de elaboración y 1009, 4 L de la etapa de hilado. El suero producido se vende como alimento animal y solo van a los residuales las aguas con

mezclas de suero de la etapa de hilado, más las que se utilizan en el área de limpieza (4 107, 23 L) y un 1 % de la que derrama de los tanques de fermentación (68,37 L).

- **Malas prácticas detectadas en el recorrido en planta**

Al realizarse un recorrido por la planta de producción de quesos, objeto de por el equipo de Producción Más Limpia se determinó a través de una inspección realizada que la misma presenta una serie de inconvenientes que atentan contra las buenas prácticas de las PML.

Las malas prácticas encontradas en estas etapas fueron identificadas a través de la realización de una simple inspección visual a las áreas de trabajo, relacionando a continuación las 27 deficiencias detectadas y en la Figura 3.6 se representan las mismas.

Piso de trabajo

- Los pisos de la planta se encuentran en mal estado, lo que provoca acumulación de agua de limpieza y que se tornen resbaladizos dificultando el movimiento de los operarios.
- En ocasiones hay derrame de materias primas.

Equipos y procesos

- Filtraciones en el techo y falta de iluminación en la nevera de la salmuera.
- Salideros de vapor en la tubería de suministro para calentamiento del agua de hilado.
- Salideros de leche en la recepción.
- El cuajo se mantiene en la nevera por no haber refrigeración en la recámara de conservación del cuajo.
- La calidad de la leche recibida es variable por lo que hay que inocularle mayor o menor cantidad de cuajo dependiendo de su pH.
- Salideros de agua por causa de una fuga en la cuba de elaboración.
- Mal estado de las instalaciones, así como del aislamiento de las tuberías.
- No se conocen con exactitud las concentraciones de las salmueras.
- El peachímetro del laboratorio presenta problemas de calibración.
- Aislamiento de las tuberías en mal estado.
- Equipos en desuso por tecnología obsoleta o capacidad de producción baja por falta de materias primas.
- Estado metrológico de la fábrica deficiente ya que no hay medidores de flujo de agua para conocer su consumo.

- Existencia de desgastes de los accesorios de tuberías.
- La eficiencia de las calderas es baja.
- No existencia de medidas o programas de eficiencia del agua.
- Altas emanaciones de gases en el área de las calderas.
- Derrames de fuel oil.
- La red de suministro interno de agua se encuentran en mal estado.
- Los tanques sépticos no tienen eficiencia de tratamiento.
- No hay termómetro en la cuba de elaboración.
- Las lagunas tienen un grado de azolvamiento alto.

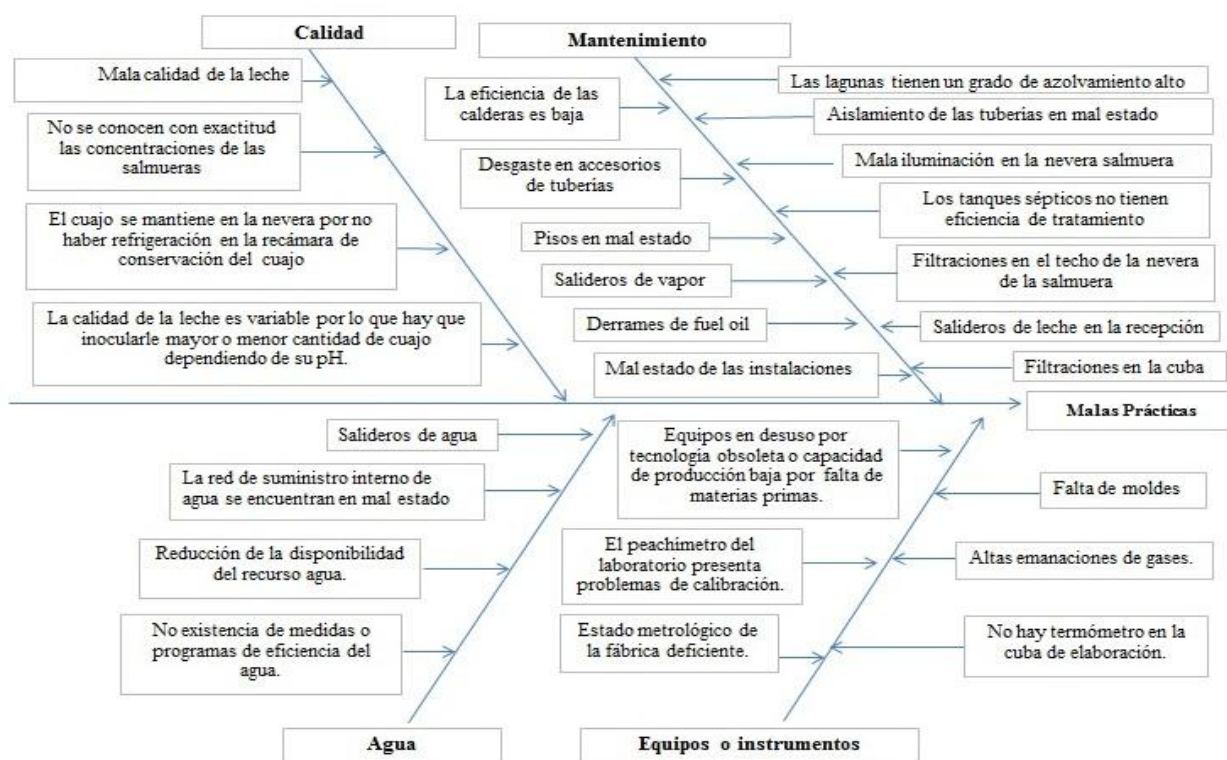


Figura 3.6. Deficiencias ambientales detectadas en la inspección visual. **Fuente.** Elaboración propia

• Selección de los problemas ambientales detectados por criterio de expertos

Para la selección de las principales deficiencias y problemas ambientales relacionada con las malas prácticas de PML en la fábrica, se sometió la aplicación de la Técnica de Criterios de Expertos donde los pasos lógicos a aplicar son:

- **Concepción inicial del problema**

Mediante una tormenta de ideas con técnicos y especialistas de la empresa se seleccionaron las 9 principales causas de las 27 detectadas en el recorrido por la planta, las cuales se muestra en la Tabla 3.4.

Tabla 3.4. Selección de los problemas identificados. **Fuente.** Elaboración propia.

Orden	Problemas identificados
1	El tratamiento de residuales en el tanque séptico es ineficiente.
2	La calidad del queso se ve afectada por la falta de control en la concentración de la salmuera.
3	Existen variaciones en la temperatura de la leche en la cuba de elaboración.
4	Las lagunas tienen un grado de azolvamiento alto.
5	Altas emanaciones de gases.
6	Estado metrológico de la fábrica deficiente.
7	Aislamiento de las tuberías en mal estado.
8	Salideros de vapor.
9	No existencia de medidas o programas de eficiencia del agua.

- **Determinación del número de expertos.**

El número de expertos $M = 9$ expertos, es decir se requieren de 9 expertos para realizar el primer análisis para un 5 % de error en la estimación, el cálculo del número de expertos se aprecia en el (Anexo G).

- **Selección de los expertos.**

De la Empresa de Productos Lácteos Escambray, se seleccionaron 9 expertos entre los especialistas y técnicos que dominan el problema científico tratado, los cuales tienen incidencia en el estudio del presente trabajo. En la tabla 1 (Anexo H) se resume la formación técnica, años de experiencia y % de dedicación al tema en el área de trabajo.

- **Preparación de los cuestionarios.**

En la tabla 1 (Anexo I) se relaciona el cuestionario diseñado y aplicado a los expertos. La encuesta diseñada y aplicada se relaciona en el (Anexo J).

- **Procesamiento y análisis de la información mediante técnicas estadísticas.**

- ✓ **Procesamiento de los datos.**

Luego de aplicada la encuesta se procedió a realizar la tabulación de los datos, en dependencia de la votación de los expertos, se realizó la sumatoria de la puntuación dada por el evaluador en orden de prioridad de 1 al 9, demostrando la importancia que le concedió al requisito planteado. En la Tabla 3.5 se resume la tabulación de la encuesta y el resultado de los datos obtenidos.

Tabla 3.5. Los datos obtenidos de los expertos. **Fuente.** Elaboración propia a partir de la encuesta realizada a los expertos. Empresa de Productos Lácteos Escambray

No.	Problemas	Experto									Total
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	
1	La calidad del queso se ve afectada por la falta de control en la concentración de la salmuera.	7	9	8	8	9	9	8	7	10	75
2	El tratamiento de residuales en el tanque séptico es ineficiente.	10	7	9	8	9	6	10	10	8	77
3	Estado metrológico de la fábrica deficiente.	4	7	4	8	6	8	5	8	7	57
4	Aislamiento de las tuberías en mal estado.	3	8	7	4	4	6	9	7	7	55
5	No existencia de medidas o programas de eficiencia del agua.	2	4	1	3	1	2	4	5	4	26
6	Salideros de vapor.	8	7	5	4	4	7	5	5	7	52
7	Las lagunas tienen un grado de azolvamiento alto.	6	9	8	7	5	7	10	4	6	62
8	Altas emanaciones de gases.	4	8	9	7	8	6	5	8	6	61
9	Existen variaciones en la temperatura de la leche en la cuba de elaboración.	7	9	8	6	8	9	7	9	6	69

Como se puede observar luego de tabular las 9 principales causas seleccionadas para la aplicación de criterio de experto, se determinó que el orden de prioridades establecido por problemas existente es:

- Problema No 1. El tratamiento de residuales en el tanque séptico es ineficiente.
- Problema No 2. La calidad del queso se ve afectada por la falta de control en la concentración de la salmuera.
- Problema No 3. Existen variaciones en la temperatura de la leche en la cuba de elaboración.
- Problema No 4. Las lagunas tienen un grado de azolvamiento alto.
- Problema No 5. Altas emanaciones de gases.
- Problema No 6. Estado metrológico de la fábrica pésimo.
- Problema No 7. Aislamiento de las tuberías en mal estado.
- Problema No 8. Salideros de vapor.
- Problema No 9. No existencia de medidas o programas de eficiencia del agua.

En la Figura 3.7 se muestra a través de un diagrama de Pareto el comportamiento de las principales variables ponderadas por los expertos.

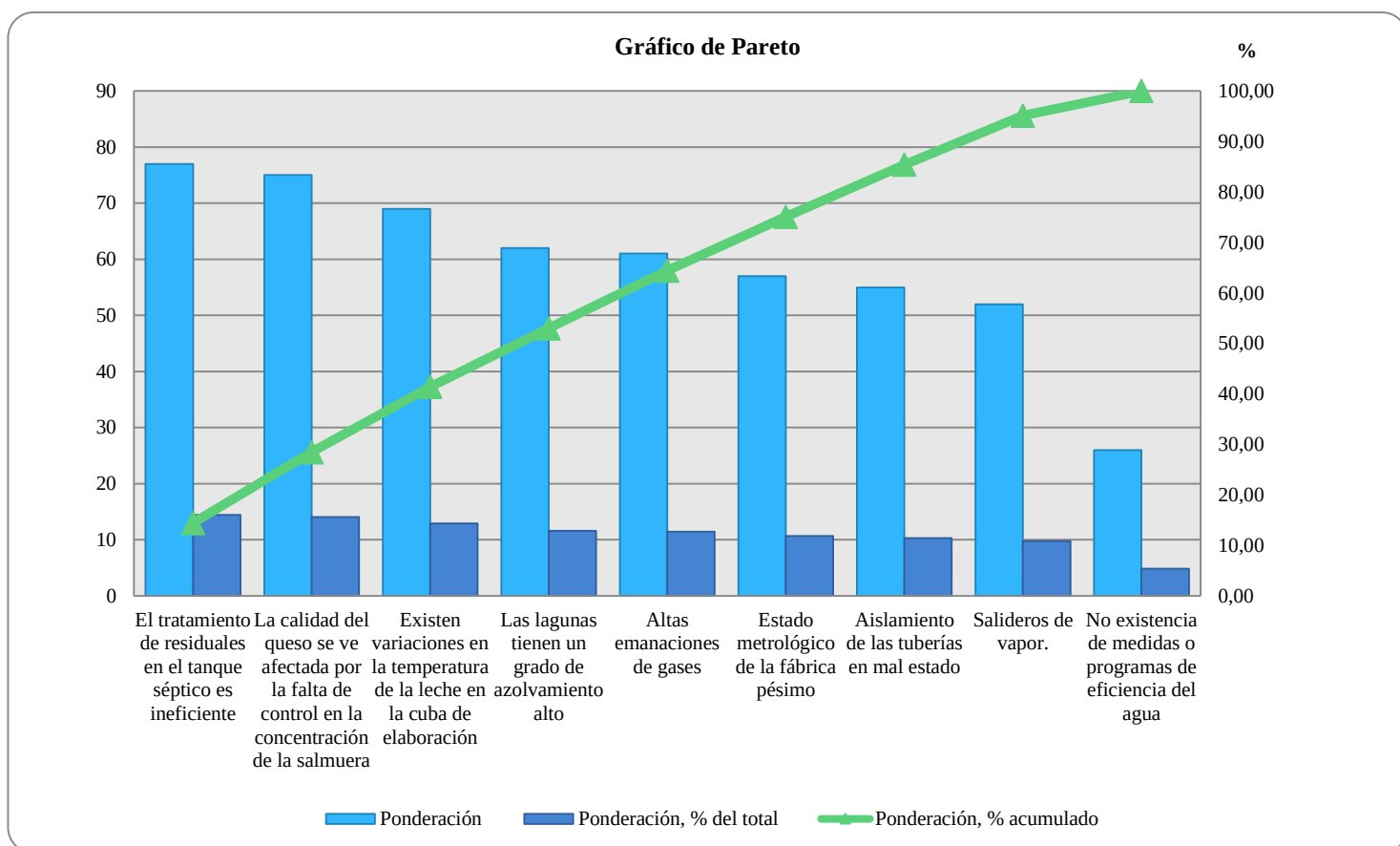


Figura 3.7. Ponderación de los expertos. **Fuente.** Elaboración propia

Al analizar el diagrama se definen los tres problemas principales detectados, a los cuales se le realizó una evaluación detallada y se propuso un plan de medidas para la amortización o minimización de los desechos que se generan en este proceso.

Análisis de la información.

La concordancia de los expertos fue determinada por el Coeficiente de Concordancia de Kendall. Para el cálculo del Coeficiente de Concordancia de Kendall se confeccionó una matriz con los criterios y la votación de los expertos, toda la información fue procesada utilizando un programa estadístico en Excel, como se muestra en la tabla 1 (Anexo K).

✓ Cálculo del coeficiente de concordancia de Kendall.

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

$$\omega = 12 * 3699 / 81 * (9^3 - 9) = 0,8$$

Es necesario señalar que el coeficiente de Kendall es de 0,8 es decir se debe aceptar la decisión.

3.3. Estudio Detallado

Con la aplicación del criterio de expertos se determinaron los tres principales problemas de los nueve analizados y se realizó una evaluación preliminar a cada uno de ellos, aplicando la metodología de PML, para los balances de materia se tomaron los datos que se obtuvieron de los registros de controles de producción, consumos, así como mediciones realizadas en el laboratorio de la fábrica.

Problema 1. Los tanques sépticos no tienen eficiencia de tratamiento.

La planta de producción de queso cuenta con un tanque séptico, al cual se vierten los desechos líquidos provenientes de proceso productivos principalmente el agua del desuerado, el mismo no está diseñado correctamente por lo que no cumple con la eficiencia necesaria para el tratamiento de estos residuales como se puede observar en la Figura 3.8.



Figura 3.8. Imagen del tanque séptico actual. Fuente. Informe ambiental del CITMA.

Para dar solución al problema detectado se hace necesario el diseño un tanque séptico que cumpla con las especificaciones de calidad requeridas por la instalación, para el mismo se realizaron las siguientes tareas:

❖ **Diseño del tanque séptico**

El tanque séptico es un sistema generalmente primario para el tratamiento de aguas residuales en el que se pueden observar los procesos de separación de una parte sólida (sedimentación simple) y una de espumas; el agua intermedia entre el sedimento y las espumas se va convirtiendo en un líquido clarificado; lo anterior se debe a que si se impide que el aire y la luz lleguen a la masa, se favorece la vida y reproducción de seres microscópicos que proliferan en ambientes desprovistos de oxígeno, además se encargan de tomar los elementos necesarios para su existencia de la materia orgánica, destruyendo su estado sólido y convirtiéndose en líquidos y gases, en una tendencia propicia para reducir las formas peligrosas de dicha materia a productos minerales inofensivos (Pinzón Hernández, 2010)

El pozo séptico efectúa solamente un proceso primario en la depuración de las aguas residuales, por lo tanto el efluente no posee las características físico- químicas ni microbiológicas adecuadas para ser descargado directamente a un cuerpo receptor. Por lo tanto es necesario proporcionar un tratamiento al efluente, con el propósito de disminuir los riesgos de contaminación y de perjuicio a la salud pública.

Tipos:

Existen diferentes tipos de pozos sépticos entre los cuales se tiene:

- Convencionales de dos compartimientos.
- Equipados con un filtro anaerobio.

- Según el material de concreto o de fibra de vidrio también se pueden utilizar otros materiales que se consideren apropiados para el propósito del tanque.
- Pueden ser rectangulares o cilíndricos.
- Prefabricados.

La eficiencia de la eliminación de los sólidos por sedimentación puede ser grande, hasta del 80 % de los sólidos en suspensión en tres tanques sépticos y se han encontrado valores de eliminación similares en un solo tanque. Sin embargo, los resultados dependen en gran medida del tiempo de retención, los dispositivos de entrada y salida etc.

Estas referencias de eficiencia son datos teóricos los cuales son muy optimistas; si se asumen datos conservadores de eficiencia se decide adjudicar un valor del 25 % de eficiencia al tanque séptico.

A continuación en la Figura 3.9 se muestra un tanque séptico de dos compartimentos.

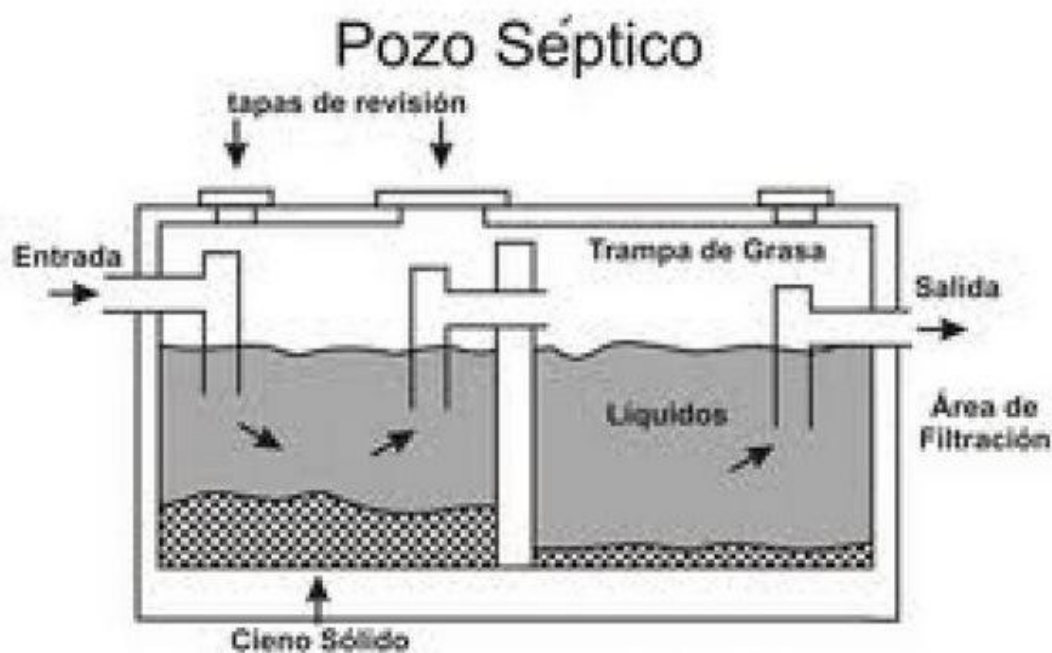


Figura 3.9. Imagen del tanque séptico de dos compartimentos donde la segunda cámara realiza función de trampa de grasas. **Fuente.** (Pino, 2012)

Tomando como referencia los datos que se tienen de la caracterización de los residuales de la fábrica de queso que hoy tributan al tanque séptico tenemos:

DBO afluente

DBO_5 (Fábrica de Queso)=2000 (mg/L)

DBO_5 (Fábrica de Helados)=2400 (mg/L)

DBO_5 (Mezcla)=2000+2400=4400 (mg/L)

Caudal afluente (Q)

Q (Caudal Fabrica de Queso)= 15 m³ /día=0,0002 (m³/s)

Q (Caudal Fabrica de Helados)=36,85 m³ /día=0,0004 (m³/s)

Q (Mezcla)= 51,85 m³ /día=0,0006 (m³/s)

❖ Determinación de la carga orgánica (kg/día)

Para determinar la carga orgánica (C.O) es necesario realizar una conversión de unidades de m³/día a L/día; además establecer que el número de horas diarias que se trabaja es de 16 y determinar la carga en kg/día para tal efecto se utilizó la siguiente ecuación:

$$C. O = DBO_{\text{afuente}} \text{ (mg/L)} * Q \text{ (m}^3\text{/día)}$$

$$C. O = 4400 \text{ (mg/L)} * 51,85 \text{ (m}^3\text{/día)}$$

$$C. O = 4400 \text{ (mg/L)} * 51\,850 \text{ (L/día)}$$

$$C. O = 228\,140\,000 \text{ (mg/día)}$$

$$C. O = 228,14 \text{ kg/día.}$$

De aquí se obtiene una carga orgánica de 228,14 kg/día.

❖ Tiempos de retención

En las unidades productoras existen distintas jornadas de trabajo que se encuentran entre ocho (8) y veinticuatro (24) horas continuas; para determinar el volumen; que se encuentra en función del tiempo de retención y es un parámetro principal en el diseño del tanque se estimó una jornada laboral igual a dieciséis (16) horas en la que se maneja un caudal (Q) = 0,0006 m³/s. Se decide diseñar el tanque con la condición nombrada a fin de no sobrecargar el filtro anaerobio y permitir su correcto funcionamiento.

Para poder realizar el dimensionamiento del tanque se tomará un tiempo de retención de 16 h.

❖ Volumen del tanque

Cada diseñador debe seleccionar una metodología de diseño que garantice el correcto funcionamiento del sistema teniendo en cuenta que se debe cumplir con los siguientes criterios:

- Rendimiento del proceso de tratamiento.
- Almacenamiento de lodos y espumas.
- Amortiguamiento de caudales pico.

Es necesario determinar el volumen útil del tanque para lo cual se tienen los datos obtenidos anteriormente de tiempo de retención y caudal.

$$V_u = Q \left(\frac{m^3}{s} \right) * t(s)$$

$$V_u = 0,0006 \frac{m^3}{s} * 57\,600\,s$$

$$V_u = 35\,m^3$$

❖ Dimensionamiento

Para el dimensionamiento del tanque objeto de estudio de esta investigación, según la literatura se debe tener una relación largo ancho $\frac{l}{b}$ la cual debe cumplir con la siguiente restricción $2 < \frac{l}{b} < 4$, además de tener en cuenta que la profundidad útil se encuentre en los rangos establecidos, en relación con el volumen útil necesario para su funcionamiento. En la tabla 3.6 se muestran los valores de profundidad útil reportados en literatura.

Tabla 3.6. Valores de profundidad útil. **Fuente.** (Pinzón Hernández, 2010)

Volumen útil	Profundidad útil mínima	Profundidad útil
Hasta 6	1,2	2,2
De 6 a 10	1,5	2,5
Más de 10	1,8	2,8

Según literatura consultada para el diseño de un tanque séptico la profundidad útil (pu) debe estar entre 1,8 y 2,8 m para un volumen útil de 10 m³. El tanque propósito del diseño de este trabajo, según cálculos realizados, tiene un volumen útil de 35 m³ por lo que se asume un valor de profundidad máxima recomendado que es de 2,8 m para el cálculo de la sección transversal

Para el cálculo de la sección transversal se asume que la altura del tanque es igual al valor de la profundidad útil

$p_u = h = 2,8 \text{ m}$, entonces se tiene que:

$$A_t = \frac{V}{h} = \frac{35}{2,8} = 12,5 \text{ m}^2$$

Calculamos el ancho del tanque, como $\frac{l}{b} = 2,1$, valor asumido dentro del rango de 2 a 4, entonces tenemos que:

$$l = 2,1 * b$$

$$A = b * l$$

$$A = 2,1 * b^2$$

$$b = \sqrt{\frac{A}{2,1}}$$

$$b = \sqrt{\frac{12,5}{2,1}} = 2,4 \text{ m}$$

Cálculo del largo del tanque $l = 2,1 * b = 5,1 \text{ m}$

Dimensiones del pozo séptico

$$l = 5,1 \text{ m}$$

$$b = 2,4 \text{ m}$$

Además se debe cumplir que: $l \leq 2 * p_u$

❖ **Altura total del tanque**

Es necesario incluir en la altura total un borde libre entre el nivel del agua y la parte superior del tanque no menor a 300 mm.

$$h_T (\text{m}) = p_u + 0.30$$

$$h_T (\text{m}) = 3,1 \text{ m}$$

❖ **Tanques sépticos con más de una cámara**

El tanque propuesto es de tipo rectangular con dos compartimientos, es oportuno señalar que el volumen de la primera cámara será igual a $\frac{2}{3} V$ y de la segunda $\frac{1}{3} V$. Con las recomendaciones anteriores se obtienen longitudes iguales a:

$$l_1 (\text{m}) = 3,4 \quad l_2 (\text{m}) = 1,7$$

❖ **Tabique divisorio**

El tabique divisorio tendrá por objeto darle al líquido que entra un mayor recorrido antes que salga del tanque y por consiguiente, más tiempo de sedimentación y fermentación. Además, este tabique es muy importante en aquellos casos en que el desnivel es muy fuerte y por lo tanto el agua penetra con mucha fuerza en la fosa, pudiendo arrastrar los lodos al dispositivo de salida. La altura del tabique debe admitir un espacio, bajo la cubierta del tanque, el cual será mínimo de 20 cm con el fin de habilitar el paso de gases de un compartimiento a otro. Entonces tenemos que:

$$h_t(m) = h_T(m) - 0,2$$

$$h_t(m) = 2,90 \text{ m}$$

❖ **Abertura de intercomunicación de Tanques**

La intercomunicación entre cámaras será mediante aberturas con un área equivalente al 5 % de la sección vertical útil del plano de separación del tanque; el número mínimo de aberturas es dos y el máximo es de 4.

Área de aberturas para intercomunicación de las cámaras es:

Área de aberturas = 0,05 * la sección útil del tabique

$$A_{ab} (m^2) = 0,05 * p_u * b$$

$$A_{ab} (m^2) = 0,4381$$

Para el tanque propuesto se asume que tiene un número total de abertura de 4, y con la el área total calculada anteriormente se determina el área de las aberturas, entonces tenemos que:

$$\text{Alto } h(m) \quad 0,219$$

$$\text{Ancho } b_1(m) \quad 0,219$$

Para determinar la separación entre las aberturas tenemos que:

$$\text{separación} = \frac{b \text{ del tanque} - (\text{número de aberturas} * b_1 \text{ aberturas})}{\text{número de aberturas} + 1}$$

$$\text{separación} = \frac{2,4 - (4 * 0,219)}{4 + 1}$$

$$\text{separación} = 0,30 \text{ m}$$

En la Figura 3.10 se muestra las dimensiones de las aberturas así como la distancia a la que se deben colocar en caso que se implementen.

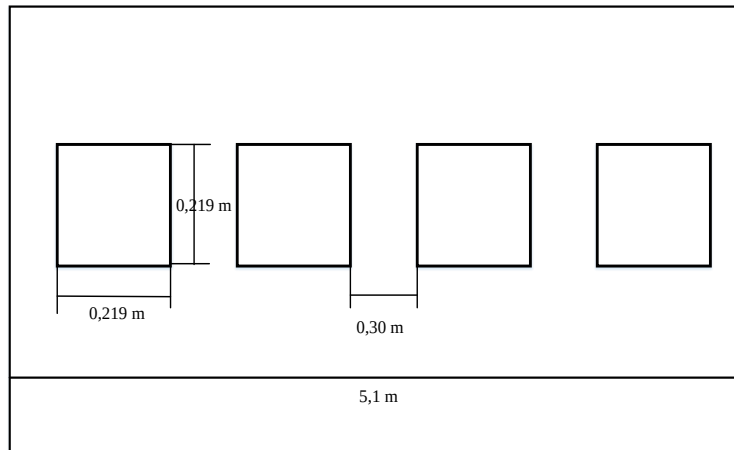


Figura 3.10. Disposición de las aberturas en el tanque séptico. **Fuente.** Elaboración propia

Cada abertura debe tener un extremo superior, el cual se diseña a más de 30 cm por debajo de Pu, por lo tanto se asume que la altura por debajo de pu es igual a $a=0,40$ m entonces tenemos que:

$$H_a = 2,8 - 0,4 \text{ m} = 2,4 \text{ m}$$

Se realizara por medio de una conexión en te, o cortina, la generatriz inferior de la tubería de ingreso deberá estar como mínimo 5 cm por encima de la superficie del líquido en el interior del tanque.

En el ingreso la parte interior de la te o cortina se sumergirá a más de 10 cm respecto a la superficie del líquido en el interior del tanque.

❖ Geometría de los tanques

La geometría puede variar; si se utilizan tanques cilíndricos y si se quiere minimizar el área útil aumentando la profundidad, el diámetro interno mínimo que se utiliza generalmente es de 1,10 hasta 0,8 m. Los prismáticos rectangulares se recurren en los casos en que se requiera mayor área horizontal o mayor profundidad, tienen una relación largo ancho: mínimo de 2:1 y máximo 4:1.

❖ Fondo del tanque

Tendrá una pendiente de 2 % orientada hacia el ingreso.

Si el terreno nos permite se puede colocar una tubería para drenar lo lodos, en la parte más profunda que estará provista de válvulas de limpieza.

Para tanques divididos, el segundo compartimiento deberá tener la parte inferior horizontal y el primer compartimiento puede tenerla inclinada hacia la entrada.

El cálculo del volumen del tanque séptico, se considerará que el fondo es horizontal al nivel más alto. De este modo, el efecto de la inclinación es aumentar el volumen.

❖ Dimensiones internas

- El ancho del tanque debe tener como mínimo 0,60 m que garantice la entrada a la persona que lo construya o se encarga del mantenimiento pueda trabajar en este espacio.
- La profundidad neta debe ser mayor a 0,75 m; por lo general la profundidad no excederá el largo del tanque.
- Debe existir una relación mínima de 2:1 entre el largo y ancho.
- Para efectos de la pérdida hidráulica la tubería de salida con respecto a la de entrada se debe instalar por lo menos a 0,05 m por debajo.
- Los dispositivos de entrada y de salida del tanque deben ser tees o pantallas; en el caso de ser utilizadas las pantallas las distancias entre ellas y las paredes del tanque deben ser como mínimo 0,2 m y no mayores de 0,30 m.
- En la mayoría de tanques se utiliza más de un compartimiento por lo tanto se debe evitar el paso de lodos y natas de uno a otro.

El número máximo de compartimentos es cuatro (4) y cada uno no puede tener un largo menor a 0,60m.

- Cuando el tanque tiene un ancho A , la longitud del primer compartimiento debe ser $2A$ y la del segundo A .
- El techo de los tanques deben ser losas removibles dotadas con registro de inspección que tendrán como mínimo 150 mm de diámetro.

Bajo estas condiciones las dimensiones del tanque séptico se muestran en la siguiente tabla resumen.

Tabla 3.9. Resumen de la dimensiones del tanque. **Fuente.** Elaboración propia

$V_T(m^3)$	36,8
$V_U(m^3)$	35
$b(m)$	2,4
$l(m)$	5,1
$p_u(m)$	2,8
$h_T(m)$	3,1
$h_t(m)$	2,9
$l_1(m)$	3,4
$l_2(m)$	1,7
$h(m)$	0,219
$b_1(m)$	0,219
$Sab(m)$	0,30
$Ha(m)$	2,4

Materiales utilizados en su construcción:

- Concreto
- Material reforzado
- Tubería de alcantarillado deberá ser no corrosiva generalmente PVC.
- Ladrillo o bloques de concreto
- Tes
- Alambrón

Para los tanques pequeños, el fondo se construye generalmente de concreto no reforzado, pero si las condiciones del suelo no son favorables o si el tanque es de gran tamaño, puede ser necesario reforzar el fondo. Las paredes son por lo común de ladrillo o bloques de concreto y deben pulirse en el interior con mortero para impermeabilizarse.

El tanque debe ser hermético, estable estructuralmente, que soporte las condiciones para las que fue creado y durable. Se aconseja utilizar materiales como concretos reforzados y el ferrocemento para su construcción que no sean susceptibles a la corrosión.

❖ **Excavación del hoyo y construcción**

Se debe tener en cuenta que los trabajos alrededor del tanque serán por lo menos de 300 mm; si el hoyo tiene más de 1,5 m de profundidad hay que empezar a poner refuerzo en los lados (apuntalamiento) para evitar algún accidente.

La estructura puede ser construida en concreto, con una resistencia a la compresión de 20 684 271 Pa, con aditivo especial para la resistencia a la corrosión e impermeabilización integral. En caso de no ser en este material, las paredes y el fondo se pueden pañetar en un espesor de 2 cm.

Antes de fundir la placa de piso del pozo, se efectuará una base en recebo convenientemente compactado de 0,1 m de espesor.

Este debe llevar tapas para inspección y vaciado; se debe tomar precauciones para el manejo de gases por lo cual se recomienda tener un tubo de ventilación.

❖ **Mantenimiento**

- Es necesario inspeccionar por lo menos una vez por año.

Se debe hacer limpieza del tanque cuando la profundidad de lodos sea mínima del 40 % de la altura del nivel máximo del agua.

- La limpieza debe efectuarse mediante bombes a vehículos cisternas y no deben lavarse ni desinfectarse después de desocupados.
- El periodo de limpieza no deberá ser mayor a cinco años.
- La remoción de lodos debe ser realizada por personal capacitado que disponga del equipo adecuado para garantizar que no haya contacto entre el lodo y las personas.

❖ **Recomendaciones**

El tanque debe tener acceso apropiado para que las operaciones de mantenimiento y limpieza sean fáciles.

- El tanque séptico debe limpiarse cuando la capa de espumas se extiende a menos de 7,5 cm desde el borde.
- Es necesario determinar el tiempo de retención del agua en el tanque.
- Asegurar que el tamaño del tanque sea el suficiente para garantizar la acumulación de lodos y espuma.
- Prever condiciones de estabilidad hidráulica para lograr que se presente una sedimentación y flotación de los sólidos.
- No deberán ser construidos en áreas pantanosas o fácilmente inundables.
- Ningún tanque séptico se diseñara para un caudal superior a $30 \frac{m^3}{día}$; para caudales superiores se debe buscar otra solución.

- Se podrá aceptar la compartimentación del tanque cuando su capacidad total exceda los 5 m³.
- Antes de cualquier operación en el tanque la cubierta debe mantenerse abierta durante un tiempo suficiente (>15min) para la remoción de gases tóxicos o explosivos).
- En ningún caso los lodos removidos pueden arrojarse a cuerpos de agua.
- En la limpieza no se debe utilizar detergentes, ácidos ni bactericidas, simplemente se debe palear los lodos.

Análisis económico

El análisis económico se realiza con ayuda de las tablas del Peters y del Ulrich para el cálculo del costo actual del equipo, posteriormente se calcula el período de recuperación de la inversión. (Peters, 1991)

$$Q = \frac{51,85 \text{ m}^3}{\text{día}} = 0,0006 \frac{\text{m}^3}{\text{s}}$$

Índice de costo de 1982 = 315 (Ulrich, 1985)

Índice de costo del 2016=556,8 Extraído de los Índices de costo para el año 2016 en la revista Chemical Engineering.

Costo (1982) =\$30 000 Buscado en el (Ulrich, 1985) (fig. 5.12)

Costo actual = Costo en 1982* Índice de costo en 2016/ Índice de costo en 1982

Costo actual = \$ 53 028,57 USD

El periodo de retorno de la inversión simple se calcula como:

$$PRI = \frac{\text{Costo de la Inversión}}{\text{Incremento de utilidades}}$$

Costo de la inversión = Costo de los Materiales + Costo de Mano de Obra = \$ 53 028,25

Incremento de Utilidades = Incremento de los Ingresos + Reducción de gastos

(I)

(II)

(I) Incremento de los Ingresos = 0

(II) Reducción de los gastos = Reducción Gastos por multas = 10 000 \$/visita

El pago de las multas del CITMA provienen de las ganancias de la empresa por lo tanto calculamos el período de recuperación de la inversión con el valor de las multas que constituye un equivalente a la compra de un nuevo equipo, el análisis se puede realizar de esta manera ya que en el tanque séptico no existe un residual el cual se pueda vender

para obtener una ganancia para calcular el período de recuperación de la inversión o la existencia de otra variante la cual satisfaga económicamente el proceso. En la Tabla 3.10 se relacionan los materiales utilizados para la construcción del tanque séptico.

Tabla 3.10. Materiales necesarios para la construcción del tanque séptico. **Fuente.** Elaboración propia.

Materiales	Cantidad	Precio CUP	Importe
Arena	6 m ³	60	360
Gravilla	6 m ³	80	480
Cemento	170 kg	11,25	1 912,5
Piezas de prefabricado 5x1x0,20	6	2 500	15 000
Piezas de prefabricado 2,5x1x0,20	16	1 750	28 000
Cemento impermeable	85 kg	20,75	1 763,75
Tuberías de PVC	10 m, 0,10 m diámetro	279,7	2 797
Tes	3	200	600
Total			50 913,25

A continuación en la Tabla 3.11 se relaciona la mano de obra utilizada en la construcción del tanque séptico.

Tabla 3.11. Mano de obra utilizada en la construcción del tanque séptico. **Fuente.** Elaboración propia

Integrantes	Cantidad	Salario CUP	Gasto en salario
Albañil B	2	320,0	640,0
Ayudante de construcción	4	300,0	1 200,0
Chofer de Grúas de alza	1	275,0	275,0
Total			2 115,0

$$\text{PRI} = \frac{\text{Costo de la inversión}}{\text{Incremento de utilidades}} = \frac{53\,028,25}{20\,000} = 2,65 \text{ años}$$

Problema 2. Falta de control en la concentración de la salmuera.

En quesería, los quesos cuya pasta tienen cierta consistencia suelen salarse de dos maneras, bien por salado directo sobre la corteza con sal seca, o bien por salado mediante inmersión en salmuera. La salmuera de quesería es una solución de sal en agua preparada a una concentración que nos permita por un lado conservar esta solución para varios usos, y por otro lado, que las horas requeridas para que el producto adquiera la sal en su interior sean compatibles con nuestra actividad diaria.

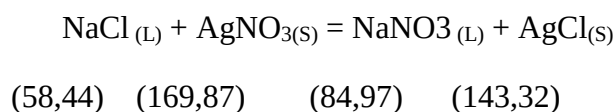
Para determinar la densidad de la salmuera segundo problema objeto de estudio de esta investigación se realizó un análisis de laboratorio a través de un método gravimétrico de valoración (Universidad autónoma Benito Juárez de Oaxaca, 2005)

, permitiendo comprobar si este parámetro se encuentra en el rango establecido de la norma, el cual consiste en:

Preparación de la muestra

1. Se prepara una solución de nitrato de plata al 80 % de concentración, se toman 20 mL de la misma y se mezclan con 20 mL de la solución de salmuera en un vaso de precipitado.
2. Se deja reposar 10 min la muestra hasta la reacción completa, formándose un precipitado de cloruro de plata.
3. Posteriormente se pesa un papel filtro por el cual se filtrará el cloruro de plata precipitado
4. La muestra filtrada y contenida en el papel, se seca a una temperatura ambiente para eliminar todos los residuos
5. A la muestra seca se le determina el peso, restando el peso total (muestra + papel) menos el papel previamente pesado.

Un cloruro soluble, como el cloruro de sodio, tratado con una sal soluble de plata, da un precipitado de cloruro de plata, que puede ser filtrado, lavado, desecado y pesado. La reacción química que se lleva a cabo se puede representar por la ecuación molecular:



Esto indica que 143,32 partes en peso de cloruro de plata se obtienen de 58,44 partes en peso de cloruro de sodio, entonces, cualquier peso dado de cloruro de plata proviene de cloruro de sodio en la misma relación.

Materiales

- Cloruro de sodio
- Papel filtro
- Vidrio de reloj
- Nitrato de plata
- Balanza analítica

- Vaso de precipitados
- Embudo de separación

Por medio de una relación de 3 podemos calcular la cantidad de cloruro de sodio que había inicialmente en las muestras:

Si a:

$$107,86 \text{ g (Ag)} \longrightarrow 35,45 \text{ g (Cl)}$$

$$8,4186 \text{ g (Ag)} \longrightarrow X \text{ g (Cl)}$$

Entonces:

$$X = \frac{35,45 \cdot 8,4186}{107,86} = 2,7669 \text{ g Cl}$$

y

$$35,45 \text{ g (Cl)} \longrightarrow 22,98 \text{ g (Na)}$$

$$2,7669 \text{ g (Cl)} \longrightarrow X \text{ g (Na)}$$

$$X = \frac{22,98 \cdot 2,7669}{35,45} = 1,7936 \text{ g Na}$$

En la tabla 3.12 se relacionan las concentraciones de sal en 20 ml de disolución.

Tabla 3.12. Concentración de sal en 20 ml de volumen. **Fuente.** Elaboración propia.

Días de la semana	En una muestra de 20 ml tenemos:		
	Cantidad de Cl(g)	Cantidad de Na(g)	Cantidad de NaCl(g)
Lunes	2,766914	1,793616	4,56053
Martes	2,562188	1,660905	4,223092
Miércoles	2,461517	1,595646	4,057163
Jueves	2,023799	1,311901	3,3357
Viernes	1,983603	1,285845	3,269447

Por tanto en 20 ml de disolución tenemos 4,56 g de NaCl y por tanto procedemos a calcular el valor de la densidad:

Según la norma del proceso de fabricación del queso Cumanayagua la salmuera debe tener una densidad de entre 1,12 a 1,16 g/cm³, si calculamos este parámetro por la siguiente fórmula tenemos:

$$\rho = \frac{m}{v}$$

$$\rho = \frac{4,5605}{20}$$

$$\rho = 0,228027 \frac{g}{ml} \text{ ó } 0,228027 \frac{g}{cm^3}$$

En la tabla 3.13 se relacionan los resultados del cálculo de la densidad en una semana de muestreos.

Tabla 3.13. Resultado del cálculo de las densidades en una semana de muestreo.

Fuente. Elaboración propia.

Días de la semana	Densidad ($\frac{g}{cm^3}$)
Lunes	0,228027
Martes	0,211155
Miércoles	0,202858
Jueves	0,166785
Viernes	0,163472

Por lo que podemos apreciar en los resultados de la tabla anterior, a la salmuera le falta fortaleza para lograr el salado necesario que requiere el queso no cumpliendo así con los parámetros establecidos por norma.

Por lo que se recomienda suministrarle más sal para lograr la concentración necesaria, así como el control del proceso de salado, para el mismo se debe medir periódicamente los valores cuantitativos de esta variable a través de un análisis de laboratorio como el descrito anteriormente o comprar un densímetro o medidor de concentración que sea adecuado para el proceso

Problema 3. Variaciones de temperatura en la cuba de elaboración.

Para la determinación de este parámetro, se realizaron mediciones de temperatura utilizando un termómetro digital infrarrojo, durante una semana de producción y comparando los resultados con los valores de la norma. En la Figura 3.11 muestra los resultados de las mediciones de la temperatura en una semana de análisis.

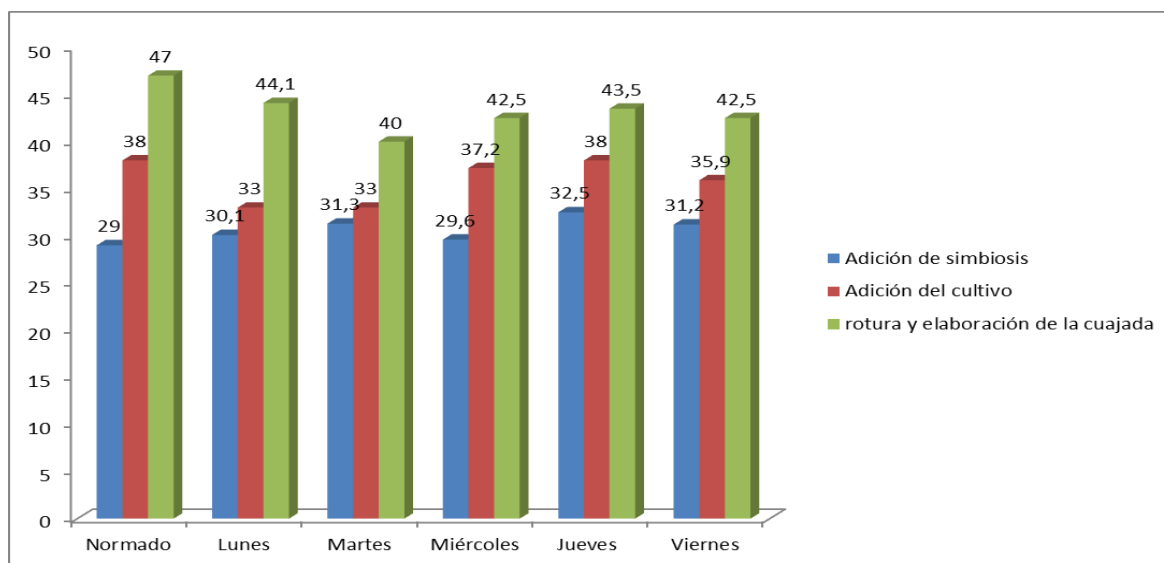


Figura 3.11.Resultado de las mediciones de temperatura. **Fuente.** Elaboración propia.

Como podemos ver en la figura los valores de temperatura tomados no se corresponden con los de la norma

y esto se debe a que no hay termómetro en la cuba de elaboración por lo que se recomienda la compra de un termómetro para mejorar así la calidad del producto final.

3.4. Generar opciones de PML

Una vez definidas las causas de los problemas ambientales fundamentales, se generaron las oportunidades de mejoras posibles a aplicar en el proceso objeto de estudio. Las cuales son categorizadas en dos clases:

1. Opciones de PML de aplicación inmediata

A. Elevar la gestión y práctica del personal.

- Garantizar una adecuada capacitación de los operarios en sus puestos de trabajo, así como disponer en los mismos de los manuales de procedimientos de operación.
- Establecer un programa de seminarios de capacitación para operarios, especialistas y directivos en materia de Producción Más Limpia.

B. Buenas prácticas operativas para el uso eficiente del agua, la energía y las materias primas.

- Instalar medidores de consumo para el agua, y el vapor por planta de trabajo.
- Iniciar un programa de monitoreo continuo, identificando los puntos de usos críticos del agua.
- Establecer un programa de mantenimiento preventivo de caldera.
- Eliminar fugas por salideros de vapor, agua y producto.
- Mantener en el área de trabajo únicamente las materias primas necesarias para garantizar la producción diaria
- Reparar los pisos para evitar acumulación de productos y disminuir el consumo de agua.
- Identificación de tuberías en mal estado.
- Reparar los servicios sanitarios con problemas en los herrajes.
- Mantener una estrecha comunicación de los jefes de turno con el operador de calderas para operarlas en función de la demanda de vapor en la planta.

- Realizar estudios de iluminación para determinar la cantidad de tejas traslúcidas a colocar en paredes y techos de la planta con el fin de aprovechar la iluminación natural.
- Especificar consumos energéticos requeridos (agua, vapor, aire, electricidad, etc.) por unidad de producto terminado y por unidad de materias primas.
- En los períodos en que se tenga en funcionamiento sistemas de aire acondicionado, pueden disminuirse los consumos energéticos evitando las corrientes de aire y mejorando el aislamiento de puertas y ventanas.
- Disminuir el tiempo perdido por roturas.
- Mantenimiento adecuado del material de aislamiento.
- Cambio de accesorios en mal estado.
- Evitar las pérdidas de calor de combustión en los gases mediante la minimización del exceso de aire, manteniendo limpias las superficies de intercambio de calor, implementar el uso de equipo de recuperación del calor de los gases de combustión.
- Garantizar el aseguramiento metrológico del proceso principalmente en: sistema de recepción y almacenamiento, sistema pasterización, tanques de inoculación y tanques de almacenamiento en general en cuanto a las mediciones de volumen y temperatura.
- Continuar el trabajo de recuperación y fabricación de piezas de repuestos, lo cual garantiza el mantenimiento del equipamiento tecnológico.
- Posibilidad de utilizar en la caldera como combustible el gas natural.
- Instalar controles de nivel en los tanques de agua potable.

2. Opciones que requieren un análisis más extenso.

A estas opciones se le realiza un análisis técnico y económico más profundo, debido a que requieren niveles de inversión, cambios en el proceso y en algunos casos capacitación y preparación adicional a los trabajadores y técnicos.

C. Cambios tecnológicos

- Recuperar el aislamiento térmico en las tuberías de vapor.
- Colocar válvulas de accionamiento automático en las mangueras utilizadas para la limpieza.

D. Recuperación de subproductos y recursos útiles

- Desarrollar un plan de venta al sector agropecuario del residuo sólido producido en la etapa de hidratación del grano de soya para su utilización como alimento animal.

E. Reúso en el sitio

Poner en funcionamiento el sistema diseñado para la recuperación de los condensados generados en la etapa de pasteurización y el agua de reboso del calefactor de agua.

3.5. Análisis de factibilidad

A partir del estudio de los tres problemas principales detectados en la línea de elaboración de queso, en la tabla se relacionaron por etapas las posibilidades de ahorro de materia prima, agua y energía, así como el mejoramiento del impacto ambiental.

Tabla 3.9. Resumen de las potencialidades de ahorro. **Fuente.** Elaboración propia.

Etapas	Problema Detectado	Potenciales de ahorro	Posible solución	Aspecto ambiental
Adición y coagulación	La temperatura en la cuba para la preparación del queso no está dentro de los valores establecidos en la norma.	Disminución de la cantidad de cuajo industrial y consumo de vapor y por ende el consumo de combustible en las calderas.	Comprar un termómetro con un rango de temperatura de 0 a 100 °C a una escala divisoria de 1 °C.	Disminución del consumo de energía eléctrica, menor emisión de CO ₂ a la atmósfera.
Salado	La concentración de salmuera no está dentro de los valores establecidos en la norma.	Ahorro en la compra de materias primas para reprocesar el producto y ahorro de energía eléctrica, vapor y combustibles.	Capacitación del personal del laboratorio en la toma de muestras y técnicas de análisis de este parámetro.	Menor uso de materias primas las cuales son extraídas del medio ambiente como la sal.
Tratamiento de residuales	El tanque séptico no cumple con la norma de vertimiento NC 27 del 2012 para la disposición de las aguas residuales terrestres y albañales a alcantarillado.	Ahorro en multas propiciadas por el CITMA por un valor de 20 000 por incumplir la NC 27 del 2012	Rediseñar el tanque séptico para que cumpla la norma NC 27 y evitar de esta forma las multas del CITMA.	Reducción en los valores de pH, DQO y DBO ₅ a la laguna de oxidación

3.6. Plan de Mejora propuesto

Luego de determinada los problemas ambientales descritos por las diferentes etapas objeto de estudio de este trabajo se recomienda un plan de acción de PML encaminado a mejorar los impactos ambientales y por consiguiente ahorro de materia prima, agua y

energía. En la tabla 3.10 se relaciona el plan de mejora a cumplimentar por la dirección del centro.

Tabla 3.10. Plan de medidas de Producción más Limpia. **Fuente.** Elaboración propia.

Actividades	Responsable	Fecha
1. Garantizar la capacitación de los operarios en sus puestos de trabajo.	Jefe de Recursos Humanos.	Permanente.
2. Capacitar a todo el personal operarios, especialistas y directivos en materia de Producciones más Limpias.	Especialista de medio ambiente.	Inmediato.
3. Instalar medidores de consumo de agua, y de temperatura por área de trabajo.	Especialista Energético.	Inmediato.
4. Garantizar el aseguramiento metrológico del proceso principalmente en: • Sistema de tuberías de agua. • Cuba de elaboración.	Jefe de Producción	06/2017
5. Valorar las inversiones propuestas para su implantación en el menor tiempo posible.	Directivos de la Empresa.	06/2017
6. Reparar los pisos para evitar acumulación de productos y disminuir el consumo de agua.	Jefe de Mantenimiento	06/2017
7. Realizar estudios de iluminación para aprovechar la iluminación natural.	Especialista Energético	Inmediato
8. Mantenimiento adecuado del material de aislamiento.	Jefe de Mantenimiento	06/2017
9. Eliminar fugas por salideros de vapor, agua y producto.	Jefe de Mantenimiento	Permanente
10. Identificación de tuberías en mal estado.	Jefe de Mantenimiento	Inmediato

Conclusiones.

1. Mediante un estudio bibliográfico realizado, se demostró las posibilidades de aplicar técnicas de Producción Más Limpia con ventajas económicas y ambientales en industrias alimenticias similares a la fábrica objeto de estudio especialmente en la producción de queso.
2. La metodología seleccionada para la Evaluación de PML fue la basada en la propuesta por el PNUMA/ONUDI, y adaptada al proceso productivo de producción de queso de la Empresa Productos Lácteos Escambray, dado que reúne los requisitos generales y específicos necesarios para su aplicación.
3. Mediante tormenta de ideas con técnicos y especialistas de la empresa se seleccionaron 9 de los 27 problemas detectados en el recorrido por la planta. Por el método del criterio de experto se determinó por orden de prioridad que los principales problemas son: el tratamiento de residuales en el tanque séptico es ineficiente, la calidad del queso se ve afectada por la falta de control en la concentración de la salmuera, existen variaciones en la temperatura de la leche en la cuba de elaboración.
4. En el balance de masa realizado para un lote de 7 500 L de leche se obtienen como producto 1 024,84 kg de queso y como residuo líquido 51, 85 m³ proveniente de las etapas de desuerado e hilado, así como del agua de limpieza.
5. Al aplicar técnicas de P+L en el proceso estudiado se evidencia potencialidades de ahorro en consumo de cuajo industrial y energía, así una disminución de los gastos de 20 000 CUP por concepto de multas al rediseñar los tanques sépticos con un PRI de 2,65 años, además de aumento de la calidad en la elaboración del queso.
6. El plan de mejora propuesto a la dirección de la empresa tiene como objetivo minimizar los impactos ambientales que se generan en el proceso productivo y garantizar la calidad del queso.

Recomendaciones.

1. Proponer a la dirección de la empresa y organismo competente, las medidas de PML analizadas a fin de introducirlas en el proceso estudiado.
2. Validar el plan de mejoras propuesto a la empresa.
3. Socializar este trabajo a través de publicaciones y eventos científicos de manera que cumpla con los objetivos académicos e investigativos propuestos.
4. Generalizar este estudio a procesos de la industria alimenticia similares a la fábrica objeto de estudio.

Bibliografía:

- Manual de Producción Más Limpia Un Paquete de Recursos de Capacitación. (2009).
Unidad de Industria y Medio Ambiente del Programa de Naciones Unidas para el
Medio Ambiente en Francia. Francia
- Arias Zuniga , A. L. (2003). Producción más limpia aplicada a industria láctea.
- Asociación Nacional para el Medio Ambiente. (2005). Producción Más Limpia Para el
Sector Lácteo.
- Berkowitz, E. D. (2000). Enciclopedia de salud y seguridad en el trabajo. Retrieved
from <http://www.mtas.es/insht/EncOIT/Index.htm>
- Bifani, O. (2000). Medio Ambiente y Desarrollo Sostenible. Madrid
- Buenas Prácticas Ambientales de Producción Más Limpia. (2009). Producción más
Limpia, concepto y antecedentes Producción más Limpia
- Caraballo Maqueira, L. (2002). La presencia de la concepción de Producción Más
Limpia en la legislación ambiental cubana. M. D. Medio Ambiente y Desarrollo.
Retrieved from ama.redciencia.cu
- Centro de Promoción de Tecnologías Sostenibles. (2005). Prevención de la
contaminación en la industria láctea.
<http://www.cpts.org/prodlimp/guias/Cueros/Capitulo5.pdf>
- Centro de Promoción más limpia de Nicaragua. (1994). Manual de buenas prácticas
operativas para la industria láctea. Nicaragua
- Colectivo de Autores. (2007). Guía de buenas prácticas de gestión empresarial para
pequeñas y medianas empresas. Programa piloto para la promoción de la gestión
ambiental en el sector privado en países en vías de desarrollo, (BGE). Retrieved
from <http://www.gtz.de/en/dokumente/sp-sl-Competitividad-empresarial-larga.pdf>
- Colectivo de Autores. (2011). Implementación de las tecnologías para Producciones
Más Limpias. Retrieved from
<http://www.monografias.com/trabajos87/implementacion-tecnologias-producciones-mas-limpias/implementacion-tecnologias-producciones-mas-limpias.shtml>

- Oficina Nacional de Normalización. (2012). NC 27: Vertimiento de Aguas Residuales a las Aguas Terrestres y albañales a alcantarillado. Especificaciones.
- Chimbo, C. M. F. (2001). La tecnología ambiental como solución a la problemática ambiental actual.
- Chou Rodríguez, E. M. (2012). Evaluación y aplicación de producción más limpia en la Sección Recepción, Limpieza y Maceración del Maíz de la Empresa de Glucosa Cienfuegos (Tesis de Maestría), Universidad Carlos Rafael Rodríguez, Cienfuegos.
- Garzón Benavides, J. M. (2008). Análisis de una alternativa de producción más limpia que permita aprovechar los residuos grasos que generan los procesos de pasteurización y enfriamiento de la leche en la empresa friesland lacteos purace de san juan de pasto. (Especialización en gestión ambiental local), Universidad tecnológica de Pereira, Pereira.
- González Cáceres, M. J. (2012). Aspectos medio ambientales asociados a los procesos de la industria láctea.
- Lee Morales, J. (2012). Opciones de Producción Más Limpia para Empresas Avícolas, Lácteas y Hoteleras.
- Luquet, F. M. (1995). Leche y Productos Lácteos.
- Moreno Linares, C. A. (2008). Implementación de las tecnologías para Producciones Más Limpias. Universidad de Pinar del Río.
- NEIAL. (2007). Salmueras en la industria láctea.
- Empresa de producto lácteos Escambray. (2012). Proceso Tecnológico Leche y sus derivados Quesos de pasta hilada, 1601 C.F.R. Cumanayagua, Cienfuegos, Cuba
- Ochoa, G. (2007). Las Producciones Más Limpias en la Gestión Empresarial. (E. F. V. U. S). Universidad de Cienfuegos, Cuba
- Orcés, E. (2003). Metodología de Producción Más Limpia en la Industria Alimenticia
- Organización de Naciones Unidas en el Desarrollo Industrial. (1999). Manual de Producción Más Limpia. Retrieved from http://www.unido.org/fileadmin/user_media/Services/Environmental_Management/CP_ToolKit_spanish/PR-Introduction/Toolkit.pdf
- Peters, M. S. (1991). Plant Design and economies for chemical engineers
- Pino, A. (2012). Cálculo para el diseño de un pozo séptico. Ingeniería Real.

- Pinzón Hernández, L. D. A. B., O. F. (2010). Diseño, construcción y puesta en marcha de un modelo de tratamiento para las aguas residuales generadas en la producción de panela. Universidad Industrial de Santander. España
- Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente e Instituciones del Medio Ambiente para América Latina y el Caribe, P. I. (1999). PML Un paquete de recursos de Capacitación E. y. L. R. d. I. Á. S. Retrieved from www.pnuma.org/industria/documentos/pmlcp00e.pdf
- Programa de Naciones Unidas para el Medio Ambiente, P. (2004). La Producción Más Limpia y el consumo sustentable en América Latina y el Caribe.
- Rigola, M. (2006). Producción+limpia. Barcelona, España: Editorial Rubes.
- Serrano Méndez, J. H. (2006a). Agencia de Medio Ambiente del Ministerio de Ciencia Tecnología y Medio Ambiente. In p. U. p. t. P. A. y. P. L.: Editorial Academia
- Serrano Méndez, J. H. (2006b). Protección Ambiental y Producción Más Limpia hacia un consumo sustentable (Vol. 1). La Habana: Academia.
- Determinación de cloruros con nitrato de plata (método gravimétrico). (2005). México: Universidad autónoma Benito Juárez de Oaxaca, U
- Ulrich, G. D. (1985). Diseño y economía de los procesos de ingeniería química
- Zamorán Murillo, D. J. (2003). Manual de procesamiento lácteo.
- Zamorán Murillo, D. J. (2005). Proyecto de Cooperación de Seguimiento para el Mejoramiento Tecnológico de la Producción Láctea en las Micros y Pequeñas Empresas de los Departamentos de Boaco, Chontales y Matagalpa.



ANEXOS.

Anexo A

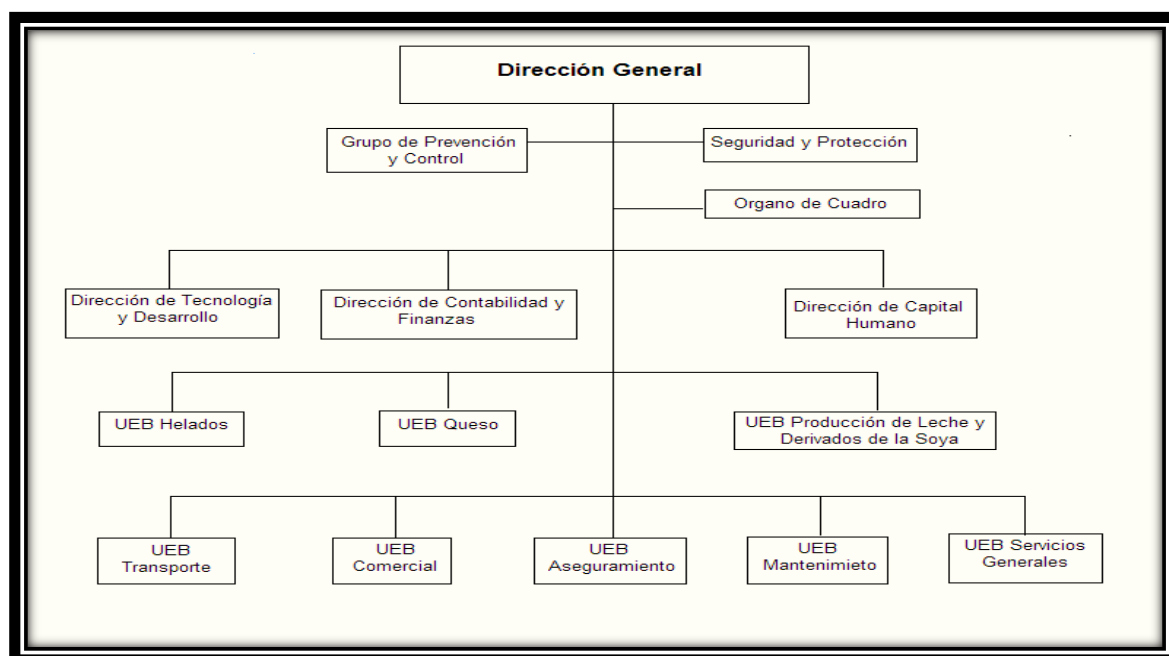
Tabla 1. Valor nutritivo del queso: (Por cada 100 gramos). **Fuente.** (Arias Zuniga, 2003)

Productos	Proteína (grs.)	Grasa (grs.)	Carbohidratos (grs.)	Kcal	Colesterol (mg.)
Queso azul	23	29,2	0	355	87
Queso brie	19,3	26,9	-1	319	100
Queso camembert	22,8	23,2	0	300	62
Queso cheddar	25,5	34,4	0,1	412	100
Queso cottage	13,8	3,9	2,1	98	13
Queso de cabra	17	18,1	1,9	250	90
Queso edam	26	25,4	-1	333	80
Queso emmental	29,4	28,8	0,2	377	110
Queso gouda	24,9	27,4	0	346	110
Queso gruyere	26	33,5	0	406	100
Queso manchego curado	32	32	1	420	-2
Queso manchego fresco	26	25,4	-1	333	-2
Queso manchego semicurado	29	28,7	0,5	376	-2
Queso parmesano	35,1	29,7	0	408	95
Queso roquefort	23	29,2	0	355	87

Anexo B.

Figura 1. Estructura organizativa de la Empresa de Productos Lácteo Escambray.

Fuente. Empresa de Productos Lácteos Escambray



Anexo C. Comportamiento de las producciones de los años 2012-2016. **Fuente.** Cierres anuales de los Informe económicos

PRODUCCIÓN	UM	2012	2013	2014	2015	2016
		Real	Real	Real	Real	Real
Yogurt de Soya	T	7 710,3	7241	7 550,2	8594,1	7506,9
Divisa	T	0	0	0	0	0
Moneda Nacional	T	7 710,3	7241	7 550,2	8 594,1	7506,9
Yogurt	T	1 105,1	1 205,5	1 319,5	1456,1	1697
Divisa	T	199,7	186,4	241,8	241,8	1235
Moneda Nacional	T	905,4	1 019,1	1 077,7	295,4	461,5
Lactosoy	T	120,3	132	132,1	0	0
Mezcla p/Batido en Polvo	T	68,8	28,1	41,9	158,4	177,4
Queso crema de soya	T	55,5	44,1	27,1	45,7	9,1
Natilla	T	20,6	25	25,1	25,0	31,6
Chocolé	T	65,5	43,5	70,0	82,6	131,9
Refresco Instantáneo	T	13	20,1	20,2	20,1	22,8
Fórmula Láctea	T	—	30,7	-	-	-
Helados Total	Mgls	1 917,6	1677,1	1 658,4	2 064,7	1970,1
Divisa	Mgls	74,9	55,5	61,7	113,0	84
Moneda Nacional	Mgls	1842,7	1621,6	1596,7	1951,9	1886,1
Leche Pasteurizada	T	4 757,7	4 307,3	4134,8	3000,8	5211,4
Leche en polvo	T	549,8	581,8	738,3	801,5	726,7
Divisa	T	6	0	4,4		0
Moneda Nacional	T	543,8	581,8	733,9		726,7
Quesos	T	1,350	1,208,7	1231,7	1364,6	1507,6
Divisa	T	785,2	765,9	842,8		995,4
Moneda Nacional	T	564,8	442,8	388,9		512,2
PROD.NOMINALIZADA	T	20 035,32	18 557,42	18 939,4	20118,0	21477,6

Anexo D.

Cuadro No. 1. Lista de preguntas y observaciones a realizar en el recorrido de planta.

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 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 rehusarlos o reciclarlos si se recuperan?

Anexo E.

Integrantes del Equipo de Producciones más Limpias de la Empresa Productos Lácteos Escambray.

Tabla No 1. Integrantes del Equipo de Producciones más Limpias. Empresa Productos Lácteos Escambray. **Fuente.** Empresa Productos Lácteos Escambray y Universidad de Cienfuegos

Especialidad	Nombre y Apellidos	Años de Experiencia
Ingeniera	Ing. Mildrey Sosa Guach	10
Técnico mantenimiento	Lisandro Pérez de Zoto	10
Técnico alimentos	Carol	12
Técnico alimentos	Yosdeivy	30
Ingeniero - Máster	Ing. Daymis Frómata Ibáñez.	21
Ingeniero - Maestrante	Ing. Gilberto Muñoz Montero.	20
Ingeniero - Maestrante	Ing. Magalys Batista Valle.	14
Dr. C.T	Dr.C.T Fernando Efrén Ramos Miranda	16
Dr. C.T	Dr.C.T Nelson Arsenio Castro Perdomo	20



Anexo F.

Tabla 1. Resumen del consumo de electricidad de los equipos para la producción de quesos.

Relación de equipos	Marca	Modelo	Capacidad	Voltaje	Potencia (kW)
Pasterizador	LONGEM	BR- HTST- 5B	5 T/H	220	
Bomba Centrífuga	-	P-101	-	220	7,5
Bomba Centrífuga	-	P-102	-	220	7,5
Tanque isotérmico	-	-	10000L	220	-
Tanque isotérmico	-	-	3700L	220	-
Descremadora	-	-	5 L/H	-	-
Desairador	-	Comprocess TQ 30 000	30 000 L/H	-	-
Equipo compacto de recepción de leche	-	Comprocess 0701	30 000 LT/ H	220	7.5 KW
Cortina de Enfriamiento	LONGEM	TWRO: 25 – 1	10 0000 L/H	-	-
Cuba de elaboración	Haricas	-	8000L	220	0,75
Hiladora	M. Gardi	-	-	-	2,2
Molino de cuajada	M. Gardi	-	-	-	1,5
Elevador mecánico	-	T 305 3	500 Kg	220	-
Tanques sedimentadores	-	-	-	-	-
Mesa de acero inoxidable	-	-	-	-	-
Moldes	-	-	-	-	-
Termómetro	-	-	-	-	-
Bomba	-	-	6 000 l/h	220	0,6
Hidrómetro mecánico	-	-	-	-	-
Cepillo	-	-	-	-	-
Cuchillo	-	-	-	-	-
Raspadores	-	-	-	-	-
Retractiladota	-	-	-	-	-

Fuente: Elaboración propia.

Anexo G.

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 95% $k = 3,84$.

$$M = \frac{0,05 \cdot (1-0,05) \cdot 3,84}{(0,142)^2} = 9 \text{ expertos}$$

El número de expertos aplicando la ecuación: $M = 9$

Tabla 1. 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 95 % y el valor de i medio de 0.2 se calcula el número de expertos:

$M = 9$ expertos, es decir se requieren de 9 expertos para realizar el primer análisis para un 10% de error en la estimación.

Anexo H.

Tabla 1. Datos generales de los especialistas seleccionados como expertos. **Fuente.** Empresa Productos Lácteos Escambray.

Experto	Formación Técnica, académica y científica	Años de experiencia en la temática	% de dedicación dedicada al tema
E1	Ingeniera	4	55
E2	Técnico mantenimiento	20	80
E3	Técnico alimentos	15	95
E4	Técnico alimentos	18	100
E5	Ingeniero - Máster	2	30
E6	Ingeniero - Maestrante	7	65
E7	Ingeniero - Maestrante	5	85
E8	Dr. C.T	1	15
E9	Dr. C.T	2	20

Anexo I.

En la tabla 1 se relaciona el cuestionario diseñado y aplicado a los expertos.

Estimado Experto.

La Dirección de la Empresa está realizando una encuesta para conocer su opinión sobre los impactos ambientales detectado en la UEB de Producción de quesos, los cuales afectan las condiciones ambientales, ocasionando daños al ecosistema que rodea la fábrica, por lo que le pedimos responda a los aspectos que se presentan a continuación por orden de prioridad del 1 al 9. El de mayor importancia se marca con 9 y así sucesivamente hasta 1 el de menor importancia.

Le agradecemos de antemano su colaboración.

Tabla No.1. El cuestionario se diseña y aplica similar a una encuesta, pero solamente a los expertos.

Orden	Problemas identificados
1	El tratamiento de residuales en el tanque séptico es ineficiente.
2	La calidad del queso se ve afectada por la falta de control en la concentración de la salmuera
3	Existen variaciones en la temperatura de la leche en la cuba de elaboración.
4	Las lagunas tienen un grado de azolvamiento alto.
5	Altas emanaciones de gases.
6	Estado metrológico de la fábrica pésimo.
7	Aislamiento de las tuberías en mal estado.
8	Salideros de vapor.
9	No existencia de medidas o programas de eficiencia del agua.



Anexo J.

EMPRESA DE PRODUCTOS LÁCTEOS ESCAMBRAY CIENFUEGOS ENCUESTA APLICADAS A LOS EXPERTOS

26 de enero del 2017

Estimado Experto.

La Dirección de la Empresa está realizando una encuesta para conocer su opinión sobre los impactos ambientales detectado en la UEB de Producción de quesos, los cuales afectan las condiciones ambientales, ocasionando daños al ecosistema que rodea la fábrica, por lo que le pedimos responda a los aspectos que se presentan a continuación por orden de prioridad del 1 al 9.

El de mayor importancia se marca con 9 y así sucesivamente hasta 1 el de menor importancia.

Le agradecemos de antemano su colaboración.

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

Orden	Problemas identificados
1	El tratamiento de residuales en el tanque séptico es ineficiente.
2	La calidad del queso se ve afectada por la falta de control en la concentración de la salmuera.
3	Existen variaciones en la temperatura de la leche en la cuba de elaboración.
4	Las lagunas tienen un grado de azolvamiento alto.
5	Altas emanaciones de gases.
6	Estado metrológico de la fábrica pésimo.
7	Aislamiento de las tuberías en mal estado.
8	Salideros de vapor.
9	No existencia de medidas o programas de eficiencia del agua.

Muchas gracias.

1. El tratamiento de residuales en el tanque séptico es ineficiente ya que se encuentran mal diseñados, la tubería de entrada del agua debe entrar al tanque de manera horizontal y a una altura de aproximadamente un 75% de la capacidad total del tanque para evitar así que los lodos se agiten con la entrada del agua.
2. La calidad del queso se ve afectada por la falta de control en la concentración de la salmuera: durante el proceso de salado el queso va absorbiendo la sal a

medida que pasa el tiempo por lo que hay que ir fortaleciendo la salmuera para que el queso obtenga la cantidad de sal necesaria para su consumo.

3. Existen variaciones en la temperatura de la leche en la cuba de elaboración: está establecido en el procedimiento de trabajo para la producción de queso para cada etapa la temperatura a la que se debe trabajar así como la temperatura óptima para la cual se mezclan convenientemente los componentes o la temperatura a la cual los microorganismos productores de ácido láctico se reproducen mejor y para esto es necesario un control de la temperatura e instrumentación para lograrlo.
4. Las lagunas tienen un grado de azolvamiento alto: esto ocurre porque se está vertiendo desechos humanos también en ellas lo que provoca una acumulación de sólidos mayor e inicialmente a estas lagunas en su diseño esto no se les tubo en cuenta ya que no fueron creadas para este propósito y se les realizó un diseño para un período de limpieza determinado el cual ahora se encuentra reducido.
5. Altas emisiones de gases: existen altas emisiones de gases por la combustión de combustibles fósiles en el área de las calderas para producir vapor además de que las calderas no están trabajando a su máximo rendimiento debido a los años de explotación que tienen.
6. Estado metrológico de la fábrica deficiente: en cada uno de los procesos productivos se necesita conocer diferentes parámetros como son el consumo de agua, de energía, el nivel de temperatura, entre otros para realizar cálculos ingenieriles, verificar procesos o simplemente analizar variables de proceso y no se cuenta con metrocontadores, flujómetros, termómetros, equipos necesarios para los procesos productivos.
7. Aislamiento de las tuberías en mal estado: cuando los aislamientos de las tuberías se encuentran en mal estado ocurren pérdidas de calor en el proceso por lo que tenemos que consumir más combustible en las calderas para reponer esas pérdidas y un mayor consumo de combustible implica un mayor gato monetario en el combustible y una reducción en los ingresos.
8. Salideros de vapor: en la tubería de alimentación de vapor para calentar el agua de hiladura se sale el vapor por lo que hay que producir mayor cantidad de vapor para reponerlo.
9. No existencia de medidas o programa de eficiencia del agua: en toda industria es imprescindible el manejo económico del recurso agua ya que todos sabemos el porcentaje que constituye el agua potable apta para el consumo humano y ahí la necesidad de su ahorro.

Anexo K.

La concordancia de los expertos fue determinada por el Coeficiente de Concordancia de Kendall. Para el cálculo del Coeficiente de Concordancia de Kendall se confecciona una matriz con los criterios y la votación de los expertos, como se muestra en la tabla 1.

Tabla 1. Matriz con los datos de la desviación del valor medio.

No	Criterios Evaluados	Expertos				ΣA_i	Δ	Δ^2
		1	2	3	M		$\Sigma A_{ij} - \tau$	
1	La calidad del queso se ve afectada por la falta de control en la concentración de la salmuera.					75	30	900
2	El tratamiento de residuales en el tanque séptico es ineficiente					77	32	1024
3	Estado metrológico de la fábrica pésimo.					57	12	144
4	Aislamiento de las tuberías en mal estado.					55	10	100
5	No existencia de medidas o programas de eficiencia del agua.					26	-19	361
6	Salideros de vapor.					52	7	49
7	Las lagunas tienen un grado de azolvamiento alto.					62	17	289
8	Altas emanaciones de gases.					61	16	256
9	Existen variaciones en la temperatura de la leche en la cuba de elaboración.					69	24	576

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

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

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

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

$$\tau = \frac{1}{2} M (K+1) = 0,5 * 9 (9+1) = 45$$

El valor que posibilita decidir el nivel de concordancia entre los expertos se determina por el estadígrafo Kendall w . El valor w oscila entre 0 y 1. Valores mayores de 0,7 se deben aceptar la decisión, valores entre 0,45 y 0,7 se debe continuar el análisis y valores menores de 0,45 se deben rechazar las decisiones de los expertos.