



TOGETHER
for a sustainable future

OCCASION

This publication has been made available to the public on the occasion of the 50th anniversary of the United Nations Industrial Development Organisation.



TOGETHER
for a sustainable future

DISCLAIMER

This document has been produced without formal United Nations editing. The designations employed and the presentation of the material in this document do not imply the expression of any opinion whatsoever on the part of the Secretariat of the United Nations Industrial Development Organization (UNIDO) concerning the legal status of any country, territory, city or area or of its authorities, or concerning the delimitation of its frontiers or boundaries, or its economic system or degree of development. Designations such as “developed”, “industrialized” and “developing” are intended for statistical convenience and do not necessarily express a judgment about the stage reached by a particular country or area in the development process. Mention of firm names or commercial products does not constitute an endorsement by UNIDO.

FAIR USE POLICY

Any part of this publication may be quoted and referenced for educational and research purposes without additional permission from UNIDO. However, those who make use of quoting and referencing this publication are requested to follow the Fair Use Policy of giving due credit to UNIDO.

CONTACT

Please contact publications@unido.org for further information concerning UNIDO publications.

For more information about UNIDO, please visit us at www.unido.org

MANUAL DE PRODUCCIÓN MÁS LIMPIA PARA EL SECTOR INDUSTRIAL CITRÍCOLA



MANUAL DE PRODUCCIÓN MÁS LIMPIA PARA EL SECTOR INDUSTRIAL CITRÍCOLA



UNITED NATIONS INDUSTRIAL DEVELOPMENT ORGANIZATION

© Derechos de autor - 2007

Organización de las Naciones Unidas para el Desarrollo Industrial (ONUDI)
Red Nacional de Producción Más Limpia de Cuba (RNPML)
Instituto para Investigación de la Fruticultura Tropical (IIFT), Cuba.

Este Manual es parte de las actividades del Programa de Producción Más Limpia -de la Organización de las Naciones Unidas para el Desarrollo Industrial y fue elaborado por:

M.Sc. Leticia Prévez

Coordinadora del Punto Focal IIFT de la RNPML de Cuba

M.Sc. Mayra Sánchez-Osuna

Vicedirectora de la Sección de Energía y Producción Más Limpia de la ONUDI

Este documento ha sido reproducido sin haber sido sometido a una edición formal.

Las opiniones expresadas en el presente documento sólo reflejan las de los autores y no necesariamente reflejan los puntos de vista de la ONUDI/RNPML/IIFT. Los autores están autorizados legalmente para reproducir diagramas, gráficos, tablas, etc., que representan los procesos o productos de las empresas productoras.

La mención de empresas, nombres, procesos y productos comerciales no implica la autorización/aprobación de la ONUDI, RNPML o IIFT.

El contenido de este documento no puede ser reproducido, archivado en medios electrónicos o transmitido en cualquier forma sin la previa autorización escrita de la ONUDI/RNPML/IIFT. Partes de esta publicación pueden ser reproducidos para usos no lucrativos, siempre y cuando se reconozca la propiedad intelectual de la ONUDI/RNPML/IIFT.

Las autoras extienden su sincera gratitud a todos los que han hecho posible la elaboración e impresión de este Manual, lo mismo que a las autoridades y empresas industriales que apoyaron el proyecto y contribuyeron a su realización.

Organización de las Naciones Unidas para el Desarrollo Industrial (ONUDI)

Vienna International Centre

P.O. Box 300

A-1400 Vienna

Austria

Tel. (+43 1) 26026 -0

Fax: (+43-1) 26026 6819

e-mail: M.Sanchez-Osuna@unido.org

Sitio web: www.unido.org

Red Nacional de Producción Más Limpia de Cuba

Sitio web: www.redpml.cu

Instituto de Investigaciones en Fruticultura Tropical

Avenida 7ma No. 3005

Playa

Ciudad de La Habana

Cuba

Tel. (+53 7) 202 5526-0

Fax: (+53 7) 204 6794

e-mail: despacho@iift.cu

Website: www.fruticulturacubana.co.cu

Prefacio

Este manual está dirigido a aquellas empresas que estén interesadas o requieran de un adecuado sistema de gestión empresarial, así como a todas las personas y empresarios que aspiren a conocer con mayor profundidad las ventajas, metodologías y beneficios que implica la implementación de la PML en el sector industrial.

La información contenida en esta publicación proviene del trabajo continuado y la experiencia práctica adquirida por los técnicos que han participado en la implementación de opciones de PML en las plantas procesadoras de cítricos en Cuba ajustando la metodología de la Organización de Naciones Unidas para el Desarrollo Industrial (ONUUDI) a las condiciones locales.

Además, se ha tratado de incluir las opciones más comunes implementadas en el sector, las innovaciones más importantes y las alternativas más factibles para lograr el uso eficiente del agua, la energía, las materias primas y todos los recursos que intervienen en el proceso productivo con vistas a lograr un mejor desempeño empresarial, ambiental y social, así como una mejor imagen de la industria en general y de las empresas en particular, ante la comunidad y los clientes.

Una de las ventajas del Manual es que pone a la disposición del lector una metodología para la ejecución de las evaluaciones de PML en las empresas de la industria citrícola, incluyendo el cálculo de eficiencia económica y ambiental de algunas de las opciones identificadas y ofrece métodos para estimar el valor aproximado de las eventuales pérdidas de insumos utilizados en casos extremos de que no se disponga de los instrumentos necesarios para realizar las mediciones in situ.

Para la preparación y publicación del Manual se ha contado con el financiamiento del Gobierno de Austria y de la ONUUDI así como del aporte y conocimientos de los especialistas del sector y de la Red Nacional de Producción Más Limpia de Cuba (RNPML)

Agradecemos a todas las personas, instituciones y empresas que han contribuido a la publicación de este manual.

ÍNDICE

1	INTRODUCCIÓN	1
2	EL PROGRAMA DE PRODUCCIÓN MÁS LIMPIA DE LA ORGANIZACIÓN DE LAS NACIONES UNIDAS PARA EL DESARROLLO INDUSTRIAL (ONU DI)	2
3	LA INDUSTRIA PROCESADORA DE CÍTRICOS EN CUBA	4
	3.1 Principales aspectos económicos	5
	3.2 Principales problemas ambientales	5
4	LA PRODUCCIÓN MÁS LIMPIA EN EL SECTOR INDUSTRIAL CITRÍCOLA	8
	4.1 Pasos para establecer un proyecto de PML en la industria citrícola.....	9
	4.1.1 Análisis de cómo aplicar la estrategia de PML.....	10
	4.1.2 Análisis de cómo aplicar las técnicas de PML.....	12
	4.1.3 Concienciación a técnicos y directivos	17
	4.1.4 Capacitación del personal involucrado	17
	4.1.5 Formación del equipo ambiental.....	18
	4.1.6 Visita rápida a las empresas.....	20
	4.1.7 Asesoría completa de PML a la empresa.....	23
5	CÁLCULO DE OPCIONES DE PML	37
	Opción 1: Establecer un sistema de pago por calidad para la fruta destinada a la industria	39
	Opción 2: Instalación de tecnología para la utilización de la celdilla como subproducto ..	42
	Opción 3: Instalación de tecnología para la utilización del lavado de pulpa como subproducto.....	43
	Opción 4: Mezclar el agua amarilla con el agua del condensado vegetal de los evaporadores para recircularla en los extractores y mejorar los rendimientos de los aceites esenciales	44
	Opción 5: Recirculación del agua de las lavadoras de frutas.....	46
	Opción 6: Regular el flujo de agua en los extractores.	48
	Opción 7: Empleo del agua del condensado vegetal en el proceso tecnológico.....	50
	Opción 8: Mejorar la disciplina para reducir el consumo de agua en la limpieza tecnológica	52
	Opción 9: Colocar válvulas en las puntas de las mangueras para disminuir el consumo de agua.....	54
	Opción 10: Cambio de los pisos de la planta de producción	56
	Opción 11: Rehabilitar el aislamiento de tuberías de agua caliente	57
	Opción 12: Eliminar las fugas en tuberías conductoras de vapor	59
	Opción 13: Sustituir el arrastre con aire comprimido por arrastre mecánico manual en la limpieza.....	61
	Opción 14: Instalar un separador de trazas para recuperar el condensado del primer efecto	62
	Opción 15: Sustitución parcial del agua suavizada en la alimentación del generador de vapor por el condensado vegetal del primer efecto del evaporador.....	64
	Opción 16: Recuperación del agua de sellaje de las bombas de vacío de los evaporadores	66
	Opción 17: Recuperación de la solución de limpieza en los evaporadores.	67
	Opción 18: Cambiar las trampas de vapor que funcionan deficientemente.....	68
	Opción 19: Recuperación de condensado	70

Opción 20: Reducción del consumo energético de la planta de tratamiento, con paralización temporal de un aireador por reducción de la concentración de la carga contaminante.....	72
Opción 21: Sustituir el fertilizante químico empleado en el organopónico y las áreas verdes por los lodos biológicos obtenidos en la planta de tratamiento de residuales industriales.....	74
Opción 22: Instalación de un filtro parabólico para separar los residuales sólidos de los efluentes industriales y utilizarlos como biofertilizantes.....	76
Opción 23: Cambio del sistema de arranque directo de los motores por variadores de velocidad y arrancadores suaves.....	78
Opción 24: Reorganización del transporte para reducir el consumo de diesel.....	80
Opción 25: Control de tiempo de trabajo y cálculo de índices de consumo de los montacargas.....	83
Opción 26: Aislamiento de tuberías conductoras de fluidos refrigerantes.....	84
Opción 27: Pérdidas por puertas abiertas en el frigorífico.....	86
Opción 28: Ajuste de la temperatura requerida en la cámara de enfriamiento.....	87
Opción 29: Cambio de refrigerantes por refrigerantes ecológicos.....	88
Opción 30: Instalación de un condensador evaporativo.....	89
Opción 31: Automatización del frigorífico.....	91
Opción 32: Colocar un calentador de agua para alimentar las calderas.....	93
Opción 33: Sustitución parcial de tejas cubiertas por fibrocemento por tejas traslúcidas..	95
6 REVISIÓN, CONTROL Y RESULTADOS ALCANZADOS.....	96
ANEXO 1.....	100
ANEXO 2.....	104
ANEXO 3.....	108
ANEXO 4.....	111
BIBLIOGRAFÍA.....	114
CONTACTOS.....	116

LISTA DE FOTOS E ILUSTRACIONES

Figura 1. Distribución por variedades de cítricos en Cuba.....	4
Figura 2. Infraestructura del sistema nacional de cítricos en Cuba	4
Figura 3. Proyección de las producciones de cítricos en Cuba hasta el año 2010.....	5
Figura 4. Diagrama de la estrategia de PML en el sector cítrícola.....	11
Figura 5. Sesión de trabajo con el equipo ambiental de PML	19
Figura 6. Diagrama de flujo de la producción de jugo concentrado congelado de cítricos.....	25
Figura 7. Diagrama de flujo de la producción de aceite exprimido en frío de cítricos.....	32
Figura 8. Cambios en la línea de AEF Figura 9. Llenado directo en el frigorífico.	33
Figura 10. Diagrama de flujo de la producción de hollejo húmedo.....	34
Figura 11. Análisis de entrada-salida.....	35
Figura 12. Tanque florentino Figura 13. Filtros de aguas amarillas.....	45
Figura 14. Dispositivo para regular el agua destinada al lavado de la fruta	47
Figura 15. Lavadoras de frutas.....	47
Figura 16. Extractor de cítricos.....	49
Figura 17. Línea de extractores de jugos cítricos	49
Figura 18. Tanques para la recuperación del condensado vegetal de los evaporadores.....	51
Figura 19. Recubrimiento del tornillo sinfín Figura 20. Cubierta de los extractores	53
Figura 21. Cultura de ahorro de los trabajadores.....	53
Figura 22. Pisos nuevos en el área de producción	56
Figura 23. Tuberías aisladas	58
Figura 24. Trampas de vapor que funcionan deficientemente.....	69
Figura 25. Tanque para la recuperación del concentrado	71
Figura 26. Organopónico de la empresa	75
Figura 27. Filtro parabólico para pretratamiento de residuales líquidos cítricos.....	77
Figura 28. Aislamiento deficiente de las tuberías que conducen líquidos refrigerantes.....	85
Figura 29. Condensador evaporativo	90
Figura 30. Área de caldera declarada “EFICIENTE”	94

LISTA DE TABLAS

Tabla 1. Objetivos, metas y acciones.....	22
Tabla 2. Plan de Acción	22
Tabla 3. Identificación de opciones de PML en el proceso industrial para obtener jugos concentrados de cítrico	26
Tabla 4. Identificación de opciones de PML en el proceso industrial para obtener aceite exprimido en frío de cítricos	33
Tabla 5. Identificación de opciones de PML en el proceso industrial para el manejo del hollejo cítrico	34
Tabla 6. Balance de agua	35
Tabla 7. Balance de materias primas	36
Tabla 8. Balance de producción de subproductos.....	36
Tabla 9. Características de los lodos biológicos	74
Tabla 10. Caracterización de los residuos sólidos	76
Tabla 11. Caracterización de los efluentes industriales y comparación con las normas de vertimiento	97
Tabla 12. Reducción de la emisión de contaminantes – Empresa Industrial Ceballos.....	98
Tabla 13. Ahorros anuales en la Empresa Citrus International, S. A.	98

Tabla 14. Cálculo de pérdidas de agua	100
Tabla 15. Estimado de pérdidas de aguas por los salideros en líneas de conducción a una presión de 0.1 kg/cm en la línea y precio unitario \$1.20 USD/m ³	100
Tabla 16. Comparación de los datos de consumo de agua para la limpieza.....	101
Tabla 17. Pérdidas de aire comprimido debido a fugas	101
Tabla 18. Conversión de portadores a kWh.....	102
Tabla 19. Indicadores de conversión para estimar las emisiones	102

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1 Producción	96
Gráfico 2. Consumo de energía eléctrica.....	96
Gráfico 3. Consumo de agua.....	96
Gráfico 4. Consumo de fuel oil.....	97
Gráfico 5. Consumo de diesel.....	97
Gráfico 6. Determinación de pérdidas de vapor a diferentes presiones manométricas y diámetros del orificio de fuga.	102
Gráfico 7. Determinación de las pérdidas por radiación y convección de las tuberías no aisladas.....	103

ABREVIATURAS

AEF	Aceite exprimido en frío
AMA	Agencia del Medio Ambiente
ASHRVE	American Society of Heat, Ventilating and Refrigerating Engineers
Btu/h	British thermal units per hour
CIGB	Centro de Ingeniería Genética y Biotecnología
CIGEA	Centro de Información y Gestión de Educación Ambiental
CNEA	Centro Nacional de Electromagnetismo Aplicado
CNPML	Centro(s) Nacional(es) de Producción Más Limpia
CO ₂	Bioxido de carbono
COMFAR	Computer Model for Feasibility Análisis and Reporting (Modelo computarizado para análisis de viabilidad y estudios de oportunidad de inversiones)
DQO	Demanda química de oxígeno
FC	Factor de carga
GEF	Grupo Empresarial Frutícola
H	Hora
ha	Hectárea
HACCP	Hazards Analysis and Critical Control Point (Análisis de riesgos y punto crítico de control)
hl	Hectolitro(s)
hp	Horsepower
ICIDCA	Instituto de Investigaciones para los Derivados de la Caña de Azúcar
IIFT	Instituto de Investigaciones en Fruticultura Tropical
IIA	Instituto de Investigaciones para la Industria Alimenticia
ISO	International Organization for Standardization (Organización Internacional de Normas)
JCC	Jugo concentrado congelado
JCCN	Jugo concentrado congelado de naranja
JCCT	Jugo concentrado congelado de toronja
JS	Jugo no concentrado
kcal	Kilocaloría
kg	Kilogramo
kJ	Kilojoule
km	Kilómetro
kW	Kilovatio
kWh	Kilovatio hora
l	Litro
m ²	Metro cuadrado
m ³	Metro cúbico

mg	Miligramo
MINAG	Ministerio para la Agricultura
mm	Milímetro
MWh	Megavatio por hora
°C	Grados centígrados/Celsius
°Bx	Grados Brix
°F	Grados Fahrenheit
ONUDI	Organización de las Naciones Unidas para el Desarrollo Industrial
PAM	Protocolos Ambientales Multilaterale
pH	Potencial de hidrógeno
PILOT	Product Investigation, Learning and Optimization Tool (Programa informático de ECODISEÑO para aprender y optimizar la investigación de productos)
PML	Producción Más Limpia
R-12	Freón 12, Diclorodifluorometano
R-22	Clorodifluorometano
R-134	1,1,1,2-Tetrafluoroetano
R-404A	Pentafluoroetano
R-407A	Difluorometano, Pentafluoroetano, Tetrafluoroetano
RLAPML	Red Latinoamericana de Producción Más Limpia
RNPML	Red Nacional de Producción Más Limpia de Cuba
SGA	Sistema de gestión ambiental
SGF	Sure-Global-Fair (Schutzgemeinschaft der Fruchtsaftindustrie: Asociación de Protección a la Industria [productora] de Jugos de Fruta)
t	Tonelada
USD/US\$	Dólares de los Estados Unidos
v/v	[Concentración] por volumen

MANUAL DE PRODUCCIÓN MÁS LIMPIA EN EL SECTOR INDUSTRIAL CITRÍCOLA

1 Introducción

La Producción Más Limpia (PML) es una metodología práctica aplicable a cualquier sector de la producción y los servicios para incrementar la eficiencia y eficacia de los procesos productivos, reducir los riesgos potenciales que puedan afectar la integridad de los seres humanos y el ecosistema y lograr la sostenibilidad del desarrollo económico. A diferencia del tradicional “control de la contaminación” en el manejo ambiental que es un “después-del-evento” o “reacción y tratamiento”, la PML es proactiva con una filosofía de “anticipar y prevenir.”

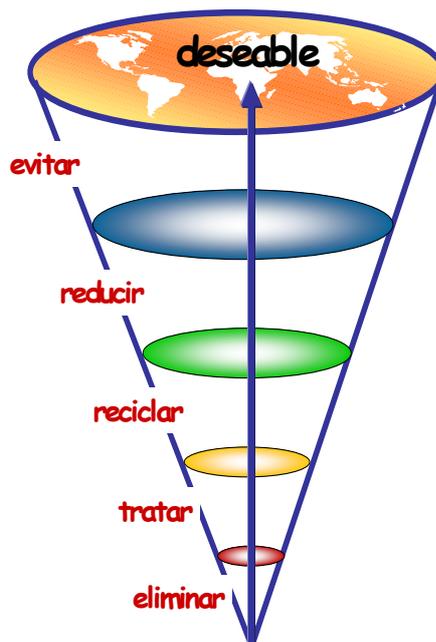
La PML ha tenido gran aceptación en el sector empresarial por representar un enfoque económicamente más efectivo y sostenible para minimizar el impacto ambiental de la industria. Desde el punto de vista de la actividad productiva, involucra los aspectos relativos a la prevención de la contaminación, la reducción de sustancias tóxicas y residuos, el manejo eficiente de los recursos naturales como el agua, la energía, las materias primas y auxiliares antes de que abandonen los procesos y sólo es sostenible, si se dispone de la capacidad de asumirla y ajustarla a las condiciones locales.

Al mismo tiempo, la PML incita a pensar en cómo producir bienes y brindar servicios promoviendo mejoras ambientales bajo las limitaciones tecnológicas y económicas actuales.

El objetivo de este Manual es demostrar la forma de incrementar el desempeño económico y ambiental de las empresas industriales del sector citrícola a través de la búsqueda de soluciones de gerencia, tecnológicas y económico-financieras a través de la introducción de mejoras económicas eficaces, la selección de medidas exitosas y su aplicación en la planificación, en el proceso de toma de decisiones y en la gestión de las empresas a partir de la experiencia adquirida en la implementación práctica de la metodología de PML en el procesamiento de cítricos en Cuba.



Durante la emisión de desechos debe considerar que:



“ Quien no es parte de la solución, es parte del problema”

2 El Programa de Producción más Limpia de la Organización de las Naciones Unidas para el Desarrollo Industrial (ONUUDI)

- *Para la eficiente aplicación de los métodos de Producción Más Limpia se requiere modificar la actitud de los empresarios sobre cómo realizar los procesos productivos, cómo implementar una gestión ambiental responsable y cómo promover e introducir los cambios tecnológicos apropiados.*

De acuerdo con el enfoque holístico de la ONUUDI, la PML se considera una estrategia preventiva integrada, que se aplica a todo el ciclo productivo con el fin de aumentar la productividad y reducir el impacto ambiental de las producciones, productos y servicios mediante la introducción en la práctica productiva de tecnologías respetuosas con el medio ambiente que garanticen la utilización eficiente y efectiva de los recursos naturales e insumos necesarios.

La Organización de las Naciones Unidas para el Desarrollo Industrial ejecuta, desde 1994, un programa para promover la PML en el ámbito internacional. Este programa cuenta en la actualidad con la participación de más de 40 países en todos los continentes y está orientado a brindar a los países en vía de desarrollo y con economías en transición mayores ventajas competitivas en el desempeño de los respectivos sectores industriales.

Con el objetivo de elevar la responsabilidad social, el desempeño ambiental, la competitividad y el potencial de exportación de las empresas, los Centros Nacionales de PML (CNPML) ofrecen servicios de asistencia técnica y gerencial, ajustados a las necesidades de las empresas. Entre los servicios especiales pueden se pueden mencionar:

- la ejecución de asesorías completas de PML;
- la capacitación de expertos nacionales para los diferentes sectores económicos;
- la promoción de inversiones;
- la transferencia de tecnologías ambientalmente sanas;
- la diseminación de información;
- las respuestas a solicitudes de los usuarios a través de los centros de información;
- la sinergia con los Protocolos Ambientales Multilaterales mediante el diálogo entre industria y gobierno.

En Cuba, la Red Nacional de Producción Más Limpia (RNPML) fue establecida por la ONUUDI en mayo del 2001, con el apoyo financiero del Gobierno de Austria y comenzó con tres puntos focales ubicados en el Instituto de Investigaciones para la Industria Alimenticia (IIIA), el Instituto de Investigaciones para los Derivados de la Caña de Azúcar (ICIDCA) y el Centro de Información y Gestión de Educación Ambiental (CIGEA-AMA) pertenecientes a los ministerios de la Industria Alimenticia, la Industria Azucarera y el de Ciencia, Tecnología y Medio Ambiente respectivamente. A mediados del año 2003 se incorporaron los Puntos Focales del Instituto de Investigaciones en Fruticultura Tropical (IIFT) del Ministerio de la Agricultura y el Centro de Ingeniería Genética y Biotecnología (CIGB).

En el año 2004, por iniciativa de la ONUUDI, también se constituye la Red Latinoamericana de PML (RLAPML) con el apoyo financiero de los Gobiernos de Austria y Suiza. Esta Red la integran 13 CNPML establecidos en América Central, América del Sur y Cuba. La Red es gerenciada por la Junta Directiva integrada por cinco miembros representantes de cada sub-región y la Coordinadora General.

Para promover la disseminación y aplicación de la PML, la ONUDI también ha creado un conjunto de incentivos tanto a nivel personal -otorgando Premios al mejor Entrenador y Consultor que aplique la metodología en su país, así como a nivel de empresas, reconociendo la aplicación continua de la estrategia de PML evaluada a través del cumplimiento de los indicadores de éxitos alcanzados en los desempeños de las empresas.

3 La industria procesadora de cítricos en Cuba

El cultivo de los cítricos en Cuba cubre una extensión de 53,000 ha con un rendimiento medio de 15.7 t/ha y una producción anual de alrededor de 800,000 toneladas de frutas cuya distribución por variedades se presentan a continuación.

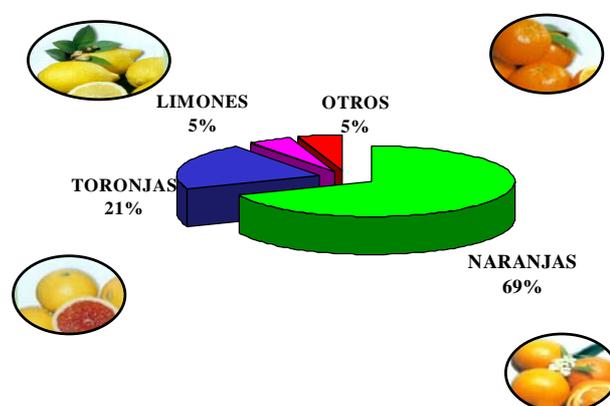


Figura 1. Distribución por variedades de cítricos en Cuba

La agroindustria cítrica cubana actualmente se encuentra bajo la jurisdicción del Grupo Empresarial Frutícola (GEF) que opera como una compañía *holding* dentro del Ministerio de la Agricultura e incluye:

- 13 empresas cítricas.
- empresas frutícolas no cítricas.
- 1 empresa importadora-exportadora-financista que además opera la red de frigoríficos (Cítricos Caribe S.A.).
- 1 empresa comercializadora de frutas y vegetales (Frutas Selectas).
- 4 plantas beneficiadoras de frutas frescas.
- 5 empresas para el procesamiento industrial de las frutas.
- El Instituto de Investigaciones en Fruticultura Tropical (IIFT) que proporciona la base científica y técnica del sistema frutícola cubano.

La distribución regional de las empresas agrícolas, industriales y los puertos para la exportación de frutas tropicales se presentan en la figura a continuación:

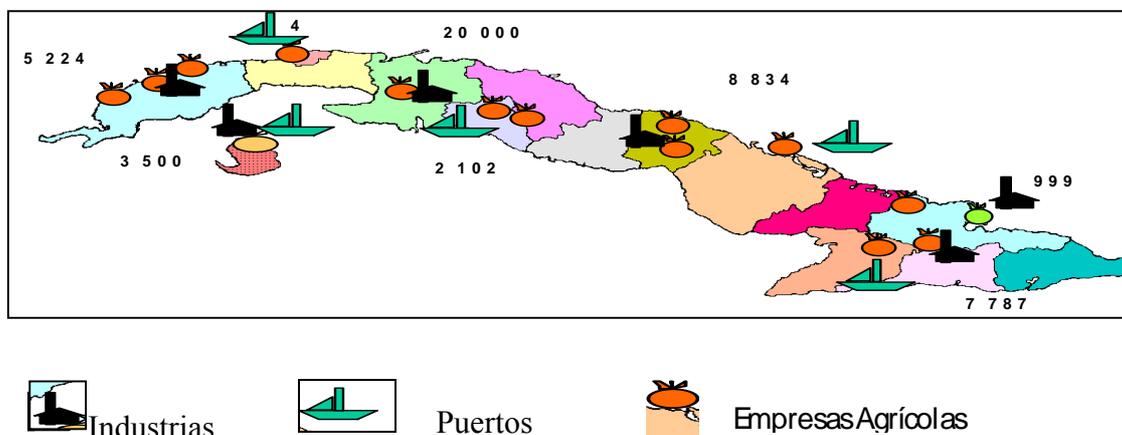


Figura 2. Infraestructura del sistema nacional de cítricos en Cuba

3.1 Principales aspectos económicos

De la fruta proveniente de las empresas agrícolas un 4% tiene como destino la exportación como fruta fresca, un 12% es destinado al consumo nacional y un 84% para el procesamiento industrial. Prácticamente el 80% de la producción industrial es exportada al mercado europeo.

Desde el punto de vista económico el desarrollo de la industria está directamente vinculado a los precios de los productos en el mercado internacional. La fluctuación de los precios de los jugos concentrados congelados de naranja (JCCN) oscila entre 800 y 1,200 USD⁽¹⁾/t y el de jugo concentrado congelado de toronja (JCCT) entre 1,471 USD y 753 USD/t⁽²⁾. El precio del aceite exprimido en frío ha variado entre 0.70 USD hasta 3.30 USD/kg.

La prioridad básica y las inversiones en el sector están dirigidas al fomento de plantaciones de cítricos con especies tolerantes a las principales enfermedades frecuentes de la región y a elevar la eficiencia industrial de sus producciones.

Se estima que la producción total del cítrico proyectada en Cuba a mediano plazo ascienda a 1,030,000 t, para un retorno medio de 48.60 USD/t, un retorno total de 28,551,000 USD. El aporte neto ascendería a 15,850,000 USD.

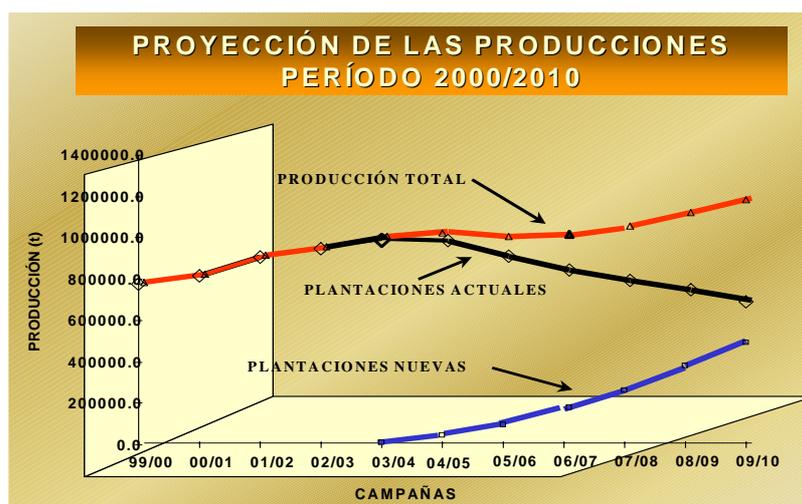


Figura 3. Proyección de las producciones de cítricos en Cuba hasta el año 2010

3.2 Principales problemas ambientales

La industria de procesamiento de cítricos puede considerarse una fuente importante de contaminación líquida, sólida y de emisiones a la atmósfera si no mantiene una adecuada disciplina tecnológica y asegura un eficiente manejo de todos sus recursos.

⁽¹⁾ USD = Dólares de los Estados Unidos.

⁽²⁾ Datos del período 1994-1999.

Los residuales líquidos que se generan durante los procesos contienen ácidos, álcalis, materiales orgánicos y tóxicos como los aceites esenciales que son descargados en distintos períodos de tiempo y en ocasiones a altas temperaturas por lo que se requiere prestar especial atención a la reducción de las emisiones para prevenir la contaminación ambiental. Se requiere de inversiones de capital para introducir tecnologías más limpias en la industria y reducir las emisiones de residuos a los ríos y fuentes de abastecimiento de agua.

El residuo sólido proveniente del procesamiento industrial de cítricos, comúnmente llamado hollejo, está compuesto principalmente por la cáscara, pulpa y semillas. Puede estimarse la cantidad del hollejo húmedo que se genera en un 50% del peso de la fruta para la naranja y el 60% en la toronja. El hollejo es considerado además una fuente excelente para la producción de suplemento alimentario para el ganado vacuno, la producción de mieles cítricas, d-terpeno, pectina y flavonoides fundamentalmente.

Las emisiones gaseosas a la atmósfera se generan por el uso de portadores energéticos durante los procesos de concentración del jugo, la transportación del personal y del producto terminado así como la utilización de gases refrigerantes en las cámaras de enfriamientos.

Entre las principales causas que agravan los problemas ambientales podemos identificar:

- El poco aprovechamiento de todos los subproductos como las celdillas y pulpas, provocando un aumento de la carga contaminante al verterlos a los efluentes industriales.
- La inadecuada disciplina tecnológica que provoca el vertimiento de residuos sólidos y tóxicos a las plantas de tratamiento.
- El consumo elevado de los recursos naturales, hídricos y energéticos que intervienen en el proceso.
- La no reutilización de las corrientes que se generan en el proceso productivo y la deshabilitación de los sistemas de recirculación que aumentan el volumen y la carga contaminante de los efluentes industriales.
- Los problemas con la recogida y disposición del hollejo, lo que provoca paradas innecesarias en el proceso y contamina las zonas donde son vertidos.
- El limitado acceso a capital de inversión a bajo y/o moderado costo.

Entre los principales impactos ambientales que puede generar la industria se encuentran:

- **Modificación de la calidad de los suelos** por el vertimiento de residuos líquidos y sólidos (hollejos) sin previo tratamiento. La acidez de estos productos produce erosión en los suelos donde son vertidos con una recuperación muy lenta una vez detenido el impacto lo que provoca el desarrollo de cultivos con síntomas de enanismo y altos niveles de toxicidad en las zonas afectadas;
- **Incremento de los niveles de contaminación de las aguas subterráneas y superficiales** por la disposición de residuales líquidos a los cuerpos receptores sin el adecuado tratamiento previo requerido;
- **Pérdida de la biodiversidad** por el vertimiento de los residuos sin tratar al ecosistema;
- Proliferación de insectos, vectores y malos olores en las zonas afectadas;
- **Desprendimiento de metano de forma incontrolada** por la digestión anaerobia de los residuales líquidos y sólidos;
- **Utilización de refrigerantes agotadores de la capa de ozono** en el proceso de conservación de las producciones;

- **Agotamiento del recurso agua** por el exceso de su consumo durante el procesamiento industrial;
- **Modificación del paisaje natural** por las nuevas inversiones realizadas además de la disposición de nuevos terrenos para el autoconsumo y áreas verdes;
- Generación de empleos, oportunidades económicas y estimulación al desarrollo industrial;
- Fomento de comercio y servicios;
- **Aumento de la población en la periferia** de la instalación con el surgimiento de barrios espontáneos que requieren de atención social, servicios comunales y de salud.

Es una prioridad para las industrias procesadoras de frutas cítricas en Cuba producir económicamente y de forma respetuosa con el medio ambiente, pues las instalaciones productivas están enclavadas en zonas de importancia estratégica socioeconómica como son la Cuenca del Cauto en Contramaestre, el Río Cuyaguaje en Pinar del Río, la Ciénaga de Zapata en Matanzas y la Laguna de la Leche en Ciego de Ávila.

4 La producción más limpia en el sector industrial citrícola

...La diferencia radica en ponerse a la vanguardia

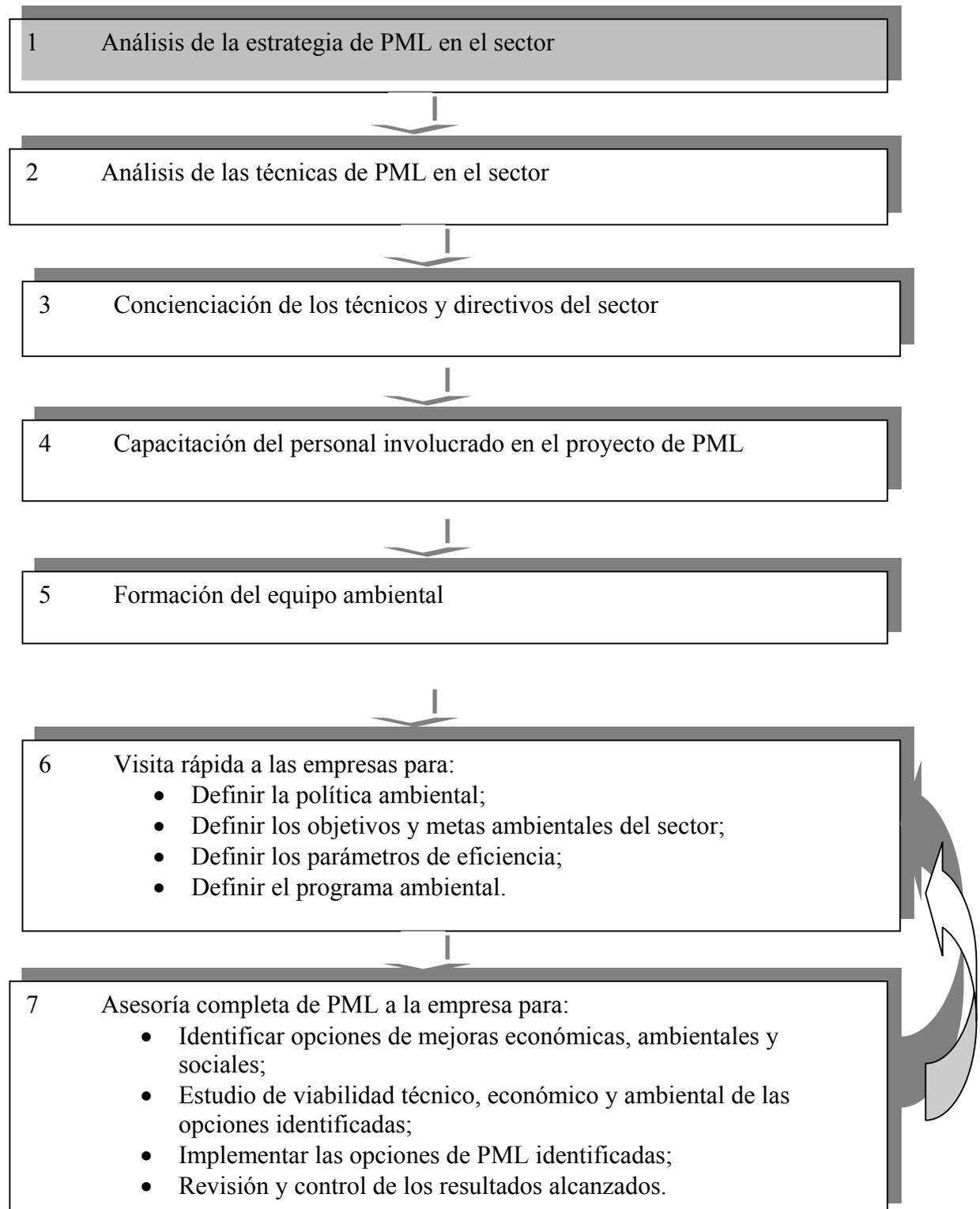
La PML comienza a aplicarse en el sector industrial citrícola a partir de un análisis de condiciones objetivas y la necesidad de:

- Reducir los costos de producción a través del uso más eficiente de las materias primas, la energía, el agua y los materiales auxiliares, todos insumos con alto precio en los mercados nacionales e internacionales;
- Buscar nuevos mercados para las producciones;
- Gestionar la rápida recuperación de las nuevas inversiones sin elevar los indicadores de consumo en la búsqueda de la diversificación de las producciones, ni afectar al personal y la infraestructura industrial existente;
- Aprovechar con mejor eficiencia la capacidad técnica e intelectual del personal administrativo, técnico y obreros de la industria;
- Lograr altos niveles de conciencia en los directivos y trabajadores para reducir el impacto ambiental de las producciones, asegurando sistemáticamente el cumplimiento de las regulaciones ambientales vigentes;
- Crear incentivos para mejorar las condiciones laborales de los trabajadores;
- Incrementar la motivación de los trabajadores para introducir innovaciones en la recuperación de productos, disminuir los costos de producción, contribuir a elevar los salarios y la reducción de los riesgos laborales;
- Elevar el nivel cultural y la autoestima de los trabajadores al estimularlos a participar en entrenamientos, cursos de capacitación, conferencias y foros;
- Aprovechar las condiciones y bases creadas en el país para optar por reconocimientos y premios nacionales e internacionales de certificaciones ambientales y de calidad;
- Mejorar la imagen empresarial y su relación con los clientes y la comunidad circundante.

La introducción de normativas de calidad y ambientales entre otras, como son los sistemas de Gestión de la Calidad ISO 9000, Gestión Ambiental ISO 14000, Salud y Seguridad del Trabajador ISO 18000, Análisis de Riesgos y Punto Crítico de Control HACCP en los Sistemas de Gestión Empresarial y otras certificaciones nacionales e internacionales de calidad y de mercado para producciones orgánicas y convencionales. Todo lo anterior confluye sinérgicamente con el programa de PML proveyéndolo de información y sistemas de organización relevantes.

4.1 Pasos para establecer un proyecto de PML en la industria cítrica.

Una vez analizadas las condiciones objetivas para establecer un proyecto de PML en el sector cítrico se implementan los siguientes pasos:



A continuación se ejemplifica cómo estos pasos fueron aplicados en el sistema industrial y los resultados obtenidos en el sector citrícola.

4.1.1 Análisis de cómo aplicar la estrategia de PML

Para elaborar la estrategia de PML se debe hacer un análisis del sector que permita identificar el potencial de mejoras económicas, ambientales y sociales teniendo en cuenta los siguientes aspectos:

Análisis del sector: Donde se incluya una descripción de la composición del sector, las principales producciones; los indicadores de eficiencia y se establezcan comparaciones con empresas similares en el ámbito nacional e internacional.

Análisis del ciclo completo de la industria/sector. Teniendo en cuenta el papel que juegan los proveedores de la materia prima, los suministradores de materiales auxiliares y tecnologías, la situación de la competencia, clientes y mercados.

Principales problemas ambientales: A través de la identificación de las causas que los ocasionan; caracterización de cada corriente que se desecha y de los efluentes industriales; comparación con las normas vigentes nacionales y manejo de residuos en industrias o sectores similares en el ámbito nacional e internacional, etc.

Factores que afectan la eficiencia del sector: Poniendo énfasis en el aprovechamiento de la capacidad instalada; estado del arte de la tecnología existente; la materia prima y materiales auxiliares utilizados; el manejo de los recursos; desarrollo de producción de subproductos; situación económica y financiera de la empresa; recursos humanos, etc.

Potencial para incrementar la eficiencia. Identificando opciones y/o proyectos para un uso racional de la infraestructura industrial instalada; nuevas proyecciones para la diversificación de las producciones; estudio de mercado de nuevas producciones; capacitación del personal; estudio de sustitución de importaciones, entre otras.

Técnicas y tecnologías de PML a aplicar en el sector: A partir del análisis sobre el cumplimiento de las Buenas Prácticas de Producción; el mejor control del proceso; la sustitución de entrada o cambio de productos; la modificación del equipamiento; los cambios tecnológicos; la recuperación in situ y reutilización de corrientes residuales; la producción de subproductos; la modificación de productos; la eficiencia energética y el manejo de agua y aguas residuales.

Plan de acción: Incluirá la selección de las empresas industriales para la realización de las asesorías rápidas y completas de PML en el sector, la capacitación del personal, elaboración de manuales de PML, la formulación de proyectos de inversión y transferencia de tecnologías, la elaboración de políticas para sostener la PML, la divulgación de la información a través de videos y reportes en boletines y páginas Web, entre otros.

La estrategia de PML, como se indicó anteriormente, al ser un enfoque preventivo de la contaminación, debe en primer lugar tratar de eliminar la emisión de desechos en la fuente a través de la búsqueda de respuestas apropiadas y soluciones alternativas a las siguientes situaciones:

¿**Dónde** son generados los residuos y emisiones?

¿**Por qué** son generados estos residuos y emisiones?

¿**Cómo** pueden ser tratados o eliminados estos residuos y emisiones?

Para elaborar una estrategia de PML se recomienda el uso del diagrama que se brinda a continuación para tratar de identificar opciones y minimizar las corrientes de emisiones en la fuente así como reciclarlas, dentro de lo posible, en el proceso productivo como primeros pasos para lograr la introducción de medidas de una producción limpia de forma sostenida.



Figura 4. Diagrama de la estrategia de PML en el sector citrícola

La experiencia dice que

En el nivel 1, el cumplir y mantener las Buenas Prácticas de Producción, la disciplina tecnológica e implementar el Sistema de Calidad apropiado y mantener una buena organización del sector pueden reportar importantes ahorros económicos. La inversión requerida para lo anterior es prácticamente nula.

El nivel 2 requiere un poco más de recursos financieros para adquirir las tecnologías necesarias para el reciclaje interno de los residuos, pero la inversión se recupera rápidamente pues se agrega valor a la producción principal y se reducen los costos de producción al usar o reusar los recursos en los procesos.

El nivel 3 también puede ser una solución de PML, pero su implementación depende de terceros, y los costos de tratamientos y eliminación de residuos no se recuperan tan rápidamente.



IMPORTANTE !!!!
Para un enfoque preventivo de la contaminación que se genere se tratará de identificar el mayor número de opciones de PML en el Nivel 1 y reducir en la fuente. Lograr menos desechos de materiales o unidades de insumos utilizados!!! Es imposible desperdiciar o desechar lo que nunca ha sido adquirido o utilizado.

4.1.2 Análisis de cómo aplicar las técnicas de PML

Existen técnicas alternativas de PML aplicables a cualquier sector y que contribuyen a alcanzar la sostenibilidad del desarrollo económico. Entre ellas podemos citar:

Las Buenas Prácticas de Producción: las cuales se enfocan básicamente para establecer:

- ***Sistema de inspección en todos los procesos críticos de la producción y muestreos planificados*** lo que permite reducir las pérdidas de materias primas y productos y garantizar la calidad de la producción;
- ***Programa de mantenimiento preventivo planificado*** en todas las áreas para evitar salideros, pérdidas de recursos y mantener la tecnología instalada en condiciones óptimas;
- ***Disciplina tecnológica*** para asegurar el eficiente manejo de todos los recursos, el orden de los puestos de trabajos y el cumplimiento de los programas de trabajos planificados;
- ***Entrenamiento*** a los trabajadores responsables de realizar las diferentes actividades productivas antes de desempeñar las funciones inherentes a sus respectivos puestos de trabajo, así como garantizar la participación de estos trabajadores en eventos y talleres sobre PML, temas técnicos y ambientales;
- Disponer de todas las normativas ambientales, jurídicas y medios para cumplir con las normas de higiene y seguridad de los trabajadores;
- ***Establecimiento de Sistemas de Gestión y certificaciones para las producciones*** tales como las normas NC-ISO 9001:2001; la ISO 9001:2000 en la que puede actuar como certificadora la Sociedad Bureau Veritas; la Certificación Kosher que abarca la comercialización en el mercado Israelí; la certificación BioInspecta para las producciones ecológicas, las cuales se exportan a precios que sobrepasan en 1.5 veces los aplicados a los productos convencionales en mercados exclusivos; y los Certificados emitidos por la compañía independiente SGF que ejecuta auditorías de Sistemas de Gestión de la Calidad e Higiene de los Alimentos, con alcance internacional para los productos que se comercializan en la Comunidad Europea, entre otras.
- ***Sistema de pago por calidad a los suministradores.*** Con el establecimiento de contratos para el suministro de materias primas y materiales auxiliares que garanticen producciones estables cualitativa y cuantitativamente.

La aplicación de medidas de Buenas Prácticas de Producción y organización, que significaron prácticamente el 45% de las opciones de PML identificadas en una de las empresas industriales procesadoras de frutos cítricos, representaron un ahorro de 100,000 USD con inversiones mínimas.

Mejor control del proceso

Para llevar un mejor control del proceso, resultan de gran ayuda los registros estadísticos de los consumos diarios de los diferentes insumos como agua, energía eléctrica, combustibles, materia prima y recursos auxiliares que utiliza la industria durante la ejecución de los procesos productivos.

El empleo de los metros contadores y otros dispositivos para las mediciones, por supuesto aseguran también un mejor control, pero en caso de no poder disponer de ellos un estimado aproximado de los flujos reflejando los consumos en forma de gráficos y tablas permite definir indicadores de eficiencias y razones de gastos. En el anexo 1 se brindan tablas y gráficos para el cálculo aproximado de algunos flujos.

En las empresas del sector industrial cítrica, la aplicación correcta y oportuna de los controles de proceso permitió llegar a alcanzar indicadores de eficiencias y consumos comparables a los valores internacionales y se logró la optimización de los procesos productivos en cuanto a tiempo y explotación de la capacidad industrial instalada.

Sustitución de entradas y/o cambio de productos

No en todos los casos que se analizan se requiere de un cambio de materia prima como tal, pero es necesario tener presente los parámetros de calidad y la compatibilidad ecológica de las materias primas y materiales auxiliares dentro del proceso. También se pueden prever cambios de materiales; el incremento del ciclo de vida de un producto; el cambio de diseño; evitar los componentes críticos, entre otros. La empresa debe definir su política de compras e inversiones para garantizar la adquisición de productos y tecnologías respetuosas con el medio ambiente dando prioridad a los productos biodegradables y reciclables. Por otro lado, la diversificación de la producción aprovechando la infraestructura industrial instalada, representa una posibilidad real para obtener ingresos adicionales.

Como resultado de la introducción de la técnica de sustitución de entradas y/o cambio de producto - adquisición de fruta de mejor calidad – las empresas industriales cubanas lograron reducir la cantidad de frutas de 15 a 9 toneladas por tonelada de jugo concentrado congelado (JCC) de cítrico, lo que significó un ahorro económico de aproximadamente 200,000 USD.

Nuevas producciones de JCC de mango, guayaba, plátano aumentaron los ingresos en la industria en unos 40 millones de pesos utilizando la infraestructura industrial fuera de la campaña de cítricos.

Modificación del equipamiento

La capacidad para innovar que poseen los trabajadores del sector jugará un papel muy importante sobre todo cuando existan restricciones financieras y limitada solvencia económica en las industrias para introducir mejoras y adaptaciones en equipos básicos y auxiliares e instalaciones de las líneas tecnológicas y de servicios.

Cambios tecnológicos

Los cambios tecnológicos van dirigidos básicamente a las exigencias del mercado por una parte o hacia la adquisición de tecnologías menos consumidoras de recursos y más respetuosas con el ecosistema, es decir, menos generadoras de residuos y emisiones. Esta técnica también incluye, de ser posible, la eliminación de aquellos pasos tecnológicos que puedan afectar la salud de los trabajadores y el medio ambiente, la sustitución de algunas operaciones por otras más efectivas y el mejoramiento de todo el proceso o de algunas de sus etapas. También se pretende mejorar la gestión para separar desechos los desechos y corrientes de agua residual.

En el caso específico de la industria procesadora de cítrico algunos cambios tecnológicos (15% de las opciones identificadas) fueron:

- **La instalación de nuevas líneas de llenado aséptico para evitar el alto consumo energético que representa la conservación del JCC.**
- **La adquisición de tecnologías de extracción y evaporadores de quintuple efecto más eficientes.**
- **La instalación de nuevas líneas para la producción de jugo simple, con mejores precios en el mercado internacional.**
- **El cambio de bombas rotatorias de aceite por bombas de desplazamiento positivo para reducir el tiempo de decantación y emulsificación del aceite esencial en el frigorífico y elevar la calidad del producto.**

Recuperación in situ y reutilización de corrientes residuales

Este es uno de los enfoques más relevantes para la reducción de la carga contaminante de los efluentes industriales y la reducción de los costos de producción. En el proceso de producción de jugo de cítricos existen algunos flujos materiales que pueden ser reutilizados, tales como:

- ✓ **Agua procedente de los concentradores de jugo:** La concentración del jugo genera alrededor 200-300 litros de agua por tonelada de fruta procesada y en los primeros efectos del evaporador de quintuple efecto el agua alcanza una temperatura de aproximadamente 80° C que puede ser utilizada en diferentes procesos tales como:
 - En la alimentación de la caldera, gracias a los parámetros de la calidad de estas aguas que pueden, sin efectos colaterales, sustituir el agua suave y también por su alto contenido energético,
 - En la dilución de la sosa cáustica utilizada durante la limpieza tecnológica reduciendo el consumo de portadores energéticos y el consumo de agua potable al mismo tiempo.
- ✓ **Las aguas de los otros efectos del concentrador** pueden ser empleadas en el lavado de la fruta y limpieza de los pisos. Adicionalmente, por las características del agua del condensado vegetal que se genera, éste puede ser reutilizado para la estandarización de los jugos sin necesidad de usar agua tratada.
- ✓ **Agua amarilla procedente de la producción del aceite exprimido en frío.** En este proceso se generan alrededor de 150 litros de agua amarilla por tonelada de fruta con un contenido de aceite de 0.1% v/v. La recirculación de esta corriente reduce el

consumo de agua, eleva los rendimientos del aceite esencial en un 10% con valor en el mercado internacional y disminuye prácticamente el 40% de la concentración de la carga contaminante de los efluentes industriales.

- ✓ **Recirculación del agua del lavado de la fruta:** Cuando las frutas están relativamente limpias es posible recircular el agua de lavado hasta tres veces.
- ✓ **Recuperación de aromas (fase acuosa) y esencias (fase oleosa)** procedente del evaporador para adicionarla a los jugos reconstituidos e inclusive procesarlos para su venta en el mercado internacional.
- ✓ **Reutilización de aceites y lubricantes** los cuales mezclados con combustibles pueden usarse para la generación de vapor reduciendo el consumo de este portador energético. El uso propuesta para el aceite inclusive resulta una manera de prestar servicio a otras empresas para aliviar los costos de tratamientos de estos compuestos difícilmente biodegradables.

Prácticamente fue reducido el 50% del agua que consumía la empresa antes de implementarse el proyecto de PML, gracias a la reutilización del agua de los evaporadores y a la recirculación de las corrientes líquidas.

El 60% de la concentración de la carga contaminante de los efluentes industriales se redujo por la reutilización de estas corrientes en el proceso tecnológico.

Producción de subproductos

Esta es una de las técnicas que ayuda a la diversificación y a la reducción de los costos de producción.

Durante la industrialización del cítrico se genera una importante cantidad de residuos que pueden ser procesados con fines comerciales para producir aromas, esencias, celdillas, jugo concentrado de lavado de pulpa, pectina, hollejo deshidratado, entre otros. Para ello se requiere de cierto capital de inversión para poner a punto la tecnología. El capital invertido puede ser recuperado rápidamente gracias a los precios favorables y a la aceptación en el mercado internacional de los productos obtenidos.

El precio de la celdilla en el mercado puede estimarse en un 80% del precio del jugo concentrado. La comercialización de la celdilla aumentaría los ingresos brutos industriales y adicionalmente, con los mismos equipos, se produciría el jugo concentrado de pulpa, que pudiera mezclarse con los jugos y permitiría a la empresa obtener ingresos adicionales con la misma cantidad de frutas.

El hollejo, como subproducto, tanto en forma húmeda como seca puede ser aprovechado como un suplemento alimenticio para el ganado vacuno. El precio de este producto en base seca en el mercado es aproximadamente equivalente al 80% del precio del maíz.

Diversificación de la producción.

Esta técnica se refiere a la posibilidad de cambiar los surtidos de producción e incluso flexibilizar las prioridades en dependencia de los precios, la oferta y la demanda del mercado para productos específicos.

El desarrollo de nuevos productos como bebidas, néctares y jugos mezclados en envases individuales así como la producción de cócteles de diferentes frutas son fuentes potenciales para elevar los ingresos de la empresa.

Eficiencia energética:

El uso de los portadores energéticos durante el procesamiento industrial de cítricos, su influencia en las emisiones a la atmósfera y los elevados precios actuales de los combustibles constituyen las razones más importantes para trabajar en lograr un manejo eficiente de los mismos y reducir uno de los principales gastos para la empresa.

Entre las actividades y áreas que pueden contribuir a optimizar el consumo de portadores energéticos podemos mencionar:

- Sistema de generación de vapor;
- Recuperación de calor;
- Aislamiento;
- Evaporadores;
- Refrigeración / enfriamiento;
- Aire comprimido;
- Iluminación;
- Transporte;
- Uso de energía renovables

Como resultado de la gestión energética en el sector industrial para el procesamiento de cítricos en Cuba, durante un año de implementación de las opciones de PML se logró:

- **Ahorrar 2,290 MWh en las plantas en que se realizaron las asesorías.**
- **Que todas las empresas del sector tuvieran declaradas como “EFICIENTES” las áreas de calderas y tres de ellas, las áreas de frigorífico.**

Los residuales líquidos y sólidos del procesamiento industrial de cítricos constituyen un potencial para generar energía por su capacidad de biodegradación anaerobia y generar biogás, en sustitución de los portadores energéticos convencionales. En estudios realizados, a nivel de banco, por el Instituto de Investigaciones en Fruticultura Tropical se han calculado rendimientos entre 0.21 y 0.35 m³ de biogás/kg de DQO removido y con una concentración de metano del 65%.

4.1.3 Concienciación a técnicos y directivos

Este es un paso decisivo ya que es importante que los técnicos y directivos sean conscientes de implementar los proyectos de PML motivados por los beneficios económicos ambientales y sociales implícitos. Para esto es necesario establecer un diálogo abierto, franco y convincente con la administración para demostrar a cuanto ascienden las pérdidas en la producción, traducidas a valor monetario, por no aplicar y/o introducir las recomendaciones de PML. Este lenguaje es fácil de entender por el personal encargado de la toma de decisiones y tiene un efecto positivo para la aprobación del proyecto.

Se puede citar como ejemplo el impacto que tuvo, durante el Segundo Taller Nacional de Medioambiente de las Industrias Procesadoras de Cítricos, la conferencia donde se ilustró con los datos estadísticos propios de las empresas, que las pérdidas por concepto de no aplicar PML en etapas específicas de los procesos productivos eran de alrededor de un millón de dólares y que existían posibilidades para producir aproximadamente 5 millones de USD adicionales con los mismos recursos, implementando las técnicas de PML. Como resultado de las recomendaciones del taller se logró el compromiso y el apoyo de la máxima dirección del sector para la aprobación del proyecto de PML, pues existían razones suficientes para ello y su implementación y se permitiría elevar la productividad, lograr mejores indicadores de eficiencia, aprovechar la flexibilidad de las instalaciones y sobre todo utilizar eficientemente ese capital humano tan valioso de que disponen las empresas.

¡Recuerde que pueden existir problemas y dificultades en la empresa y que la implementación de un proyecto de PML le brindará diferentes opciones para la aplicación de soluciones integrales!!!

4.1.4 Capacitación del personal involucrado

...facilitar el acceso a la información sobre PML al personal y lograr motivarlo en su aplicación son claves importantes para el éxito...!!

La capacitación es imprescindible para poder comprender los principios, estrategias y metodología de la PML y no debe limitarse a los miembros del equipo ambiental o a un Punto Focal de un Centro o Programa de PML, sino también hacerla extensiva a los técnicos que impulsarán el proyecto en las empresas.

Entre los recursos que permiten enriquecer los programas de capacitación y entrenamiento que pueden ser ofrecidos a través de la ONUDI se pueden mencionar los siguientes:

- ECODISEÑO con su programa computarizado “PILOT” sobre el ciclo de vida de los productos;
- COMFAR. Programa computarizado para estudios de factibilidad y estudios de oportunidades de inversiones;
- Talleres de PML para la formación de expertos internacionales y nacionales;
- Talleres para la formación de entrenadores de PML internacionales y nacionales;
- Cursos impartidos por expertos internacionales para la transferencia de tecnologías respetuosas con el medio ambiente;
- Asistencia técnica ofrecidas por expertos internacionales sobre PML en sectores específicos;
- Cursos sobre Desarrollo Industrial Sostenible. Simulación de procesos, análisis, optimización y control de procesos, entre otros;

- Cursos y prácticas para obtener los reconocimientos como expertos nacionales y entrenadores auspiciados por la Unidad de PML de la ONUDI.

En el Anexo 2 se encuentran los módulos de los programas de capacitación y los requerimientos para obtener el reconocimiento como expertos nacionales y entrenadores por la Unidad de PML de la ONUDI.

Otras fuentes de conocimiento son las reuniones regionales de la Red Latinoamericana, las reuniones anuales de la ONUDI, las Mesas Redondas de la Red Nacional de PML celebradas anualmente, así como eventos y talleres que permiten ampliar el espectro de conocimiento sobre diferentes proyectos, tales como “Cerrar los ciclos”, “Arrendamiento de Químicos”, “Mecanismos de Desarrollo Limpio”, que pueden brindar soluciones integrales de producción limpia a las industrias. Adicionalmente existen en Internet en sitios como la plataforma de Gestión de conocimiento CPLatinNet, <http://www.cp-latin-unido.net>, de la RLAPML informaciones importantes y relevantes sobre eventos, proyectos, manuales, entrenamientos, experiencia de casos exitosos de los CNPML y documentos científicos, entre otros.

Como resultado de las capacitaciones recibidas, Cuba cuenta actualmente con seis entrenadores internacionales de PML, certificados por la ONUDI, dos de ellos en el sector citrícola. La Red Nacional de PML se ha dedicado a la tarea de formar expertos en PML procedentes de diferentes sectores industriales del país.

4.1.5 Formación del equipo ambiental

...solo una fuerza de trabajo capacitada, informada y organizada estará lo suficientemente motivada para contribuir al desarrollo de proyectos de PML y podrá asumir la responsabilidad de su implementación...

Es importante que el equipo ambiental sea lo más integral y multidisciplinario posible debido a que los métodos de PML estudian y evalúan su intervención sobre diferentes aspectos del desempeño de la empresa tales como el manejo de agua, materias primas, materiales auxiliares; tecnología; desechos líquidos y sólidos; emisiones; subproductos; innovaciones; asuntos económicos; nuevas inversiones; transferencia de tecnologías; regulaciones y leyes vigentes; seguridad y salud de los trabajadores; influencia de la competencia; los suministradores; los inversionistas; el público y los vecinos entre otros. La composición y el número de miembros del equipo ambiental están en dependencia del tamaño y las funciones de la empresa.



Figura 5. Sesión de trabajo con el equipo ambiental de PML

Derechos del equipo de PML

- **Participar activamente en el estudio e identificación de opciones de PML que generen mejoras de tipo ambiental, económico o social a su empresa.**
- **Exponer libremente sus ideas al resto del equipo.**
- **Escuchar y ser escuchado por los miembros del equipo de PML.**
- **Capacitarse y capacitar periódicamente a otros especialistas.**
- **Es el máximo responsable de poder evaluar la factibilidad técnica y económica de las opciones de PML.**
- **Participar activamente en todas las actividades y reuniones relativas al equipo.**

Estos equipos ambientales deberán contar con la colaboración de expertos externos formados por la Unidad de Producción Más Limpia de la ONUDI, lo que será de gran ayuda para dar una solución integral a las opciones de PML identificadas. La participación directa de los representantes directos de la gerencia de la empresa es imprescindible, pues se logra el compromiso de la administración por un lado, y contar con su aprobación y toma de decisiones satisfactorias, si las recomendaciones de PML que se proponen corresponden con los intereses de la industria.

Deberes de un equipo de PML

- **Mantener estrechas relaciones de camaradería entre los miembros del equipo y los diferentes departamentos de la empresa.**
- **Consolidar los principios ecológicos a todos los niveles de la empresa.**
- **Justificar profesional y técnicamente sus puntos de vista.**
- **Participar activamente en todas las actividades y reuniones relativas al equipo.**
- **Participar en las evaluaciones de PML en planta.**
- **Actualizar el programa ambiental interno de la empresa.**
- **Implementar la metodología de PML.**
- **Planificar estrategias de implementación de opciones de PML e información sobre asuntos ambientales.**

4.1.6 Visita rápida a las empresas

Si se han cumplido los pasos precedentes se puede considerar que se han creado las bases para lograr el éxito del proyecto de PML pues:

- Se dispone de la estrategia de PML a aplicar en el sector
- Se han identificado las potencialidades de mejoras
- Se ha concienciado la máxima dirección
- Existe un equipo de PML disponible
- El personal ha sido adiestrado y está motivado

Una inspección rápida de PML es una visita a la instalación industrial para realizar un análisis de la situación que conduzca a:

- Identificar los procesos industriales, señalando los de mayor relevancia medioambiental.
- Calcular los flujos de materiales y energía.
- Valorar la calidad de los procesos de producción, evaluar su eficiencia y comparar la tecnología utilizada con las alternativas existentes en el mercado.
- Identificar cuáles serían las “frutas bajas y maduras” que permitan generar ahorros inmediatos y motivar al equipo de proyecto para continuar con el proceso.
- Establecer las prioridades del proyecto



IMPORTANTE!!!

¿Dónde debe prestar atención el experto de PML?

- En los amontonamientos.
- En las descargas de las tuberías.
- En la localización de los productos químicos en los almacenes.
- En los contenedores que no están etiquetados.
- En los objetos que se supone no deben estar en el camino.
- En los salideros de válvulas, tanques y tuberías.

Durante una evaluación rápida también se define con mayor precisión la aplicación de la política ambiental de la empresa, los objetivos, metas y el plan de acción para darle seguimiento al proyecto de PML que se establezca.

4.1.6.1 Política ambiental

Para poder definir la política ambiental de PML de una empresa se debe tener en cuenta:

- ❖ **La situación económica.** Se colectará información sobre los suministradores de materias primas; los inversionistas; la competencia; los clientes; los rechazos; los costos de producción y la eficiencia de la producción, entre otros. Para ello se utilizarán los

registros históricos de consumo de recursos, informes sobre el flujo de producción y el balance de entrada/salida de los materiales, etc.

- ❖ **La situación ambiental:** donde se identifican los principales problemas ambientales, las causas que los originan, los impactos que producen, el cumplimiento de las normas de vertimiento, etc.
- ❖ **El ambiente social:** Que define los principales riesgos a los que se exponen los trabajadores; los medios de trabajo de que disponen los trabajadores; las capacidades para ocupar puestos de trabajo específico; cumplimiento de los deberes y derechos así como el cumplimiento de legislaciones y leyes laborales, necesidades de capacitación, relación con la comunidad, entre otros.

A partir de los problemas detectados se conforma una apreciación global de la empresa y se define la política ambiental como una señal clara del compromiso gerencial a la actividad medioambiental. Además sirve como principio para identificar las tareas a cumplir durante el primer año de introducción de los métodos de PML y permite preparar a la empresa automáticamente para la introducción de un Sistema de Gestión Ambiental (SGA) acorde a las auditorías ecológicas e ISO 14 001.

A continuación se presenta un ejemplo de política ambiental de PML de una empresa. Es necesario aclarar que este no es un modelo predeterminado, está destinado a servir como guía para conocer y aplicar los principales principios y metodología de producción limpia.

La Empresa Industrial de Cítricos de Ceballos, concientizada sobre la importancia de la protección al medio ambiente y los recursos naturales del país, dispuestos a cooperar con el desarrollo sostenible de nuestra sociedad logrando así una mejor imagen ante la comunidad y los clientes y una mayor competitividad en el mercado y en aras de asegurar la protección de la salud humana, el bienestar y la seguridad de la comunicad en las actuales y futuras generaciones, establece su Política Ambiental encaminada a:

- *Cumplir con la legislación vigente en materia de Protección del Medio Ambiente.*
- *Minimizar los impactos ambientales negativos derivados de los procesos industriales.*
- *Optimizar la operación industrial elevando la eficiencia y eficacia de los recursos encaminados al mejoramiento continuo de nuestro desempeño ambiental.*
- *Garantizar, siempre que sea posible, el uso de tecnologías más limpias, minimización de residuos y su recuperación así como el cumplimiento de procedimientos seguros de trabajos.*
- *Promover el uso racional de materias primas, la energía y el consumo de agua de todas nuestras instalaciones.*
- *Desarrollar los planes ambientales de salud y seguridad a corto, mediano y largo plazo.*
- *Mantener informados a los trabajadores, colaboradores, clientes y proveedores de nuestros objetivos y metas.*
- *Desarrollar un sistema que garantice la capacitación de todo el personal tanto técnico, obreros y dirigentes y la adecuación periódica de nuestro Programa de Gestión Ambiental.*
- *Emplear un sistema de auditorías regulares, cumplimiento de las evaluaciones y un esquema de mejoramiento.*

*Nail Pérez
Director General
Ciego de Ávila, 14 de noviembre 2003*

4.1.6.2 Objetivos y metas

Teniendo en cuenta los principios declarados en la política ambiental podemos definir los objetivos y las metas a alcanzar y elaborar el plan de acción que será nuestra guía de trabajo.

Los objetivos deben ser:

Específicos
Medibles,
Alcanzables,
Reales y
Terminados.

En la tabla siguiente se propone un formato y se desarrolla un ejemplo aplicado a los objetivos, metas y acciones en correspondencia con la política ambiental definida por esta empresa y cuyo detalle se muestra en el Anexo 3.

Tabla 1. Objetivos, metas y acciones

Objetivo	Meta	Acción
Objetivo 1 Cumplimiento de la legislación y regulaciones vigentes	Meta 1 Cumplir al 100% con las normas y regulaciones vigentes.	Acción 1 Tener actualizadas las normas, regulaciones y decretos vigentes
		Acción 2 Chequear periódicamente su cumplimiento y dar solución a las no conformidades

4.1.6.3 Plan de acción

Teniendo en cuenta las acciones que deben realizarse se elabora el plan de acción identificando los responsables, y los ejecutores, definiendo las fechas de comienzo y terminación de las actividades y, por supuesto, el presupuesto necesario. Para lo anterior se puede utilizar el formato que se refleja en la tabla 2. En el anexo 4 se muestra un ejemplo de un plan de acción.

Tabla 2. Plan de Acción

Acciones	Recursos necesarios	Responsable	Fecha
Monitorear el sistema de tratamiento de residuales líquidos	Trabajo de laboratorio para el monitoreo ambiental y otros trabajos relacionados con el tema. Costo aproximado: 25,000 USD y 1,250 pesos.	Director de Control de Calidad	Permanente

Resultado de la inspección rápida:

Informe sobre el potencial de la aplicación de la PML basado en consideraciones económicas y ambientales, para decidir si se debe realizar una evaluación en planta y en qué sectores del proceso de producción.

4.1.7 Asesoría completa de PML a la empresa

Tomada la decisión de realizar una asesoría completa de PML se comienza a hacer un análisis detallado de los procesos y los recursos que intervienen en la producción para lo cual se puede considerar:

- La industria como un todo;
- Los procesos de producción individualizados;
- Cambios de consumo de insumos tales como agua, energía, materias primas y materiales auxiliares, sustancias peligrosas;
- Por conjunto de equipos o equipos individuales.

Para cada proceso o recurso seleccionado se siguen pasos específicos encaminados a organizar la información en cuanto a:

- Recolección de los datos del proceso para elaborar el balance de masa, agua y energía;
- Reflexiones sobre *dónde, cuánto y por qué* son generados los residuos.;
- Generación de opciones de PML;
- Estudio de la factibilidad técnica, económica y ambiental de la implementación de las opciones de PML;
- Implementación de las opciones de PML en dependencia de su prioridad;
- Control y verificación de las opciones implementadas en cuanto a la reducción de costos, reducción de la contaminación, aumento de la eficiencia, reducción de accidentes, entre otros indicadores de producción y eficiencia.

Para lograr el adecuado manejo de los insumos se debe prestar especial atención a aquellos recursos importantes que intervienen en los procesos, tales como:

- Materia prima y materiales auxiliares,
- Agua,
- Energía (Diesel, combustible, electricidad)

Además, existen otras áreas en el proceso con potencial de ahorros importantes a través de una adecuada y eficiente gestión de los recursos energéticos, minimizando al mismo tiempo el impacto ambiental por la reducción de emisiones. Es importante prestar atención a los:

- Generadores de vapor (calderas);
- Compresores;
- Frigoríficos;
- Evaporadores;
- Iluminación;
- Aislamiento térmico;
- Recuperación de calor.

En este capítulo se ejemplificará como realizar una asesoría completa de PML tomando como referencia una planta procesadora de cítricos. Para ello, se comienza seleccionando las principales producciones:

- Jugo concentrado congelado de cítricos;
- Aceite de cítricos exprimido en frío;
- Hollejo.

4.1.7.1 Diagrama de flujo

Como primer paso se recomienda elaborar un diagrama detallado del flujo del proceso, por resultar éste una herramienta muy valiosa para reflexionar ordenadamente sobre las opciones de PML que puedan contribuir a mejorar el desempeño económico y ambiental. Con la ayuda del diagrama de flujo podemos:

- responder a las preguntas clásicas de PML *cuáles, de dónde y por qué* se generan las emisiones de residuos;
- profundizar en la caracterización de los flujos de proceso y emisiones de residuos;
- generar opciones para reducir las emisiones de residuos y/o para aprovechar estos flujos antes de que abandonen el proceso.

Además nos permite reflexionar sobre los puntos críticos encontrados, en el uso de materias primas o materiales auxiliares más económicos, cerrar ciclos de materiales, tomar medidas técnicas, utilizar o reutilizar interna o externamente algunas corrientes o productos entre otras opciones de mejoras de PML hacia la eficiencia industrial.

Un diagrama de flujo sencillo de la producción de jugo concentrado de cítricos antes de comenzar con el proyecto de PML condujo a llamar la atención sobre:

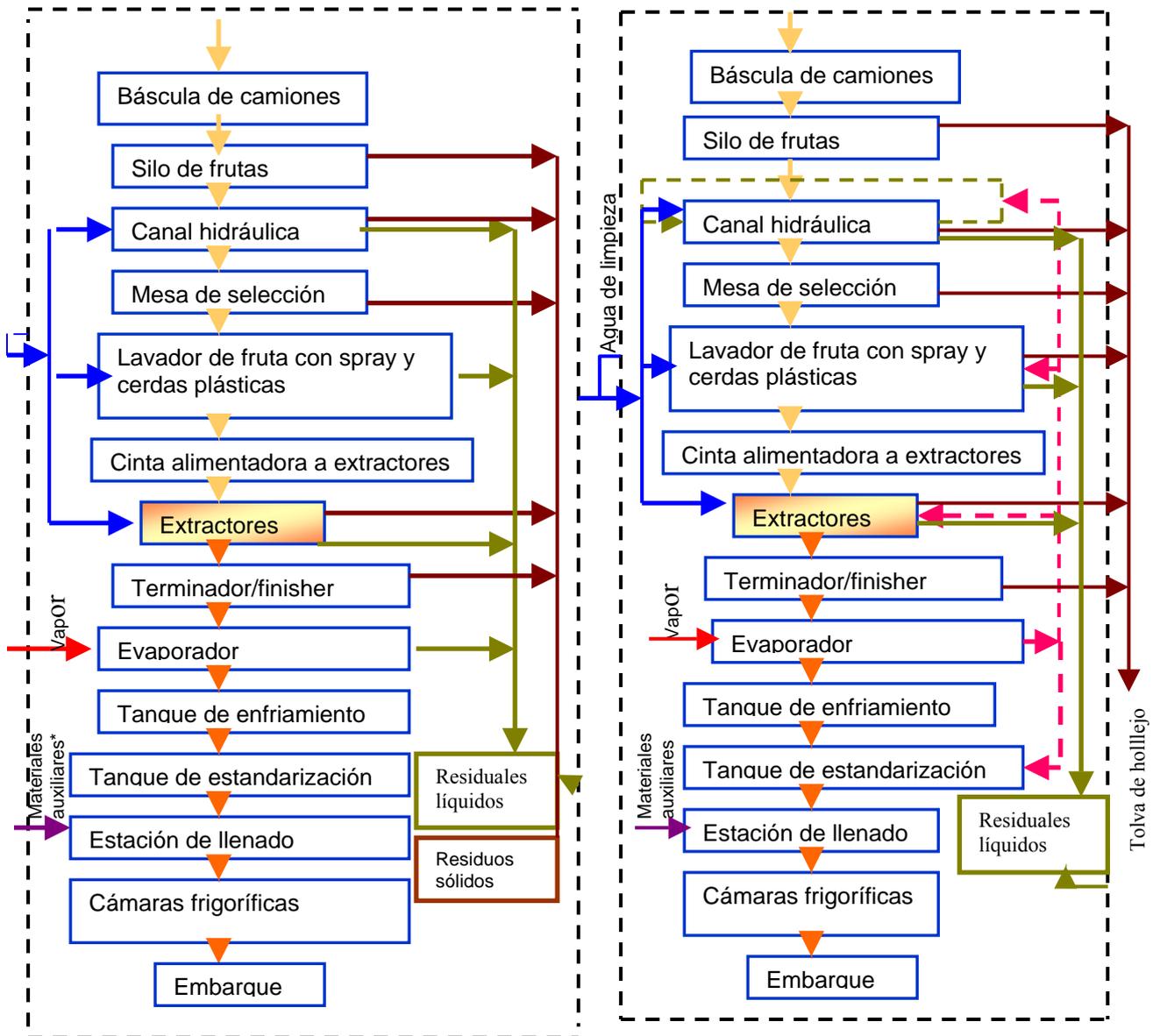
1. El número de rechazos de frutas, suciedades y calidad de la materia prima en los primeros pasos del proceso;
2. Las emisiones de residuos que iban directamente a la planta de tratamiento de los residuales líquidos. La concentración de la carga contaminante en este caso de estudio ascendía a 10,000 mg DQO/l;
3. En el proceso no había recirculación ni reutilización de ningún flujo internamente;
4. La existencia de residuos que elevaban considerablemente la concentración de la carga contaminante hacia el ambiente y que, sin embargo, podrían ser utilizadas en actividades productivas con fines comerciales; como por ejemplo, la celdilla en los terminadores, el agua procedente del evaporador, las aguas amarillas y el lodo en el proceso de obtención del aceite exprimido en frío los que son difícilmente biodegradables y tóxicos para los sistemas biológicos de depuración;
5. No se obtenían otros subproductos que no fueran los aceites esenciales y el hollejo cítrico húmedo;
6. Manejo ineficiente de los portadores energéticos, pues existen áreas donde se podría actuar para mejorar la eficiencia del desempeño energético, como son las áreas de generación de vapor, las áreas de frigoríficos y el proceso de evaporación, entre otros.

Como ejemplos de transformaciones que pueden realizarse en el proceso a partir de su análisis, se muestran los diagramas de flujo para la producción de jugo cítrico concentrado antes y después de la evaluación de PML.

Producción de jugo concentrado cítrico

Antes de PML

Después de PML



Leyenda:



- Materiales auxiliares: cintillos, bidones, bolsas plásticas, etiquetas.

Figura 6. Diagrama de flujo de la producción de jugo concentrado congelado de cítricos

4.1.7.2 Generación de opciones de PML

Utilizaremos las áreas del proceso identificadas en el diagrama de flujo para describir las opciones de PML generadas por los especialistas durante el recorrido por la planta. Algunos de los problemas pueden tener soluciones inmediatas, pues son muy obvios los beneficios que se obtendrían al implementar las recomendaciones de PML, sin embargo, otros necesitan de análisis técnicos, económicos y ambientales más profundos, así como de los recursos necesarios para resolverlos. Las tablas que se presentan a continuación permiten evaluar la importancia de algunas medidas.

Tabla 3. Identificación de opciones de PML en el proceso industrial para obtener jugos concentrados de cítrico

Descripción de las opciones de PML que se han identificado en algunas empresas citrícolas cubanas		Prioridad económica	Prioridad ambiental	Social
Área de recepción de frutas				
1.	Diseñar un mecanismo para disminuir el deterioro de las frutas durante la descarga de los camiones	*	*	
2.	Evitar la caída de la fruta al suelo para eliminar el doble trabajo de limpieza y separación de la fruta deteriorada	*	*	*
3.	Emplear dispositivos para la descarga de los camiones y evitar accidentes al personal que labora en el área	*		*
4.	Organización de la descarga de frutas para tratar de mantener los silos llenos y evitar que funcionen los motores en vacío	*		
5.	Establecer un sistema de pago por calidad de la fruta destinada a la industria	*	*	*
6.	Sustituir el sistema de limpieza de los silos con aire comprimido por sistema de limpieza mecánica	*		
7.	Montaje de arrancadores suaves que disminuyen el tiempo de rotura de los sinfines y los elevadores de cangilones	*	*	
Canal hidráulica, mesa de selección, lavador de frutas				
8.	Mantener el control del consumo de agua con metros contadores o medidores de flujo	*	*	
9.	Recircular el agua del proceso	*		
10.	Utilizar el agua procedente de los efectos secundarios del concentrador para el lavado de las frutas	*	*	
11.	Garantizar un flujo estable en las boquillas de las duchas para lograr el lavado parejo de las frutas	*	*	
12.	Evitar tupidones en los filtros, por suciedades y mala calidad de la fruta recibida	*	*	
13.	Mantener a las operarias a distancia prudencial para evitar malas posiciones y mejorar la efectividad en su trabajo de selección			*
14.	Sustituir el uso a distancia del compresor de 25 kW por motores de 1 kW para enviar agua a la cisterna	*		

Descripción de las opciones de PML que se han identificado en algunas empresas cítricas cubanas		Prioridad económica	Prioridad ambiental	Social
15.	Instalar un control de nivel en el foso de la lavadora de frutas con una válvula on-off con lo que se disminuye el tiempo de trabajo de las bombas del pozo	*		
16.	Recirculación del agua de las lavadoras	*	*	*
Cinta alimentadora y extractores				
17.	Activar el sistema de recirculación de las aguas amarillas para elevar eficiencia de extracción del aceite esencial	*	*	
18.	Instalar un tanque florentino para mezclar el agua del evaporador y las aguas amarillas y recircularla en los extractores	*	*	
19.	No mantener trabajando los extractores sin frutas, para evitar pérdidas de energía, agua y el exceso de dilución en la emulsión de aceites esenciales	*	*	
20.	Calibrar adecuadamente la copa para garantizar la eficiencia de extracción y evitar el olor penetrante del aceite esencial en el área de trabajo	*	*	*
21.	Regular las duchas de los extractores para garantizar una concentración de aceite en la emulsión débil entre 1 y 2%	*	*	
22.	Utilizar el agua del concentrador para la limpieza tecnológica	*	*	
23.	Planificación de la campaña y su logística para evitar paradas innecesarias	*		
24.	Mantener cerrada la tapa posterior de los extractores para evitar salpicaduras de hollejos en el área de trabajo y reducir el tiempo y recursos de limpieza	*	*	*
25.	Aplicar un sistema mecánico de limpieza para recoger los sólidos	*	*	*
26.	Mantenimiento sistemático de las trampas de sólidos y grasa en el área	*	*	
27.	Evitar cambios de frutas en las campañas de producción industrial por períodos cortos para reducir consumo de agua durante la limpieza tecnológica	*	*	
28.	Sustitución parcial de tejas cubiertas de fibrocemento por tejas traslúcidas	*		
29.	Mejorar el estado técnico de los pisos	*	*	*
30.	Inversión para la reposición de la plataforma y en parte de los extractores.	*	*	*
31.	Eliminar fugas y salideros de agua.	*	*	
32.	Mejorar la disciplina durante la limpieza tecnológica para evitar el consumo excesivo de agua.	*	*	
33.	Regular el flujo de agua de los extractores.	*	*	
Terminador/Finisher				
34.	Aprovechamiento de la celdilla para la producción de subproductos	*	*	
35.	Incluir las celdillas en el sistema de transportación del hollejo hacia la tolva	*	*	

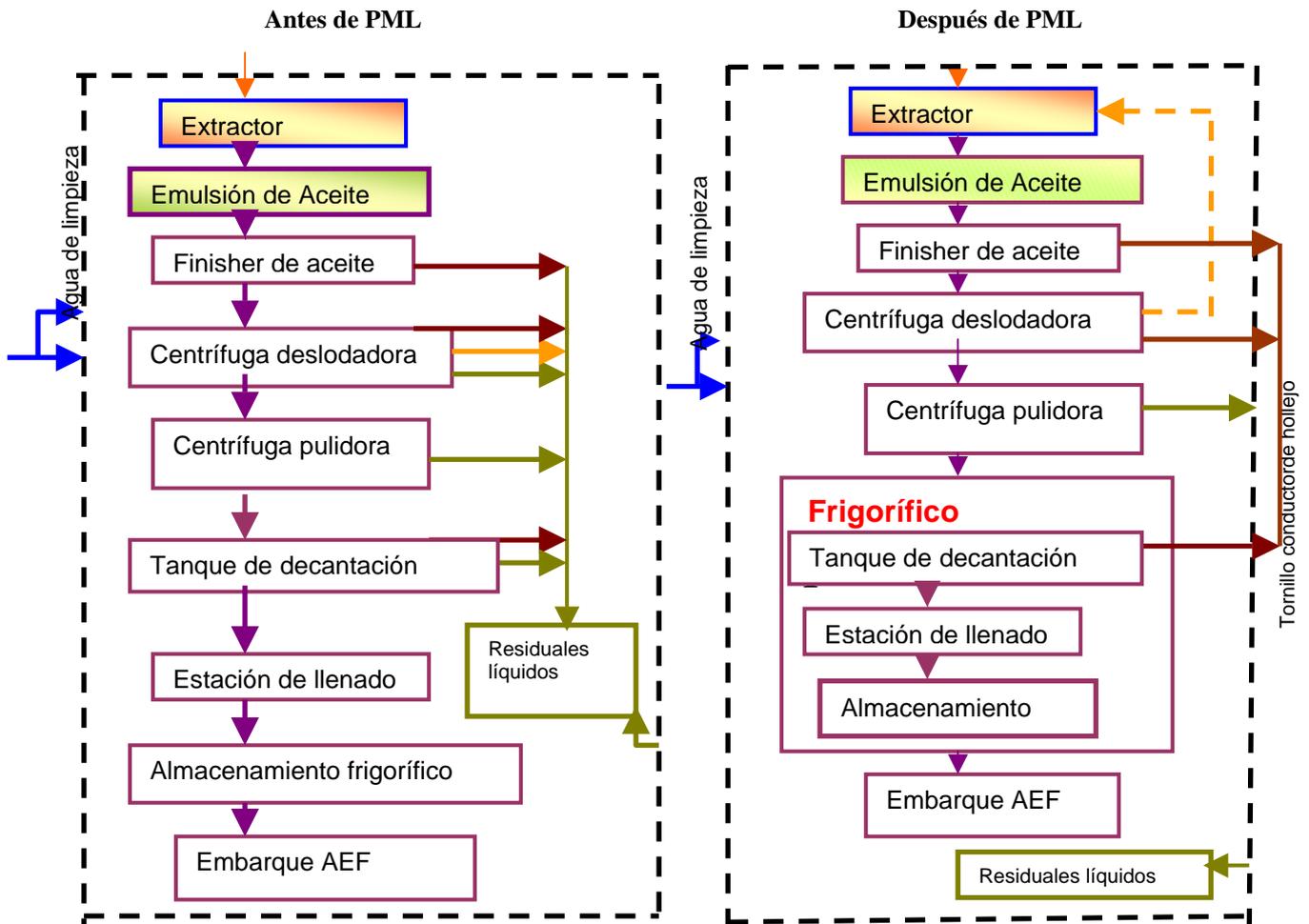
Descripción de las opciones de PML que se han identificado en algunas empresas cítricas cubanas		Prioridad económica	Prioridad ambiental	Social
36.	Implementar la limpieza mecánica para eliminar sólidos	*	*	
Evaporadores a múltiples efectos				
37.	Regular y reparar las válvulas para evitar pérdidas del condensado en las purgas	*	*	
38.	Almacenar separadamente el agua del primer efecto del resto para emplearla en diferentes usos dentro del proceso (calderas y limpieza)	*	*	
39.	Recuperar los aromas y esencias del jugo en el evaporador	*		
40.	Eliminar las fugas de vapor	*	*	
41.	Mejorar la recuperación de los condensados	*	*	
42.	Mejorar el aislamiento de las tuberías de vapor	*	*	
43.	Emplear un tanque isotérmico para el almacenamiento del jugo	*		
44.	Recuperar y reusar el agua suave del sellaje de las bombas de vacío.	*	*	
45.	Recuperar las soluciones de limpieza de los evaporadores			
46.	Instalar un separador de traza para recuperar el condensado del primer efecto	*	*	
Estación de llenado de bidones				
47.	Emplear envases reciclables y retornables	*	*	
48.	Aislar las tuberías que conducen el jugo frío	*	*	*
49.	Reubicar el área de conformación de bidones para evitar molestias por el ruido que produce esta actividad			*
Cámaras frigoríficas				
50.	Instalar cortinas en la contrapuerta	*	*	
51.	Mantener el orden en la entrada, planificación y organización del producto en las cámaras	*	*	
52.	Emplear un dispositivo electrónico activado por el operador que mantenga las puertas cerradas	*	*	*
53.	Descongelar periódicamente los condensadores.	*	*	
54.	Garantizar los medios de protección adecuados para los trabajadores que laboran en el área			*
55.	Cambio de refrigerantes por refrigerantes ecológicos		*	
56.	Automatizar el área del frigorífico	*		
57.	Aislar las tuberías conductoras de refrigerantes	*	*	
58.	Ampliar la capacidad del frigorífico	*		
59.	Utilizar las cámaras de forma escalonada con intervalos de tiempo de 3-4 días	*		
60.	Evitar pérdidas de frío por mantener las puertas abiertas en el frigorífico	*	*	*
61.	Ajuste de la temperatura requerida en la cámara de enfriamiento	*	*	
Servicios básicos y auxiliares				
Área de generación de vapor				

Descripción de las opciones de PML que se han identificado en algunas empresas citrícolas cubanas		Prioridad económica	Prioridad ambiental	Social
62.	Mantener la caldera trabajando con una eficiencia del 95% como resultado de un mantenimiento sistemático en quemadores, regulación de aire y otros aspectos operacionales	*	*	
63.	Utilizar el agua del primer efecto del concentrador para alimentar la caldera y reducir el consumo de portadores energéticos y el costo de tratamiento del agua suave	*	*	
64.	Reducir el consumo de fuel oil por la incorporación de aceites lubricantes quemados de los vehículos automotores de la empresa	*	*	
65.	Aislar las tuberías conductoras de vapor y agua caliente	*	*	
66.	Garantizar el suministro de medios de protección adecuados a los trabajadores			*
67.	No trabajar con presiones superiores a las que se requieren en el concentrador	*	*	
68.	Instalar magnetizadores en la tubería de agua de alimentación de la caldera para evitar el uso de reactivos químicos	*		
69.	Mantener automatizada el área de la caldera	*		
70.	Instalar un calentador en el tanque de alimentación de la caldera	*	*	
Área de transporte				
71.	Organizar y optimizar el transporte del producto terminado	*	*	*
72.	Organizar el transporte del personal que labora en la industria	*	*	*
73.	Evitar pagar servicios a terceros para la transportación del personal	*		
74.	Proveer de vehículos ecológicos (bicicletas) a los trabajadores que viven cerca de la industria		*	*
75.	Evitar verter aceites y lubricantes por error de manipulación en las áreas. Utilizar los aceites y lubricantes mezclados con fuel oil en la caldera	*	*	*
Área de compresores				
76.	Aislar las tuberías	*	*	
77.	Evitar fugas de refrigerantes	*	*	*
78.	Parar los compresores cuando no sea necesaria su operación	*	*	
79.	Reducción al mínimo la presión de los compresores	*		
80.	Bajar la temperatura de aire de entrada			
Planta de tratamiento de residuales				
81.	Invertir en la instalación del equipamiento necesario para el pre-tratamiento de los residuales líquidos procedentes de los procesos industriales de los cítricos	*	*	
82.	Habilitar laboratorios para el control y monitoreo de la carga contaminante de los residuales		*	*
83.	Mantenimiento sistemático del equipamiento del sistema de tratamiento		*	

Descripción de las opciones de PML que se han identificado en algunas empresas citrícolas cubanas		Prioridad económica	Prioridad ambiental	Social
84.	Estudio de factibilidad para el uso de los residuales líquidos como 'materia prima' para la producción de biogás (energía renovable)	*	*	
85.	Utilizar los lodos de la planta de tratamiento como biofertilizantes en el organopónico y las áreas verdes de la empresa	*	*	*
86.	Emplear lagunas facultativas aerobias de pulimento para la cría y reproducción de peces.	*	*	*
87.	Instalación de un filtro parabólico para separar los residuales sólidos y utilizarlos como biofertilizante en las áreas verdes y organopónicos de la empresa	*	*	*
88.	Utilizar los residuales sólidos del proceso para la alimentación de ganado vacuno	*	*	*
Eficiencia energética				
89.	Garantizar operar con factor de potencia por encima de 0.96 corrigiéndolo con bancos de capacitores	*		
90.	Apagar los equipos que, a causa de averías, pudieran provocar paradas prolongadas	*	*	
91.	Elaborar y establecer el plan de contingencia energética	*		*
92.	Poner a funcionar los equipos de forma progresiva para evitar picos eléctricos	*		
93.	Seccionalizar la planta por áreas para optimizar el consumo de la energía eléctrica y controlar su utilización	*	*	
94.	Instalar metros contadores para controlar el consumo de energía eléctrica por áreas individuales	*		
95.	Mantener la iluminación artificial y climatización que sea absolutamente necesarias	*		
96.	Cambio de los bulbos incandescentes por bombillos ahorradores en el área del comedor y del edificio administrativo	*		
97.	Aprovechar eficientemente las instalaciones mediante la reorganización de la entrega de frutas	*		
98.	Apagar el sistema de enfriamiento del frigorífico en horario pico			
Manejo de agua				
99.	Mejorar la disciplina para reducir el consumo de agua en la limpieza tecnológica	*		
100.	Eliminar fugas y salideros de agua	*	*	
101.	Capacitar y concienciar a los obreros en el ahorro de agua	*	*	*
102.	Reducir el consumo de agua por el empleo de la limpieza mecánica	*	*	
103.	Aplicar tratamiento antialga en la torre de enfriamiento	*		
104.	Modificar la estructura interna de las torres del sistema de enfriamiento	*		

Descripción de las opciones de PML que se han identificado en algunas empresas citrícolas cubanas		Prioridad económica	Prioridad ambiental	Social
105.	Colocar válvulas de accionamiento automático en las mangueras para garantizar presión y cierre automático una vez terminada la limpieza tecnológica	*		
106.	Reducir el largo de las mangueras y ancho de tuberías que se emplean en la limpieza	*		
107.	Adquisición de una estación de limpieza CIP para el área de estandarización y envasado de jugo	*	*	
108.	Instalar controles de nivel en la cisterna y metros contadores	*		
109.	Sustitución de las torres de enfriamiento por un condensador evaporativo	*	*	*

Producción de aceite exprimido en frío de cítrico.



Leyenda

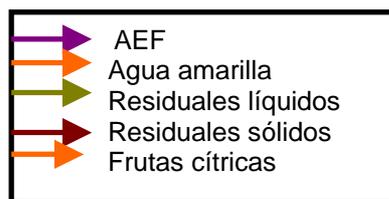


Figura 7. Diagrama de flujo de la producción de aceite exprimido en frío de cítricos

Tabla 4. Identificación de opciones de PML en el proceso industrial para obtener aceite exprimido en frío de cítricos

Descripción de las opciones de PML que se han identificado en algunas empresas citrícolas cubanas		Prioridad económica	Prioridad ambiental	Social
“Finisher” de aceite				
110.	Sustituir el “finisher” existente por uno de tipo de tambor rotatorio.	*		
111.	Sustituir las bombas centrífugas por bombas de desplazamiento positivo tipo pistón	*		
112.	Instalar “spray” de aceite	*		
Centrífuga desludadora				
113.	Recircular las aguas amarillas de desecho en los extractores y estabilizar su uso	*		
114.	Enviar el exceso de agua amarilla hacia el spray de filtro parabólico	*	*	
115.	Desviar los lodos a la tolva de hollejo.	*	*	
116.	Reprogramación del autónoma de la centrífuga e inclusión de la operación manual	*		
117.	Aprovechar las aguas de la descarga de la centrífuga			
Centrífuga pulidora				
118.	Enviar el aceite exprimido en frío directamente al frigorífico para evitar pérdidas del producto	*		
119.	Aprovechar las aguas de la descarga de la centrífuga			

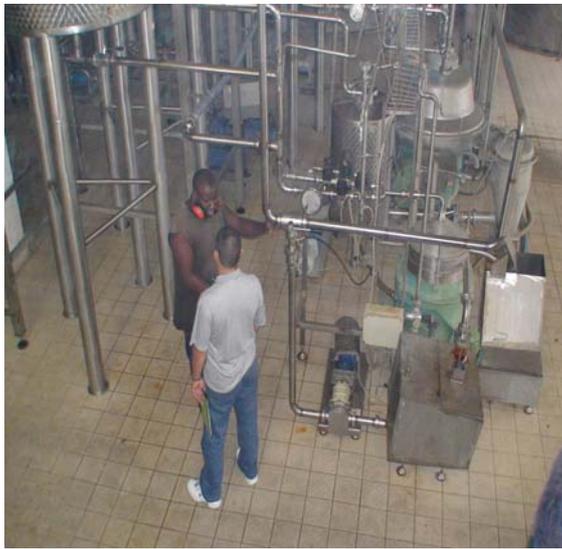


Figura 8. Cambios en la línea de AEF

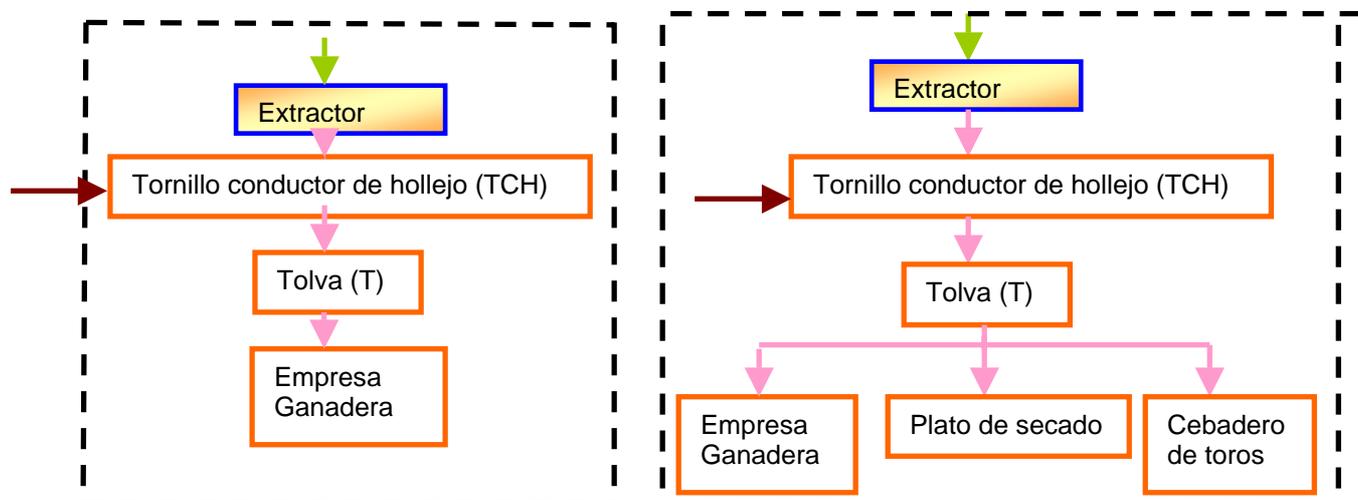


Figura 9. Llenado directo en el frigorífico.

Producción de hollejo húmedo

Antes de PML

Después de PML



Legenda

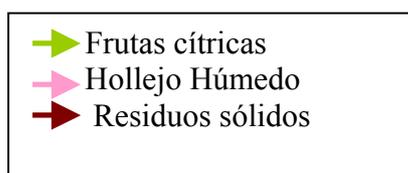


Figura 10. Diagrama de flujo de la producción de hollejo húmedo

Tabla 5. Identificación de opciones de PML en el proceso industrial para el manejo del hollejo cítrico

Descripción de las opciones de PML que se han identificado en algunas empresas citrícolas cubanas		Prioridad económica	Prioridad ambiental	Otras
Tornillo conductor				
120.	Cerrar el transportador de hollejo hasta la tolva para evitar derrames	*	*	
Tolva de hollejo				
121.	Ampliar la capacidad de almacenamiento para evitar paradas innecesarias en el proceso tecnológico por llenuras	*	*	
122.	Utilizar la limpieza mecánica	*	*	
Plato de secado				
123.	Construir un plato de secado como pulmón para evitar paradas innecesarias si existen problemas con la recogida por las empresas ganaderas	*	*	
Suministrar los residuos a los cebaderos de toro				
124.	Localizar los cebaderos de toros cerca de las empresas industriales de cítricos para suministrar el hollejo producido por las empresas como fuente de alimento para el ganado	*	*	*

Análisis de entrada-salida

En los procesos industriales las entradas y salidas deben estar balanceadas...

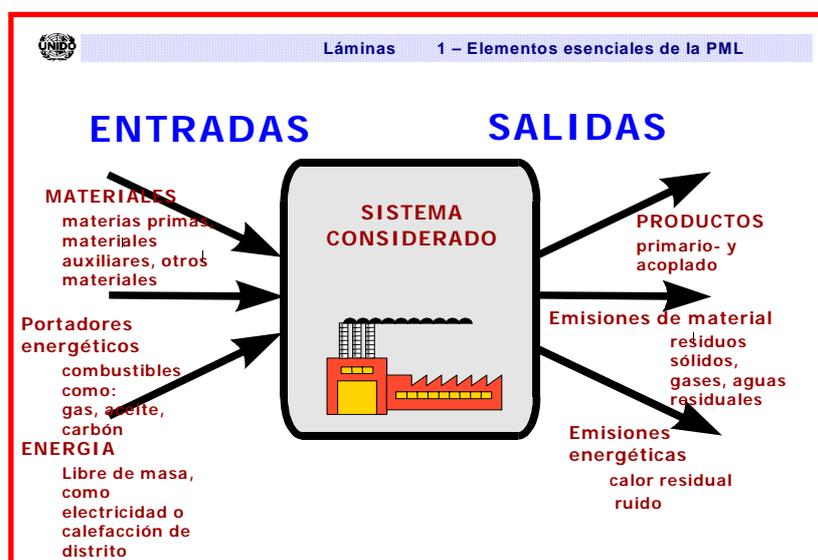


Figura 11. Análisis de entrada-salida

Una vez identificadas las potencialidades de mejoras por área de producción es necesario calcular a cuanto ascienden las pérdidas actuales y los posibles ahorros por concepto de materias primas, materiales auxiliares, agua, energía, combustibles, etc. Para esto podemos auxiliarnos de tablas simples de entrada/salida como las que se indican a continuación.

Tabla 6. Balance de agua

Proceso: Producción de jugo de cítricos					
Entradas	Metros cúbicos por año (m ³ /año)	Fuente:	Salidas	Metros cúbicos por año (m ³ /año)	Fuente:
TOTAL	521,197	Medido	TOTAL	521,197	
Uso general	130,299.2	Calculado	Efluente industrial	416,958	Medido
Lavado	26,059.8	Calculado	Pérdidas		
Limpieza	78,179.6	Calculado	Evaporador	22,644	Calculado
Producción	208,478.8	Calculado	Otras pérdidas	81,595	Calculado
Enfriamiento	26,059.9	Calculado			
Agua suavizada	52,119.7	Calculado			

Tabla 7. Balance de materias primas

Proceso: Producción de jugos cítricos					
Entradas	91,149	Fuente	Salidas	91,149	Fuente
Toronja (t)	39,355	Empresa de Cítricos	Producción de jugo concentrado (t)	5,934	Dpto. de Economía
Naranja (t)	50,368		Producción de jugo simple (t)	6,237	Dpto. Economía
Lima persa (t)	1,426		Hollejos (t)	45,575	Dpto. Economía
			Agua vegetal (t)	23,740	Calculada
			Pérdidas (t)	9,663	Calculada

Tabla 8. Balance de producción de subproductos

Proceso: Producción de subproductos. Balance de recuperación de aceite esencial en frío					
Entradas	15,630	Fuente	Salidas	15,630	Fuente
AEF extraíble toronja (t)	2,786	Calculado	AEF recuperado toronja (t)	1,991	Dpto. Economía
			Pérdidas (t)	791	Calculadas
AEF extraíble naranja (t)	12,844	Calculado	AEF recuperado naranja (t)	7,807	Dpto. Economía
			Pérdidas (t)	5,041	Calculadas

SEGUIMOS ADELANTE....

COMO CALCULAR EL POTENCIAL DE AHORRO !!!!

5 Cálculo de opciones de PML

En este capítulo se desarrollan 33 opciones típicas de PML, como ejemplo de aquellas encontradas con mayor frecuencia en las evaluaciones rápidas y completas. Se tomó en consideración que las opciones hubieran sido aplicadas a situaciones reales en la industria procesadora de cítricos y se adjunta la literatura técnica y de ingeniería que pudiera servir como ayuda rápida para demostrar su viabilidad técnica y económica.

Aunque existen programas computarizados automatizados para elaborar estos estudios se prefirió presentar ejercicios que pudieran ser resueltos con un mínimo de programas informáticos especializados y dejar su aplicación total para opciones de PML de mayor alcance y complejidad.

A continuación se relacionan las opciones identificadas y su evaluación técnico económica.

No.	Opción
1	Establecer un sistema de pago por calidad para la fruta destinada a industria
2	Instalación de la tecnología para la utilización de la celdilla como subproducto
3	Instalación de la tecnología para la utilización del lavado de pulpa como subproducto
4	Mezclar el agua amarilla con el agua del condensado vegetal de los evaporadores para recircularla en los extractores y mejorar los rendimientos de los aceites esenciales
5	Recirculación del agua de las lavadoras de fruta
6	Regular el flujo de agua de los extractores
7	Empleo del agua del concentrado vegetal en el proceso tecnológico
8	Mejorar la disciplina para reducir el consumo de agua en la limpieza tecnológica
9	Colocar válvulas en las puntas de las mangueras para disminuir el consumo de agua.
10	Cambio de los pisos de la planta de producción y canales de drenaje
11	Rehabilitar el aislamiento de las tuberías de agua caliente
12	Eliminar las fugas en tuberías conductoras de vapor
13	Sustituir el arrastre con aire comprimido por mecánico manual en los procesos de limpieza
14	Instalar un separador de trazas para recuperar el condensado del primer efecto
15	Sustitución parcial del agua suavizada en la alimentación del generador de vapor por el agua del primer efecto del evaporador
16	Recuperación del agua de sellaje de las bombas de vacío de los evaporadores
17	Recuperación de la solución de limpieza en los evaporadores
18	Cambiar las trampas de vapor que funcionan deficientemente
19	Recuperación de condensado
20	Reducción del consumo energético de la planta de tratamiento con paralización temporal de un aireador por reducción de la concentración de la carga contaminante

No.	Opción
21	Sustituir el fertilizante químico empleado en el organopónico y las áreas verdes por los lodos biológicos obtenidos en la planta de tratamiento de residuales industriales
22	Instalación de un filtro parabólico para separar los residuales sólidos de los efluentes industriales y utilizarlos como biofertilizante
23	Cambio del sistema de arranque directo de los motores por variadores de velocidad y arrancadores suaves
24	Reorganización del transporte para reducir el consumo de diesel
25	Control de tiempo de trabajo y cálculo de índice de consumo de los montacargas
26	Aislamiento de tuberías conductoras de fluido refrigerantes
27	Pérdidas por puertas abiertas en el frigorífico
28	Ajuste de la temperatura requerida en la cámara de enfriamiento
29	Cambio de refrigerantes por refrigerantes ecológicos
30	Instalación de un condensador evaporativo
31	Automatización del frigorífico
32	Colocar un calentador de agua para alimentar las calderas
33	Sustitución parcial de tejas cubiertas por fibrocemento por tejas traslúcidas

Opción 1: Establecer un sistema de pago por calidad para la fruta destinada a la industria

Tabla resumen

Ingresos por aprovechamiento eficiente de la materia prima	871,100 USD
Ahorros por concepto de cambio de cortadores	20,727 USD

Situación inicial

La fruta que se destinaba a la industria presentaba problemas en sus lotes pues no todas tenían la calidad requerida en cuanto a contenido de Sólidos Solubles Totales ó °Bx y contenido de jugo. Lo anterior afectaba los índices de rendimiento, la eficiencia industrial y los costos de producción.

Los extractores de jugo tienen un dispositivo en el interior de la copa (cortador inferior) que corta la fruta una vez que es presionada para facilitar la extracción del jugo. Si la fruta trae pedúnculo o cualquier otro objeto extraño, estos cortadores pueden deformarse y es necesario reemplazarlos para garantizar la correcta y eficiente operación de los extractores.

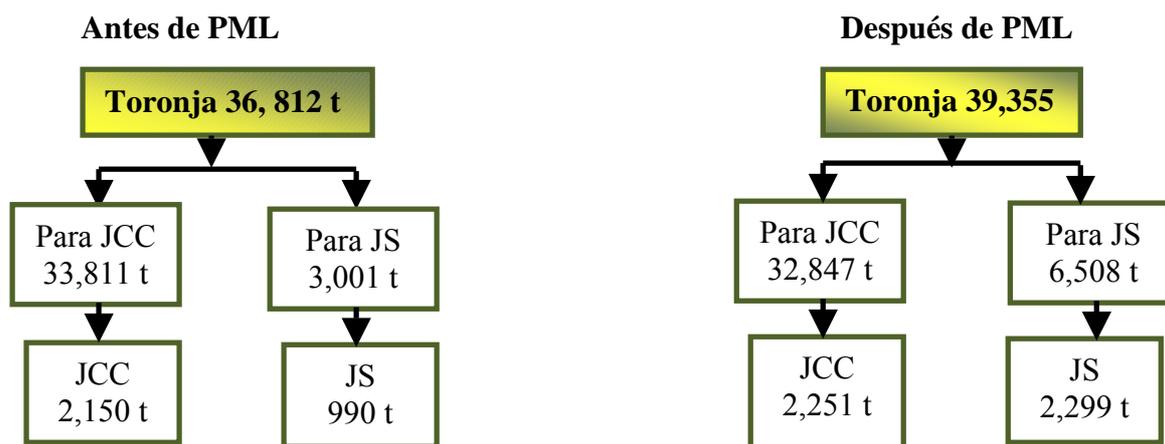
Recomendaciones

Modificar el sistema de pago a los suministradores de frutas. El sistema propuesto debe vincular el precio con la calidad de la fruta entregada, definiendo un coeficiente dentro de un límite permisible y aceptable entre la concentración de sólidos solubles totales y el contenido de jugo. Además incluir una cláusula de penalización en caso de no cumplir con los parámetros establecidos.

Resultados y base de cálculos

Garantizar el suministro estable de frutas así como el pago por la calidad de las mismas a los suministradores ha permitido a la industria aumentar los rendimientos según las estadísticas de la industria como se muestra en los ejemplos presentados a continuación:

Producción de toronja

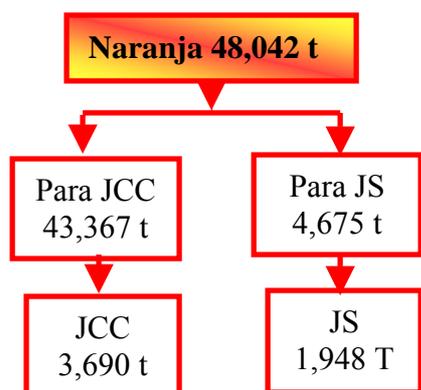


Rendimiento	
t fruta/t JCC	15.73
t fruta/t JS	3.03

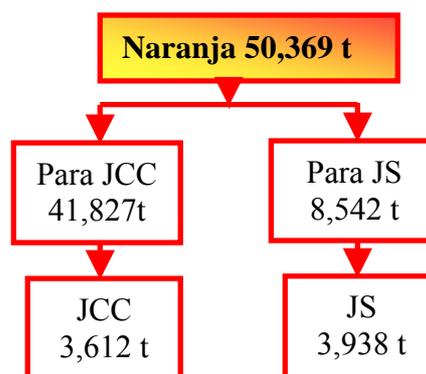
Rendimiento	
t fruta/t JCC	14.59
t fruta/t JS	2.83

Producción de naranja

Antes de PML



Después de PML



Rendimiento	
t fruta/t JCC	11.75
t fruta/t JS	2.4

Rendimiento	
t fruta/t JCC	11.58
t fruta/t JS	2.17

Cálculo económico

Reducción del consumo de fruta para la producción de jugos

Producción (t)	Aumento del rendimiento t fruta / t jugo
JCC de toronja	1.13
JS de toronja	0.20
JCC de naranja	0.17
JS de naranja	0.23

Método de cálculo

Para el cálculo del aumento de producción después de aplicar la opción de PML se utilizó la siguiente fórmula:

$(t \text{ de fruta para la producción de jugo antes de la PML} / \text{rendimiento antes de la PML}) - (t \text{ de fruta para la producción de jugo después de la PML} / \text{rendimiento después de la PML})$.

Incremento de la producción de jugos en la campaña, después de implementar la PML

	Producción de jugo (t)	Precio USD/t	Ingresos USD
Toronja			
JCC	162	2,400	388,800
JS	152	800	121,600
Naranja			
JCC	53	1,800	95,400
JS	379	700	265,300
Total			871,100

Los ingresos totales resultantes del aumento de la producción de jugos de toronja y naranja, por la aplicación de un sistema de pago por la calidad de la fruta fueron de **871,100 USD**

Adicionalmente la implementación de esta medida, permite reducir los gastos por reposición de los cortadores de los extractores como se calcula a continuación.

Cálculo por ahorro en el uso de los cortadores:

Consumo mensual de cortadores de los extractores
antes de establecer el sistema de pago: entre 95 y 100

Período de la campaña: 10 meses

Con el nuevo sistema el consumo mensual se redujo a: 65 – 70 cortadores

Diferencia: 30 cortadores por mes

Valor del cortador en el mercado: 69.09 USD

Ahorro obtenido

$30 \text{ cortadores} \times 10 \text{ meses de campaña} = 300 \times 69.09 = \mathbf{20,727 \text{ USD}}$

Opción 2: Instalación de tecnología para la utilización de la celdilla como subproducto

Tabla resumen

Ingresos estimados por venta de celdilla procesada	260,000 USD
Inversión estimada para procesar la celdilla	300,000 USD

Situación inicial

Para producir jugo simple o concentrado es necesario tamizar el jugo de la fruta y como subproducto se obtiene una pulvilla que es enviada a la planta de forraje para ser utilizada como alimento animal o es transportada por camiones hasta un lecho de secado. En muchos casos este producto se incorpora a los residuos líquidos elevando la carga contaminante de los efluentes industriales.

Recomendaciones

Poner en funcionamiento una línea que permita procesar la celdilla y utilizarla como producto comercializable que aportaría ingresos adicionales al diversificar la producción y suministrar al mercado un nuevo producto aprovechando un recurso que generalmente se desecha.

Ingresos obtenidos

Para un plan de producción de celdilla cítrica de 500 t por campaña y un precio promedio en el mercado de 520 USD/t el ingreso total por este concepto sería de **260,000 USD**

Inversión necesaria

Para la instalación de esta línea es necesaria una inversión de 300,000 USD para la compra de un intercambiador, ya que existen en la planta algunos equipos necesarios para la instalación, como son ciclones, tuberías, accesorios, etc. que serán utilizados en la nueva línea productiva.

Perspectiva de recuperación de la inversión

De acuerdo con los ingresos económicos estimados de 260,000 USD/año, la inversión estimada de 300,000 USD y asumiendo que el costo de producción para procesar la celdilla sea aproximadamente de 60,000 USD/año, se recuperará la inversión en aproximadamente 18 meses.

Evaluación ambiental

La producción de celdilla permite disminuir la cantidad de residuos sólidos emitidos por el proceso industrial lo que contribuye a disminuir la carga contaminante en aproximadamente un 30%.

Opción 3: Instalación de tecnología para la utilización del lavado de pulpa como subproducto

Tabla resumen

Ingresos obtenidos	20,000 USD
Inversión	4,000 USD

Situación inicial

La pulpa que se obtiene en el tamizado contiene cierta cantidad de jugo que se pierde durante el proceso. Estos residuos pueden afectar la integridad de los pisos de la planta si existieran salideros en el sinfín que traslada la celdilla a la tolva.

Recomendaciones

Poner en funcionamiento un proceso tecnológico que permita lavar esa pulpa y extraerle la mayor cantidad de jugo posible. Al mismo tiempo esto permite diversificar las producciones de la empresa y aprovechar así un recurso que anteriormente se desechaba.

Resultados

Con el lavado de la pulpa se obtiene un jugo de 50° Brix, el cual se concentra obteniendo un “jugo concentrado de lavado de pulpa,” lo que contribuye a diversificar las producciones o bien incorporado a la producción de jugo concentrado se obtiene más producción de jugos con menos cantidad de frutas sin dañar la calidad del producto final.

Ingresos obtenidos:

Para una producción de 100 t de jugo concentrado de lavado de pulpa, cuyo precio es de 200 USD/t en el mercado, se obtendrían ingresos de **20,000 USD/año**.

Inversión necesaria

Para realizar este proceso es necesaria una inversión de 4,000 USD para la compra de bombas que permitan el trasiego del material a ser lavado y para adquirir los materiales de instalación necesarios para la producción industrial del jugo de lavado de pulpa.

Perspectiva de recuperación de la inversión

De acuerdo con los ingresos estimados de 20,000 USD/año, la inversión de 4,000 USD y el costo estimado de producción del jugo concentrado de lavado de pulpa de 4,000 USD/año, se recuperaría la inversión en aproximadamente tres meses, una vez implementada esta opción de PML.

Evaluación ambiental

La producción del jugo concentrado de lavado de pulpa permite disminuir tanto el contenido de jugo en los residuos sólidos en el proceso industrial como la agresividad de los residuales.

Opción 4: Mezclar el agua amarilla con el agua del condensado vegetal de los evaporadores para recircularla en los extractores y mejorar los rendimientos de los aceites esenciales

Tabla resumen

Aumento de la producción de aceite esencial de cítrico	37.86 t/año
Ingresos	79,506 USD/año
Reducción de la carga contaminante	25%
Inversión	50,000 USD

Situación inicial

Durante el proceso de obtención del aceite exprimido en frío (AEF) se generan aproximadamente 150 litros de agua amarilla por tonelada de fruta. Esta agua amarilla contiene aproximadamente un 0.1% v/v de aceite esencial que sería vertido como residual. Es necesario reducir la presencia de estos residuos tóxicos en los sistemas de depuración de aguas residuales que deben ser tratadas biológicamente.

Recomendaciones

Reutilizar el 20% del agua amarilla en los extractores de la industria mezclándola con el agua del condensado vegetal de los evaporadores para evitar tupidiones y elevar el índice de recuperación de los aceites esenciales. Enviar el resto del agua amarilla a la tolva de hollejo y mezclarla con este subproducto.

Base de cálculos y resultados

Cantidad de agua amarilla que se genera en el proceso: 13,231 m³ por campaña.

Precio promedio en el mercado del aceite exprimido en frío: 2.1 USD/kg.

Los datos de la producción de aceite esencial fueron tomados de las estadísticas económicas registradas por la empresa durante dos campañas.

Variación de los indicadores de rendimiento y producción de AEF por variedad de fruta cítrica

Producción (t)	Rendimiento de los aceites esenciales kg/ t	
	Antes de recircular el agua amarilla	Después de recircular el agua amarilla
AEF toronja	1.39	1.41
AEF naranja	2.71	2.81

	Producción de aceites esenciales (t)	
AEF toronja	37,752	50,627
AEF naranja	130,291	154,980
AEF lima persa	1,032	1,335
Total	169,075	206,940

Aumento anual de la producción de AEF = 37.86 t

Ingresos anuales obtenidos

$37.86 \text{ t} * 2,100 \text{ USD/t} = \mathbf{79,506 \text{ USD.}}$

Inversión necesaria

Se requieren los siguientes equipos y materiales:

Tanque florentino para el almacenamiento y mezcla del agua amarilla: Reparación de un tanque de 5 HI que existe en la empresa.

Filtros para el agua amarilla de las centrífugas: 50,000 USD

En el caso específico que nos ocupa, no se requiere inversión para el sistema de recirculación de los extractores por encontrarse éste en buen estado técnico y no se consideran los costos de instalación, ya que el personal de mantenimiento de la planta puede realizar los trabajos de modificaciones necesarias.

Total de la inversión: 50,000 USD

Perspectiva de recuperación simple de la inversión

De acuerdo con los ingresos financieros estimados de 79,506 USD/año, la inversión de 50,000 USD y el costo de producción del aceite esencial estimado en 10,000 USD se estima que la inversión realizada para la aplicación de esta medida se recuperaría en un período de nueve meses.

Evaluación ambiental

La corriente de agua amarilla eliminada de los efluentes industriales es una corriente tóxica y difícilmente biodegradable mediante procesos biológicos. Con la aplicación de esta medida, según los muestreos periódicos realizados, se pudo constatar la reducción del contenido de aceite en los efluentes industriales de 40 mg/l a 10 mg/l. La carga contaminante en el sistema de tratamiento se redujo en un 25%, logrando que se cumpla con lo establecido en las normas vigentes nacionales de vertimiento al cuerpo receptor.



Figura 12. Tanque florentino



Figura 13. Filtros de aguas amarillas

Opción 5: Recirculación del agua de las lavadoras de frutas

Tabla resumen

Ahorro de agua	137,650 m ³
Ahorro económico	13,765 USD
Inversión	30,000 USD

Situación inicial

Antes de pasar al proceso de extracción de jugo, la fruta se lava en máquinas lavadoras que consumen 10 m³ de agua por hora.

Recomendaciones

En esta opción se recomienda colocar un filtro para dar tratamiento (filtración) a esta agua y recircularla nuevamente en las máquinas lavadoras

Resultados y base de cálculos

Consumo de agua	600m ³ de agua por día
Tiempo de trabajo	20 h
Tiempo de campaña	255 días
Se asume 10% de agua por reposición:	15,350 m ³
Líneas de lavado:	3
Costo del agua:	0.10 USD/m ³

Ahorro obtenido

$$600 \text{ m}^3 \times 255 \text{ días} = 153,000 \text{ m}^3 - 15,350 \text{ m}^3 = \mathbf{137,650 \text{ m}^3}$$

$$137,650 \text{ m}^3 \times 0.10 \text{ USD/m}^3 = \mathbf{13,765 \text{ USD al año}}$$

Inversión necesaria

Para realizar esta opción sería necesaria una inversión de 30,000 USD para la compra del filtro y la instalación del sistema de tuberías para la recirculación del agua.

Período de recuperación de la inversión

De acuerdo con los ahorros económicos estimados de 13,765 USD/año, la inversión de 30,000 USD y asumiendo que el costo de producción aumentaría en aproximadamente 2,000 USD/año, la recuperación de la inversión para aplicar esta medida tendría efecto en aproximadamente dos años.

Evaluación ambiental

Con esta opción se deja de extraer del manto aproximadamente 137,650 m³ de agua por campaña, lo que es de gran importancia teniendo en cuenta la necesidad mundialmente proclamada de ahorrar el recurso “agua”.



Figura 14. Dispositivo para regular el agua destinada al lavado de la fruta



Figura 15. Lavadoras de frutas

Opción 6: Regular el flujo de agua en los extractores.

Tabla resumen

Ahorro de aceite	624.24 t
Ingresos	1,123,632 USD
Inversión + instalación	13,812 USD

Situación inicial

Durante las paradas imprevistas de los extractores queda abierta la ducha de agua provocando la dilución de la emulsión de aceite y en algunas ocasiones no se suministra toda el agua necesaria a los extractores lo que puede provocar pérdidas por evaporación de aceite.

Recomendaciones

Se recomienda situar válvulas solenoides en la entrada de los extractores, así como flujómetros para un correcto monitoreo de los flujos.

Resultados y base de cálculo

Contenido de aceite en la emulsión débil: 0.9 - 2 % según literatura.

Caudal de agua por extractor: 800 – 1,200 litros/hora x máquina trabajando.

$$34 \text{ máquinas} * 1,200 \text{ litros/h} * \text{maq} = 40,800 \text{ l/h} * 0.9\% = 367.2 \text{ kg/h}$$

$$34 \text{ máquinas} * 800 \text{ litros/h} * \text{maq} = 27,200 \text{ l/h} * 0.9\% = 244,8 \text{ kg/h}$$

Diferencia:

$$367.2 - 244,8 \text{ kg/h} = 122,4 \text{ kg/h} * 20 \text{ h} = 2,448 \text{ kg/día}$$

Duración de la campaña 255 días.

$$2,448 \text{ kg/día} * 255 \text{ días} = \mathbf{624.24 \text{ t}}$$

Costo aproximado de la tonelada de aceite: 1,800 USD.

Ahorros económicos

$$624.24 \text{ t} * 1,800 \text{ USD} = \mathbf{1,123,632 \text{ USD/campaña}}$$

Inversiones necesarias.

34 válvulas solenoides de ½” para el control del agua de alimentación

Precio de las válvulas: 5,525 USD

34 flujómetros para agua de caudal máximo 3m³

Diámetro nominal: 15 mm

Precio de los contadores: 2,210 USD

34 filtros para los flujómetros

Precio de los filtros: 2,890 USD

El resto del sistema se encuentra instalado

Costos estimados de instalación: 3,187 USD

$$\text{Inversión total} = 5,525 \text{ USD} + 2,210 \text{ USD} + 2,890 \text{ USD} + 3,187 \text{ USD} = 13,812 \text{ USD}$$

Perspectiva de recuperación de la inversión

De acuerdo con los ingresos de 1,123,632 USD por campaña proveniente de la recuperación y comercialización del aceite esencial, la inversión de 13,812 USD y asumiendo un costo de

producción de 12,000 USD, la aplicación de esta medida se recuperaría en un período de aproximadamente 0.01 año.

Evaluación ambiental

Desde el punto de vista ambiental el correcto flujo de agua evita emisiones de aceite al ambiente que inciden sobre la salud de los trabajadores del área y también se reduce la concentración del aceite esencial en las corrientes residuales.



Figura 16. Extractor de cítricos



Figura 17. Línea de extractores de jugos cítricos

Opción 7: Empleo del agua del condensado vegetal en el proceso tecnológico

Tabla resumen

Ahorro de agua	22,644 m ³
Ahorro en costo de agua	2,264.4 USD
Reducción de la carga contaminante	5%
Inversión + instalación	2,600 USD

Situación inicial

Durante el proceso de concentración de jugo cítrico se genera agua en los efectos del evaporador, que no se reutiliza en el proceso tecnológico y es enviada a la planta de tratamiento de residuales aumentando la carga contaminante de los efluentes industriales.

Recomendaciones

Reutilizar el agua del condensado vegetal en las operaciones de limpieza, en la producción de jugo, en el lavado de frutas y en otros procesos. La composición y características de esta agua permiten ser utilizada para estos propósitos.

Base de cálculos y resultados

Cantidad de frutas que se destinan para la producción de jugo concentrado: 77,251 t/año.

Cantidad de condensado vegetal que se produce: 250 a 300 litros por tonelada de fruta.

Para los cálculos se utilizó un valor promedio de 290 l/t de fruta por lo que se dispone de 22,644 m³ de agua proveniente del evaporador en la campaña.

Costo del agua: 0.10 USD/m³

Recomendación para utilizar los volúmenes de agua ahorrados para los diferentes procesos

Uso de aguas en el proceso	Cantidad de agua del concentrado destinada a los procesos (m ³)
Agua del uso general	5,408
Agua de lavado	1,312
Agua de limpieza	3,476
Agua de producción	9,899
Agua suavizada	2,549
TOTAL	22,644

Ahorro anual de agua cruda: **22,644 m³** de agua por campaña.

Costo del agua: 0.10 USD/ m³

Ahorro económico anual

$$22,644 \text{ m}^3 * 0.10 \text{ USD/m}^3 = \mathbf{2,264.40 \text{ USD/ campaña.}}$$

Inversiones necesarias

Tanque de 50 Hl para el almacenamiento de agua. Reparación de un tanque en existencia en la empresa.

Tubería para conducir el agua más accesorios.

1m de tubería más accesorios (codos, uniones y válvulas) = 2.00 USD

Metros de tuberías requeridas: 1,000 m
 $1,000 \text{ m} * 2 \text{ USD} = 2,000 \text{ USD}$

Costos estimados de instalación: 600 USD.

Costo total de inversión:

$2,000 \text{ USD} + 600 \text{ USD} = 2,600 \text{ USD}$

Perspectiva de recuperación de la inversión

De acuerdo con los ahorros económicos calculados de 2,264.40 USD por campaña y la inversión de 2,600 USD la aplicación de esta medida tiene un período de recuperación de aproximadamente 14 meses.

Evaluación ambiental

La eliminación de un volumen de 22,644 m³ de agua por campaña a ser enviados a la planta de tratamiento de residuales, eleva la eficiencia de remoción del sistema al aumentar el tiempo de permanencia de los efluentes en el mismo. El ahorro de esta cantidad de agua desde el punto de vista ambiental es equivalente al consumo de una población de **113,220 habitantes**.



Figura 18. Tanques para la recuperación del condensado vegetal de los evaporadores

Opción 8: Mejorar la disciplina para reducir el consumo de agua en la limpieza tecnológica

Tabla resumen

Ahorro de agua	5,100 m ³
Ahorro en costo de agua	510 USD
Inversión	228 USD

Situación inicial

El proceso de la limpieza tecnológica requiere hasta de cuatro horas para su ejecución debido, fundamentalmente, a la salpicadura de hollejos, ya que ni en los extractores ni en el tornillo sinfín que conduce el hollejo hacia la tolva se dispone de sistemas de cobertura. Además no se emplea la limpieza mecánica para barrer los sólidos.

Recomendaciones

Aplicar la limpieza mecánica para eliminar los sólidos por barrido y colocar una cubierta al tornillo sinfín transportador de hollejo y a la parte trasera de los extractores para evitar derrames de productos al piso y así reducir el tiempo de limpieza y el consumo de agua para la limpieza por arrastre. Además se recomienda capacitar al personal sobre la necesidad de aplicar medidas para el uso más racional del agua ya que en algunos lugares de las plantas, aún sin haber fugas o salideros, no se cierran correctamente las válvulas o se dejan abiertas mientras se realizan otras actividades.

Base de cálculos y resultados

Flujo promedio: 10 m³/h

Costo del agua: 0.10 USD/m³

Consumo actual de agua en la limpieza tecnológica de cuatro horas: 40.16 m³

Consumo de agua en la limpieza tecnológica proyectando una duración de dos horas: 20.3 m³

Reducción de agua:

$$(40 - 20) \text{ m}^3 * 255 \text{ días} = 5,100 \text{ m}^3/\text{año}$$

Ahorros económicos anuales

$$5,100 \text{ m}^3 * 0.10 \text{ USD}/\text{m}^3 = \mathbf{510 \text{ USD}}$$

Inversión necesaria

Costo de plancha de acero para extractores: 5 USD/m²

Metros cuadrados de planchas necesarias: 20

Total:

$$5 \text{ USD}/\text{m}^2 * 20 \text{ m}^2 = 100 \text{ USD}$$

Costo de plancha de acero para cerrar tornillo sin fin: 80 USD

Costo de los escobillones para la limpieza de los pisos: 1 USD

Número de escobillones necesarios por campaña: 48

Total de inversión por concepto de escobillones: 48 USD

No se consideran los costos de instalación, ya que las modificaciones puede hacerlas el personal de mantenimiento

Total de la inversión para esta medida: **228 USD**

Perspectiva de recuperación de la inversión:

De acuerdo con los ahorros económicos estimados de 510 USD/año y la inversión de 228 USD, la aplicación de esta medida tendría un período de recuperación de aproximadamente seis meses.

Evaluación ambiental

La no utilización de un volumen de 5,100 m³ de agua por campaña reduce la carga contaminante de los residuos a tratar en la planta de tratamiento elevando la eficiencia de remoción del sistema al aumentar el tiempo de permanencia de los efluentes en el mismo. El ahorro de esta cantidad de agua desde el punto de vista ambiental equivale al consumo de una población de **18,000 habitantes** considerando un consumo de 200 litros por habitante.



Figura 19. Recubrimiento del tornillo sinfín



Figura 20. Cubierta de los extractores



Figura 21. Cultura de ahorro de los trabajadores

Opción 9: Colocar válvulas en las puntas de las mangueras para disminuir el consumo de agua

Tabla resumen

Ahorro de agua	1,377 m ³
Ahorro económico	187.75USD
Inversión	312.60 USD

Situación inicial

En la industria procesadora de alimentos, por las características del proceso tecnológico y las condiciones de higiene que éste exige, es necesario mantener la limpieza de los equipos, áreas y líneas productivas. La limpieza se realiza con mangueras las cuales por descuido de los operadores y deficiente disciplina tecnológica en muchas ocasiones quedan abiertas o mal cerradas, lo que provoca pérdidas de agua y de la energía vinculada con el proceso de suministro del agua.

Recomendaciones

Colocar válvulas en las puntas de las mangueras de forma tal que si el obrero no acciona esta válvula no pueda existir pérdida alguna de agua.

Resultados

Diámetro de la manguera: 25 mm
Pérdida de agua calculada por la tabla: 1800-4000 l/h (Anexo 1, Tabla 14)
Número de mangueras: 5
Promedio de tiempo de limpieza: 6 horas/día en dos turnos de trabajo
Tiempo de campaña: 255 días

Con la colocación de válvulas en las mangueras se evitaron los salideros de agua en la planta y se redujo el consumo de la misma.

Ahorros obtenidos

$$1,800 \text{ l/h} \times 6 \text{ h} \times 5 \text{ mangueras} = 54,000 \text{ litros diarios} \times 255 \text{ días} = 1,377 \text{ m}^3$$

Costo del agua: 0.10 USD/m³.

$$1,377 \text{ m}^3 \times 0.10 \text{ USD} = \mathbf{137.70 \text{ USD por campaña.}}$$

Si esta agua se extrae del pozo y se bombea al tanque elevado, habría un gasto de energía eléctrica equivalente a:

Potencia de la bomba de pozo profundo 30 kW
Capacidad de bombeo de: 84 m³/h
Potencia de la bomba de tanque elevado: 22 kW
Capacidad de bombeo: 96 m³/h

$$(1,377 / 84) * 30 + (1377 / 96) * 22 = 491.7 + 315.56 = \mathbf{807.26 \text{ kWh/año}}$$

Efecto económico:

$$807.26 \text{ kWh/año} * 0.062 = \mathbf{50.05 \text{ USD}}$$

Ahorros totales

$$137.70 + 50.05 = \mathbf{187.75 \text{ USD.}}$$

Inversión necesaria

Para este caso se han adquirido 12 válvulas tipo pistola a 26.05 USD cada una, lo que equivale a una inversión de 312.60 USD.

Perspectiva de recuperación de la inversión

De acuerdo con los ahorros por la disminución del consumo de agua estimados en 187.75 USD en un año y la inversión de 312.6 USD para la aplicación de esta medida tendría un período de recuperación de aproximadamente 20 meses.

Evaluación ambiental

Se dejó de extraer del pozo 1,377 m³ de agua potable en un año por este concepto.

Opción 10: Cambio de los pisos de la planta de producción

Tabla resumen

Ahorros obtenidos	17,556.75 USD
Inversión	140,000 USD

Situación inicial

Debido a la agresividad de los efluentes industriales y las fugas que han ocurrido en momentos determinados por la rotura de sinfines, salideros y el movimiento de los montacargas que transportan la producción terminada, los pisos de la planta de producción se han ido deteriorando con el paso de los años a tal punto que se dificulta la limpieza de los mismos. También hay que señalar que el sistema de atarjeas (canales interiores de drenaje) permite que mucho residual sólido vaya a la planta de residuales aumentando la carga contaminante del sistema de tratamiento.

Recomendaciones

Hacer una inversión para cambiar el piso de la planta de producción y mejorar el sistema de atarjeas.

Resultados

Una vez que se cambió el piso, las condiciones de higiene de la planta mejoraron en gran medida, disminuyó el estancamiento de agua en los pisos y el consumo de agua para efectuar las limpiezas.

Reducción del 50% del consumo de agua para las limpiezas, lo que representa un volumen de 688,500 litros

Duración de la campaña: 255 días

Costo del agua: 0.10 USD/m³

$$688,500 \text{ litros} \times 255 \text{ días} \times 0.10 \text{ USD/m}^3 = \mathbf{17,556.75 \text{ USD}}$$

Con esta medida se hizo más fácil la tarea de los trabajadores.

Período de recuperación de la inversión

El cambio de los pisos tuvo un costo de 140,000 USD, y con ello el ahorro anual por concepto de consumo de agua fue de 17,556.75 USD esto indica que esta inversión se recupera en ocho años.

Evaluación ambiental

Se dejó de extraer del manto un 50% menos de agua de la que se extraía anteriormente para realizar las limpiezas.



Figura 22. Pisos nuevos en el área de producción

Opción 11: Rehabilitar el aislamiento de tuberías de agua caliente

Tabla resumen

Ahorro de fuel oil al año	29,466 l
Ahorro en costo de portadores energético al año	5,893.30 USD
Inversión	5,000 USD
Reducción de emisiones de CO ₂ por año	88 t

Situación inicial

Durante la evaluación en planta se detectó que las tuberías por las que pasaba agua caliente hacia los concentradores no estaban aisladas correctamente y mantenían una temperatura promedio en las paredes de 70° C.

Recomendaciones

Rehabilitar el aislamiento de las tuberías de la red de distribución de agua caliente.

Bases de cálculos y resultados

L: Longitud de tubería a aislar: 200 m

$\varepsilon = 0.65$ (Manual de PML)

Diámetro: 20 cm = 0.2 m

Temperatura de la superficie de la tubería: 70° C

Temperatura en el local: 25° C

Horas trabajadas: 5,100 h/a

Eficiencia de la caldera: $\eta = 90\%$

Valor energético/litro de combustible: ~ 10 kWh/l

Costo del combustible: 0.20 USD/l

Costo del material de aislamiento (espesor mínimo 50 mm) = 25 USD/m

Las pérdidas totales de calor (Q) pueden ser calculadas con la siguiente fórmula y las pérdidas específicas por convección y radiación se determinaron en el gráfico 7, anexo 1.

$$Q = q_k * L * \varepsilon * q_s * L$$

Donde:

q_k = pérdidas específicas por convección del diagrama (a) en W/m

ε = número de emisión $\varepsilon = 0.65$ (hierro)

q_s = pérdidas específicas por radiación del diagrama (b) en W/m

Los resultados se resumen en la siguiente tabla:

	Antes del aislamiento	Después del aislamiento
Coefficiente de convección q_k (ρ/l) _{k,N}	200	25
Longitud de la tubería L (m)	200	200
Coefficiente de radiación q_s (ρ/l) _{s,N}	180	10
Flujo de calor (kW)	63.4	11.5

Como resultado de la rehabilitación del aislamiento de las tuberías de la red de distribución de agua caliente se logró la reducción del 81.8% de las pérdidas.

Cálculo de ahorro anual de portadores energéticos

$$63.4 \text{ kW} * 0.82 = 52 \text{ kW} * 5,100 \text{ h/a} = \mathbf{265,200 \text{ kWh}}$$

Cálculo del ahorro de combustible empleado en la generación de vapor:

$$\text{Ahorro de combustible} = \frac{265,200 \text{ kWh}}{90\% * 10 \text{ kWh/l}} = 29,466 \text{ l/año}$$

Donde:

265,200 kWh	=	ahorro de portadores energéticos
90%	=	eficiencia de la caldera
10 kWh/l	=	valor energético de un litro de combustible

Ahorro económico

Costo del combustible: 0.20 USD/l

$$29,466 \text{ l} * 0.20 \text{ USD/l} = \mathbf{5,893.30 \text{ USD}}$$

Inversión

Costo del material de aislamiento (50 mm de espesor) = 25 USD/m

La inversión necesaria para aplicar esta medida es de:

$$200 \text{ m} * 25 \text{ USD/m} = \mathbf{5,000 \text{ USD}}$$

Perspectiva de recuperación de la inversión

De acuerdo con los ahorros estimados de 5,893.30 USD por concepto de ahorro de combustible y la inversión de 5,000 USD la aplicación de esta medida tendría un período de recuperación de aproximadamente 10 meses.

Evaluación ambiental

Con el ahorro de la energía se logra la reducción de emisiones de CO₂ :

Reducción de emisiones de CO₂ = Ahorro de combustible * Factor de emisión³

$$29,466 \text{ l/año} * 2,986 \text{ g CO}_2/\text{l} * 10^{-6} = \mathbf{88 \text{ t de CO}_2/\text{año.}}$$



Figura 23. Tuberías aisladas

³ Factor de emisión: 2,986g CO₂/l * 10⁻⁶. Tabla 19, Anexo 1.

Fuentes: Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos (USEPA) y Organización del Banco Mundial (WBO).

Opción 12: Eliminar las fugas en tuberías conductoras de vapor

Tabla resumen

Ahorro de combustible al año	99,461.3 l
Ahorro en costo de portadores energético	19,892 USD
Inversión	2,080 USD
Reducción de emisiones de CO ₂	297 t de CO ₂

Situación inicial

En general la empresa cuenta con un buen sistema de mantenimiento y se preocupa por la reparación de fugas de vapor, sin embargo durante la inspección se detectaron algunas fugas.

Recomendaciones

Reparar todas las fugas de vapor en tuberías y accesorios, y monitorear periódicamente el reemplazo de los empaques de las válvulas.

Base de cálculos y resultados

Datos utilizados para hacer la evaluación:

<i>h_v</i> : Entalpía del vapor a 6.6 bar:	2,759.51 kJ/kg
<i>h_a</i> : Entalpía del agua de alimentación a 60° C:	251.09 kJ/kg
T: Temperatura en la línea de vapor:	162,6° C
P: Presión en la línea de vapor:	6,6 bar
Eficiencia de la caldera:	90%
Horas de operación al año:	5,100 h
Energía térmica/litro de combustible:	32,400 kJ/l

Precio del litro de combustible: 0.20 USD/l

Para el cálculo del flujo de vapor de la fuga se utilizó la siguiente ecuación:

$$\text{vapor que se fuga} = \frac{(0,8 \times 0,4118 \times 3,14) \times \left(\frac{D}{25,4}\right)^2 \times (P \times 14,502) \times 0,4536}{4 \sqrt{1,8 \times (T + 273,5)}}$$

Donde:

D = Diámetro de la fuga en mm

P = Presión en la línea de vapor: 6.6 bar

T = Temperatura en la línea de vapor: 162.6° C

Pérdida de energía anual: (kJ/año) = Flujo de vapor de la fuga * (Entalpía del vapor a la condición de generación- Entalpía del agua de alimentación)*(3600 s/1h) / Eficiencia de la caldera.

Consumo de combustible en l/año = **pérdida de energía anual (kJ)/Valor calórico del combustible (kJ/l)**

La siguiente tabla presenta los resultados obtenidos al realizar las evaluaciones.

Número de fugas en las tuberías	Diámetro de la fuga (en mm)	Total de flujo de fuga kg/s	Calor perdido kJ/año	Cantidad de combustible (en litros)
3	3	0.016705963	306,721.47480	26,376
6	0.75	0.002088245	38,340.18435	3,297
4	3.75	0.034804089	639,003.07250	54,950
3	2.25	0.009397104	175,530.82960	14,836
Total		0.062995401	1,156,595.56100	99,461

Ahorro económico anual

Pérdidas de energía anual expresada como producto del número de litros de combustible * precio por litro de combustible

$$99,461.3 \text{ l} * 0.2 \text{ USD/l} = \mathbf{19,892 \text{ USD}}$$

Inversión

La inversión necesaria para aplicar esta medida sería de 1,600 USD para comprar una válvula Spirax Sarco, el costo de la soldadura y empaques.

Costos de instalación estimados: 480 USD.

Costo total de la inversión:

$$1,600 \text{ USD} + 480 \text{ USD} = 2,080 \text{ USD}.$$

Perspectiva de recuperación de la inversión

De acuerdo con los ahorros económicos estimados de 19,892 USD/año y la inversión de 2,080 USD la aplicación de esta medida tendría un período de recuperación de 0.14 años o aproximadamente 2 meses.

Evaluación ambiental

Con el ahorro de la energía se logra la reducción de emisiones de CO₂:

Reducción de emisiones de CO₂= Ahorro de combustible* Factor de emisión

$$99,461.3 \text{ l/año} * 2,986 \text{ g CO}_2/\text{l} * 10^{-6} = \mathbf{297 \text{ t de CO}_2}.$$

Opción 13: Sustituir el arrastre con aire comprimido por arrastre mecánico manual en la limpieza

Tabla resumen

Ahorro energético	35,545 kWh/ año
Ahorro en costo de energía	2,203.80 USD/año
Inversión	0
Reducción de emisiones de CO ₂	28.4 t

Situación inicial

En el caso de la industria de procesamiento de cítricos, el aire comprimido se emplea para la limpieza de los canelones de frutas.

Recomendaciones

Emplear la limpieza mecánica en estos puntos del proceso para eliminar el uso de los compresores.

Base de cálculos y resultados

Durante una hora los compresores realizan su ciclo 19 veces para un total de 11 minutos.

- kW Potencia del motor kW: 25 hp
 - FC Factor de carga: 0.90
 - H Horas de operación del compresor: 5,760 h
 - T1 Tiempo de operación del compresor sin carga
 - T2 Tiempo de medición
- Factor de conversión de hp a kW: 0.748

$$\text{Ahorro} = T1 / T2 * kW * FC * H$$

$$\text{Ahorro} = 2 * (11 / 60 * 25 * 0.90 * 5,760 * 0.748) = \mathbf{35,545 \text{ kWh/año}}$$

Ahorro económico

Costo de energía: 0.062 USD/kWh.

$$\text{Ahorro} = 35,545 \text{ kWh/año} * 0.062 \text{ USD/kWh} = \mathbf{2,203.80 \text{ USD/año}}$$

Evaluación ambiental

Con el ahorro de la energía se logra la reducción de emisiones de CO₂:

Reducción de emisiones de CO₂= Ahorro de combustible* Factor de emisión⁴

$$= 35,545 \text{ kWh} * 799 \text{g CO}_2/\text{kWh} * 10^{-6} = \mathbf{28.4 \text{ t de CO}_2}.$$

⁴ Factor de emisión: 799g CO₂/kWh * 10⁻⁶. Tabla 19, Anexo 1.

Fuentes: Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos (USEPA) y Organización del Banco Mundial (WBO)

Opción 14: Instalar un separador de trazas para recuperar el condensado del primer efecto

Tabla resumen

Ahorro de combustible	25,452.7 l/año
Ahorro en costo de portadores energético	5,090.50 USD
Ahorro en costo de agua	464.10 USD
Ahorros totales	5,554.60 USD/año
Inversión + instalación	10,400 USD
Reducción de emisiones de CO ₂	76 t de CO ₂ /año

Situación inicial

Durante la concentración del jugo en el primer efecto del evaporador se obtiene agua a 80° C que es enviada a la planta de tratamiento, ya que no cumple con los parámetros establecidos (pH), para ser utilizada como agua de alimentación para la caldera.

Recomendaciones

Se recomienda realizar un estudio que permita mejorar la calidad del agua del primer efecto del evaporador para su uso como agua para alimentar la caldera.

Resultados

Volumen de agua recuperada del evaporador: 3,570 m³/campaña

Temperatura del agua: 80° C

Consumo actual de calor:

$$Q = mc\Delta t.$$

Donde:

m: masa del agua kg

Cp: capacidad calorífica del agua: kJ/kg° C

Δt: diferencia de temperatura: ° C

$$Q = 3,570 * 10^3 * 4,2 \text{ kJ/kg}^\circ \text{C} (100^\circ \text{C} - 25^\circ \text{C})$$

$$Q = 1,124,550 * 10^3 \text{ kJ}$$

Empleando el agua del concentrado:

$$Q = 3,570 * 10^3 * 4,2 (100^\circ \text{C} - 80^\circ \text{C})$$

$$Q = 299,880 * 10^3 \text{ kJ}$$

Diferencia de Q:

$$1,124,550 * 10^3 \text{ kJ} - 299,880 * 10^3 \text{ kJ} = 824,670 \text{ MJ}$$

Cálculo de consumo de combustible:

$$\text{Ahorro del combustible} = \frac{Q}{90\% * MJ/l} = \frac{824,670}{90\% * 36MJ/l} = 25,452.7 \text{ l/año}$$

Donde:

Q	=	Consumo de calor
90%	=	Eficiencia de la caldera
MJ/l	=	Valor energético de un litro de combustible

Ahorro económico

Costo del combustible: 0,20 USD/l

$$25,452.7 \text{ l/año} * 0,20 \text{ USD/l} = \mathbf{5,090.50 \text{ USD}}$$

Costo del agua suave: 0.13 USD/m³

Ahorro:

$$3,570 \text{ m}^3 * 0.13 \text{ USD/m}^3 = \mathbf{464.10 \text{ USD}}$$

Ahorros totales

= Ahorro por consumo de combustible + Ahorro por tratamiento de agua

$$= 6,016.10 \text{ USD} + 464.10 \text{ USD} = \mathbf{6,480.20 \text{ USD/año}}$$

Inversión

Se considera como inversión el proyecto de investigación efectuado por el Centro Nacional de Electromagnetismo Aplicado (CNEA), de la Universidad de Oriente en Santiago de Cuba, para la construcción de un separador de arrastre de trazas de jugo con un costo de 8,000 USD.

Los costos de construcción e instalación se estiman en 2,400 USD.

Costo total de la inversión:

$$8,000 \text{ USD} + 2,400 \text{ USD} = 10,400 \text{ USD}$$

Perspectiva de recuperación de la inversión

De acuerdo con los ahorros económicos estimados de 5,554.60 USD/año y la inversión de 10,400 USD la aplicación de esta medida tendrá un período de recuperación de aproximadamente 23 meses.

Evaluación ambiental

Con el ahorro de la energía se logra la reducción de emisiones de CO₂:

Reducción de emisiones de CO₂= Ahorro de combustible* Factor de emisión

$$= 25,452.7 \text{ l/año} * 2,986 \text{ g CO}_2/\text{l} * 10^{-6} = \mathbf{76 \text{ t de CO}_2/\text{año.}}$$

Opción 15: Sustitución parcial del agua suavizada en la alimentación del generador de vapor por el condensado vegetal del primer efecto del evaporador

Tabla resumen

Ahorro de combustible al año	27,379.1 l
Ahorro en costo de portadores energético	5,476 USD
Ahorro en costo de agua	499 USD
Ahorros totales	5,975 USD
Inversión	1,053 USD
Reducción de emisiones de CO ₂	81.75 t

Situación inicial

Durante la concentración del jugo en el primer efecto del evaporador se obtiene agua a 80° C que es enviada a la planta de tratamiento de residuales.

Recomendaciones

Utilizar esta agua en la alimentación de la caldera para reducir el consumo de combustible y los costos de operación del agua tratada por tener las condiciones técnicas necesarias para la sustitución total.

Resultados

m: Volumen de agua recuperada del evaporador: 3,840 m³/ campaña
Temperatura del agua: 80° C
Temperatura del agua suavizada: 25° C
C_p. Capacidad calorífica del agua: 4.2 kJ/kg° C
Temperatura del agua de alimentación a la caldera: 100° C
Valor calórico del petróleo combustible: 36,000 kJ/l
Eficiencia de la caldera: 90%
Costo del combustible: 0.20 USD/l
Costo del agua suave: 0.13 USD/m³

Consumo de calor para el calentamiento del agua

$$Q = m C_p \Delta t.$$

Cálculo de consumos energéticos empleando agua suavizada y recuperada del concentrador en la generación de vapor:

Empleando agua suavizada = Q₁

$$Q_1 = 3,840.25 * 10^3 \text{ kg} * 4.2 \text{ kJ/kg}^\circ \text{ C} (100 - 25)^\circ \text{ C} = 1,209,678 * 10^3 \text{ kJ}$$

Empleando el agua recuperada del concentrador = Q₂

$$Q_2 = 3,840.25 * 10^3 * \text{ kg} 4.2 \text{ kJ/kg}^\circ \text{ C} (100 - 80)^\circ \text{ C} = 322,581 * 10^3 \text{ kJ}$$

Ahorro de energía térmica

$$= Q_1 - Q_2 = (1,209,600 - 322,581) * 10^3 \text{ kJ} = 887,019 * 10^3 \text{ kJ}$$

Ahorro anual de combustible

$$= \text{Ahorro energía térmica/Eficiencia de la caldera} * \text{Valor calórico del combustible}$$
$$= 887,019 * 10^3 \text{ kJ} / (0.9 * 36 * 10^3 \text{ kJ/l}) = \mathbf{27,379 \text{ l}}$$

Ahorro económico

Ahorro anual de combustible = 27,379.1 l/año * 0.20 USD/l = **5,475.90 USD**

Ahorro por concepto de tratamiento de agua

Costo del agua suave: 0.13 USD/m³

$$\text{Ahorro} = 3,840 \text{ m}^3 * 0.13 \text{ USD/m}^3 = \mathbf{499.2 \text{ USD}}$$

Ahorros totales

= **Ahorro por consumo de combustible + Ahorro por tratamiento de agua**

$$= 5,475.90 \text{ USD} + 499.20 \text{ USD} = \mathbf{5,975 \text{ USD}}$$

Inversión

Tanque para almacenar agua del primer efecto del evaporador: Reparación de un tanque de 30 HI;

Tuberías, codos y uniones para enviar el agua hacia el área de la caldera:

Costo de la tubería: 2 USD/m

Longitud de la tubería: 30 m

Costo del aislamiento de la tubería: 25 USD/m

$$2 \text{ USD} * 30 \text{ m} = 60 \text{ USD}$$

$$30 \text{ m} * 25 \text{ USD} = 750 \text{ USD}$$

Costo total del aislamiento:

$$60 \text{ USD} + 750 \text{ USD} = 810 \text{ USD}$$

Costo de instalación: 243 USD

Costo total = Costo total del aislamiento + costo de instalación

$$810 \text{ USD} + 243 \text{ USD} = 1,053 \text{ USD}$$

Perspectiva de recuperación de la inversión

De acuerdo con los ahorros económicos estimados de 5,975 USD/año y la inversión de 1,053 USD la inversión para la aplicación de esta medida tendría un período de recuperación de 0.17 años.

Evaluación ambiental

Con el ahorro de la energía se logra la reducción de emisiones de CO₂:

Reducción de emisiones de CO₂ = Ahorro de combustible * Factor de emisión

$$= 27,379.1 \text{ l/año} * 2,986 \text{ g CO}_2/\text{l} * 10^{-6} = \mathbf{81.75 \text{ t de CO}_2}.$$

Opción 16: Recuperación del agua de sellaje de las bombas de vacío de los evaporadores

Tabla resumen

Ahorros obtenidos	636,48 USD
Inversión	1,500.00 USD

Situación inicial

En el sistema de evaporación hay dos evaporadores equipados con ocho bombas que trabajan en condiciones de vacío y utilizan agua tratada para proteger el sello mecánico y evitar las pérdidas del vacío en el equipo por filtración de aire. Actualmente esta agua no se recupera.

Recomendaciones

Crear un mecanismo que permita recuperar esta agua y recircularla en el sellaje de las bombas.

Resultados

Con esta opción se disminuye el consumo de agua suave y se elimina el vertimiento constante de agua en los evaporadores.

Ahorros obtenidos

Consumo de agua de las bombas: 120 l/h de agua suave
Número de bombas: 8 bombas
Horas de trabajo: 20 horas
Costo del agua suave: 0.13 USD/m³
Tiempo de campaña: 255 días

$$0.120 \text{ m}^3/\text{h} \times 8 \text{ bombas} \times 20 \text{ horas} \times 0.13 \text{ USD}/\text{m}^3 \times 255 \text{ días} = \mathbf{636,48 \text{ USD/año.}}$$

Inversión necesaria

Para poner en funcionamiento este sistema es necesaria una inversión de 1,500 USD para la compra de tuberías y accesorios de acero galvanizado.

Perspectiva de recuperación de la inversión

De acuerdo con los ahorros estimados de 636,48 USD/año y la inversión de 1,500 USD la aplicación de esta opción tendría un período de recuperación de 2.35 años.

Evaluación ambiental

Se disminuye el consumo de agua suave y se disminuye la carga contaminante a la salida de la planta.

Opción 17: Recuperación de la solución de limpieza en los evaporadores.

Tabla resumen

Ahorros obtenidos	4,096. 50 USD
Inversión	1,400.00 USD
Reducción de sodio	5.1 t

Situación inicial

La limpieza de los evaporadores se realiza cada 24 horas ó cuando ocurren paradas por más de tres horas. Durante el ciclo de limpieza se utiliza una solución con 2 - 4% de concentración de sosa durante 40 min. Una vez terminado este ciclo de limpieza, esta solución se descarga por los canales de drenaje interior.

Recomendaciones

Crear un sistema que permita reutilizar esta solución de limpieza en más de una ocasión en dependencia de la concentración.

Resultados

Con la aplicación de esta medida se ahorra en el consumo de sosa y se disminuye la carga contaminante a la entrada de la planta de residuales.

Ahorros obtenidos

Precio de una tonelada de sosa: 595.00 USD;

Número de sacos para preparar una templa entre 2 y 4 %: 12 sacos, equivalente a 300 kg, En la limpieza de los evaporadores se utiliza aproximadamente un 30% que serían 90 kg.

Con esta opción se recupera el 30% de la solución de limpieza utilizada durante un ciclo, lo que representa 27 kg de sosa,

Tiempo de campaña: 255 días

Toneladas ahorradas en la campaña: 6.885 t de sosa,

Ahorro económico: **4,096.50 USD.**

Inversión necesaria

Para poner en funcionamiento este sistema habría que invertir 1,400 USD para la compra de tuberías y un conductímetro que, en dependencia de la concentración de sosa en la solución permita recircular esta solución.

Perspectiva de recuperación de la inversión

De acuerdo con los ahorros estimados de 4,096.50 USD/año y la inversión de 1,400 USD la aplicación de esta opción tendría un período de recuperación de 4 meses.

Evaluación ambiental

Se disminuye el consumo de agua y el vertimiento al manto de la solución de agua con sosa.

Opción 18: Cambiar las trampas de vapor que funcionan deficientemente

Tabla resumen

Ahorro de combustible	175,843 l/año
Ahorro en costo de portadores energético	35,168.60 USD
Inversión	3,000 USD.
Reducción de emisiones de CO ₂	525 t de CO ₂

Situación inicial

Durante la evaluación se pudo observar en el evaporador que algunas trampas funcionaban con pérdidas de vapor por la descarga de condensado.

Recomendaciones

Cambiar y regular las cinco trampas de vapor que se encuentran en mal estado.

Base de cálculos y resultados

Se tomaron en el campo los datos correspondientes al diámetro de los orificios de descarga de las trampas y las condicionales físicas del vapor en las líneas en que estaban instaladas aquellas que se mostraban defectuosas en su funcionamiento y que se expresan en la base de datos a continuación:

Trampas defectuosas:	5
Diámetro del orificio de fuga en trampas:	6 mm;
Temperatura de vapor:	162.6° C
Presión de vapor:	6.6 bar absolutos
Entalpía del vapor a 6.6 bar y 162.6° C:	2,759.51 kJ/kg
Entalpía del agua de alimentación a la caldera:	251.09 kJ/ kg
Horas de operación al año:	5,100 h
Poder calórico del fuel oil:	10,307.57 kcal/kg (o 32,400 kJ/l)
Eficiencia del generador de vapor:	90%

Ecuación para el cálculo de la fuga de vapor:

$$\text{Vapor de fuga} = \frac{(0,8 \times 0,4118 \times 3,14) \times \left(\frac{D}{25,4}\right)^2 \times (P \times 14,502) \times 0,4536}{4 \sqrt{1,8 \times (T + 273,15)}}$$

Donde

D = Diámetro del orificio de fuga en: mm

P = Presión (absoluta) del vapor en la línea de fuga (en bar)

T = Temperatura del vapor en (° C)

Energía perdida anualmente por fugas de vapor: Q (kJ/año)

Q (kJ/año) = Flujo de vapor de la fuga, kg/s * 3,600 s/h * 5,100 h/año * Δ_H kJ/kg

Donde:

Δ_H = Diferencia de entalpia: (2,759.51 – 251.09) kJ/kg

Pérdida energética anual expresada como petróleo combustible equivalente o ahorro en el consumo de fuel oil:

$$Q \text{ (kJ/año)} / (\text{Poder calórico combustible (kJ/l)} * \text{Eficiencia caldera})$$

Resultados del análisis

Número de fugas	Diámetro de la fuga (en mm)	Total de flujo de fuga kg/s	Calor perdido kJ/año	Fuel oil: l/año
5	6	0.111373085	2,044,809.832	175,843

Ahorro económico

$$175,843 \text{ l/año} * 0.20 \text{ USD/l} = \mathbf{35,168.60 \text{ USD}}$$

Inversión

La aplicación de esta opción implica comprar trampas con cuerpo y tapa en hierro fundido y partes activas en acero inoxidable lo cual requiere una inversión de 3,000 USD.

No se consideran los costos de instalación, ya que ésta puede hacerla el personal de mantenimiento

Perspectiva de recuperación de la inversión

De acuerdo con los ahorros estimados de 35,168.6 USD/año y la inversión de 3,000 USD la aplicación de esta medida tendría un período de recuperación de aproximadamente un mes.

Evaluación ambiental

Con el ahorro de la energía se logra la reducción de emisiones de CO₂ :

Reducción de emisiones de CO₂= Ahorro de combustible* Factor de emisión

$$175,843 \text{ l/año} * 2,986 \text{ g CO}_2/\text{l} * 10^{-6} = \mathbf{525 \text{ t de CO}_2}.$$



Figura 24. Trampas de vapor que funcionan deficientemente

Opción 19: Recuperación de condensado

Tabla resumen

Ahorro de combustible	93,135.43 l/año
Ahorro en costo de portadores energético	18,627 USD
Inversión	282.6 USD
Reducción de emisiones de CO ₂	278.1 t

Situación inicial

Durante la concentración del jugo se produce vapor de condensado vegetal que no se aprovecha para sustituir el agua caliente necesaria para generar el vapor primario y la limpieza de los equipos de la línea tecnológica, ni para la desinfección de áreas productivas y pisos que requieren un alto grado de limpieza e higiene durante todas las etapas del proceso de producción.

Recomendaciones

Recuperar el condensado de los efectos del evaporador y utilizarlos para sustituir el agua caliente demandada hasta un grado de sustitución del 90%.

Base de datos y resultados

- Producción de vapor: 5,000 kg/h
Presión de trabajo 6.6 bar
Precio del fuel oil: 0.20 USD/l
Rendimiento de la caldera: 90%
Tiempo de operación: 3,840 horas/año
Costo del agua tratada: 0.13 USD/m³
Poder calórico del fuel oil: 10,307.57 kcal/kg
- Temperatura del agua si se recupera el 90% de condensado = 80° C
 - Temperatura del agua si no se recupera el condensado = 30° C

Consumo y costo anual del combustible para 0% de recuperación del condensado

Consumo de combustible:

$$= m \cdot \Delta_H / \text{rendimiento de la caldera} \cdot \text{Poder calórico del fuel oil}$$

Donde:

Δ_H : Diferencia de entalpia

Consumo de combustible

$$= \frac{5,000 \text{ kg} / \text{h} \cdot (663.2 \text{ kcal} / \text{kg} - 30 \text{ kcal} / \text{kg})}{0.9 \cdot 10,307.57 \text{ kcal} / \text{kg}} = 982,889.25 \text{ kg/año}$$

Cálculo de consumo de combustible para 90% de recuperación del condensado

Consumo de combustible

$$= \frac{5,000 \text{ kg} / \text{h} \cdot (663.2 \text{ kcal} / \text{kg} - 90 \text{ kcal} / \text{kg})}{0.90 \cdot 10,307.57 \text{ kcal} / \text{kg}} = 889,753.82 \text{ kg/año}$$

Ahorro por consumo de combustible

- = Consumo 0% de recuperación de condensado
- Consumo 90% de recuperación de condensado

Ahorro potencial de combustible = 93,135.43 l/año

Ahorro económico

$$93,135.43 \text{ l/año} * 0.20 \text{ USD/l} = \mathbf{18,627 \text{ USD}}$$

Inversión

Costo del aislamiento: 30 USD/m²
Área de la superficie: 9.42 m²

Costo total:

$$30 \text{ USD/m}^2 * 9.42 \text{ m}^2 = \mathbf{282.60 \text{ USD}}$$

No se consideran los costos de instalación, ya que ésta puede efectuarla el personal de mantenimiento

Perspectiva de recuperación de la inversión

De acuerdo con los ahorros económicos estimados de 18,627 USD/año y la inversión de 282.60 USD la aplicación de esta medida tendría un período de recuperación de 0.015 años.

Evaluación ambiental

Con el ahorro de la energía se logra la reducción de emisiones de CO₂ :

Reducción de emisiones de CO₂= Ahorro de combustible * Factor de emisión

$$= 93,135.43 \text{ l/año} * 2,986 \text{g CO}_2/\text{l} * 10^{-6} = \mathbf{278.1 \text{ t de CO}_2}.$$



Figura 25. Tanque para la recuperación del concentrado

Opción 20: Reducción del consumo energético de la planta de tratamiento, con paralización temporal de un aireador por reducción de la concentración de la carga contaminante

Tabla resumen

Ahorro energético/año	838,414.5 kWh/año
Ahorro en costo de energía/año	519,817 USD
Inversión	0
Reducción de emisiones de CO ₂	670 t de CO ₂

Situación inicial

El mecanismo de remoción de la planta de tratamiento está constituido básicamente por lodos activados, por lo que se requiere de aireación forzada para la biodegradación de los efluentes industriales. Esta planta, diseñada para trabajar con una carga contaminante de 3,766 mg/l, requiere cuatro aireadores para mantener los parámetros de diseño de eficiencia de remoción del 98%. Mediante las opciones implementadas como la reducción de las aguas amarillas en los efluentes industriales, la reutilización de las aguas del evaporador y la remoción previa de los sólidos en suspensión, la concentración inicial de la carga contaminante se redujo a 2,121 mg DQO/l.

Recomendaciones

Reducir el número de aireadores manteniendo la eficiencia de remoción del sistema al 98%.

Resultados

Índice de gasto de energía eléctrica en los aireadores: 0.5 kWh/DQO removida

Eficiencia de la planta de tratamiento: 98%

Tiempo de labor: 255 días/año

Consumo de energía en la planta de tratamiento **antes** de la reducción de la carga contaminante:

DQO ent: 3,766 mg/l (3.766 kg/m³)

Caudal: 2,345 m³/d

$$3.766 \text{ kg DQO/m}^3 * 2,345 \text{ m}^3/\text{d} * 255 \text{ días/año} * 0.98 = 2,206,866.9 \text{ kg DQO rem/año}$$

$$* 0.5 \text{ kWh/kg DQO rem} = \mathbf{1,103,433.45 \text{ kWh/año}}$$

Consumo de energía después de la reducción de la carga contaminante en la planta de tratamiento:

DQO ent: 2,121 mg/l (2.121 kg/m³)

Caudal: 1,000 m³/d

$$2.121 \text{ kg DQO/m}^3 * 1,000 \text{ m}^3/\text{d} * 255 \text{ días/año} * 0.98 = 530,037.9 \text{ kg DQO rem/año}$$

$$* 0.5 \text{ kWh/kg DQO rem} = \mathbf{265,018.95 \text{ kWh/año}}$$

Cálculo de ahorro energético

Consumo inicial de energía eléctrica - Consumo actual de energía eléctrica

$$= 1,103,433.45 \text{ kWh/año} - 265,018.95 \text{ kWh/año} = \mathbf{838,414.50 \text{ kWh/año}}$$

Cálculo del ahorro económico anual

$$838,414.5 \text{ kWh/año} * 0.062 \text{ USD} = \mathbf{51,981 \text{ USD.}}$$

Inversión

No requiere inversión sino la aplicación de medidas de **Buenas Prácticas de Producción** con efecto económico por la reducción de los gastos de operación y el consumo de portadores energéticos.

Evaluación ambiental

Este ahorro de energía tendrá una disminución de emisiones de CO₂:

Reducción de emisiones de CO₂= Ahorro de energía eléctrica* Factor de emisión

$$= 838,414.50 \text{ kWh/año} * 799 \text{ g CO}_2/\text{kWh} * 10^{-6} = \mathbf{670 \text{ t de CO}_2}.$$

Se reduce la carga contaminante en un 32%

Opción 21: Sustituir el fertilizante químico empleado en el organopónico y las áreas verdes por los lodos biológicos obtenidos en la planta de tratamiento de residuales industriales

Tabla resumen

Ahorro estimado por la sustitución de fertilizantes químicos	9,000 USD
Inversión	No se requiere

Situación inicial

Durante su funcionamiento la planta de tratamiento produce un excedente de lodos activados que se secan en los lechos de secado. Se producen 180 t de lodos activados por campaña. La empresa industrial cuenta con un área verde y un organopónico que abastece a la empresa de viandas y vegetales que son procesados en el comedor para el alimento de los trabajadores.

Recomendaciones

Por sus características y contenido de materia orgánica se recomienda utilizar este lodo como abono orgánico en las áreas verdes y en el organopónico de la empresa, eliminando el uso de fertilizantes químicos, lo que contribuye a la producción de vegetales ‘orgánicos’ para la alimentación de los trabajadores.

Resultados

La tabla muestra las características físico-química de los lodos obtenidos de la planta de tratamiento de residuales industriales.

Tabla 9. Características de los lodos biológicos

pH	% humedad	C.E.	% SST	Cl ⁻ (mg/kg)	Na ⁺ (mg/kg)	M.O.%	N %	P %	K %	Na %
8.45	16.80	0.94	0.30	51,918	2,141.1	80.46	4.96	1.19	0.50	0.67

Fuente: Análisis del Departamento de Biología, Instituto de Suelos, MINAG.

Donde:

CE: Conductividad eléctrica

SST: Sólidos solubles totales

Cl⁻: Ión cloro

Na⁺: Ión sodio

M.O: Materia orgánica

N: Nitrógeno

P: Fósforo

K: Potasio

Na: Sodio

Producción anual de lodos: 180 t

El precio de los biofertilizantes con características similares en el mercado internacional es de: 50 USD/t

Ahorro estimado

$$180 \text{ t} * 50 \text{ USD/t} = \mathbf{9,000 \text{ USD}}$$

Inversión necesaria

Para esta medida, sólo se necesita que los trabajadores que atienden las áreas verdes y el organopónico recojan este producto del plato de secado de la planta de tratamiento con sus medios de trabajo como carretillas, palas y los apliquen a los cultivos.

Evaluación ambiental

El biofertilizante extraído de la planta de tratamiento contiene alrededor del 80.46% de materia orgánica que contribuye a mejorar las condiciones del suelo haciéndolo más productivo, además de aportar micro y macroelementos. Con esta opción prácticamente se elimina el uso de los fertilizantes químicos que dejan residuos en los cultivos y afectan la salud humana.



Figura 26. Organopónico de la empresa

Opción 22: Instalación de un filtro parabólico para separar los residuales sólidos de los efluentes industriales y utilizarlos como biofertilizantes.

Tabla resumen

Ahorro anual estimado por sustitución de fertilizante químico.	3,500 USD
Inversión	791.79 USD

Situación inicial

A las lagunas de oxidación llega el residuo sólido (celdillas) procedente del procesamiento industrial del cítrico pues no se dispone de un sistema de pretratamiento adecuado para su separación. Aproximadamente se producen 70 t de este residuo sólido por campaña.

Recomendaciones

Instalar un filtro parabólico, como paso preliminar para la separación de estos residuos sólidos de los efluentes industriales y secarlos en el plato ya que por sus características y su contenido de materia orgánica puede aplicarse como abono orgánico a las áreas verdes y organopónico y eliminar el uso de fertilizantes químicos, contribuyendo a una alimentación más sana para los trabajadores.

Resultados

La tabla muestra las características físico-químico de los residuos sólidos secos obtenidos del filtro parabólico instalado en la planta de tratamiento de residuales industriales.

Tabla 10. Caracterización de los residuos sólidos

ph	% hum	C.E.	% SST	Cl (mg/kg)	Na ⁺ (mg/kg)	M.O. %	N %	P %	K %	Na %
8,10	20.12	0.94	0.30	39194	1150.0	75.12	4.15	2.12	0.50	0.67

Fuente: empresa GeoMinera Oriente. Empresa de la Industria Básica

- CE: Conductividad eléctrica.
- SST: Sólidos Solubles Totales
- Cl: ión cloruro
- Na⁺: ión sodio
- M.O: Materia orgánica
- N: Nitrógeno
- P: Fósforo
- K: Potasio
- Na: Sodio

Producción anual de residuos sólidos: 70 t

Costo de la tonelada de los bioabonos: 50 USD/t

Ahorro estimado

$$70 \text{ t} * 50 \text{ USD/t} = \mathbf{3,500 \text{ USD}}$$

Inversión necesaria

Para esta medida la empresa construyó un filtro parabólico estático que separa los sólidos de los efluentes industriales y para ello fue necesario:

Material	Cantidad	Costo USD
Plancha de acero inoxidable 3000 x 1500 x 1.5	3	420.18
Botellón de argón	1 kg	5
Electrodo inoxidable 2.5 mm	20	8.20
Malla de 3 mm de diámetro	1	322.5
Tubería de 28 x 1 inoxidable	2 metros	6.77
Válvula de bola	1	13.97
Disco de corte	4	10.60
Disco de desbaste	1	4.77
Total de costos		791.79

Los trabajadores que atienden las áreas verdes y el organopónico recogen este producto del plato de secado de la planta de tratamiento con sus medios de trabajo como carretillas, palas y lo aplican a los cultivos.

Perspectiva de recuperación de la inversión

De acuerdo con los ahorros económicos estimados de 3,500 USD por concepto de pago por fertilizantes químicos y la inversión de 791.79 USD la aplicación de esta medida tendría un período de recuperación de 0.22 años.

Evaluación ambiental

El biofertilizante extraído de la planta de tratamiento contiene un 75.12% de materia orgánica que contribuye a mejorar las condiciones del suelo haciéndolo más productivo además de aportar micro y macroelementos. Por otro lado no es necesario emplear los fertilizantes químicos que dejan residuos en los cultivos y afectan la salud humana.



Figura 27. Filtro parabólico para pretratamiento de residuales líquidos cítricos

Opción 23: Cambio del sistema de arranque directo de los motores por variadores de velocidad y arrancadores suaves

Tabla resumen

Ahorro energético/año	241,740 kWh
Ahorro en costo de energía/año	14,987.88 USD
Ahorro por bonificación en base a las mejoras del factor de potencia/año	1,005.00 USD
Efecto económico total/año	15,992.00 USD
Inversión	7,801.00 USD
Reducción de emisiones de CO ₂	193 t de CO ₂

Situación inicial

En el área de producción existen 13 motores, generalmente bombas positivas y sinfines, que al arrancar de forma directa por momentos paran la producción debido a que cuando trabajan sin carga y arrancan rápidamente se rompen los rodamientos en el momento del arranque.

Recomendaciones

Ponerle a los motores de sinfines y bombas, variadores de velocidad y arrancadores suaves en los casos que no tengan que entregar productos pues esta medida ayudaría a:

- Disminuir las roturas y aprovechar mejor las capacidades instaladas;
- Mejorar el factor de potencia, incluso por encima de 0.96 para que la empresa sea bonificada;
- Disminuir el consumo de estos motores eléctricos, ya que al necesitarse un flujo constante para mantener los niveles en los distintos pasos del proceso, es necesario que estos queden calibrados aproximadamente al 40% de su capacidad (dato aportado por la Dirección de Servicios Técnicos basado en la experiencia de años en la industria), por lo que el ahorro sería del 60 % de la potencia de estos equipos.

Resultados

La potencia eléctrica de los 13 motores es de 79 kWh y el 60% sería el ahorro obtenido con esta medida:

$$79 * 0.6 * 20 \text{ h} * 255 \text{ días/campaña} = 241,740 \text{ kWh.}$$

Ahorro económico

$$241,740 \text{ kWh} * 0.062 \text{ USD/kWh} = \mathbf{14,987.88 \text{ USD}}$$

Bonificación por factor de potencia en los dos meses: 1,005 USD (datos entregado por la Dirección de Economía de la Empresa.

$$\text{Efecto económico total} = 14,987.88 + 1,005.00 = \mathbf{15,992 \text{ USD.}}$$

Inversión:

Costo de los variadores y arrancadores suaves: **7,801 USD.**

Perspectiva de recuperación de la inversión

De acuerdo con el ahorro estimado de 15,992 USD y la inversión de 7,801 USD, la aplicación de esta medida tendría un periodo de recuperación de alrededor de medio año.

Evaluación ambiental

Este ahorro de energía contribuirá a la disminución de emisiones de CO₂:

Reducción de emisiones de CO₂ = Ahorro de energía eléctrica * Factor de emisión

$$241,740 \text{ kWh} * 799 \text{ g CO}_2 * 10^{-6}/\text{kWh} = \mathbf{193 \text{ t de CO}_2}$$

Opción 24: Reorganización del transporte para reducir el consumo de diesel

Tabla resumen

Ahorro de diesel	36,226 l/año
Ahorro en costo de portadores energético	16,301.70 USD
Inversión	14,000 USD
Reducción de emisiones de CO ₂	108 t

Situación inicial

El diesel se emplea como combustible para los vehículos de la empresa destinados a transportar la materia prima (frutas cítricas) provenientes de las empresas de Sola y Ceballos; para mover los tractores que transportan el hollejo a las empresas ganaderas; los camiones refrigerados que distribuyen el producto final; los vehículos ligeros utilizados para las diversas gestiones empresariales y los ómnibus que transportan al personal.

Durante la evaluación en planta se observó que los camiones que transportaban la fruta no estaban utilizados a su máxima capacidad. Para evitar que el hollejo se convirtiera en un foco contaminante la empresa asumió los costos de transporte de este residuo hasta la empresa ganadera. Al mismo tiempo se utilizaban dos ómnibus para el transporte del personal y uno de ellos hacía el recorrido prácticamente vacío.

Recomendaciones

Aprovechar al máximo la capacidad de los camiones, para reducir el número de viajes y el consumo de diesel.

Negociar contratos con las empresas ganaderas para que recojan los hollejos en la empresa.

Eliminar uno de los recorridos del transporte de personal en ómnibus y efectuar el transporte de unos seis obreros en los vehículos ligeros de que dispone la empresa ya que resultan más eficientes en cuanto a consumo de combustible por kilómetro recorrido.

Base de cálculos y resultados

	Total	Sola	Ceballos
Frutas cítricas a transportar	89,724 t	35,890 t	53,834 t
Radio de transportación		150 km	15 km

Cálculo del número de viajes = toneladas a transportar / Capacidad de carga unitaria

Kilómetros recorridos en transportación lleno y vacío

$$= 2 * (\# \text{ de viajes} * \text{radio de transportación})$$

Consumo de combustible = km recorridos / índice de consumo promedio km/l

Índice de consumo promedio de combustible Diesel en transporte automotor: 8 km/l

Ahorro de combustible anual = Consumo anual inicial - Consumo proyectado anual

La siguiente tabla muestra el ahorro de diesel en el transporte de la fruta de plantaciones en las provincias de Camagüey y Ciego de Ávila a la Planta Procesadora de Jugos ubicada en Ceballos, provincia de Ciego de Ávila mediante la utilización de los camiones a las capacidades de carga admisible.

Conceptos	Total	Sola	Ceballos
Número de viajes. Camiones de 14 t	6,408	2,563	3,845
Kilómetros recorridos/año	884,421	769,062	115,359
Consumo de diesel: l/año	110,552	96,132	14,419
Número de viajes cargados a la capacidad de 20 t	4,486	1,794	2,691
Kilómetros recorridos/año	619,095	538,343	80,751
Consumo de diesel: l/año	77,386	67,292	10,093
Ahorros de diesel	33,166	28,840	4,326

Ahorros resultantes de la racionalización de las rutas y del uso de vehículos en el transporte de personal

Número de ómnibus: 2

Recorridos:

Ceballos - Ciego de Ávila (60 km)

Ceballos - Morón (24 km)

No de viajes: 2 por cambio de turno de trabajo

Total de kilómetros recorridos en un día: 168 km

Se recomienda eliminar el transporte hasta Morón lo que reduce el recorrido del ómnibus en:

$$24 \text{ km/viaje} * 2 \text{ viajes/día} = 48 \text{ km} * 255 \text{ días} = 12,240 \text{ km/año}$$

Eficiencia del uso de combustible en el transporte por ómnibus: 4 km/l

Consumo de diesel:

$$12,240 \text{ km} / 4 \text{ km/l} = \mathbf{3,060 \text{ l de diesel}}$$

Ahorros anuales = Ahorro por transportación de materia prima
+ eliminación del uso de los tractores para transportar el hollejo
+ racionalización del transporte del personal

Ahorro de diesel

$$\text{Ahorros totales} = 33,166 \text{ l} + 3,060 \text{ l} = \mathbf{36,226 \text{ l de diesel}}$$

Ahorro económico

$$= 36,226 \text{ l de diesel} * 0.45 \text{ USD/l} = \mathbf{16,301.7 \text{ USD}}$$

Inversión

Para implementar esta medida se requiere remotorizar dos camiones con un costo de 7,000 USD por camión.

Total de la inversión: **14,000 USD.**

Perspectiva de recuperación de la inversión

De acuerdo con los ahorros económicos estimados de **16,301.7 USD/año** y la inversión de **14,000 USD** la aplicación de esta medida tendría un período de recuperación de 0.85 años equivalente a 11 meses aproximadamente.

Evaluación ambiental

Este ahorro de energía representa una disminución de las emisiones de CO₂:

Reducción de emisiones de CO₂= Ahorro de combustible* Factor de emisión

$$36,226 \text{ l/año} * 2,986 \text{ g CO}_2/\text{l} * 10^{-6} = \mathbf{108 \text{ t de CO}_2}$$

Opción 25: Control de tiempo de trabajo y cálculo de índices de consumo de los montacargas

Tabla resumen

Ahorro de diesel	2,550.0 litros
Efecto económico	1,147.5 USD
Inversión	0
Reducción de emisiones de CO ₂	7.61 t de CO ₂

Situación inicial

El gasto de combustibles de los montacargas es superior al necesario

Recomendaciones

Calcular el índice de consumo real de los montacargas, de la forma estipulada y controlar sistemáticamente el tiempo de trabajo de los mismos, para darles servicio en dependencia de su índice y del tiempo real trabajado.

Antes de implementar la opción el índice de consumo era de 2.5 l/h. Después de varios días se llegó a definir que el índice de consumo real era de 2 litros/h.

Cálculos

(Índice inicial – Índice actual) * cantidad de horas trabajadas

$$(2.5 \text{ l/h} - 2.0 \text{ l/h}) * 20 \text{ horas/día} * 255 \text{ días/campaña} = \mathbf{2,550 \text{ litros/campaña}}$$

Costo del diesel: 0.45 USD/l (precio empresa)

$$2,550 \text{ litros/campaña} * 0.45 \text{ USD/litro} = \mathbf{1,147.50 \text{ USD}}$$

Inversión

Ninguna.

Perspectiva de recuperación de la inversión

No aplica.

Evaluación ambiental

Este ahorro de energía representa una disminución en las emisiones de CO₂

Reducción de emisiones de CO₂ = Ahorro de combustible * Factor de emisión

$$2,550 \text{ l} * 2,986 \text{ g de CO}_2 * 10^{-6} / \text{litro de diesel} = \mathbf{7.61 \text{ t de CO}_2}$$

Opción 26: Aislamiento de tuberías conductoras de fluidos refrigerantes

Tabla resumen

Ahorro energético	96,178 kWh
Ahorro en costo de energía	5,963 USD
Inversión	6,300 USD
Reducción de emisiones de CO ₂	77 t de CO ₂

Situación inicial

En el frigorífico existen tuberías que conducen medios refrigerantes para el enfriamiento del jugo que están sin aislar. Debido a esto se produce una capa de hielo en la superficie de las tuberías con el consiguiente aumento en ganancias térmicas procedente del medio ambiente que es necesario retirar, lo que incrementa el consumo de energía eléctrica en los compresores del refrigerante.

Recomendaciones

Aislar las tuberías y recipientes que conducen refrigerante para evitar ganancias térmicas y aumento en el consumo de energía eléctrica en la estación compresora del refrigerante.

Base de cálculos y resultados

Longitud de tubería a aislar (L):	200 m
Diámetro promedio (d):	0.20 m
Velocidad del viento promedio:	10 km/h
Horas de trabajo:	5,750 h
Costo del kWh:	0.062 USD
Temperatura ambiente:	30° C
Temperatura de la superficie de la tubería:	0° C

Área de la superficie a aislar:

$$A = \Pi * d * L$$

$$A = 3.14 * 0.20 \text{ m} * 200 \text{ m}$$

$$A = 125.6 \text{ m}^2$$

Donde:

d: Diámetro promedio de la tubería

L: Longitud de la tubería que necesita aislamiento

De acuerdo con la literatura técnica de la *American Society of Heat, Ventilating and Refrigerating Engineers (ASHRVE)* se acepta como coeficiente total de transferencia térmica para tuberías de acero no aisladas expuestas al medio ambiente el valor de 211 Btu/h-pie² F para temperaturas interiores de conducción del medio refrigerante del orden de 10 a 25° F.

Para compresores de amoníaco se considera una capacidad refrigerante específica en kW de calor extraído de refrigeración/kW de potencia consumida en compresores igual a 2.5 kW/kW

Ganancia térmica anual: Q

$$Q = U * A * (\Delta t)_m * \text{Horas anuales operación}$$

Donde:

U: coeficiente total de transferencia térmica para tuberías de acero no aisladas expuestas al medio ambiente = 211 Btu/h-pie²° F para temperaturas interiores de conducción del medio refrigerante del orden de 10 a 25° F.

A: Área de la superficie a aislar

(Δt)_m: Diferencia de temperatura °F

$$Q = \frac{2.1 * 1,256 * (86^\circ F - 32^\circ F) * 5,760 * 10^6 \text{ Btu}}{3,412 \text{ kWh} / \text{Btu}} = 240,445 \text{ kWh}$$

Potencia adicional consumida en compresores

$$240,445 \text{ kWh} / 2.5 \text{ kW/kW} = 96,178 \text{ kWh/año}$$

Ahorro económico anual

$$= 96,178 \text{ kWh} * 0.062 \text{ USD/kWh} = 5,963 \text{ USD}$$

Inversión

Aislamiento frigorífico con espesor de 50 mm incluyendo cubierta protectora para 126 m²: 6,300 USD

No se consideran los costos de instalación, ya que esta la puede hacer el personal de mantenimiento.

Perspectiva de recuperación de la inversión

El ahorro económico anual calculado es **5,963 USD**. La inversión estimada en **6,300 USD** para la aplicación de esta medida, tendría un período de recuperación de 1 año aproximadamente.

Evaluación ambiental

Este ahorro de energía tendrá una disminución de emisiones de CO₂:

Reducción de emisiones de CO₂ = Ahorro de energía * Factor de emisión

$$= 96,178 \text{ kWh} * 799 \text{ g CO}_2/\text{kWh} * 10^{-6} = 77 \text{ t de CO}_2.$$



Figura 28. Aislamiento deficiente de las tuberías que conducen líquidos refrigerantes

Opción 27: Pérdidas por puertas abiertas en el frigorífico

Tabla resumen

Ahorro energético	516,772.8 kWh
Ahorro en costo de energía	49,093.41 USD
Inversión	7,800 USD
Reducción de emisiones de CO ₂	412.9 t de CO ₂

Situación inicial

Las cámaras del frigorífico tienen las puertas en mal estado lo que provoca pérdidas de energía por falta de hermeticidad. Además, la puerta se mantiene abierta durante el trasiego de productos lo que causa pérdidas de frío.

Recomendaciones

Sustituir la puerta en mal estado.

Resultados

Altura de la puerta:	3 m
Ancho de la puerta:	2.6 m
Temperatura interior:	-20° C
Pérdidas por sellaje de la puerta:	1,101.4 kcal/h
Pérdidas por puerta abierta:	74,084.4 kcal/h
Pérdidas totales:	75,185.8 kcal/h
Pérdidas:	87.44 kW
Horas trabajadas:	6,120 h/a

Ahorro energético

$$87.44 \text{ kW} * 6,120 \text{ h/a} = \mathbf{516,772.8 \text{ kWh/a}}$$

Ahorro económico

$$516,772.8 \text{ kWh/a} * 0.095 \text{ USD} = \mathbf{49,093.41 \text{ USD.}}$$

Inversión:

Costo de una puerta con sistema automático: 6,000 USD

Costo de instalación: 1,800 USD

Perspectiva de recuperación de la inversión:

De acuerdo con los ahorros económicos estimados de 49,093.41 USD/año y la inversión de 7,800 USD la aplicación de esta medida tendrá un período de recuperación de 0.15 años.

Evaluación ambiental

Con el ahorro de la energía se logra también la reducción de emisiones de CO₂ a la atmósfera:

Reducción de emisiones de CO₂ = Ahorro de energía eléctrica * Factor de emisión

$$516,772.8 \text{ kWh} * 799 \text{ g CO}_2/\text{kWh} * 10^{-6} = \mathbf{412.9 \text{ t.}}$$

Opción 28: Ajuste de la temperatura requerida en la cámara de enfriamiento

Tabla resumen

Ahorro energético	2,827,440 kWh
Ahorro en costo de energía	268,606.80 USD
Inversión	0
Reducción de emisiones de CO ₂	2,259 t de CO ₂

Situación inicial

La temperatura de la cámara se mantiene en -20°C sin embargo una temperatura de -15°C en la cámara permite la exportación del producto con la calidad requerida.

Recomendaciones

Aumentar la temperatura hasta -17°C en la cámara de enfriamiento

Base de cálculos y resultados

Consumo eléctrico del sistema: 3,850 kWh

Horas trabajadas: 6120 h/a

Demanda total:

$$3,850 \text{ kW/h} * 6120 \text{ h/a} = \mathbf{23,562,000 \text{ kWh/año.}}$$

Inversión

No se consideran costos de instalación, ya que esta operación la puede hacer el personal de mantenimiento.

Ahorro por concepto de la variación de la temperatura de la cámara

El aumento de la temperatura en 1°C conlleva un ahorro de 4%.

El aumento de 3°C equivale a un ahorro aproximado de 12%.

$$23,562,000 \text{ kWh/año} * 12\% = \mathbf{2,827,440 \text{ kWh/año}}$$

$$2,827,440 \text{ kWh/año} * 0.095 \text{ USD} = \mathbf{268,606.80 \text{ USD}}$$

Evaluación ambiental

Con el ahorro de la energía se logra una reducción de emisiones de CO₂:

Reducción de emisiones de CO₂ = Ahorro de energía eléctrica * Factor de emisión

$$2,827,440 \text{ kWh/a} * 799 \text{ g CO}_2/\text{kWh} * 10^{-6} = \mathbf{2,259 \text{ t de CO}_2}$$

Opción 29: Cambio de refrigerantes por refrigerantes ecológicos

Situación inicial

La fábrica tiene dos salas de máquinas en las cuales el refrigerante es el amoníaco y tiene diez compresores en total. Adicionalmente cuenta con dos chillers con dos compresores de freón R22 para el enfriamiento de jugos congelados y asépticos. El estado técnico se puede considerar satisfactorio de forma general.

Recomendaciones

Realizar las gestiones pertinentes para adquirir el equipamiento necesario en breve plazo, para llevar a cabo la sustitución de gases refrigerantes no ecológico por ecológicos y evaluar el reciclaje y recuperación de los no ecológicos para evitar su liberación al medio ambiente:

Datos

Más del 60% de los gases refrigerantes que se emplean en la industria son ecológicos.

Tipos de gases refrigerantes que usa la empresa

TIPO DE GAS	CANTIDAD	ECOLÓGICO
Freón 12 R-12	10 Kg	No
Freón 22 R-22	200 kg	No
R-134 A	3 kg	Sí
R-404 A	600 kg	Sí
R-407 A	3 kg	Sí

Evaluación ambiental

La emisión de los refrigerantes no ecológicos al medio afecta la capa de ozono. La sustitución de estos refrigerantes por otros menos nocivos permite reducir los impactos negativos medioambientales globales.

Opción 30: Instalación de un condensador evaporativo

Tabla resumen

Ahorro energético/año	544,680 kWh
Ahorro en costo de energía/año	33,770.16 USD
Inversión	62,620.00 USD
Reducción de emisiones de CO ₂ /año	435.19 t de CO ₂

Situación inicial

El frigorífico de la empresa cuenta con una sala de máquinas que posee seis compresores cuyo refrigerante de trabajo es el amoniaco. Debido a las exigencias del sistema y los años de explotación, se presentan problemas de eficiencia de las torres de enfriamiento existentes.

Recomendaciones

Sustituir el sistema de condensación a través de las torres de enfriamiento por un condensador evaporativo para contribuir a aumentar los ahorros en el consumo de portadores energéticos.

Base de cálculos y resultados

Consumo eléctrico del sistema de condensación inicial

2 torres de enfriamiento con motor de 13 kW

4 bombas de agua con motor de 22 kW

Horas trabajadas: 6,120 h/a

La demanda real es:

Torres

$$N_r = 13 * 2 \text{ ventiladores} = 26 \text{ kW.}$$

Bombas

$$N_r = 22 * 4 \text{ bombas} = 88 \text{ kW}$$

La demanda total es de 114 kW

Cálculo de la demanda en los condensadores evaporativos

Potencia nominal N_n ventiladores del condensador

$$1 \times 18.5 \text{ kW y bombas de agua } 1 * 5.5 \text{ kW}$$

La demanda real es:

Torres

$$N_r = 18.5 * 1 \text{ ventiladores} = 18.5 \text{ kW}$$

Bombas

$$N_r = 1 * 5.5 \text{ bombas} = 5.5 \text{ kW}$$

La demanda total es de 25 kW

La diferencia es de 89 kWh menos con respecto al sistema actual por hora de trabajo.

Costo promedio del kWh: 0.062 USD

Ahorro económico

$$89 \text{ kWh} * 6,120 \text{ h/a} = 544,680 \text{ kWh/a} * 0.062 = \mathbf{33,770.16 \text{ USD}}$$

Inversión

El costo del condensador es 62,620 USD.

En este caso el montaje lo llevará a cabo la propia empresa a un costo estimado de 18,786 USD.

Costo total de la inversión:

$$62,620 \text{ USD} + 18,786 \text{ USD} = \mathbf{81,406 \text{ USD}}$$

Perspectiva de recuperación de la inversión

De acuerdo con los ahorros estimados de **33,770 USD/año** y la inversión de **81,406 USD**, la aplicación de esta medida tendrá un período de recuperación de 2.41 años

Evaluación ambiental

Con el ahorro de la energía se logra también la reducción de emisiones de CO₂.

Reducción de emisiones de CO₂ = Ahorro de energía eléctrica * Factor de emisión

$$544,680 \text{ kWh} * 799 \text{ g CO}_2/\text{kWh} * 10^{-6} = \mathbf{435.2 \text{ t de CO}_2}$$



Figura 29. Condensador evaporativo

Opción 31: Automatización del frigorífico

Tabla resumen

Ahorro de electricidad/año	51,106.64 kWh
Ahorros obtenidos/año	38,023.3 USD
Inversión	110,000 USD
Reducción de emisiones de CO ₂	40.8 t

Situación inicial

Entre las áreas de mayor consumo de portadores energéticos en la empresa se encuentra el frigorífico, por lo que la aplicación de medidas que contribuyan al ahorro de energía en esta área repercutiría satisfactoriamente en el desempeño de la gestión ambiental de la empresa.

Recomendaciones

Acometer la automatización de esta área como la forma más segura de reducir los consumos de portadores energéticos, además de introducir aquellas medidas de tipo organizativas que se puedan tomar.

Resultados

Para un trabajo al 100% de la capacidad de los compresores, las bombas de agua y las torres de enfriamiento trabajarán de forma automática lo cual variará en dependencia de la carga.

Por este concepto una torre trabajando con variador en función de la temperatura del agua, o la presión de condensación, ahorrará aproximadamente el 30% del consumo inicial que es de 26 kW.

Número de torres de enfriamiento: 2
Consumo de energía por torre: 13 kWh
Horas de trabajo del frigorífico: 24

$$2 * 13 \text{ kWh} * 0.30 * 24 \text{ horas} * 30 \text{ días} = \mathbf{5,616 \text{ kWh/mes}}$$

Las cuatro bombas que intervienen en el proceso, dos por cada etapa, se regularán de forma tal, que en dependencia de la temperatura del agua o la presión de condensación se varíe la velocidad del motor.

Capacidad de las bombas: 22 kWh
Número de bombas: 4

Basándose en datos de la literatura (FIDE, *Elemento básico de un diagnóstico energético orientado a la aplicación de un programa de ahorro de energía*), se ahorraría un 27%,

$$22 \text{ kWh} * 4 * 0.27 * 24 \text{ h} * 30 \text{ días} = \mathbf{17,107.2 \text{ kWh/mes.}}$$

Por concepto de la correcta calibración de las capacidades de los compresores (5 que trabajan permanentemente) se ahorraría un 7.5 % del consumo actual que es de 524 kW.

$$524 \text{ kWh} * 0.075 * 24 \text{ h} * 30 \text{ días} = \mathbf{28,296 \text{ kWh/mes}}$$

Además de este ahorro de energía, la calibración con un sistema de sensor automático sustituiría al sistema por presostato que tantos problemas ha ocasionado tanto en su operación como en su mantenimiento.

Con el control de aperturas de la puerta, luces y funcionamiento de los ventiladores de los difusores, el ahorro puede alcanzar valores significativos si se considera que la permanencia de la puerta abierta durante un periodo de tiempo pararía los ventiladores.

Para este caso se puede calcular como sigue:

Altura de la puerta: 3 m
 Ancho de la puerta: 2.6 m
 Temperatura interior: -20°C
 Pérdidas por falta de sellaje de la puerta: 1,101.4 kcal/h
 Pérdidas por puerta abierta innecesariamente: 74,084.4 kcal/h
 Pérdidas totales: 75,185.8 kcal/h
 Pérdidas: **87.44 kWh.**

Ahorros

Si sumamos los distintos ahorros que se obtienen en las distintas etapas del proceso tenemos:

	Ahorros en kWh/mes
Torres de enfriamiento	5,616.00
Motores de las torres	17,107.20
Calibración de los compresores	28,296.00
Puertas mal cerradas	87.44
TOTAL	51,106.64

Costo de la energía eléctrica: 0.062 USD/kWh

$51,106.64 \text{ kWh/mes} * 0.062 \text{ USD/kWh} * 12 \text{ meses} = \mathbf{38,023.30 \text{ USD/año.}}$

Inversión necesaria

Para la automatización del frigorífico sería necesaria una inversión **110,000 USD.**

Perspectiva de recuperación de la inversión

De acuerdo con los ahorros estimados de 38,023.30 USD/año y la inversión de 110,000 USD la aplicación de esta opción tendría un período de recuperación de 2.9 años

Evaluación ambiental

Con el ahorro de energía se logra también la reducción de emisiones de CO₂.

Reducción de emisiones de CO₂= Ahorro de energía eléctrica* Factor de emisión

$51,106.64 \text{ kWh/a} * 799 \text{ g CO}_2/\text{kWh} * 10^{-6} = \mathbf{40.8 \text{ t CO}_2.}$

Opción 32: Colocar un calentador de agua para alimentar las calderas

Tabla resumen

Ahorro de combustible/año	52.63 t
Ahorros/año	10,526.00 USD
Inversión	2,168.50 USD
Reducción de emisiones de CO ₂	157.15 t

Situación inicial

Debido a los altos precios del combustible y la necesidad de buscar alternativas para su ahorro se suministra agua caliente a las calderas para disminuir la cantidad de combustible necesaria para la generación del vapor.

Recomendaciones

Instalar un calentador en el tanque de agua que alimenta las calderas para alcanzar una temperatura de aproximadamente 95° C para disminuir el consumo de combustible necesario para generar vapor.

Base de cálculos y resultados

D	Capacidad de la caldera (kg/h) = 16,000 kg/h
hv	Entalpía del vapor (kcal/kg) = 666.5 kcal/kg
Presión	13 kg/cm ² (Tabla de Keenam)
ha	Entalpía del agua a esa temperatura (kcal/kg) = 70 kcal/kg (Tabla de Keenam)
B	Cantidad de combustible (kg/h)
V	Valor calórico inferior (kcal/kg) = 9,600 kcal/kg
η	Eficiencia de las calderas: aproximadamente 0.8

Consumo de combustible en las condiciones iniciales en una caldera a su máxima capacidad:

$$Q = D (hv - ha)$$

$$Q = B.V. \eta$$

Despejando B:
$$B = \frac{D(hv - ha)}{\eta V}$$

Sustituyendo:

$$B = \frac{16,000(666.5 - 70)}{0.8(9600)} = 1,242.7 \text{ kg/h} = 1.24 \text{ t/h}$$

Para producir vapor a plena capacidad en una caldera con el agua de alimentación calentada a 95° C:

$$Q = 16,000 \text{ kg/h} (666.5 - 95) = 9,144,000 \text{ kcal/h}$$

El consumo de combustible es:

$$B = \frac{Q}{V.\eta} = 1,190.6 \text{ kg/h} = 1.19 \text{ t/h}$$

Para producir 500 kg/h de vapor con agua a 95° C:

$$Q = 500(666.5 - 95) = 285,750 \text{ kcal/h}$$

Cálculo de la cantidad de combustible para producir este vapor:

$$B = \frac{Q}{V \cdot \eta} = 42.52 \text{ kg/h}$$

Para realizar un pequeño análisis económico se suma la cantidad de combustible que se necesita para obtener el vapor que produce una caldera más el que se necesita para el calentamiento.

$$1,190.6 \text{ kg/h} + 42.52 \text{ kg/h} = 1,233.1 \text{ kg/h}$$

Al valor obtenido se le resta al consumo de combustible de las condiciones actuales para conocer el ahorro.

$1,241.7 \text{ kg/h} - 1,233.1 \text{ kg/h} = 8.6 \text{ kg/h}$ de combustible menos que se consumirá con la instalación del calentador.

Para una campaña de 255 días aproximadamente, trabajando las calderas las 24 horas se ahorrarían alrededor de 52.63 toneladas de combustible al año, y valorando la tonelada de combustible al precio que se encuentra en el mercado internacional de 200 USD se ahorraría en el año aproximadamente **10,526 USD**.

Inversión necesaria

Para poner en funcionamiento este calentador de agua es necesaria una inversión de **2,168.50 USD**. El calentador se puede construir usando tubos de un intercambiador disponible en la empresa.

Perspectiva de recuperación de la inversión

De acuerdo con los ahorros estimados de **10,526 USD/año** y la inversión de **2,168.50 USD** la aplicación de esta opción tendría un período de recuperación de 0.2 años

Evaluación ambiental

Se disminuye el consumo de combustible en un 0.7%.

Se disminuye las emisiones de CO₂:

Reducción de emisiones de CO₂ = Ahorro de combustible * Factor de emisión

$$52,630 \text{ l} * 2,986 \text{ g CO}_2/\text{l} \times 10^{-6} = \mathbf{157.15 \text{ t CO}_2}$$



Figura 30. Área de caldera declarada “EFICIENTE”

Opción 33: Sustitución parcial de tejas cubiertas por fibrocemento por tejas traslúcidas

Tabla resumen

Ahorro energético/año	78,336 kWh
Ahorro en costo de energía/año	4,856 USD
Inversión	5,600 USD
Reducción de emisiones de CO ₂	62.6 t

Situación inicial

En la empresa se consumen aproximadamente 300,000 kWh anualmente por concepto de iluminación del área de producción de jugo cítrico y del almacén de insumo. Si se aprovecha la luz del día, esto permitiría que dejaran de funcionar unas 240 luminarias fluorescentes de 4 lámparas de 40 W/luminaria, equivalente a un consumo de 160 Wh/luminaria por un período de 8 horas diarias, durante un promedio de 255 días de operación en estas áreas anualmente.

Recomendaciones

Aprovechar la luz solar y proceder al cambio de tejas no translúcidas por translúcidas en las cubiertas de la nave de producción y del almacén de insumos.

Base de cálculos y resultados

Costo del kWh = 0.062 USD

Ahorro en el consumo de energía eléctrica

Disminución de consumo

$$240 \text{ lámparas} * 160 \text{ Wh/lámpara} * 8 \text{ horas/día} * 255 \text{ días/año} = \mathbf{78,336 \text{ kWh/año}}$$

Ahorro económico

$$78,336 * 0.062 = \mathbf{4,856 \text{ USD}}$$

También debe considerarse la disminución del costo de reposición de lámparas, ya que durarían más.

Inversiones

La ejecución de esta medida requiere el cambio de los techos del área de procesamiento de cítricos.

Adquisición de tejas traslúcidas y su colocación: 5,600 USD

Perspectiva de recuperación de la inversión

De acuerdo con los ahorros estimados de 4,856 USD y la inversión de 5,600 USD la aplicación de esta medida tendría un período de recuperación de 15 meses aproximadamente.

Evaluación ambiental

Este ahorro de energía tendrá una disminución de emisiones de CO₂:

Reducción de emisiones de CO₂ = Ahorro de energía eléctrica * Factor de emisión

$$78,336 \text{ kWh} * 799 \text{ g CO}_2/\text{kWh} * 10^{-6} = \mathbf{62.5 \text{ t de CO}_2}$$

6 Revisión, control y resultados alcanzados

Las personas involucradas en un proyecto de PML necesitan conocer el progreso de su gestión en la empresa y para esto el equipo de PML debe evaluar las estrategias y técnicas que han sido exitosas, las que han supuesto un cierto éxito, las que han fracasado, y prestar atención a las actividades individuales que han reportado beneficios. Una manera de presentar los resultados es a través de gráficos que muestren la tendencia de reducción de consumos de los recursos o el incremento de la productividad en un período que puede ser anual como se muestra en los gráficos a continuación:

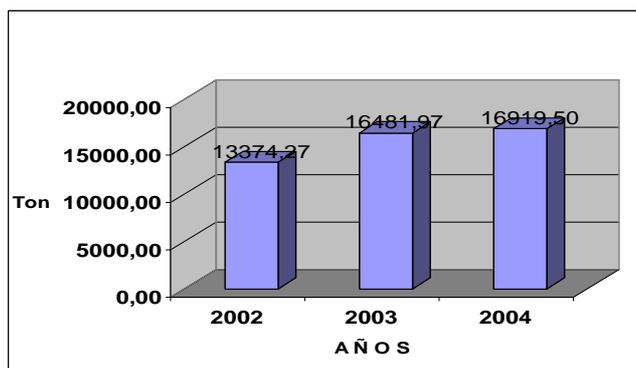


Gráfico 1 Producción

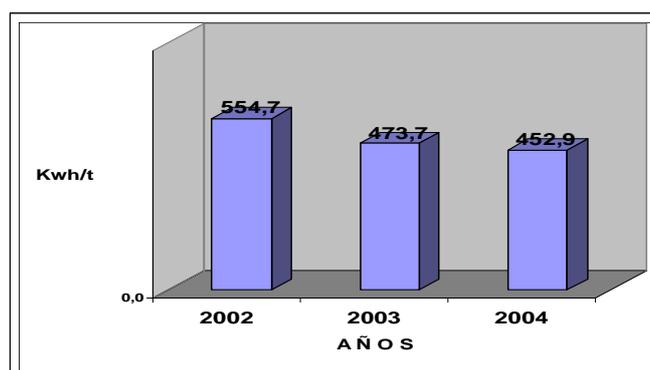


Gráfico 2. Consumo de energía eléctrica

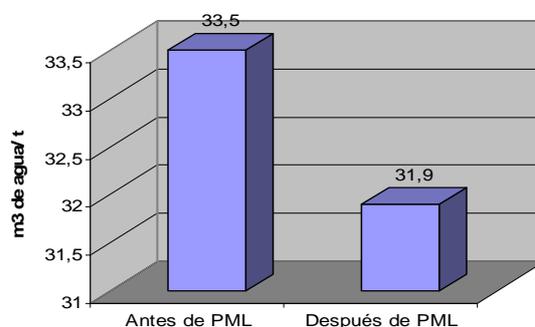


Gráfico 3. Consumo de agua

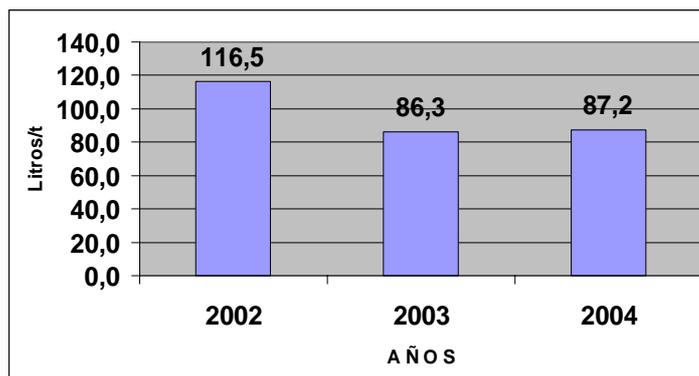


Gráfico 4. Consumo de fuel oil

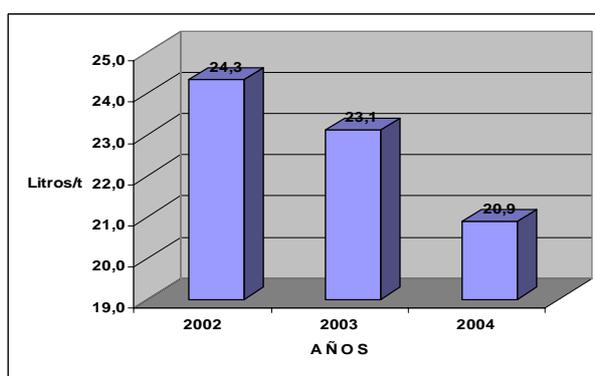


Gráfico 5. Consumo de diesel

Las tablas también pueden reflejar los avances si se emplean para compararlas con parámetros establecidos de eficiencia industrial o normas como aparece en la tabla siguiente.

Tabla 11. Caracterización de los efluentes industriales y comparación con las normas de vertimiento

Indicadores	Normas de vertimiento	Salida del efluente
pH	6-9	7,6
Conductividad $\mu\text{S/cm}$	1,500	784
Temperatura	40	24
Nitrógeno total mg/l	5	< 5
Fósforo total mg/l	10	<5
Grasas y aceites mg/l	5	5
Materia flotante	Ausente	Ausente
DBO mg/l	40	37
DQO mg/l	90	74

La reducción de los contaminantes puede ser también otra forma de demostrar el impacto ambiental por la implementación de opciones de PML. En la tabla 19 (Anexo 1) se presentan indicadores para calcular la reducción de emisiones que provocan efectos ambientales globales adversos como lluvias ácidas y efecto invernadero provocado, entre otros por el sobreconsumo fundamentalmente de combustibles en los procesos.

Tabla 12. Reducción de la emisión de contaminantes – Empresa Industrial Ceballos

Impactos ambientales	Contaminantes	Reducción (t)
Lluvias ácidas	NO _x	27
Gases dañinos	CO	1.83
Efecto invernadero	CO ₂	6,347.7
Hidrocarburos	HC	0.65
Lluvias ácidas	SO ₂	0.78

Los indicadores de producción también se emplean frecuentemente para saber cuanto se ha progresado en la gestión empresarial.

Tabla 13. Ahorros anuales en la Empresa Citrus International, S. A.

	Año 2002	Año 2003	Año 2004	Ahorros USD
Materiales auxiliares	91.46 USD/t JC	63.94 USD/t JC	50.50 USD/t JC	155,540.60
Agua consumida	29.17 m ³ /t JC	22.73 m ³ /t JC	14.51 m ³ /t JC	6,316.60
Recurso energético	0.168 t fuel oil/t JC	0.153 t fuel oil/t JC	0.116 t fuel oil/t JC	38,689.50
Energía eléctrica	541.7 kW/t JC	539.4 kW/t JC	449.9 kW/t JC	19,999.20
TOTAL				400,545.90

Entre los resultados alcanzados están los reconocimientos y premios en el ámbito local, regional, nacional e internacional, que también actúan como incentivos para motivar a los empleados y la administración de las empresas y darle continuidad a los proyectos de PML para lograr mejoras continuas en la gestión de las empresas industriales.

Entre los principales reconocimientos sociales, técnicos y estatales otorgados al sector industrial de frutas cítricas durante los años de implementación del proyecto de PML se encuentran:

Premio Provincial de Medio Ambiente a la Empresa Industrial de Cítricos (EIC) Ceballos, 2003, otorgado por el CITMA.

Premio Provincial de Medio Ambiente a la Empresa Industrial de Cítricos (EIC) Contra maestre 2005, otorgado por el CITMA.

Premio Nacional de Medio Ambiente a la Empresa Industrial de Cítricos Ceballos, 2003, otorgado por el CITMA.

Premio Nacional de Medio Ambiente a la Empresa Industrial de Cítricos Contra maestre 2005, otorgado por el CITMA.

Certificación de sala de caldera (planta generadora de vapor) eficiente en tres industrias Citrus Internacional S.A., EIC Ceballos y EIC Contra maestre respectivamente, otorgado por SIME.

Certificación de sala de refrigeración eficiente en Citrus Internacional S.A., otorgado por SIME.

Premio de la calidad a los jugos cítricos obtenidos por EIC Ceballos y EIC Contraamaestre, otorgado por el MINAL.

Premio del Ministerio de la Agricultura 2003, 2004 y 2005 como reconocimiento al desempeño ambiental y económico del Sector industrial de frutas cítricas.

Premio Relevante del Forum de Ciencia y Técnica a Nivel Provincial y de Base.

Premio de Innovación Tecnológica.

Certificaciones de calidad nacionales e internacionales.



Premio Organismo MINAGRI



Premio Nacional de Medio Ambiente 2005



Resultado Relevante en Forum



Premio Nacional de Medio Ambiente 2007



Certificaciones de Calidad



Premio en Ferias

ANEXO 1

Tablas y gráficos para el cálculo de flujos de agua, vapor, aire comprimido y para estimar las emisiones al ambiente

AGUA

Tabla 14. Cálculo de pérdidas de agua

Pérdidas de agua			
Fuente potencial de las pérdidas	Pérdida (litros/hora)	Pérdida anual (kl)	Costo anual en USD (solo agua @ 0.80¢/kl)
Goteo de un codo (1 gota/segundo)	0.5	4.7	3.76
Válvula abierta (12.5 mm)	420 – 480	3,680 – 7,360	2,944 – 5.888
Manguera abierta (25 mm)	1,800 – 4,000	15,770 = 34,690	12,616 – 27,752
Tubería rota (50 mm)	4,200	367,920	29,434
Nota: Cálculo basado en un flujo constante en un año (i.e., 24 horas/día por 365 días)			
Fuente: Adaptado por STENUM del manual de PML del PNUMA			

Tabla 15. Estimado de pérdidas de aguas por los salideros en líneas de conducción a una presión de 0.1 kg/cm en la línea y precio unitario \$1.20 USD/m³.

Diámetro mm	Litros en:		Costos (USD)	
	Minutos	Horas	Mensual	Anual
0.5	0.33	20	4.60	184
1.0	0.97	58	13.40	536
2.0	3.16	190	25.34	1,752
2.5	5.09	305	43.80	2,811
3.0	8.75	525	70.28	4,808
3.5	11.30	680	120.20	6,268
4.0	14.80	890	156.70	8,200
4.5	16.20	1100	205.00	10,136
5.0	22.30	1340	253.40	12,380
5.5	26.00	1560	308.70	14,400
6.0	30.00	1800	360.00	16,600
6.5	34.90	2100	415.00	19,360
7.0	39.30	2368	484.00	21,732

Tabla 16. Comparación de los datos de consumo de agua para la limpieza.

Los valores en cursiva son aguas de un solo uso y los valores en negrilla son aguas para múltiples usos.

	Volumen de llenado (litros)	Agua (l)	Vapor (kg)	Solución alcalina (kg)	Ácidos (kg)
Tuberías de diámetro de 50-100 mm	350	<i>1270</i> 480	<i>77</i> 60	<i>2.55</i> 0.18	<i>1.70</i> 0.12
Tanque de 1,000 l	200	<i>440</i> 170	<i>44</i> 50	<i>0.90</i> 0.06	<i>0.60</i> 0.04
Tanque de 10,000 l	200	<i>590</i> 230	<i>58</i> 77	<i>1.20</i> 0.08	<i>0.80</i> 0.05
Tanque de 100,000 l	350	<i>1,040</i> 390	<i>120</i> 150	<i>2.10</i> 0.14	<i>1.40</i> 0.10

AIRE COMPRIMIDO

Tabla 17. Pérdidas de aire comprimido debido a fugas

Diámetro del orificio en mm	Pérdida de aire en l/s		Potencia requerida para la compresión en kWh		Costos en USD/año para 8,760 h/a y 0.12 USD/kWh	
	6 bar	12 bar	6 bar	12 bar	6 bar	12 bar
1	1.2	1.8	0.3	1.0	280	1,050
1.5	2.8	4.4	0.75	2.5	700	2,334
2	5.0	8.3	1.34	5.4	1,250	5,157
3	11.1	20.8	3.1	12.7	2,905	11,854
4	19.5	37.4	5.4	20.9	5,140	19,507
5	30.9	58.5	8.3	33.7	7,747	31,454
10	123.8	236.2	33.0	132.0	30,800	123,200

VAPOR

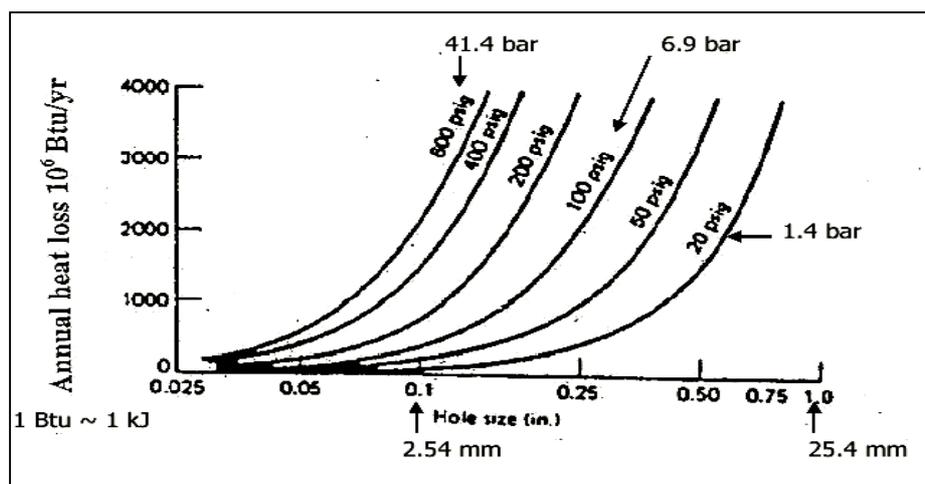


Gráfico 6. Determinación de pérdidas de vapor a diferentes presiones manométricas y diámetros del orificio de fuga.

Fuente: Seminario impartido por STENUM.

Annual heat loss 10^6 Btu/yr = Pérdida de calor anual 10^6 Btu/año

Hole size (in) = Diámetro del agujero (en pulgadas)

Tabla 18. Conversión de portadores a kWh

Energía	Unidad	Conversión a kWh
Electricidad	kWh	1
Calor	GJ	*277.8
Aceites/Fuel oil	kg	*11.4
Gas	Nm ³	*10
Combustible		
Diesel	l	*10
Gasolina	l	*9

Tabla 19. Indicadores de conversión para estimar las emisiones

Impactos ambientales	Contaminantes	Factor de emisión [g/kWh]	Factor de emisión [g/l]
Lluvias ácidas	NO _x	3.41	8
Gases dañinos	CO	0.23	0.6
Efecto invernadero	CO ₂	799	2,986
Hidrocarburos	HC	0.083	0.12
Lluvias ácidas	SO ₂	0.0984	0.399

Fuentes: Agencia de Protección del Medio Ambiente de los Estados Unidos (USEPA); Organización del Banco Mundial (WBO)

Pérdidas de calor por m de tubo
Convección

Pérdidas de calor por m de tubo
Radiación

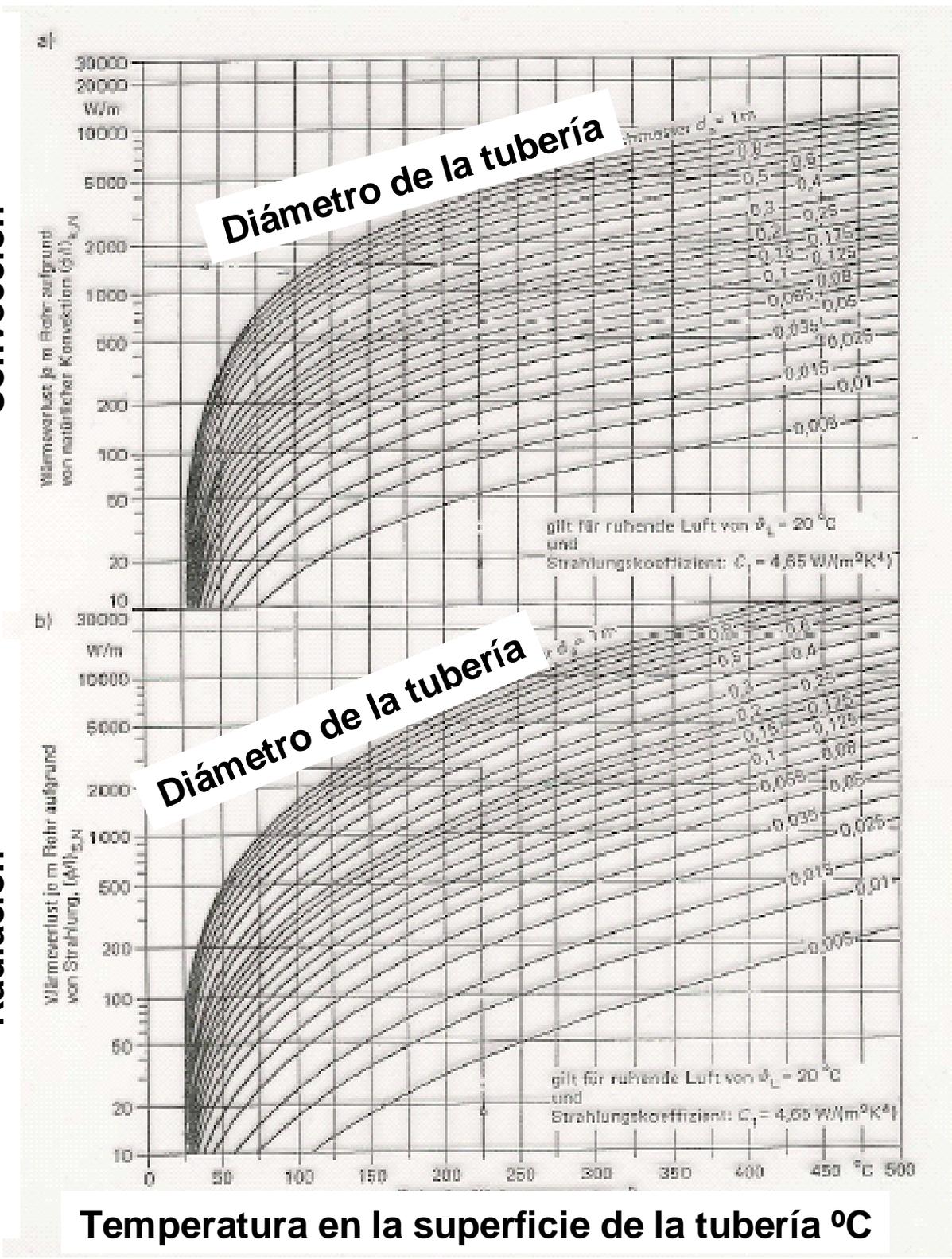


Gráfico 7. Determinación de las pérdidas por radiación y convección de las tuberías no aisladas

ANEXO 2

Módulos de capacitación y bases de reconocimientos de la ONUDI

Modulo 1 Conferencia de concienciación (45 min)

- Introducción a la PML. Conceptos básicos
- Estrategias de PML
- Herramientas y equipo de PML
- Presentación de casos exitosos de implementación de PML
- Video de PML

Modulo 2 Seminario de Producción Más Limpia (2 días)

Día 1:

- Introducción de PML. Vídeo sobre casos exitosos de PML. Metodología para elaborar la estrategia de PML. Técnicas de PML a aplicar en el sector
- Manejo de materias primas y materiales auxiliares. Opciones de PML
- Manejo de agua y aguas residuales. Opciones de PML
- Manejo de energía. Opciones de PML
- Manejo de sustancias peligrosas. Opciones de PML

Día 2:

- Metodología para una evaluación rápida en planta. Empleo del programa ECOINSPECTOR 2.1 para el diagnóstico
- Metodología para una evaluación profunda de PML en planta

Modulo 3 Talleres de PML (5.5 días)

- Conceptos básicos de PML. Estrategias de PML. Equipos de PML. Política. Motivación. Ejercicios.
- Flujo de materiales. Balance de flujo de materiales. Indicadores. Identificación de opciones de PML. Metodología de ONUDI para balance de materiales. Ejercicios.
- Manejo de energía. Portadores energéticos. Balance de energía. Indicadores. Identificación de opciones de PML. Ejercicios.
- Energía y medio ambiente. Cálculo de emisiones. Ejercicios.
- Manejo de agua. Balance de agua. Indicadores. Identificación de opciones de PML.
- Manejo de residuales. Caracterización. Opciones de tratamiento. Cálculo de reducción de contaminantes.
- Manejo de residuos peligrosos. Adquisición de productos ecológicos.
- Metodología para el cálculo económico y ambiental de opciones de PML
- Visita en planta. Identificación de opciones en el terreno.
- Metodología del reporte de evaluación en planta

Programa para el taller de formación de expertos

Horario	Actividad
09:00 – 09:15	Apertura del Curso
09:15 – 10:30	Tema 1. Aspectos básicos de la PML. (Conferencias)
11:00 – 12:30	Tema 1. Aspectos básicos de la PML. (Ejercicios prácticos)
13:00 – 14:00	Almuerzo
14:00 – 15:30	Tema 2. Grupo de trabajo, política y motivación. (Conferencias)
16:00 – 17:30	Tema 2. Grupo de trabajo, política y motivación. (Ejercicios prácticos)
Horario	Actividad
09:00 – 10:30	Tema 3. Análisis de flujo de materiales. (Conferencias)
11:00 – 12:30	Tema 3. Análisis de flujo de materiales. (Ejercicios prácticos)
13:00 – 14:00	Almuerzo
14:00 – 15:30	Tema 4. Análisis de flujo de energía. (Conferencias)
16:00 – 17:30	Tema 4. Análisis de flujo de energía. (Ejercicios prácticos)
Horario	Actividad
09:00 – 10:30	Tema 5. Generación de opciones de PML. (Conferencias)
11:00 – 12:30	Tema 5. Generación de opciones de PML. (Ejercicios prácticos)
13:00 – 14:00	Almuerzo
14:00 – 15:30	Tema 6. Gestión ecológica y materiales peligrosos. (Conferencias)
16:00 – 17:30	Tema 6. Gestión ecológica y materiales peligrosos. (Ejercicios prácticos)
Horario	Actividad
09:00 – 10:30	Tema 7. Eco-control y el uso de indicadores. (Conferencias)
11:00 – 12:30	Tema 7. Eco-control y el uso de indicadores. (Ejercicios prácticos)
13:00 – 4:00	Almuerzo
14:00 – 15:30	Tema 8. Gestión de residuos. (Conferencias)
16:00 – 17:30	Tema 8. Gestión de residuos. (Ejercicios prácticos)
Horario	Actividad
09:00 – 10:30	Tema 9. Auditorías de PML. (Conferencias)
11:00 – 12:30	Tema 9. Auditorías de PML. (Ejercicios prácticos)
13:00 – 14:00	Almuerzo
14:00 – 15:30	Tema 10. Integración regional de proyectos de PML. (Conferencias)
16:00 – 17:30	Orientación de reporte evaluativo de asesoría PML a ejecutar por los participantes.
Horario	Actividad
9:00 – 11:30	Examen escrito: Todos los profesores participantes de la RNPML
11:30 – 12:00	Receso
12:00 – 12:30	Clausura del taller

Bases para optar por el reconocimiento de PML de la ONUDI para consultores y entrenadores

Requisitos de solicitud

a) Consultores

Formación académica	Postgrado en ciencias, deseable en ingeniería
Experiencia profesional	Mínimo de un año de experiencia como consultor en PML / implementación de sistemas de gestión ambiental

b) Entrenadores

Formación académica	Postgrado en ciencias o conocimiento profundo en PML demostrable (se necesita la aprobación de ONUDI)
Experiencia práctica	Un mínimo de tres años como consultor en PML Experiencia como entrenador

En los dos casos, los aspirantes tienen que:

- participar en un curso de entrenamiento de ONUDI sobre PML para consultores y entrenadores respectivamente,
- aprobar el examen final y
- entregar un informe técnico de su trabajo en PML en planta.

El entrenamiento está basado en el Manual de Capacitación en PML de ONUDI y es impartido por expertos entrenadores.

Dentro de los ocho meses siguientes, los candidatos tienen que someter al comité de evaluación de ONUDI un informe de asesoría en planta que documente el trabajo realizado en una empresa seleccionada y haya sido desarrollados enteramente por el aspirante.

La vigencia del **reconocimiento para consultores (CP award)** es de dos años. Se podrá extender su vigencia (extensión bianual) si el consultor comprueba que él/ella está trabajando en proyectos de PML y que ha participado en entrenamientos por un mínimo de 24 horas anuales y se puede renovar si el entrenador en PML cumple con las siguientes condiciones:

- Haber desarrollado un mínimo de 36 horas de entrenamiento sobre PML por año;
- Haber contribuido, como entrenador en PML, un mínimo de 80 horas de talleres por año;
- Elaboración y entrega de un informe de asesoría en planta de PML cada año.

Los Centros Nacionales de PML y/o un instituto calificado por ONUDI deberán verificar esta información.

Bases para optar por el reconocimiento de PML a empresas

El objetivo de este reconocimiento (CP award) es premiar las empresas que han logrado un desempeño excelente en la aplicación de PML, mejorando su eficiencia y su posición en el mercado.

Cada año ONUDI otorgará el reconocimiento a una empresa en cada país.

Criterios para la primera comprobación

- 1 Disponibilidad del reporte;
- 2 Participación en el programa de entrenamiento.

Criterios para la selección final

1. Medidas de PML implementadas;
2. Cumplimiento con las normativas y legislaciones ambientales;
3. Existencia de un programa de PML;
4. Existencia de una política de PML;
5. Existencia de elementos de PML dentro de la organización de las empresas (gerente y equipo ambiental).

Criterios adicionales

- Incentivos para que los trabajadores introduzcan PML/SGA;
- Efecto multiplicador en otras empresas;
- Aumento de concienciación del personal en los temas ambientales;
- Efectos positivos en la estructura de costos en las empresas: incremento de productividad, reducción de costos;
- Posición de mercado mejorada (aumento de las ventas, mercados, exportaciones, etc.) y acceso a nuevos mercados;
- Desarrollo de nuevos productos más respetuosos con el medio ambiente;
- Mejora en la calidad del producto;
- Certificaciones internacionales ambientales y de desempeño;
- Incremento de la calidad de los productos.

Después del escrutinio preliminar, basado en el criterio del listado anterior, cada Centro Nacional de PML presentará a ONUDI un máximo de tres empresas.

ONUDI evaluará la propuesta y avalará un reconocimiento (CP award) por país.

ANEXO 3

Tabla de objetivos, metas y acciones a partir de la política ambiental definida por la empresa

Objetivos	Metas	Acciones
Objetivo No 1. Manejo adecuado del recurso agua y aguas residuales	Meta 1 Recircular en un 60% las corrientes residuales de los procesos que sean factibles	Acción 1 Empleo del agua de concentrador en los procesos de limpieza
		Acción 2 Recirculación del agua del lavado de la fruta
	Meta 2 Reducir en un 10% los consumos actuales de agua	Acción 1 Eliminar salideros y mejorar disciplina durante la limpieza tecnológica
	Meta 3 Reducir la carga contaminante en un 50%	Acción 1 Dar cobertura al trabajo de laboratorio para el monitoreo ambiental y otros trabajos relacionados con el tema. Costo aproximado: 25,000 USD y 1,250 CUP
		Acción 2 Realizar periódicamente el monitoreo de los residuales industriales
Meta 4 Obtener el Sello de Reconocimiento Ambiental Nacional otorgado por CITMA por el desempeño ambiental mantenido.	Acción 1 Elaborar, con el equipo ambiental, el expediente para optar por el Reconocimiento Ambiental Nacional y presentarlo al CITMA	
Objetivo 2 Aprovechar económicamente los desechos sólidos que se generan	Meta 1 Mantener el 100% de aprovechamiento del desecho sólido de la industria por la masa ganadera y porcina de la región	Acción 1 Mantener vigentes los contratos con la ganadería vacuna y porcina para la recogida del hollejo de la industria.
	Meta 2 Entrega del 100% de los desechos de bolsas plásticas a materia prima	Acción 2 Continuar con la entrega de las bolsas plásticas a la empresa de recuperación de materia prima de la región
Objetivo 3 Eliminar el uso de fertilizantes químicos en el organopónico y áreas verdes de la empresa	Meta 1 Reducir en 100% el uso de fertilizantes químicos	Acción 1 Utilizar los lodos resultantes del tratamiento biológico de los lechos de secado como abono orgánico para el mejoramiento de la calidad de los suelos
Objetivo 4 Reducir el consumo de materia prima y elevar el rendimiento potencial	Meta 1 Alcanzar un rendimiento de 12 t de toronja por tonelada de jugo concentrado y de 9 t de naranja por tonelada de jugo concentrado.	Acción 1 Perfeccionar el sistema de calidad de suministro de frutas a la industria

Objetivos	Metas	Acciones
Objetivo 5 Trabajar en aras de sustituir los gases refrigerantes utilizados por refrigerantes ecológicos	Meta 1 Lograr un 75% del uso de gases ecológicos en los equipos de refrigeración de la empresa	Acción 1 Sustituir los refrigerantes no ecológicos por refrigerantes ecológicos en los equipos de refrigeración de la empresa.
		Acción 2 Adquirir el equipamiento necesario para recuperar y reciclar los gases refrigerantes y de climatización que se utilizan en la empresa
Objetivo 6. Mantener la política de sustitución de envases de productos terminados por envases reciclables	Meta 1 Sustituir los envases por envases ecológicos y reciclables	Acción 1 Estudio de mercado para lograr la sustitución de envase de productos terminados
Objetivo 7 Minimizar los riesgos de salud para los trabajadores de la entidad	Meta 1 Reducir a cero los accidentes de trabajo	Acción 1 Disponer de todos los medios de seguridad y protección establecidos
		Acción 2 Actualizar la señalización de lugares peligrosos y productos inflamables, químicos o tóxicos
	Meta 2 Cumplir al 100% con las normas establecidas para evitar los riesgos de salud para los trabajadores	Acción 1 Dar a conocer a los trabajadores las normas establecidas para evitar riesgos
Objetivo 8 Capacitar a los trabajadores y directivos de la empresa en materia de gestión ambiental	Meta 1 Lograr que el 100% de los trabajadores participen en el cumplimiento de la política ambiental declarada. Meta 2 Mantener actualizado y disponible el 100% de la información sobre la situación ambiental de la empresa. Meta 3. Formar expertos nacionales de PML en la empresa Meta 4 Garantizar el 100% de capacitación a los obreros cuando comiencen a trabajar en un puesto de trabajo específico u otra labor.	Acción 1 Identificar las necesidades de capacitación de los directivos y trabajadores que cubran las expectativas de la política y el Sistema de Gestión Ambiental Acción 2 Establecer el programa de concienciación, divulgación y capacitación ambiental en la industria Acción 3 Participar en cinco talleres nacionales y uno internacional en materias de PML.

Objetivos	Metas	Acciones
Objetivo 9 Lograr el uso eficiente de los portadores energéticos	Meta 1 Reducir en un 10% el consumo de portadores energéticos como diesel y fuel oil.	Acción 1 Aplicar las medidas de ahorro y uso eficiente de los portadores energéticos
		Acción 2 Recuperación de los vapores y agua caliente dentro de la empresa
		Acción 3. Realizar los mantenimientos preventivos para eliminar fugas de vapor
	Meta 2 Disminuir el consumo energético de la planta de tratamiento de residuales de 1-1.5 MW/día a 0.6-0.8 MW/día.	Acción 1 Mejorar el sistema de aereación de la planta de tratamiento de residuales con sistemas más económicos y eficientes
Objetivo 10 Aplicar los resultados científicos del sector en la solución de los problemas ambientales de la entidad	Meta 1 Implementación del 80% de las soluciones identificadas a los problemas ambientales	Acción 1 Inclusión de los problemas, en el “Banco de Problemas” para la búsqueda de soluciones técnicas
		Acción 2 Presentar en Foros Técnicos tres trabajos que reflejen la solución de problemas ambientales en la entidad
Objetivo 11 Cumplimiento de la legislación y regulaciones vigentes	Meta 1 Cumplir al 100% con las normas y regulaciones vigentes	Acción 1 Mantener actualizadas las normas, regulaciones y decretos vigentes
		Acción 2 Chequear periódicamente su cumplimiento y dar solución a las no conformidades
Objetivo 12 Implementar las opciones de PML identificadas en el proceso tecnológico	Meta 1 Lograr implementar el 80% de las opciones de PML identificadas en el proceso industrial	Acción 1 Realizar una evaluación completa en planta para la identificación e implementación de las medidas de PML para mejorar el proceso.

ANEXO 4

EJEMPLO DE UN PLAN DE ACCION (EMPRESA CÍTRICOS DE CEBALLOS)

	Acciones	Recursos necesarios	Responsable	Fecha de cumplimiento
1	Mantener actualizadas las normas, regulaciones y decretos vigentes	Financiamiento de suscripciones a la Gaceta Oficial y organismos que emiten resoluciones	Recursos Humanos	Permanente
2	Monitorear mensualmente el sistema de tratamiento de residuales líquidos	Trabajo de laboratorio para el monitoreo ambiental y otros trabajos relacionados con el tema. Costo aproximado: 25,000 CUC y 1,250 M.N.	Director de Control de Calidad	Permanente
3	Mejorar el sistema de aereación de la planta de tratamiento de residuales con sistemas más económicos y eficientes	Medidor de O ₂ y medidor de pH industriales	Jefe de Mantenimiento	Permanente
4	Mantener vigentes los contratos con las empresas ganaderas vacuna y porcina para la recogida del hollejo de la empresa	Contratos con las empresas ganaderas. Vehículos para el transporte del hollejo	Jefe de Planta	Permanente
5	Continuar la entrega de las bolsas plásticas usadas y vacías a la empresa de recuperación de materia prima	Equipo para la manipulación de las bolsas que facilite la recogida y el traslado de las mismas	Jefe de Planta y Producción	Permanente
6	Utilizar los lodos resultantes del tratamiento biológico de los efluentes industriales como abono orgánico para el mejoramiento de la calidad de los suelos	Carretillas, palas, trichas	Jefe de la Unidad Empresarial Básica de Servicios	Permanente
7	Elaborar el expediente para optar por el Reconocimiento Ambiental Nacional	Personal calificado en gestión ambiental y PML	Equipo ambiental de PML de la empresa, Punto Focal de PML del IIFT	2006
8	Perfeccionar el sistema de control de la calidad para el suministro de frutas a la empresa	Personal calificado, vehículo para monitoreo en el campo	Jefe de Calidad	Permanente
9	Aplicar medidas de ahorro y uso eficiente de portadores energéticos	Equipos, materiales, piezas de repuesto y mantenimiento preventivo de la instalación	Jefe de Mantenimiento y Energía	Permanente

	Acciones	Recursos necesarios	Responsable	Fecha de cumplimiento
10	Recuperación de vapores a baja presión y agua caliente dentro de la empresa	Equipos, materiales, piezas de repuesto; mantenimiento preventivo de la instalación	Jefe de Mantenimiento y Energía	Permanente
11	Realizar mantenimientos sistemáticos preventivos para eliminar fugas de vapor	Piezas de repuesto y materiales de instalación	Jefe de Mantenimiento y Energía	Permanente
12	Velar por el uso eficiente del agua mediante la recirculación de las corrientes	Piezas de repuesto	Jefe de Planta	Permanente
13	Sustituir los refrigerantes no ecológicos por refrigerantes ecológicos	Capital de inversión para la adquisición de equipos y gases refrigerantes ecológicos	Jefe de Mantenimiento y Energía	2007
14	Recuperar y reciclar los gases refrigerantes y de climatización que se utilizan en la empresa	Capital de inversión para la adquisición del equipo necesario para la recuperación y reciclaje de los gases refrigerantes	Jefe de Mantenimiento y Energía	2007
15	Estudio de mercado para sustitución del envase para productos terminados con destino a la exportación	Financiamiento de un consultor para estudio de mercado	Jefe de Planta, Director General	Permanente
16	Disponer de todos los medios de seguridad y protección del personal y la instalación para cumplir con las normas establecidas	Registro actualizado de las normas y decretos. Capital para la adquisición de los equipos y medios de seguridad requeridos	Director de Recursos Humanos	Permanente
17	Actualizar la señalización para lugares peligrosos y de los productos inflamables, químicos y tóxicos	Financiamiento para la adquisición de señales	Director de Recursos Humanos, Director General	Permanente
18	Seminario a los trabajadores sobre las normas establecidas para minimizar los riesgos	Medios de divulgación	Recursos Humanos	Permanente
19	Identificar las necesidades de capacitación de los dirigentes y trabajadores en cuanto a la política y el SGA	Encuestas	Recursos Humanos	Permanente
20	Establecer un programa de concienciación, divulgación y capacitación ambiental de la empresa	Programa de capacitación ambiental actualizado; medios para la divulgación del programa	Recursos Humanos y Equipo Ambiental	2007
21	Contribuir a la actualización del SGA del Ministerio de la Agricultura	Datos actualizados; medios técnicos y materiales para la sumisión de los datos	Recursos Humanos y Equipo Ambiental	Permanente

	Acciones	Recursos necesarios	Responsable	Fecha de cumplimiento
22	Participar en cinco talleres nacionales y uno internacional en materias de PML	Personal seleccionado y viáticos	Recursos Humanos, Punto Focal de PML del IIFT	Según el Plan de Trabajo de la Red Nacional de PML
23	Inclusión en el “Banco de Problemas” los problemas identificados	Medios técnicos para identificar problemas	Director General	Permanente
24	Presentar al Forum de Ciencia y Técnica tres trabajos que reflejen la solución de problemas ambientales en la empresa	Materiales de impresión, computadoras y programas informáticos	Recursos Humanos, Activista de Forum y Medio Ambiente	XVI Forum
25	Realizar una evaluación completa en planta para la identificación e implementación de las medidas de PML para mejorar el proceso	Disponibilidad de equipo de PML en la empresa	Director General, Equipo Ambiental, Punto Focal de PML del IIFT	Permanente

Bibliografía

1. Base de cálculo. Grupo inspección estatal energética de Cienfuegos. 2003
2. BIBLIOTECA DE CONSULTA MICROSOFT ® ENCARTA ® 2004. © 1993-2003.
3. CHARLES R. COX “*Práctica y Vigilancia de las Operaciones de Tratamiento de Agua*”, Editorial Científico-técnica, páginas 187-1195, MINSAP. 1979.
4. CITMA. *Ley del Medio Ambiente*. Dirección de Política Ambiental. Ministerio de Ciencia Tecnología y Medio Ambiente. 1997.
5. Crocker S, Walter J.H, “*Piping handbook*”. McGraw-Hill Book Company.1939.
6. Curso de PML de la Universidad Guelph de Canadá. CUJAE. Cuba. 2003. *Evaluación en planta del Centro mexicano para la PML que hace referencia a las ecuaciones tomadas de los anexos de la metodología para sistemas industriales de generación y distribución de vapor*. Conae. 1999.
7. Delgado J. *Informe de la asesoría completa de Producción Más Limpia. Planta de producción de puré de mango*. 2006.
8. *FIDE, elemento básico de un diagnóstico energético orientado a la aplicación de un programa de ahorro de energía*. 2000.
9. Fuente M. *Informe de la asesoría completa de Producción Más Limpia. Empresa Industrial de Cítricos Contramaestre*. 2006.
10. INTERNET, sitios web varios.
11. Keller A., Moser M, Wilkie A., Wimberly J., *Energy from citrus wastes in Belize and industry overview*. 1991
12. Kimball D. *Citrus processing Quality Control and Technology*. 3ra Ed. 1991.
13. *Manual de eficiencia energética*. Centro de Producción Más Limpia. Nicaragua. 2004.
14. *Manual de Producción más limpia de la ONUDI*. 2007
15. “*Manual de cálculo rápido para la Industria Azucarera*”, Ministerio de Economía y Planificación, Inspección Estatal Energética. Versión digital, páginas 54-55. 1997
16. Morales R. *Informe de la asesoría completa de Producción Más Limpia. Línea de pasta de tomate*. 2006
17. Nonino E. y Ribeiro R., *Environment Control in the Brazilian Citrus Industry*. Pág. 260-269. 1994.
18. Olivera L.A. *Informe de la asesoría completa de Producción Más Limpia. Línea de extracción de aceite*. Empresa Industrial de Cítricos “Héroes de Girón” Jagüey Grande. 2006.
19. Pérez E. *Informe de la asesoría completa de Producción Más Limpia. Línea de producción de jugo simple y concentrado de cítrico*. Empresa Industrial de Cítricos “Héroes de Girón” Jagüey Grande. 2006.
20. Perry R. H. *Perry’s Chemical Engineers Handbook*. Edición Revolucionaria. 4ta Ed.
21. Prévész, L. *Tesis para opción de Master en Ciencia. Tratamiento anaerobio de residuales industriales cítricos*. CUJAE. Cuba. 2002.

22. Prévez L., Correa A.. *Residuales de la industria de cítrico en Cuba*. Informe Técnico IICF. 2000.
23. Prévez, L., Valoy, J. *Expediente para optar por el Reconocimiento Ambiental Nacional de la Empresa Industrial de Ceballos*.2004.
24. Reporte Técnico: *Caracterización de los residuales*, 2005.
25. Russell, W. Lane, “*Control de incrustaciones y Corrosión en Instalaciones Hidráulicas de Edificios*”. Editorial McGraw-Hill / Interamericana de México, S.A. de C.V., páginas 43-68. 1995.
26. Saravia, J.M. *Alternativas de industrialización y procesamiento para cítricos*. Viña del Mar, 20 de Mayo 2003.
27. Stenum. “*Training to trainers*”. La Habana. Cuba. 2004
28. Stenum. *Workshop Energy*. Jagüey Grande. Cuba. 2004.
29. *The Cuban Citrus Industry*. Ministerio de la agricultura. Ministerio de la Industria Alimenticia. Cuba. 2000

Contactos

Instituto de Investigaciones en Fruticultura Tropical.
MSc. Leticia Prévez Pascual
Coordinadora de la RNPML del Punto Focal IIFT
Dirección. Ave 7ma No 3005
Playa C. Habana Cuba
letypml@iift.cu
Tel.: 202-5526 Ext. 118.

Citrus International S.A.
Ing. Pedro Luis Reimont García
Ing. Fernando González Ortega
Km 1½ carretera a la Coloma
Pinar del Río, Cuba
secretaria@pinar.co.cu

Empresa industrial de cítricos “Héroes de Girón”
Ing. Mariela Oliva Rodríguez
Ing. Elizardo Alberto Suárez
Apartado postal 43100
Matanzas, Cuba
Tel.: (59)3245
mariela@jaguey.co.cu

Empresa de Conservas Isla de la Juventud
Ing. Pedro Rosales Gómez
Ing. Rodolfo Delgado Carrazana
Avenida Abraham Lincoln, Km 1½
Nueva Gerona. Isla de la Juventud.
ccitrico@enet.cu

Empresa industrial de Cítricos Ceballos:
Ing. Rodolfo Morales Pérez
Ing. Jorge Valoy Delgado Fernández
Carretera a Ceballos Km 12 ½
Ciego de Ávila, Cuba
Tel. 53-33-37262
Fax 53-33-266344
rodolfo@citrico.co.cu

Empresa Industrial de Cítricos Contra maestre.
Ing. Antonio Almenares Atencio
Ing. Maidelín Fuente Rivero
Camino de la Isla Km 1½
Contra maestre, Santiago de Cuba
Código Postal 92100, Cuba
Teléfono 99345
Fax 99732
eicc@enet.cu



**ORGANIZACIÓN DE LAS NACIONES UNIDAS PARA
EL DESARROLLO INDUSTRIAL**

Centro Internacional de Viena, Apartado Postal 300, 1400 Viena, Austria

Teléfono: (+43 1) 26026-0, Fax: (+43 1) 26926-69

e-mail: unido@unido.org. Internet: <http://www.unido.org>