



Guía de
PRODUCCIÓN MÁS LIMPIA
para la elaboración de biodiesel
a partir de aceite de palma africana



La preparación de esta publicación se realizó como parte del apoyo a la República de Honduras para el cumplimiento de los compromisos ambiental contenidos en el Tratado de Libre Comercio entre República Dominicana, Centroamérica y Estados Unidos (DR-CAFTA, por sus siglas en inglés). Se llevó a cabo en coordinación con la Secretaría de Recursos Naturales y Ambiente, SERNA, entre enero de 2008 y abril de 2009, mediante la asistencia técnica y financiera del Proyecto Manejo Integrado de Recursos Ambientales de la Agencia de los Estados Unidos para el Desarrollo Internacional (USAID/MIRA) y en colaboración con el Consejo Hondureño de la Empresa Privada, COHEP.

Los conceptos expresados en esta publicación no necesariamente reflejan el punto de vista de la Agencia de los Estados Unidos para el Desarrollo Internacional ni del Gobierno de los Estados Unidos.

REPÚBLICA DE HONDURAS, 2009

Elaboración técnica

Centro Nacional de Producción Más Limpia de Honduras (CNP+LH)

Supervisión técnica

Enrique Alvarado, USAID/MIRA

Gracia Lanza, USAID/MIRA

Orlando Sierra, USAID/MIRA

Dirección de Gestión Ambiental (DGA/SERNA)

Edición

AGA & Asociados – Consultores en comunicación

La elaboración de la presente “Guía de Producción más Limpia para la elaboración de biodiésel a partir de aceite de palma africana” fue realizada por International Resources Group (IRG) y el Centro Nacional de Producción más Limpia de Honduras (CNP+LH), mediante el subcontrato 1190-CPFF-CNP+LH. Tegucigalpa, Honduras, 2009.

ÍNDICE

Siglas y acrónimos	v
I. Introducción	1
A. Acerca de esta guía	2
B. ¿A quién va dirigida la guía?.....	2
II. Justificación y objetivos	3
A. Justificación	3
B. Objetivos	3
1. Objetivo general	3
2. Objetivos específicos.....	3
III. Marco conceptual de Producción más Limpia	5
A. Producción más Limpia (P+L)	5
B. Metodología para implementar un Programa de P+L	6
1. Primera fase: planeación y organización del programa de producción más limpia	6
2. Segunda fase: evaluación en planta.....	8
3. Tercera fase: estudio de factibilidad.....	11
4. Cuarta fase: implementación	11
5. Resumen de implementación de un programa de P+L.....	13
C. Opciones generales de P+L	13
D. Indicadores.....	14
1. Indicadores de procesos	14
2. Indicadores ambientales.....	16
IV. Descripción del proceso productivo.....	17
A. Definición del producto	17
B. Características del producto	17
C. Proceso de elaboración de biodiésel	18
1. Proceso de elaboración de biodiésel utilizando metanol.....	18
2. Descripción de subprocesos	22
3. Impactos ambientales originados por el proceso	23
V. Buenas Prácticas para la Producción más Limpia	25
A. Buenas prácticas operativas.....	26
1. Capacitación de personal.....	26
2. Mantenimiento de equipo e instalaciones.....	27

3.	Recomendaciones generales para asegurar la calidad y el desempeño óptimo del proceso.....	28
B.	Buenas prácticas para el uso eficiente de agua, energía y materias primas: recomendaciones generales	30
1.	Recomendaciones generales para el uso eficiente del agua	30
2.	Recomendaciones generales para el uso eficiente de la energía	31
3.	Recomendaciones generales para el uso eficiente de materias primas e insumos	33
4.	Recomendaciones generales para la reducción de residuos y emisiones del rubro biodiésel.....	35
C.	Buenas prácticas para el uso eficiente de agua, energía y materias primas: recomendaciones específicas.....	36
1.	Recomendaciones específicas para el uso eficiente del agua en el proceso	36
2.	Recomendaciones específicas para el uso eficiente de la energía en el proceso.....	38
3.	Recomendaciones específicas para el uso eficiente de la materia prima en el proceso	40
4.	Recomendaciones específicas para la reutilización y reciclaje en el proceso.....	41
VI.	Marco Legal	43
VII.	Glosario	47
VIII.	Bibliografía	50
IX.	Anexos.....	53
	Anexo 1. Iniciativas en la región	53
	Anexo 2. Proveedores generales de P+L	57
	Anexo 3. Proveedores de tecnologías para el rubro biodiésel	59
	Anexo 4. Formatos de cuadros de control de buenas prácticas de P+L.....	61
	Anexo 5. Lista de chequeo para diagnóstico rápido de P+L.....	64
	Anexo 6. Guía metodológica para visitas de diagnóstico rápido	68
	Anexo 7. Parámetros y alternativas para obtener eficiencia ENERGÉTICA	71
	Anexo 8. Parámetros y alternativas para obtener eficiencia en el uso del agua.....	78
	Anexo 9. Alternativas para materia prima en la producción de biodiésel	81

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Esquema de los niveles de reducción de contaminación (ONUDI, 1999)	5
Figura 2. Etapas para la Implementación de P+L (ONUDI, 1999).....	6
Figura 3. Diagrama de entradas y salidas.	9
Figura 4. Resumen del proceso de implementación de P+L.....	13
Figura 5. Diagrama de entradas y salidas en el proceso.	15
Figura 6. Flujograma del proceso de elaboración del biodiésel.....	19
Figura 7. Diagrama de entradas y salidas del proceso de producción de biodiésel.....	37

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 1. Beneficios de la Producción más Limpia.	6
Cuadro 2. Registro de miembros del equipo de P+L.....	7
Cuadro 3. Indicadores de procesos.....	15
Cuadro 4. Escala y tipos de indicadores ambientales que pueden definirse	16
Cuadro 5. Ventajas y desventajas del uso del biodiésel	17
Cuadro 6. Insumos para producir una tonelada de biodiésel.	21
Cuadro 7. Temas de capacitación prescriptivos en una empresa o proyecto.	26
Cuadro 8. Equipo básico para la elaboración de biodiésel.	27
Cuadro 9. Recomendaciones generales para el uso eficiente del agua.....	31
Cuadro 10. Recomendaciones generales para el uso eficiente de la energía	32
Cuadro 11. Recomendaciones generales para el uso eficiente de la materia prima e insumos	33
Cuadro 12. Recomendaciones generales para la reutilización y reciclaje de residuos	36
Cuadro 13. Recomendaciones específicas para el uso eficiente del agua en el proceso	38
Cuadro 14. Recomendaciones específicas para el uso eficiente de la energía en el proceso.....	39
Cuadro 15. Recomendaciones específicas para el uso eficiente de la materia prima en el proceso.....	40
Cuadro 16. Recomendaciones específicas para la reutilización y reciclaje de residuos en el proceso.....	41
Cuadro 17. Legislación aplicable a la operación del proyecto por factor ambiental.....	43
Cuadro 18: Legislación aplicable a la operación del proyecto por insumos especiales, residuos, actividades generales y factores externos y de escala que son claves para el manejo ambiental.....	44
Cuadro 19. Hoja de registro para el mantenimiento del equipo e instalaciones.....	61
Cuadro 20. Lista para el control de la implementación de buenas prácticas.	61
Cuadro 21. Registro de producción mensual	61

Cuadro 22. Registro de sub-productos	61
Cuadro 23. Registro de materias primas.....	61
Cuadro 24. Registros de residuos líquidos.....	62
Cuadro 25. Registro de residuos sólidos.....	62
Cuadro 26. Registros de emisiones.	62
Cuadro 27. Ficha para el control de la entrada de agua.....	62
Cuadro 28. Ficha para el control de la salida de agua.	62
Cuadro 29. Ficha para el monitoreo del uso de agua.....	62
Cuadro 30. Formato para la recolección de información de consumo energético.	62
Cuadro 31. Formato para el control de energía consumida vs. Energía requerida.....	63
Cuadro 32. Formato para el control del consumo de combustible.	63
Cuadro 33. Formato para el reporte mensual energético.	63
Cuadro 34. Formato para el control de la implementación de medidas.	63
Cuadro 35. Consumo de energía según el equipo	71
Cuadro 36. Características de diversos tipos de iluminación.....	71
Cuadro 37. Equivalencias entre lámparas incandescentes y fluorescentes	72
Cuadro 38. Niveles de iluminación según la actividad.....	72
Cuadro 39. Cuadro de opciones de sustitución	73
Cuadro 40. Cuadro de opciones de sustitución de tecnología T-12 por T-8 y T-5	73
Cuadro 41. Carga térmica por iluminación.....	74
Cuadro 42. Espesor en mm recomendado de aislamiento de fibra de vidrio, según el diámetro y temperatura de la tubería.	74
Cuadro 43. Pérdidas en tuberías sin aislar	75
Cuadro 44. Eficiencias típicas para calderas industriales nuevas.....	76
Cuadro 45. Pérdidas de agua por fugas.	78
Cuadro 46. Ahorro estimado de agua por uso de pistolas industriales.	78
Cuadro 47. Pérdidas por no recuperar condensados de vapor	79
Cuadro 48. Sustitutos de químicos y auxiliares	81
Cuadro 49. Alternativas de disposición de residuos del rubro biodiésel	81

SIGLAS Y ACRÓNIMOS

ASTM	American Society for Testing and Materials
CCAD	Comisión Centroamericana de Ambiente y Desarrollo
CNP+LH	Centro Nacional de la Producción más Limpia de Honduras
COHEP	Consejo Hondureño de la Empresa Privada
CORPOBID	Corporación para el Desarrollo Industrial de la Biotecnología y Producción Limpia
DGA	Dirección de Gestión Ambiental
DR-CAFTA	Tratado de Libre Comercio entre República Dominicana, Centro América y los Estados Unidos de América
FHIA	Fundación Hondureña de Investigación agrícola
FUNDER	Fundación para el Desarrollo Empresarial Rural
IDDI	Instituto Dominicano de Desarrollo Integral
IPSE	Instituto de Planificación de Soluciones Energéticas
OMC	Organización Mundial del Comercio
ONUDI	Organización de las Naciones Unidas para el Desarrollo Industrial
PNUD	Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo
PNUMA	Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente
SIC	Secretaría de Industria y Comercio
SICA	Sistema de la Integración Centroamericana
SERNA	Secretaría de Recursos Naturales y Ambiente
UMA	Unidad Municipal Ambiental
USAID	Agencia de los Estados Unidos para el Desarrollo Internacional
USAID/MIRA	Proyecto Manejo Integrado de Recursos Ambientales de la Agencia de los Estados Unidos para el Desarrollo Internacional.

I. INTRODUCCIÓN

El Tratado de Libre Comercio entre República Dominicana, Centroamérica y los Estados Unidos, conocido por sus siglas en inglés como DR-CAFTA, fue aprobado por el Congreso Nacional de Honduras el 3 de marzo del año 2005, mediante el Decreto 10-2005, y entró en vigencia a partir del 1 de abril del año 2006.

Adicionalmente al tratado, se suscribió el Acuerdo de Cooperación Ambiental (ACA), como un instrumento legal independiente, pero vinculado al Capítulo 17 o ambiental del DR-CAFTA. El ACA busca proteger, mejorar y conservar el ambiente y los recursos naturales y paliar las diferencias existentes entre los suscriptores del tratado en cuanto a condiciones ambientales, sociales, legales y de recursos económicos y tecnológicos.

Con la puesta en vigencia del DR-CAFTA y la suscripción del ACA, el Gobierno de la República de Honduras ha reconocido que los incentivos y otros mecanismos flexibles y voluntarios pueden contribuir al logro y mantenimiento de la protección ambiental, y asume la promoción de la Producción más Limpia (P+L) como una estrategia de país. La estrategia de P+L debe ser implementada de manera transversal en todos los sectores productivos del país, para garantizar un alto nivel de competencia y responsabilidad socio-ambiental en el marco de los tratados de libre comercio.

El propósito de esta guía es mejorar la competitividad de las empresas hondureñas productoras de biodiésel, mediante la implementación de prácticas de P+L en procesos productivos, productos y servicios. La guía brinda lineamientos generales a la industria productora de biodiésel, a partir de la extracción de aceite de palma africana, para identificar, evaluar e implementar P+L, lo cual permitirá incrementar la eficiencia y la rentabilidad del rubro, previniendo a su vez la contaminación del ambiente.

La guía contiene una breve descripción del proceso de producción de biodiésel a partir del aceite de palma africana, de la metodología de P+L, de la secuencia a seguir en cada fase del proceso y de los beneficios que conlleva la implementación de las opciones que genera el uso de P+L en la empresa, específicamente en el consumo de agua, energía y manejo de residuos. Además, se presentan experiencias exitosas a nivel nacional y centroamericano de empresas que han implementado P+L, mostrándose los beneficios cuantitativos y ambientales obtenidos con dicha metodología.

Es necesario mencionar que la información contenida en esta guía proviene de la experiencia y práctica generada al visitar empresas pertenecientes al rubro productor de biodiésel a partir de aceite de palma, donde se identificaron prácticas de P+L para mejorar el desempeño en el uso de recursos, promover el ahorro de agua y energía, y realizar un adecuado manejo de los residuos.

La Secretaría de Recursos Naturales y Ambiente (SERNA), encargada del cumplimiento de la legislación ambiental en general y de la que atañe al comercio entre los suscriptores del tratado, en coordinación con el Consejo Hondureño de la Empresa Privada (COHEP), organización técnico-política del sector empresarial de Honduras, impulsó la elaboración de la presente “Guía de Producción más Limpia para la elaboración de biodiésel a partir de aceite de palma africana”, con el apoyo financiero de la Agencia de los Estados Unidos para el Desarrollo Internacional (USAID).

A. ACERCA DE ESTA GUÍA

La presente “Guía de Producción más Limpia para la elaboración de biodiésel a partir de aceite de palma africana” se elaboró para orientar a los productores de biodiésel de Honduras en la implementación de prácticas de Producción más Limpia como una estrategia para lograr una gestión empresarial más eficiente y sostenible. La guía promueve un proceso de mejora continua a través de la implementación de buenas prácticas, que tiene en cuenta las tecnologías productivas disponibles, apropiadas y en uso en el país.

La guía está integrada por seis secciones principales, iniciando con una breve introducción que brinda información sobre el contenido de la guía, los antecedentes del rubro y a quien está dirigido el documento. La segunda sección muestra la justificación por la cual se desarrolló la guía y los objetivos que se persiguen con la misma. La tercera sección expone el marco conceptual de Producción más Limpia como estrategia de competitividad y gestión ambiental, sus beneficios y su metodología de implementación. En la cuarta sección se describe el proceso productivo, se especifican las entradas y salidas de cada etapa del proceso y se identifican las oportunidades y fortalezas. La quinta sección, la más importante del documento, aborda las buenas prácticas de P+L como eje fundamental para mejorar la competitividad y gestión ambiental de las empresas del sector; además, esta sección identifica los indicadores de la efectividad en la implementación de P+L. Se debe notar que las buenas prácticas expuestas en el documento son recomendaciones para empresas que se encuentran en operación, ya que esta es la etapa en la cual es posible analizar de forma práctica el proceso productivo e identificar las fallas y las oportunidades de mejora.

El marco legal está contenido en la sexta sección que hace una recapitulación de las políticas, leyes, reglamentos, normas o disposiciones jurídicas generales relacionadas con el rubro en el área operativa. También contiene las directrices generales del licenciamiento ambiental en el país, información extraída de la “Guía de buenas prácticas ambientales para la elaboración de biodiésel a partir de aceite de palma africana” (SERNA, sf). El documento incluye un glosario y una sección de bibliografía con todas las fuentes consultadas para su elaboración.

En los anexos se muestran algunas iniciativas en la región que se relacionan con Producción más Limpia. Se incluye igualmente una lista de proveedores de Producción más Limpia, la cual permitirá que el lector se oriente y profundice en temas de eficiencia económica y gestión ambiental.

B. ¿A QUIÉN VA DIRIGIDA LA GUÍA?

La “Guía de Producción más Limpia Para la elaboración de biodiésel a partir de aceite de palma africana” está dirigida a:

- Empresarios, gerentes, ingenieros de planta, operadores y el personal técnico clave de empresas interesadas en mejorar la competitividad y desempeño ambiental de las plantas productoras de Biodiésel, implementando tecnologías limpias e innovadoras que cumplan con la legislación ambiental del país.
- A los investigadores, consultores, miembros de Organismos no Gubernamentales (ONG) e inversionistas que apoyen el desarrollo de plantas para la producción de biodiésel a partir de palma africana en Honduras.
- A las autoridades ambientales encargadas de realizar una adecuada gestión en torno al tema.
- A los estudiantes interesados en conocer detalles generales y específicos sobre la producción de biodiésel a partir de palma africana.

II. JUSTIFICACIÓN Y OBJETIVOS

A. JUSTIFICACIÓN

Honduras tiene una alta dependencia energética del petróleo, por lo que la volatilidad de sus precios y el agotamiento inminente de sus reservas, la coloca en una situación vulnerable. Por esta razón es prioritario desarrollar fuentes de energía que garanticen, en el largo plazo, la sostenibilidad de los sistemas productivos. Los biocombustibles son una alternativa energética real al petróleo y promueven el desarrollo de un nuevo sector agroindustrial en el país.

En Honduras, el desarrollo de los biocombustibles surge a partir del año 2005, con los productores de palma africana del país, quienes establecieron esta nueva agroindustria para producir, en un inicio, el combustible de su flota vehicular. No fue sino hasta el 31 de Diciembre de 2007, mediante el Decreto 144-2007, que se aprobó “La ley para la Producción y consumo de Biocombustibles”, misma que regula la producción del biodiésel a partir de la palma africana.

En la actualidad se está fomentando el desarrollo de esta agroindustria, con acciones como el establecimiento de 200,000 hectáreas de cultivo de palma africana para la producción de biodiésel, mega proyecto iniciado en el 2006. Además, el sector palmero está desarrollando viveros con los que se espera sembrar unas 16 mil hectáreas de palma africana en el mediano plazo. A la fecha se cultivan alrededor de 103,000 hectáreas de palma africana y se produce más de 300,000 toneladas métricas de aceite de palma. Honduras produce alrededor de 15,000 galones diarios de biodiésel, 70% de los cuales el proviene de aceite de palma y el 30% de aceite de tilapia (SAG, 2008). También se registra información sobre la producción de este biocombustible a partir de jatropha e higuerilla, entre otros, pero a menor escala.

Las iniciativas del sector privado y del gobierno para impulsar el desarrollo de los biocombustibles requieren el establecimiento de lineamientos básicos que las orienten hacia la eficiencia y la competitividad en la producción y por tanto en el uso de los recursos como el agua, la energía y las materias primas. La presente “Guía de Producción más Limpia Para la Elaboración de Biodiésel a Partir de Aceite de Palma Africana” es un insumo valioso para acercar a las empresas a la información técnica, que permita corregir deficiencias productivas e incorporar las prácticas de P+L, como una estrategia para lograr la eficiencia tan necesaria en el marco de los tratados comerciales.

B. OBJETIVOS

1. OBJETIVO GENERAL

Mejorar la competitividad y el desempeño ambiental de las empresas hondureñas productoras de biodiésel a partir de aceite de palma africana, mediante la implementación de la metodología de Producción más Limpia (P+L) en sus procesos, productos y servicios.

2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Incentivar la producción de biodiésel, a partir de aceite de palma, bajo un alto nivel de eficiencia que permita reducir los costos de producción al promover un uso eficiente de las materias primas, energía y agua.

- Incrementar la competitividad del sector productivo al proponer tecnologías limpias e innovadoras.
- Promover la mejora del desempeño ambiental del sector al proponer prácticas amigables en todo el proceso productivo, principalmente en lo que al manejo de residuos se refiere.

III. MARCO CONCEPTUAL DE PRODUCCIÓN MÁS LIMPIA

A. PRODUCCIÓN MÁS LIMPIA (P+L)

La Producción más Limpia (P+L) es la continua aplicación de una estrategia ambiental preventiva, integrada a los procesos, productos y servicios, con el fin de mejorar la eco-eficiencia y reducir los riesgos para los humanos y el medio ambiente (PNUMA/IMA, 1999). La Organización de las Naciones Unidas para el Desarrollo Industrial (ONUDI) desarrolló una metodología de P+L basada en la evaluación de los procesos e identificación de las oportunidades para usar mejor los materiales, minimizar la generación de los residuos y emisiones, utilizar racionalmente la energía y el agua, disminuir los costos de operación de las plantas industriales, y mejorar el control de procesos e incrementar la rentabilidad de las empresas, aplicando el concepto de las 3 R's (Reducción, Reutilización y Reciclaje) (ONUDI, 1999).

Esta metodología permite al sector productivo ser más rentable y competitivo a través del ahorro generado por el uso eficiente de materias primas y por la reducción de la contaminación en la fuente de sus procesos, productos o servicios; con lo que además se evitan sanciones económicas por parte de las autoridades ambientales, y se promueven nuevos beneficios al ofrecer al mercado productos fabricados bajo tecnologías limpias (Centro Ecuatoriano de Producción más Limpia, 2007).

Con la implementación de P+L se busca pasar de un proceso ineficiente de **control** de la contaminación “al final del tubo”, a un proceso eficiente de **prevención** de la contaminación desde su punto de origen, a través de la conservación y ahorro de materias primas, insumos, agua y energía a lo largo del proceso industrial. Se previene la contaminación al sustituir las materias primas que contengan una alta carga contaminante, y al crear los soportes administrativos que permitan manejar integralmente los residuos.

El proceso de reducción de la contaminación se realiza en 4 niveles de acción (Figura 1), dentro de los cuales se encuentran los niveles preventivos (la reducción y el reciclaje/reutilización) y los de control (tratamiento y disposición final).



Figura 1. Esquema de los niveles de reducción de contaminación (ONUDI, 1999)

La literatura reporta una serie de beneficios técnicos, económicos y ambientales al implementar la estrategia de P+L, resumidos en el cuadro 1. Sin embargo, la experiencia demuestra que las empresas o proyectos que han implementado esta estrategia lo hacen motivados principalmente por sus bondades

económicas. Al mejorar la eficiencia en el uso de los insumos de producción y los rendimientos, se reducen los costos, se obtienen mayores ganancias y se mejora la posibilidad de competir con mejores precios en los mercados nacionales e internacionales. El uso eficiente de los recursos, reduce el impacto ambiental y mejora la imagen de la empresa o proyecto.

Cuadro 1. Beneficios de la Producción más Limpia.

AL REDUCIR	SE INCREMENTA
<ul style="list-style-type: none"> • El uso de la energía en la producción. • La utilización de materias primas. • La cantidad de residuos y la contaminación • Los riesgos de accidentes laborales, lo que a su vez implica reducción de costos (ejemplo: primas de seguros más bajas). • La posibilidad de incumplimiento de normas ambientales y sus correspondientes sanciones. • Costos en la producción • La tasa de uso de recursos naturales y la tasa de generación de residuos contaminantes. • Los riesgos medio ambientales en caso de accidentes. 	<ul style="list-style-type: none"> • La calidad del producto • La eficiencia, a través de una mejor comprensión de los procesos y actividades de la empresa. • La motivación del personal. • El prestigio, al mejorar la imagen de la empresa al socializar los resultados del proceso. • La competitividad en nuevos mercados nacionales e internacionales. • Ingresos y ahorros de la empresa. • La protección del medio ambiente. • La mejora continua de la eficiencia medioambiental en las instalaciones de la empresa y de los productos

(ONUDI, 1999) (CONAM, 2003) (PNUMA, 2003)

B. METODOLOGÍA PARA IMPLEMENTAR UN PROGRAMA DE P+L

Para poder diseñar e implementar un “Programa de Producción más Limpia (P+L)”, es necesario poner en práctica una metodología de cuatro fases o etapas (Figura 2) (ONUDI, 1999) (GTZ, 2007).



Figura 2. Etapas para la Implementación de P+L (ONUDI, 1999)

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

En la fase de planeación y organización del programa de Producción más Limpia, se establece el compromiso de la empresa, indispensable para su implementación exitosa. También se da a conocer la iniciativa al personal y se definen los grupos de trabajo y sus responsabilidades.

Las actividades a desarrollar en esta fase son:

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

a. Compromiso de la gerencia y del personal de la empresa

La P+L es un esfuerzo de mejora continua que requiere que los directivos, gerentes y personal clave de la empresa o proyecto estén convencidos de sus beneficios y comprometidos con su éxito. Este convencimiento y apropiación es, por lo tanto, el primer logro a obtener.

b. Organizar el equipo de P+L

Para poder organizar un equipo de trabajo, es necesario dar a conocer al personal de la empresa los planes que se tienen respecto a la implementación de un programa de P+L. Se debe integrar un equipo responsable del mismo, que incluya a empleados clave de las distintas áreas de la empresa, con un alto nivel de compromiso. Todas las áreas de la organización deben estar representadas para lograr una identificación exhaustiva los aspectos a mejorar y para incrementar la masa crítica capaz de aportar propuestas de solución a los problemas encontrados. El equipo será el responsable de la coordinación del Programa de P+L, de su implementación y del seguimiento de las medidas recomendadas. En lo posible, se sugiere establecer un plan de incentivos económicos acorde con los logros obtenidos. Al momento de conformar el equipo se recomienda tomar datos que serán imprescindibles para la correcta operación del programa (Cuadro 2).

Cuadro 2. Registro de miembros del equipo de P+L.

Nombre de la persona	Cargo	Área del proceso donde se ubica	Fortalezas y habilidades

Se debe designar a un representante o coordinador del equipo de P+L, que tenga la jerarquía y la autoridad necesarias para garantizar la implementación del programa. Es primordial que el coordinador asuma su tarea con un total compromiso, ya que de él dependerá el adecuado desarrollo del programa. El coordinador debe ser capaz de motivar y persuadir al personal sobre los beneficios de la P+L y el cumplimiento de las metas trazadas. Para dar seguimiento a las actividades programadas, llevará registros de los avances, problemas y barreras encontradas; buscará soluciones a estos obstáculos; garantizará el cumplimiento de las metas e informará permanentemente a la gerencia sobre el avance del proceso.

c. Definir claramente las metas del Programa de P+L dentro de la empresa

Los miembros del equipo de trabajo deben establecer metas viables en todos los niveles de operación de la entidad. Para ello es necesario estimular la participación de todos los empleados clave y lograr un conocimiento y apropiación del proceso y de los resultados esperados. Una vez definidas las metas se debe elaborar un plan de acción que permita alcanzarlas en el corto, mediano y largo plazo. Este plan debe establecer las metas y acciones de cada el área del sistema productivo, los aspectos a mejorar, los recursos logísticos con los que se cuenta y los responsables directos del cumplimiento de cada meta. Es recomendable establecer fechas de cumplimiento.

d. Identificar obstáculos y soluciones para el Programa de P+L

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

e. Capacitar a mandos intermedios y operarios

Es necesario realizar diagnósticos de necesidades de capacitación que permitan identificar las áreas a fortalecer para propiciar el éxito del proceso. El plan de capacitación permitirá desarrollar las bases cognitivas necesarias para llevar a cabo el programa de forma eficiente y obtener las metas en el tiempo establecido.

2. SEGUNDA FASE: EVALUACIÓN EN PLANTA

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

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

a. Reunir los datos generales de la empresa y del proceso de producción

Se requiere obtener información sobre el volumen de materiales, residuos y emisiones en el flujo. Por lo tanto, mediante una lista de chequeo, se deben establecer indicadores de comparación que permitan evaluar los avances y logros obtenidos con las medidas adoptadas.

Así mismo, deben tomarse datos relevantes del proceso productivo para identificar oportunidades de mejora. Por ejemplo, si se lleva un registro de consumo ¿Cuáles son los rendimientos obtenidos por

unidad de materia prima? También debe analizarse si existen manuales de procesos o planes de mantenimiento, entre otros aspectos (Anexo 5: Lista de chequeo para diagnóstico de P+L).

b. Definir el diagrama de flujo del proceso: entradas y salidas

Esta etapa consiste en evaluar las entradas y salidas en las distintas fases del proceso productivo, para poder identificar los residuos generados y definir los indicadores para su monitoreo. Al recorrer, analizar y diagramar el flujo del proceso (Figura 3) se podrá visualizar los espacios físicos destinados para cada área, definir si la secuencia de las acciones es la más conveniente y generar las recomendaciones pertinentes. El diagrama de flujo es uno de los elementos básicos para establecer indicadores productivos y de eficiencia en el uso de los recursos. Se recomienda describir y cuantificar, para cada una de las fases del proceso productivo, todas las entradas, salidas y costos asociados.

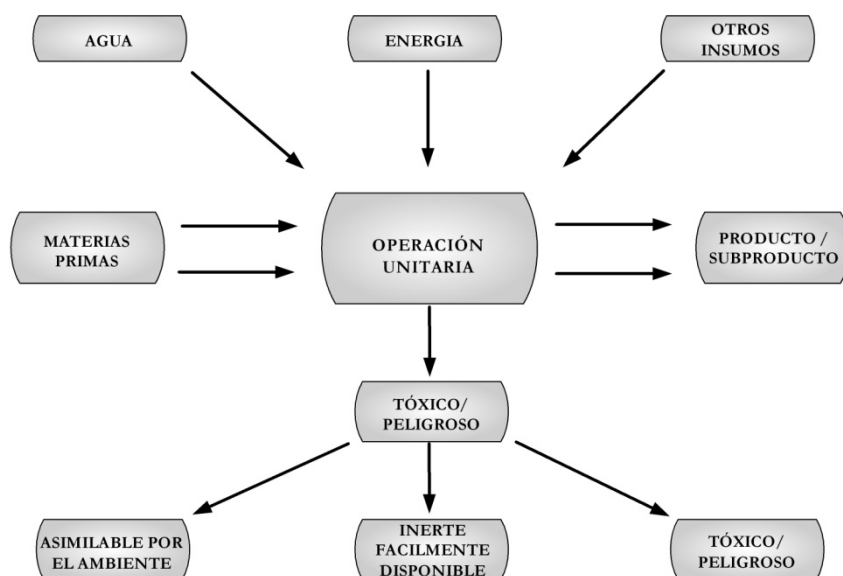


Figura 3. Diagrama de entradas y salidas.

c. Llevar registros y mediciones de materias primas, consumos de agua y energía

Para establecer los registros y mediciones de materias primas, consumo de agua y consumo energético debe diseñarse un recorrido por la empresa (GTZ, 2007), a lo largo del cual se resuelvan las siguientes interrogantes:

¿Cómo debe ser el recorrido por la empresa? En el Anexo 6, "Guía metodológica para visitas de diagnóstico rápido" se da algunas recomendaciones para el recorrido. Durante el recorrido se recomienda seguir el flujo del proceso, iniciando por el almacén de los insumos.

¿Cuánto debe durar el recorrido?

¿Qué información se requiere de la empresa antes de iniciar el recorrido? (ejemplo: costos para insumos y salidas, programación del recorrido, participación de otra(s) persona(s) de la empresa, etc.).

¿Qué áreas podrían ser de especial interés?

¿Qué personas deben entrevistarse durante el recorrido (ejemplo: operarios)? ¿Cómo y con qué objetivo?

Se debe contar con toda la documentación requerida para facilitar la identificación de indicadores de comparación, por ejemplo: recibos de consumo de energía, consumo de agua, compra de materiales, controles de inventario, etc., así como realizar mediciones *in situ* de aspectos de relevancia como niveles de iluminación, niveles de sonido en cuartos de maquinas, volúmenes de aguas residuales, etc.

Al momento de organizar el recorrido por la empresa, se debe considerar la participación del jefe de planta y del jefe de mantenimiento, así como sostener entrevistas con los encargados de bodega, de inventarios, de contabilidad de costos, operadores de equipo, etc.; ya que son los más indicados para identificar detalles sobre el movimiento diario de las entradas y salidas del proceso.

d. Organizar el equipo evaluador

Se debe organizar un equipo evaluador conformado por empleados competentes, responsables y experimentados en donde quede representada cada etapa del proceso industrial. Este equipo deberá realizar un recorrido coherente con el ordenamiento del proceso productivo, es decir que se deberá iniciar con la recepción de materias primas e insumos auxiliares y finalizar con la entrega del producto o servicio. Se deberán establecer las funciones de los miembros del equipo evaluador (una persona puede asumir varias responsabilidades).

Coordinador del equipo: debe preparar la introducción, presentación, cierre, desarrollo de la visita de acuerdo a la planificación, organización de los horarios, etc.

Responsable(s) de las listas de chequeo: deberá alistar las listas de chequeo necesarias para cada área visitada.

Responsable(s) de las estadísticas de insumos, residuos y de sus respectivos costos en el proceso de producción: deberá alistar los datos cuantificables de volúmenes y costos de materia prima, agua, residuos, etc. y calcular diferentes escenarios de ahorro.

Responsable(s) de los flujos de materiales y energía: sistematizará las etapas del proceso, sus entradas y salidas para la preparación de los diagramas de flujo.

Observador: deberá evaluar la interacción del grupo y los procesos de comunicación (GTZ, 2007).

e. Generar opciones

Al momento de realizar el recorrido por la empresa, se deben identificar puntos críticos en las distintas áreas del proceso, haciendo énfasis en el uso eficiente de los recursos energía, agua y materia prima; así como en la generación de residuos de producción. Para esto, previo a realizar el recorrido, el equipo tendrá que tener claridad sobre los aspectos a evaluar y los datos a recopilar. Se recomienda elaborar un cuestionario que facilite la evaluación de los procesos durante el recorrido.

La evaluación de la planta generará información sobre metas e intervenciones, que se incorporarán en el plan de acción. Dichas metas deberán ser ambiciosas dentro de los límites de la viabilidad económica social y ambiental de la empresa.

La campaña de divulgación y motivación del programa de P+L dentro de la empresa, mencionada en la fase 1 del programa, debería propiciar un ambiente de cordialidad durante el recorrido de evaluación en planta.

3. TERCERA FASE: ESTUDIO DE FACTIBILIDAD

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

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

a. Evaluación técnica, económica y ambiental

Una vez realizado el recorrido por la empresa, se tendrá que organizar la información recopilada y establecer indicadores que muestren los puntos críticos del proceso, los cuales podrán transformarse en las oportunidades de mejora a recomendar.

b. Definición de recomendaciones

Al hacer una recomendación es importante definir con claridad el tipo medidas a tomar y su forma de implementación, los recursos logísticos y humanos necesarios, el costo preciso de inversión requerida, los resultados, beneficios económicos y ambientales que se obtendrán.

c. Selección de las medidas a tomar

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

4. CUARTA FASE: IMPLEMENTACIÓN

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

- Establecer la fuente y el monto de los fondos destinados al proyecto
- Ejecutar las medidas recomendadas: asignación de recursos y determinación de los responsables de llevar a cabo estas medidas.

- Monitorear y evaluar las medidas implementadas, mediante el uso de indicadores que permitan medir el desempeño, de auditorías internas y de reportes de seguimiento.

a. Establecer la fuente y cantidad de fondos destinados al proyecto

Se debe asegurar que las acciones relacionadas con la implementación de P+L estén dentro del presupuesto financiero disponible. Una vez analizados los costos y beneficios de la intervención es necesario gestionar los fondos necesarios, para lo cual se recomienda establecer reuniones con la administración, gerencia y directiva.

b. Ejecución de las medidas recomendadas

Una vez asegurados los fondos para la implementación de las medidas, estos deben asignarse a las dependencias involucradas en su ejecución y reafirmar su responsabilidad.

c. Monitoreo y evaluación de las medidas implementadas

La implementación de acciones, debe ser precedida del diseño de un plan de control y seguimiento, en el que se definan participativamente indicadores de desempeño, puntos y tiempos de control, formatos de registro, informes y otras acciones que se consideren pertinentes para realizar un seguimiento adecuado.

Para ilustrar este punto se presenta, en el recuadro, el plan que utilizó una empresa para implementar un programa de P+L. Se debe aclarar que los tiempos asignados para cada actividad dependerán del tamaño de la organización, del número de trabajadores, de los productos/servicios y de los procesos involucrados.

PLAN DE ACTIVIDADES PARA IMPLEMENTACION DE UN PROGRAMA DE PRODUCCIÓN MÁS LIMPIA

1. Presentación del Proyecto.
2. Que se espera con su implementación, beneficios, requerimientos (min. 30 min.).
3. Capacitación: Que es "Producción más Limpia" (mín. 2 horas).
4. Formación del equipo y responsables.
5. Plan de Auditoría (2-3 horas).
6. Diagnóstico de Producción más Limpia: recopilación de información (1-8 días en total).
7. Diagnóstico de Producción más Limpia: trabajo de campo (1-8 días en total).
8. Diagnóstico de situación actual (anexo 5).
9. Elaboración y presentación del informe final (3-4 semanas).
10. Implementación de medidas (2-6 meses).
11. Seguimiento de medidas de P+L adoptadas.
12. Elaboración y presentación de informe de seguimiento.
13. Reporte de seguimiento al año de implementado el proyecto.
14. Reinicio del proceso de implementación de P+L con una nueva evaluación en planta. (CONAM, 2003)

5. RESUMEN DE IMPLEMENTACIÓN DE UN PROGRAMA DE P+L

Como ya se ha establecido, la implementación de P+L es la simple aplicación de una serie de pasos ordenados que conducen a una mejora continua. No obstante, debe recalarse que la metodología de implementación funciona como un círculo cerrado, ya que el proceso no termina con el desarrollo de las recomendaciones establecidas, sino que continua con una etapa de seguimiento de las mismas, para posteriormente identificar e implementar nuevas acciones (Figura 3). Adicionalmente, de acuerdo al tamaño de las plantas, estas podrán optar a ser parte del programa de venta de Certificados de Reducción de Emisiones o CERS (Para mayor información dirigirse a <http://cdm.unfccc.int/reference/documents>; <http://cdm.unfccc.int/methodologies/PAmethodologies/publicview.html>).

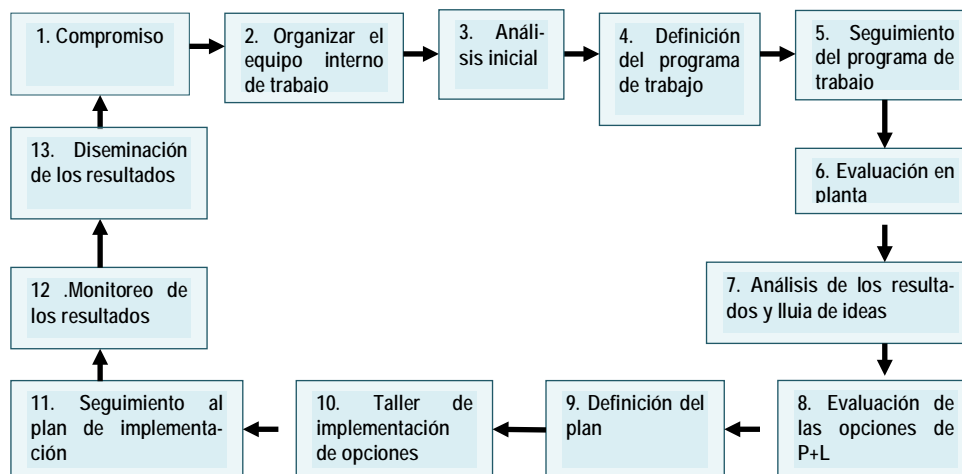


Figura 4. Resumen del proceso de implementación de P+L.

Fuente: Manual P+L de la ONUDI, 1999.

C. OPCIONES GENERALES DE P+L

Después de identificar, en el proceso de evaluación de la empresa, las fuentes de residuos, de emisiones y de desperdicio de materias primas y energía, se inicia la búsqueda de medidas correctivas. Este proceso tendrá un mayor valor si se consideran las sugerencias de todos los miembros del equipo de P+L. Los elementos básicos a considerar se presentan a continuación:

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

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

Generar buenas prácticas operativas: consiste en una optimización de los procedimientos operativos y administrativos para reducir o eliminar, residuos, emisiones, uso ineficiente de insumos y tiempos de operación.

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

De la evaluación del estado de la empresa y de las opciones generales de P+L que se apliquen, se pueden obtener los siguientes resultados:

- Localización de los principales puntos de entrada: consumo de agua, energía, materia prima e insumos
- Identificación de las principales fuentes de residuos y las cantidades generadas
- Identificación de procesos que generan una cantidad considerable de residuos
- Establecimiento de puntos críticos
- Identificación de fortalezas desde el enfoque de procesos, y desde un análisis económico y ambiental
- Establecimiento de un programa de reuniones para seguimiento de la implementación
- Publicación, a nivel interno y externo, de los avances y resultados obtenidos (CONAM, 2003) (ONUDI, 1999).

D. INDICADORES

Bajo el enfoque de P+L, los indicadores permiten caracterizar el desempeño de la empresa y brindan información de cada uno de los recursos que se utilizan en el proceso productivo (consumo de agua, energía, etc.) y de los residuos generados durante el desarrollo del mismo (residuos sólidos, emisiones, efluentes, etc.). Bajo este esquema de trabajo no se puede mejorar lo que no se está midiendo o evaluando en las entradas y salidas de un proceso, de ahí surge la importancia de seleccionar y establecer indicadores.

I. INDICADORES DE PROCESOS

Los indicadores de proceso tienen como propósito de conocer si se está llevando a cabo un uso adecuado de los insumos y materias primas que participan en el proceso productivo, es necesario tener una visión clara de las operaciones en que estos se utilizan. Para lograrlo se utiliza el análisis del “Balance de Entradas y Salidas de los Recursos (materia prima, agua y energía)” (Figura 5), donde se pueden establecer una serie de indicadores para evaluar la eficiencia de la empresa o proyecto.

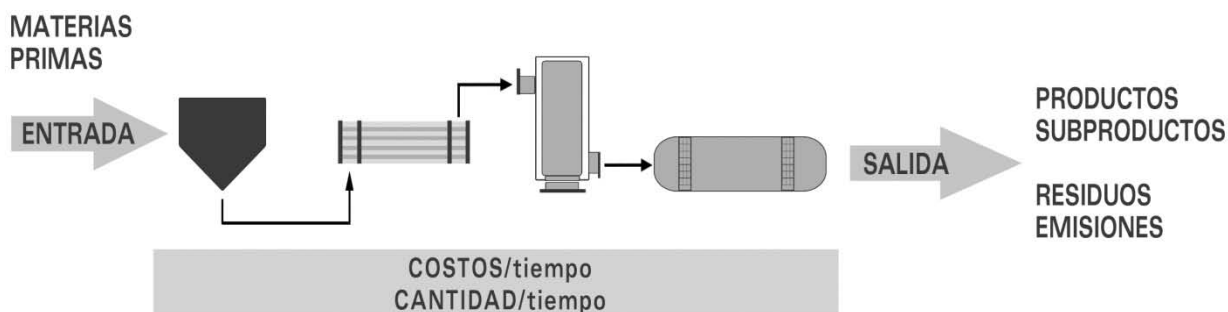


Figura 5. Diagrama de entradas y salidas en el proceso.

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

$$\text{Materias primas} - (\text{Productos} + \text{Subproductos}) = \text{Residuos} + \text{Emisiones}$$

La ecuación permite detectar posibles fallas en el proceso, definir el impacto del mismo en función de la cantidad de residuos generados y analizar las posibilidades de reutilización o reciclaje de estos residuos. Es también la base para establecer rendimientos del proceso y determinar costos del producto y posibles subproductos. En el recuadro se presenta los aspectos principales de un análisis de entradas y salidas de un proceso.

No obstante, entre los principales aspectos a tomar en cuenta al momento de establecer indicadores, resaltan el nivel tecnológico del proceso y sus áreas de trabajo, aspectos que facilitan la identificación de puntos críticos y las recomendaciones de P+L.

Por otro lado, es necesario establecer que las unidades a considerar en los indicadores dependerán en gran medida del rubro evaluado y del tipo de insumos de la empresa o proyecto (Cuadro 3).

ANÁLISIS DE ENTRADAS DE MATERIALES:

- a. Identificación de las pérdidas debido al almacenamiento y manipulación de materia prima.
- b. Identificación del consumo de materia prima.
- c. Identificación del consumo de agua.

ANÁLISIS DE SALIDAS DE MATERIALES:

- a. Cuantificación de productos, subproductos, residuos y emisiones.
- b. Identificación de los volúmenes de subproductos que se reciclan.
- c. Registro de los residuos y emisiones generadas, y procedimientos de gestión.
- d. Clasificación de los residuos en no contaminantes y contaminantes.

Cuadro 3. Indicadores de procesos.

Indicador	Ejemplo de unidades de medida
Cantidad de agua consumida por unidad productiva	Litro o m ³ / ton de producción
Cantidad de efluentes o aguas residuales por unidad productiva	Litro o m ³ / ton de producción
Cantidad de energía consumida por unidad productiva	Kwh. / ton de producción
Cantidad de combustibles y lubricantes consumidos por unidad productiva	Gal / ton de producción
Cantidad de materia prima consumida por unidad productiva	Kg. / ton de producción
Cantidad de sub-productos generados por unidad productiva	Kg. /ton de producción
Cantidad de residuos sólidos generados por unidad productiva	Kg. ó Lbs. / ton de producción
Cantidad de emisiones al aire: calor, ruidos, polvo, contaminantes por unidad productiva	Litro o m ³ / ton de producción

Fuente: CNP+LH

2. INDICADORES AMBIENTALES

Un adecuado control ambiental en una empresa o proyecto se realiza cuando se puede planificar, controlar y supervisar la gestión de los factores ambientales. Por lo tanto, las herramientas de gestión ambiental más importantes son los indicadores que se constituyen en un factor que permite reducir continuamente la contaminación y facilita la comunicación con grupos externos interesados en el tema.

Uno de los principales atributos de los indicadores ambientales es la capacidad de cuantificar la evolución de la empresa en la protección ambiental, permitiendo comparaciones año tras año. Los indicadores, evaluados periódicamente, permiten detectar rápidamente tendencias por lo que son sumamente útiles en los sistemas de alerta temprana. Al comparar la información de indicadores ambientales de diferentes empresas, o diferentes departamentos dentro de la misma empresa, se hacen evidentes las fallas y las acciones potenciales de optimización, por lo que estos son esenciales para la definición metas en un programa de mejora.

Cuadro 4. Escala y tipos de indicadores ambientales que pueden definirse

Escala	Tipos de indicadores que pueden definirse
Global	<ul style="list-style-type: none">• Relacionados con gases de efecto invernadero, según listado de Protocolo de Kioto (CO2 Equivalente).• Relacionados con sustancias agotadoras de la Capa de Ozono, según listado de Protocolo de Montreal.• Relacionados con Contaminantes Orgánicos Persistentes (COPs), según listado de Protocolo de Estocolmo.
Local	<ul style="list-style-type: none">• Relacionados con emisiones atmosféricas: material particulado, Dióxido de Sulfuro (SO₂) y Compuestos Orgánicos Volátiles (COVs).• Relacionados con vertimientos de aguas residuales: Demanda Biológica de Oxígeno, Demanda Química de Oxígeno y Carbón Orgánico Total.• Relacionados con consumo: agua y energía (combustibles, electricidad).• Relacionados con la reducción de generación de residuos.• Relacionados con costos de reciclaje, disposición y transporte de residuos.

(Ministerio Federal del Medio Ambiente, 2007)

IV. DESCRIPCIÓN DEL PROCESO PRODUCTIVO

A. DEFINICIÓN DEL PRODUCTO

El biodiésel es una mezcla de mono-alkil ésteres de ácidos grasos de cadena carbónica (12-18 carbonos), derivado de aceites de fuentes renovables (vegetales o grasas animales), que puede ser utilizado como alternativa a los combustibles fósiles para el funcionamiento de motores diesel (World Customs Organization, 2008) (ASTM, 2008). La palma africana es una fuente viable para la producción de aceite para biodiésel. El biodiésel puede ser empleado puro o en mezclas con el diesel derivado del petróleo. Las mezclas son denominadas BXX, donde XX es el porcentaje de biodiésel en la mezcla. Así, B2 contiene 2% de biodiésel en diesel, B20 contiene 20% de biodiésel y B100 es el biodiésel puro.

B. CARACTERÍSTICAS DEL PRODUCTO

El cuadro presentado a continuación resume las principales ventajas y desventajas del biodiésel (Riera, 2007). Se debe notar que estas características serán proporcionales al porcentaje de biodiésel presentes en la mezcla del combustible.

Cuadro 5. Ventajas y desventajas del uso del biodiésel

VENTAJAS	DESVENTAJAS
<ul style="list-style-type: none">• El biodiésel es un combustible renovable, biodegradable y menos tóxico• Por ser renovable, parte del dióxido de carbono (CO₂) emitido por el biodiésel se captura de nuevo en la fase de crecimiento del cultivo del que se obtiene el aceite, lo que reduce su contribución al efecto invernadero.• El biodiésel es oxigenado, por lo que produce menos emisiones de monóxido de carbono (CO), de hidrocarburos no quemados y de partículas de humo. Esto contribuye a la reducción de la contaminación del aire en las ciudades.• Para su uso, requiere pocas o ninguna modificación en los motores.• Posee excelente lubricidad.• Su manejo es más seguro, ya que posee un punto de ignición muy alto (300 °C).• Al compararlo con el diesel derivado del petróleo el biodiésel reduce las emisiones de azufre (SO₂), una de las causantes de la lluvia ácida, en 99.0%, las de hidrocarburos no quemados en 60.0%, las de monóxido de carbono (CO) en 45.0%, las de hidrocarburos aromáticos en 99.0%, las de dióxido de carbono (CO₂), gas de efecto invernadero, en 50%.	<ul style="list-style-type: none">• El biodiésel posee alrededor de 8% menos energía por litro que el diesel, aspectos que afectan la potencia y el consumo.• El biodiésel produce emisiones de óxido nítrico (N₂O) mayores a las producidas por el diesel, este es su única desventaja ambiental. El óxido nítrico es un gas con un efecto sobre el calentamiento del planeta mucho mayor que el dióxido de carbono.• El biodiésel es un buen solvente, por lo que puede disolver sedimentos presentes en el sistema de combustible del motor, y causar obstrucción de filtros en su primer uso en motores que operan con diesel. Por lo tanto, se recomienda hacer una limpieza de todo el sistema de combustible al cambiar de diesel a biodiésel.• El biodiésel se oxida con mayor rapidez que el diesel, característica que puede ser un problema para su almacenamiento en el largo plazo. El biodiésel antiguo puede volverse ácido y formar sedimentos que afectan su calidad.• El biodiésel no es compatible con algunos materiales plásticos, con el cobre y sus aleaciones (bronce y otras), plomo y zinc.• El biodiésel puede causar obstrucción de filtros a temperaturas altas, en presencia de contaminantes (agua y sales alcalinas) o por polimerización. Cabe mencionar que el biodiésel producido con materia prima de alta calidad (aceites refinados) y almacenado con el debido cuidado no presenta estos problemas• En el caso del biodiésel producido a partir del aceite de palma africana, su costo de producción es variable, ya que depende del precio del aceite en el mercado nacional o internacional (Ribeiro, 2007)

C. PROCESO DE ELABORACIÓN DE BIODIÉSEL

El biodiésel derivado del aceite de palma africana se produce a través del proceso de transesterificación, el cual consiste en la combinación del aceite con metanol o etanol (aunque este último es más caro pero menos tóxico), en presencia de un catalizador con el fin de formar ésteres grasos. Del producto obtenido se aísla la glicerina como un subproducto muy valioso para la industria, mientras que la mezcla de alcohol y éster restante se separa para reciclar el alcohol, y someter los ésteres a un proceso de purificación que consiste en el lavado con agua, secado al vacío y posterior filtrado. Cabe aclarar que este proceso puede ser utilizado para producir biodiésel a partir de otros materiales grasos diferentes al aceite de palma africana, ya sean de origen vegetal o animal, así como de aceites usados. Por otra parte, la técnica más utilizada para producciones menores a las 10,000 toneladas/año es la que se realiza por lotes, o mejor conocido como *Batch Reaction* (Kemp, 2006), esta es la más utilizada en Honduras. La presente sección muestra el proceso continuo para la elaboración de biodiésel a partir de aceite de palma africana, ya que es el más eficiente y a diferencia de otros procesos existentes en el mercado se caracteriza por que el equipo de planta es de fácil obtención, construcción, los materiales son de bajo costo y no requiere de un mantenimiento especializado con equipos costosos (Ej.: centrífugas).

I. PROCESO DE ELABORACIÓN DE BIODIÉSEL UTILIZANDO METANOL

Previo a la elaboración de biodiésel se requiere procesar el fruto de la palma africana en plantas extractoras de aceite. A continuación se describen las principales acciones involucradas en este proceso (CORPOBID, 2007):

- Los frutos de la palma de aceite son trasladados a la planta de beneficio o planta extractora.
- En la planta se desarrolla el proceso de extracción del aceite crudo de palma y del aceite de palmiste. El proceso para obtener el aceite crudo de palma consiste en esterilizar los frutos, desgranarlos, macerarlos o molerlos, extraer el aceite de la pulpa, clarificarlo y recuperar las almendras del bagazo resultante.
- De las almendras se obtienen dos productos: el aceite y la torta de palmiste que sirve para alimentación animal.
- Seguidamente, al fraccionar el aceite de palma se obtienen dos productos: la oleína y la estearina de palma. La primera es líquida en climas cálidos y se puede mezclar con cualquier aceite vegetal. La otra es la fracción más sólida y sirve para producir grasas, principalmente margarinas y jabones.
- Los aceites de palma y palmiste sirven de manera especial en la fabricación de productos oleo químicos como los ácidos grasos, ésteres grasos, alcoholes grasos, compuestos de nitrógeno graso y glicerol, elementos esenciales en la producción de jabones, detergentes, lubricantes para pintura, barnices, gomas y tinta.

Una vez que se obtiene el aceite de palma, este se transporta a las plantas de producción de biodiésel. Las etapas básicas del proceso productivo son:

- Recepción, almacenamiento y acondicionamiento del aceite crudo.
- Esterificación de ácidos grasos libres (si no son aceites refinados).
- Transesterificación del aceite crudo.
- Purificación
- Almacenamiento de biodiésel.

Las etapas correspondientes a los subprocesos son:

- Purificación y almacenamiento de glicerina
- Destilación y reciclo de metanol.

Como se puede observar, el proceso de elaboración de biodiésel puede plantearse desde la cosecha de los frutos de palma africana para realizar la extracción del aceite; la fracción del proceso correspondiente a la extracción del combustible y los subproductos a partir del aceite se ilustra en la figura 6.

Es recomendable que las plantas de extracción de aceite de palma se ubiquen de manera estratégica cerca de las plantaciones; igualmente, es preferible que cerca de las plantas de extracción se encuentren las de elaboración de biodiésel.

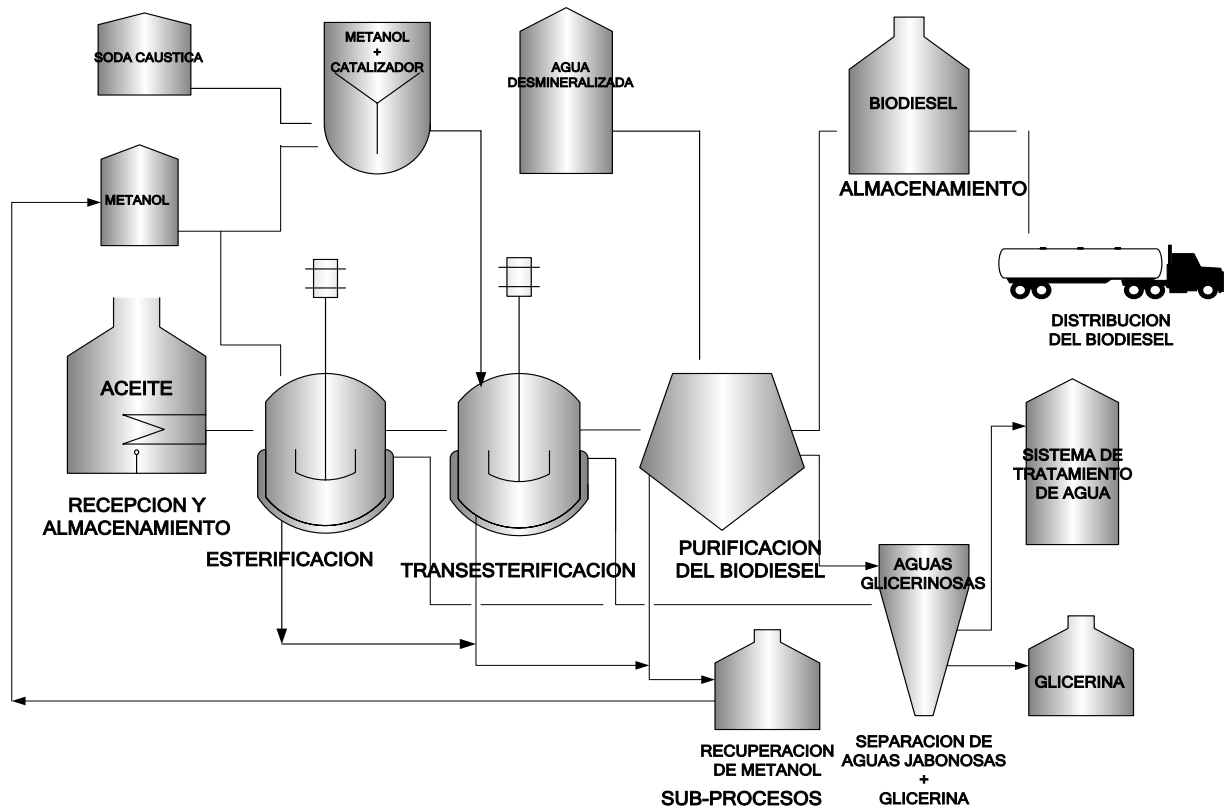


Figura 6. Flujograma del proceso de elaboración del biodiésel.

(Fuente: Centro Nacional de Producción más Limpia Honduras, 2004).

A continuación se describen las principales etapas para la elaboración de biodiésel desde el momento en que el aceite crudo llega a la planta:

a. Recepción y almacenamiento del aceite crudo

El aceite de palma crudo llega a las instalaciones de la planta de elaboración de biodiésel en camiones de carga; el producto es descargado en tanques de almacenamiento que deben tener la capacidad volumétrica para almacenar un stock mínimo de tres días. Debido a que este aceite posee un punto de ignición relativamente alto, se deben dotar los tanques con sistema de calentamiento de vapor para mantener las unidades entre 35 y 40 °C, temperatura necesaria para que el aceite permanezca en estado líquido, con una viscosidad adecuada para reducir los costos de bombeo hacia la siguiente etapa. El

metanol anhidro también llegará a la planta en carros tanque, y se almacenará en tanques que deberán tener un volumen suficiente para un stock de diez días.

b. Esterificación

Todos los aceites vegetales tienen ácidos grasos libres, por lo que los triglicéridos pueden descomponerse bajo ciertas condiciones de almacenamiento. En el caso del aceite de palma, la proporción es del 5%. Esta característica implica que, durante el proceso de transesterificación, los ácidos forman jabones con el hidróxido de sodio. La formación de emulsiones en la fase de lavado genera una pérdida de biodiésel y un mayor gasto en soda. Por este motivo es necesario realizar una esterificación del ácido graso utilizando un alcohol. El proceso consiste en deshidratar el aceite, llevar a cabo la reacción en un medio homogéneo, y luego, realizar una evaporación instantánea; utilizando la metodología de catálisis heterogénea, alimentada continuamente. La metodología se describe a continuación.

El aceite crudo es llevado a un calentador por la acción de una bomba centrífuga; el intercambiador que utiliza vapor elevará la temperatura del aceite hasta 90°C, punto ligeramente superior al necesario para la etapa de esterificación. El metanol también es bombeado para dividirse en dos corrientes; una dirigida hacia la etapa de esterificación y otra para la preparación del catalizador, necesario en la fase de transesterificación. La primera corriente de metanol se mezcla con el aceite crudo en un mezclador estático. La mezcla resultante ingresa a un reactor empacado, con catalizador de zinc, soportado en alúmina u óxido de hierro, en donde se lleva a cabo la esterificación de los ácidos grasos libres, con un tiempo de residencia de una hora. La reacción, que se realiza a una presión de tres atmósferas y a 88°C, genera agua y metil-ésteres de características similares al biodiésel. Se debe disponer de dos reactores de condiciones similares, debido a que el catalizador deberá renovarse dos veces al año. El metanol y aceite crudo deben mezclarse antes de ser introducidos al reactor, ya que el contacto del aceite puro (sin alcohol) reduce la vida útil del catalizador.

El efluente del reactor pasa por una válvula de expansión para alcanzar la presión atmosférica, y luego ingresa a un tanque separador de fases, donde se decanta el agua formada y una fracción de metanol presentes en la fase pesada para que sean purificadas. La fase liviana, que se compone de aceite, metil-ésteres, metanol y ácidos grasos que no reaccionaron, se lleva a la siguiente sección de la planta. Esta etapa será necesaria cuando los aceites que se utilicen como materia prima no sean refinados o tengan un origen distinto a la palma africana, por ejemplo aceites de higuera, jatropha o aceites usados.

c. Transesterificación:

En el caso de plantas que producen biodiésel a partir de aceites refinados, el proceso inicia en esta etapa. El aceite se transforma en metil-éster (biodiésel) por medio de un proceso catalítico homogéneo, que utiliza metanol en exceso como agente par la reacción y soda caustica como catalizador; estos se mezclan en un tanque de acero inoxidable para resistir la corrosión generada por el catalizador. Posteriormente, la mezcla obtenida se bombea hacia los reactores de transesterificación.

La transesterificación del aceite de palma debe llevarse a cabo en dos etapas. En la primera etapa, el aceite y el flujo de metanol son mezclados vigorosamente hasta obtener una suspensión homogénea. Esta operación se realiza en un reactor de tanque agitado donde se mantendrá una temperatura de 72°C. En la segunda etapa, el efluente del reactor pasa a un separador donde se forman dos fases líquidas. La fase pesada, que se lleva a purificación, contiene glicerina y metanol como principales componentes; y la liviana se conforma de biodiésel, metanol, glicerina y aceite que no reaccionó. Este último flujo se lleva a un segundo reactor de tanque agitado que tiene las mismas características del anterior, pero con una mayor capacidad. En ese momento se agrega una fracción de metanol y catalizador fresco.

Como el efluente de este tanque es similar al del primer reactor de transesterificación, también se realiza una separación de fases, donde la fase pesada se une con la del anterior separador en un mezclador y se lleva a cabo la purificación. La fase liviana, que contiene el biodiésel, pasa a la sección de purificación. Este esquema de producción puede alcanzar un 99.5% de conversión de aceite de palma a biodiésel.

d. Purificación del biodiésel

La corriente retirada del tercer separador de fases, se bombea y se calienta en un intercambiador para realizar una evaporación instantánea al vacío, aprovechando que la temperatura de ebullición del metanol es cuatro o cinco veces menor que la del glicerol y la del metil-éster. De esta manera, el metanol se retira en fase vapor a 159°C y 0.5 atm para luego ser purificado. En esta operación se pierde el 0.46% de biodiésel en la fase vapor y la corriente líquida efluente posee 0.3% de metanol.

Después de enfriarse, la mezcla de biodiésel que contiene de 0.45 a 0.5% en peso de glicerina, y de 0.4 a 0.45% de otras materias contaminantes, se lava con agua en una proporción 1 a 3, en un sistema de tres sedimentadores a contracorriente. El agua utilizada en este proceso se bombea desde los tanques de almacenamiento (con un stock de diez días, las dimensiones dependen del diseño de la planta). En los lavados, el agua arrastra las impurezas solubles y se separa del biodiésel por diferencia de densidad, para reciclarla a la planta de tratamiento.

El biodiésel que se retira de la capa superior en estas etapas arrastra de 1,500 a 2,000 partes por millón (ppm) de agua, contenido que debe reducirse a menos de 500 ppm, valor máximo reportado para el buen funcionamiento del combustible. Para realizar la deshidratación, el éster es bombeado a un calentador que eleva la temperatura a 250°C, para expandirse en un evaporador instantáneo donde el contenido de agua del biocombustible se reduce a 500 ppm lo que cumple con el Reglamento Técnico Centroamericano. En ese punto, se retira la fracción de agua, en la que se pierde el 0.65% del biodiésel. Esta última corriente se condensa y se lleva a tratamiento.

e. Almacenamiento del biodiésel

El biodiésel, que con este proceso alcanza una pureza entre el 98 y el 99%, es enfriado hasta alcanzar los 40°C. Se bombea a los tanques de almacenamiento que deben tener una capacidad volumétrica suficiente para guardar un stock de diez días. Estos tanques tienen serpentines para mantener el estado líquido del producto. El cuadro 6 muestra el consumo de insumos necesario para producir una tonelada de biodiésel con la tecnología descrita.

Cuadro 6. Insumos para producir una tonelada de biodiésel.

Insumo	Consumo
Materias primas y materiales	
Aceite vegetal	1030 Kg.
Metanol	102 Kg.
Catalizador (soda cáustica)	62 Kg.
Ácido mineral	6 Kg.
Subproducto	
Glicerina bruta	112 Kg.

Servicios	
Agua de enfriamiento	20 m ³
Vapor de agua (a 4 bar)	350 Kg.
Energía eléctrica	50 Kwh.
Nitrógeno	3,2m ³
Aire instrumentos	4,8 Nm ³

Fuente: Larrosa, 2006

2. DESCRIPCIÓN DE SUBPROCESOS

a. Purificación y almacenamiento de glicerina

Las fracciones pesadas que se retiran en los separadores posteriores a la transesterificación se mezclan, y el flujo resultante se calienta hasta los 243°C a 0.5 atmósferas de presión, para llevarla a un vaporizador instantáneo que elimina el metanol. El flujo de vapor arrastra un 6.1% del glicerol, mientras que la glicerina mantiene un 3.3% de metanol. A la glicerina, que aún contiene agua, metanol, jabones y catalizador, se le agrega agua en una proporción 1 a 5 en un tanque agitado, para facilitar la dilución del ácido que neutralizará los restos de catalizador. Dicha agua proviene de los tanques de almacenamiento mencionados anteriormente. En el mismo reactor, se agrega ácido clorhídrico al 37% para neutralizar la soda. El tiempo necesario para esta operación es una hora.

La mezcla resultante es bombeada a un calentador donde alcanza una temperatura de 181°C, para, posteriormente, ser sometida a una evaporación instantánea a 105°C, donde se retira parte del agua que arrastra 0.03% del glicerol en la fase vapor, que se condensa y se lleva a tratamiento. Finalmente, la glicerina es bombeada y enfriada hasta 40°C para ser almacenada en un tanque con una capacidad volumétrica suficiente para un stock de diez días. El producto obtenido contiene 83.5% de glicerina, 1.6% de impurezas de metanol, 0.2% de jabón y 2.9% de Cloruro de Sodio (NaCl).

Por cada 100 Kg. de aceite y 10 Kg. de metanol que entran al proceso, se generan 100 Kg. de biodiésel y 10 de glicerina que contiene metanol y otros contaminantes. Después de la primera lavada, donde ya es recuperado el metanol, la producción de glicerina refinada es de aproximadamente 7 galones, asumiendo una densidad promedio de 1,250 Kg. /m³, esto equivale aproximadamente a 75 libras de glicerina. Esta glicerina recuperada puede ser vendida como insumo para otros procesos industriales. Las 75 libras de glicerina antes mencionadas son materia prima suficiente para producir 453 barras de jabón de 75 gramos (Kemp, 2006). La glicerina tiene muchos otros usos, como emulsionante, agente suavizador, plastificante, agente estabilizador y humectante, para pastelería, heladería y tabaquería. Es materia prima para lociones corporales, enjuagues bucales e innumerables preparaciones farmacéuticas y cosméticas. También puede ser empleada como anticongelante para el manejo de glóbulos rojos, esperma, córneas y otros tejidos; en tintas de impresión, resinas de pinturas; mezclas anticongelantes, es materia prima de la nitroglicerina y se puede incorporar a suplementos alimenticios animales.

b. Recuperación de Metanol

La fase pesada obtenida después del reactor de esterificación y la transesterificación, junto con el vapor de metanol que se le retira al biodiésel y el que se le retira a la glicerina, se juntan en un producto que contiene 87.6% de metanol, 6.1% de agua, 2.8% de biodiésel y 3.5% de glicerol. Esta mezcla se lleva a

una torre de destilación donde el agua junto con el glicerol y el éster se separan para ser tratados. El metanol que alcanza una pureza del 99.4%, se enfría y se recircula a los tanques de almacenamiento.

3. IMPACTOS AMBIENTALES ORIGINADOS POR EL PROCESO

Los impactos potenciales que comúnmente ocasiona la construcción y puesta en marcha de una planta de biodiésel se encuentran determinados por: el tamaño de la operación; los estándares, políticas y normas ambientales; las características y fragilidad ecológica del área afectada; las características y tamaño de las poblaciones aledañas. A continuación se presentan los principales impactos a nivel de residuos sólidos, líquidos y emisiones atmosféricas (Espinoza, 2002) (ver medidas de prevención, mitigación y corrección de la “Guía de Buenas Prácticas Ambientales para la Elaboración de Biodiésel a partir de Aceite de Palma Africana”, en la Sección de Buenas Prácticas Ambientales).

c. Residuos sólidos

Los residuos sólidos provienen por una parte de los cilindros de almacenamiento de la materia prima construidos en acero al carbón. Por otra el proceso de producción genera residuos como la glicerina y el excedente de hidróxido de sodio (NaOH), utilizado en la etapa de transesterificación. Estos residuos, contaminan los cuerpos de agua, afectan la biota acuática y los microorganismos del suelo, causando desequilibrios ambientales y limitan la disponibilidad del agua para otros usos.

d. Residuos líquidos

Los residuos líquidos son los más abundantes en la elaboración de biodiésel, incluyen jabones, glicerina, aceites, residuos de metanol y soda cáustica, y tienen su origen en la etapa de purificación del biodiésel a través del lavado. Al ser vertidos en los cuerpos de agua incrementan la demanda química y la demanda biológica de oxígeno (DQO y DBO respectivamente) como resultado de la presencia de jabones y grasas, también generan malos olores y la contaminación del agua que afecta la vida acuática, la salud humana y limita sus usos.

e. Emisiones atmosféricas

El único contaminante atmosférico potencial es el metanol, que podría liberarse de existir fugas en las tuberías o las válvulas. De ser el caso, además de contaminar la atmósfera se pone en riesgo la salud de los empleados.

V. BUENAS PRÁCTICAS PARA LA PRODUCCIÓN MÁS LIMPIA



En el contexto de la Producción más Limpia, las "buenas prácticas" comprenden una serie de medidas voluntarias y de fácil aplicación para aumentar la productividad, bajar los costos, reducir el impacto ambiental de la producción, mejorar el proceso productivo y elevar la seguridad industrial (ver recuadro). A través de una serie de instrumentos de gestión de costos, gestión ambiental y gestión organizativa se logra mayor eficiencia en los tres ámbitos y se establecen las bases de un proceso de mejora continua (ONUDI, 1999) (CONAM, 2003) (PNUMA, 2003).

La implementación sistemática de las buenas prácticas implica la formación de un equipo de trabajo comprometido con el programa de P+L que vincule al personal clave para: la evaluación de las condiciones de la planta y de oportunidades de mejora; el análisis de propuestas de mejora que sean económica, técnica y ambientalmente viables; la selección de las mejores alternativas; implementación de las alternativas seleccionadas; el monitoreo y evaluación de los cambios, y la revisión de las mejoras e identificación de nuevos perfeccionamientos.

Para lograr todos estos beneficios y que la empresa logre que estas buenas prácticas sean implementadas de una manera sistemática que permita un manejo sostenible en el tiempo, la organización se debe concentrar en la programación y ejecución de las siguientes actividades (ONUDI, 1999):

- Organización y compromiso del equipo de Producción más Limpia, que involucre al personal vinculado con el proceso (por ejemplo: producción, calidad, mantenimiento, compras, etc.)
- Evaluación de las condiciones actuales de la planta, e identificación de las oportunidades de mejora.
- Análisis de las oportunidades de mejora identificadas que sean económica, técnica y ambientalmente viables.
- Selección de las mejores alternativas.
- Implementación de las alternativas seleccionadas.
- Monitoreo y evaluación de las mejoras implementadas.
- Revisión de las mejoras, identificación e implementación de nuevas mejoras.

El resultado de la implementación efectiva de estas actividades puede medirse a través del análisis del porcentaje en la reducción de costos de operación por producción mensual de biodiesel.

OBJETIVOS DE LAS BUENAS PRÁCTICAS

Optimizar el consumo de materia prima, agua y energía; evitar el desperdicio de costosas materias primas y por lo tanto, reducir los costos de operación.

Reducir la cantidad y el grado de contaminación de los residuos sólidos, aguas residuales y emisiones atmosféricas.

Optimizar la reutilización y el reciclaje de materias primas y material de empaquetado.

A. BUENAS PRÁCTICAS OPERATIVAS

I. CAPACITACIÓN DE PERSONAL

La capacitación de personal implica la ejecución de una serie de actividades organizadas en forma sistemática, con el propósito de brindar los conocimientos, habilidades y actitudes, para incidir en el mejoramiento del desempeño de sus funciones laborales y profesionales; además de orientar las acciones al cumplimiento de los objetivos de la empresa o proyecto. La gestión de la capacitación, que se debe hacer en todas las áreas de la empresa o proyecto, incluye los siguientes pasos: el diagnóstico de las necesidades de capacitación (DNC); el diseño del plan anual de capacitación; la ejecución de la capacitación y la evaluación de los resultados (Universidad Autónoma de México, 2008).

El DNC es el análisis que determina en qué se va a capacitar, a quien(es), por cuanto tiempo y cuando. Para realizarlo se deben agotar los siguientes pasos:

Determinar, junto con la gerencia o la dirección de la empresa, el alcance de la capacitación; es decir si esta se hará para toda la institución, solamente abarcará un proceso, un área, un cargo, etc.

Definir el equipo capacitador que puede incluir a supervisores, jefes de unidad, técnicos y otros empleados clave acompañados por un facilitador.

Identificar las necesidades de capacitación más relevantes. Se solicita a los participantes anotar en una hoja las necesidades de mejoramiento en su área. El facilitador unifica la información en una lista para determinar las necesidades más relevantes por votación, se recomienda seleccionar cinco temas.

Elaborar, para cada tema seleccionado, una ficha informativa que incluya: la descripción de la necesidad, conocimientos y habilidades requeridas; el momento en que estos son requeridos; el lugar físico, las interacciones involucradas con los conocimientos y habilidades, y los riesgos y consecuencias de no hacer la capacitación.

Ordenar cada necesidad de capacitación identificada y seleccionada por prioridad. Se sugiere asignar un puntaje de 1 (menos importante) a cinco (más importante).

Una vez agotados los cinco puntos anteriores se realiza un informe del DNC, base para el diseño, ejecución y evaluación del plan de capacitación. El cuadro 7 presenta algunos temas de capacitación recurrentes dentro de un programa de P+L.

Cuadro 7. Temas de capacitación prescriptivos en una empresa o proyecto.

Área de Capacitación	Temas
Salud ocupacional y Seguridad Industrial	Equipo de protección personal, riesgos para empleados, primeros auxilios, procedimientos de higiene y seguridad de la empresa, entre otros. Especificar zonas potenciales de riesgos como fugas de vapores, explosiones o incendios, capacitar en operaciones que involucren el manejo de solventes inflamables.
Procesos	Tipos de maquinaria de la planta, equipo y herramientas utilizadas para la producción de biodiésel, detalle del proceso productivo riesgos ambientales de cada una, mecanismos de desarrollo limpio y buenas prácticas de Producción más Limpia.
Insumos	Capacitación básica en manejo de las sustancias utilizadas como recursos e insumos, su uso eficiente, efectos sobre la salud y consecuencias en caso de manejo inadecuado.
Residuos y subproductos	Conceptos generales y manejo de las aguas residuales, residuos sólidos, glicerina como subproducto del proceso.

Área de Capacitación	Temas
Legislación y Ambiente	Legislación aplicable y temas relacionados a la protección ambiental como ser: Ley General del Ambiente, Ley de Incentivos a los Biocombustibles, Reglamento Centroamericano de Biocombustibles, Reglamento de Residuos Sólidos y Aguas Residuales, etc.

Fuente: CNP+LH.

2. MANTENIMIENTO DE EQUIPO E INSTALACIONES

El objetivo de la presente sección es facilitar las tareas de mantenimiento preventivo asociadas a un equipo o instalación que forma parte del proceso productivo. Por lo tanto, es indispensable conocer el equipo básico necesario para desarrollar cada una de las etapas para elaborar biodiésel a partir de aceite de palma africana (Cuadro 8) (un mayor detalle de equipo se encuentra en el Anexo 3: Proveedores de tecnologías para el rubro biodiésel).

Cuadro 8. Equipo básico para la elaboración de biodiésel.

Etapas del proceso		Equipo
Almacenamiento de materias primas	Tanques de aceite crudo	Tanques de metanol
Esterificación	Calentador de aceite Reactores de esterificación	Separador de fases de esterificación
Transesterificación	Tanque de preparación de catalizador Reactor de transesterificación	Separador de fases de transesterificación
Purificación y almacenamiento de biodiésel	Calentador de éster-metanol Evaporador instantáneo de metanol-éster Enfriador de éster Tanques de almacenamiento de agua Separador de fases de lavado	Calentador de éster-agua Evaporador instantáneo de agua-éster Condensador de agua evaporada Enfriador de biodiésel Tanques de almacenamiento de biodiésel

Fuente: CNP+LH.

Una vez que se ha identificado el equipo básico involucrado en el proceso, es necesario realizar un inventario del mismo, para facilitar las acciones de mantenimiento de acuerdo a las especificaciones de cada aparato. El mantenimiento debe entenderse como las “tareas de inspección, control y conservación de un equipo o instalación, con la finalidad de prevenir, detectar o corregir defectos”. Para lograr un mantenimiento adecuado del equipo e instalaciones de las plantas productoras de biodiésel se recomiendan los siguientes pasos:

Nombrar a los encargados directos del mantenimiento de cada uno de los equipos: decantadores, reactores, calentadores, tuberías de conducción, tanques de almacenamiento, entre otros; en las distintas áreas del proceso. Los encargados deben conocer todo el proceso industrial y las técnicas para la prevención y resolución rápida y eficaz de los desperfectos.

Hacer un inventario de todo el equipo (accesorios, repuestos, piezas de cambio) que permita programar compras y cambios oportunos que tomen en cuenta los tiempos de entrega por parte del proveedor (filtros, sellos, válvulas de control, accesorios para las tuberías, etc.).

Ubicar el manual original de uso y mantenimiento del equipo en un área visible y cercana al mismo, de manera a que el responsable del mantenimiento tenga acceso permanente.

Para cada uno de los equipos principales de la planta, establecer un manual para operarios con información básica para su buen uso: reactores, decantadores, calentadores, planta eléctrica, etc. Este manual debe incluir información sobre la limpieza del equipo y del espacio cercano. Los operarios deben ser

capacitados en el uso del manual y este debe estar a la vista y disponible en el área del proceso correspondiente.

Establecer un registro de puntos de comprobación, como niveles de lubricante, presión y temperatura en los calentadores, enfriadores, evaporadores y tubería; voltaje en los reactores y decantadores; peso de aceite, de aguas glicerinosas, etc., así como sus valores, tolerancias y la periodicidad de comprobación, en horas, días, semanas, etc.

Llevar registros de control de los reactores, decantadores, calentadores, y otro equipo con que cuente la planta de elaboración de biodiésel, para recolectar información que permita establecer fechas de revisión y mantenimiento (ver formatos para el registro del mantenimiento en el Anexo 4: Formatos de cuadros de control de buenas prácticas de P+L).

Llevar un registro permanente de averías e incidentes, a cargo del operador de cada equipo, para posterior consulta por los responsables del mantenimiento.

Establecer un “Plan de lubricación”, a cargo del operador del equipo, que haga un análisis de los resultados de lubricación a diferentes lapsos de tiempo, comenzando con plazos cortos hasta identificar los plazos óptimos.

Planificar una revisión periódica de todos los sistemas de filtración y filtros del equipo, sean de aire, agua, lubricantes, combustibles, etc.

Establecer controles de uso y sustitución oportuna de elementos de desgaste y cambio frecuente como cadenas, rodamientos, correas, etc. en función del tiempo de uso recomendado por el fabricante, de las observaciones de operarios y técnicos de mantenimiento y de las condiciones particulares de trabajo: temperatura, carga, velocidad, vibraciones, etc.

3. RECOMENDACIONES GENERALES PARA ASEGURAR LA CALIDAD Y EL DESEMPEÑO ÓPTIMO DEL PROCESO

Para asegurar la calidad del producto se recomienda cumplir con las especificaciones del biodiésel establecidas en el Reglamento Técnico Centroamericano de Biocombustibles, Biodiésel (B100) y sus Mezclas con Diesel No. 2-D (Automotriz). Uno de los aspectos más importantes a tener en cuenta durante la producción de biodiésel, es garantizar una reacción completa en la que se extraiga la glicerina, se remueva el catalizador y el alcohol, y se evite la presencia de ácidos grasos libres (Querini, 2005) (ONUDI, 1999).

Por otra parte, es necesario aplicar buenas prácticas de operación para mantener la calidad del proceso, estas se detallan a continuación agrupadas por los tipos de procedimientos: procedimientos operacionales, control de costos, innovación tecnológica, salud ocupacional y seguridad industrial.

a. Recomendaciones para los procedimientos operacionales

- Diseñar manuales de procedimientos para el control de operación.
- Normalizar los trabajos mediante el uso de los procedimientos documentados (mediciones, registros en los puntos de entrada y de salida de los procesos, hojas de registros).
- Establecer registros que garanticen el control y monitoreo de todas las buenas prácticas implementadas en el proceso (Anexo 4: Formatos de cuadros de control de buenas prácticas de P+L).

- Establecer programas y acciones de capacitación dirigidos a los empleados en la aplicación de procedimientos, en manejo y uso de registros, en prácticas de limpieza y seguridad industrial (uso de equipo de limpieza, mascarillas, equipo de protección) , en buenas prácticas de manejo y Producción más Limpia
- Implementar espacios de presentación y discusión que permitan a los empleados intercambiar conocimientos técnicos y estrategias de operación para mejorar la calidad y rendimiento.

b. Recomendaciones para el control de costos

- Conocer el requerimiento de materias primas, mano de obra y energía de cada equipo y llevar un registro detallado de costo y consumo.
- Establecer estrategias de reducción de costos que tengan en cuenta costos de producción y presupuestos disponibles.

c. Recomendaciones para el control de calidad

- Establecer un sistema de gestión y control de la calidad.
- Disponer de los manuales de procedimientos en las distintas áreas del proceso.
- Hacer uso de las hojas de especificaciones de los materiales (asegurar buen manejo y almacenamiento).
- Establecer registros para comprobar las fechas de vencimiento de los insumos.
- Establecer indicadores de rendimiento en cada una de las etapas del servicio.
- Establecer un programa de inducción para el personal, en el cual se dé a conocer los procesos y estándares de calidad requeridos.

d. Recomendaciones para la innovación tecnológica

- Registrar y evaluar las modificaciones a los procesos.
- Registrar los resultados de los reemplazos de los equipos y motores de baja eficiencia energética.
- Realizar un registro de las mejoras en la distribución de los procesos para optimizar el flujo de materias primas y reducir su uso.
- Optimizar el flujo de materias primas y la eficiencia en su uso con base al registro de las mejoras en la distribución de los procesos
- Registrar los resultados de la automatización de la dosificación de las materias primas.

e. Recomendaciones para salud ocupacional y seguridad industrial

El manejo efectivo de los riesgos y enfermedades ocupacionales y de los accidentes de trabajo es un elemento central en la implementación de las buenas prácticas en las plantas de biodiésel. Se debe entonces establecer una programa de salud ocupacional y seguridad industrial que identifique los riesgos en cada una de las áreas de trabajo; que evalúe los riesgos y su probabilidad de ocurrencia; que establezca medidas para erradicar o prevenir los riesgos identificados; que incluya un plan de contingencia a utilizar en casos de emergencia.

El plan de salud ocupacional y seguridad industrial podrá, de acuerdo a la identificación de riesgos potenciales, incorporar los siguientes programas:

- Programa de control de ruido.
- Programa de control de temperatura en áreas de trabajo.
- Programa de calidad de aire en el área de trabajo.
- Programa de manejo de sustancias y materiales peligrosos.
- Programa de dotación de equipo de protección personal.
- Programa de control de ejecución de trabajos en condiciones de riesgo (alturas, espacios confinados, trabajos con energía).
- Programa de condiciones óptimas de iluminación.
- Programa de investigación y análisis de accidentes.

B. BUENAS PRÁCTICAS PARA EL USO EFICIENTE DE AGUA, ENERGÍA Y MATERIAS PRIMAS: RECOMENDACIONES GENERALES

En esta sección se tratarán las prácticas generales de manejo de la empresa, orientadas al uso eficiente de agua, energía y materias primas; con el objetivo de disminuir los consumos, la emisión de contaminantes sólidos, líquidos y atmosféricos y de promover una cultura de reutilización y reciclaje.

I. RECOMENDACIONES GENERALES PARA EL USO EFICIENTE DEL AGUA

Para el proceso de elaboración de biodiésel se puede utilizar agua proveniente de diferentes fuentes: servicio público municipal, fuentes superficiales y fuentes subterráneas. En cualquier caso, el uso correcto del agua, la reducción en su consumo y la disminución de las aguas residuales que requieren tratamiento, son elementos clave para obtener impactos económicos y ambientales positivos.

En este sentido, deben identificarse las opciones que permitan incrementar la eficiencia y establecer una adecuada gestión ambiental, estas se pueden lograr con cambios sencillos en la operación o en las actitudes y costumbres, lo que con frecuencia requiere de poca o ninguna inversión económica. Estas modificaciones se deben decidir sobre la base de información precisa de los procesos y condiciones de la empresa relacionados con el uso del agua, haciendo énfasis en los que requieran mayor consumo.

A continuación, se presenta una serie de recomendaciones generales de P+L para el uso eficiente del agua (Cuadro 9), que al ser implementadas generan beneficios inmediatos para la empresa. Seguidamente se presenta la fórmula para calcular un indicador de impacto, que permitirá comprobar si se obtuvo el beneficio esperado al implementar las recomendaciones dadas.

Como un complemento a estas recomendaciones el Anexo 8 (parámetros y alternativas para obtener eficiencia en el uso del agua), brinda información muy útil sobre estimaciones de pérdidas que se pueden presentar para diferentes situaciones, así como un ejemplo de cálculo del ahorro que se puede obtener al implementar estas recomendaciones. Así mismo, en el Anexo 4 se encuentran una serie de formatos que pueden ser útiles para el monitoreo y registro de actividades que se expongan en esta sección.

Cuadro 9. Recomendaciones generales para el uso eficiente del agua

Recomendación	Beneficio	Actividades a realizar:
Establecer un plan de monitoreo del consumo de agua por etapa del proceso.	Establecimiento de una línea base de consumo de agua.	<ul style="list-style-type: none"> Definir un instrumento para el registro de consumo de agua (Anexo 4: Formatos de cuadros de control de buenas prácticas de P+L). Instalar medidores de consumo u otro instrumento de medición de agua. Registrar el consumo mensual de agua (recibos y lecturas mensuales de los medidores) en las entradas y salidas de cada etapa del proceso.
Implementar un plan de ahorro y control del uso del agua.	Reducción de los costos por el uso eficiente de agua en el proceso. Reducción en el volumen de aguas residuales a tratar.	<ul style="list-style-type: none"> Definir los requerimientos de agua por cada etapa del proceso. Analizar los registros del plan de monitoreo y realizar un balance de agua para identificar puntos críticos de consumo. Identificar y eliminar las causas del consumo excesivo por etapa del proceso (fugas, malas prácticas, fallas en el equipo, entre otras) (Anexo 8: Parámetros y alternativas para obtener eficiencia en el uso del agua) Sellar o desmontar las llaves de agua que son prescindibles Realizar acciones de concientización para los empleados (campañas, rotulación y charlas para el uso eficiente del agua: mantener llaves de agua cerradas, etc.). Fomentar entre los empleados el desarrollo de buenas prácticas para la reducción del consumo de agua Diseñar e implementar un plan de mantenimiento preventivo del sistema de distribución de agua (limpieza y reparaciones) Instalar válvulas de control para minimizar el consumo de agua (válvulas de resorte, sensores o temporizadores en todas las llaves, etc.). Instalar aparatos económicos para el ahorro de agua como delimitadores de flujo (Anexo 2: proveedores generales de P+L). Determinar que volumen de agua puede ser recirculada en el proceso. Utilizar el agua residual, cuando sea posible, en el riego de áreas verdes de la planta o como agua de riego en las plantaciones cercanas. Monitorear la efectividad del plan de ahorro

Fuente: CNP+LH

Indicador de Impacto: Cambio porcentual de agua consumida por unidad de producción mensual

$$\Delta\% \frac{\text{Agua consumida}}{\text{Unidad de producción}} = \frac{\left(\text{m}^3 / \text{ton biodiesel prods mes actual}\right) - \left(\text{m}^3 / \text{ton biodiesel prods mes anterior}\right)}{\left(\text{m}^3 / \text{ton biodiesel mes anterior}\right)} \times 100$$

2. RECOMENDACIONES GENERALES PARA EL USO EFICIENTE DE LA ENERGÍA

Normalmente, el uso de la energía eléctrica representa una porción considerable de los costos de producción, este es el caso de la agroindustria que fabrica biodiésel a partir de aceite de palma. Al realizar un manejo eficiente de la energía utilizada para la elaboración de biodiésel, se mejorará la competitividad en general de la empresa o proyecto. Por este motivo el uso adecuado de la energía es un tema central en las campañas de capacitación y de concienciación de empleados, ya que con solo cambiar rutinas se pueden reducir consumo y costos. La eficiencia energética se puede lograr mediante la implementación de un plan de ahorro y control del uso de la energía, que haga énfasis en los procesos de mayor consumo.

El cuadro 10 presenta una serie de recomendaciones generales para el uso eficiente de la energía, que al ser implementados repercute en beneficios inmediatos. Finalmente, se muestra la fórmula para calcular un indicador de impacto, que permitirá comprobar si se obtuvo el beneficio esperado al implementar las recomendaciones. Como un complemento a estas recomendaciones en el Anexo 7 (parámetros y alternativas para obtener eficiencia energética), se presenta una serie de cuadros que le brindan información muy útil sobre estimaciones de consumo y pérdidas que se pueden presentar para diferentes situaciones, así como parámetros y alternativas de iluminación y un ejemplo de cálculo del ahorro que se puede obtener al implementar estas recomendaciones. En el Anexo 4 se presenta una serie de formatos para el monitoreo y registro de las actividades que se exponen en esta sección.

Cuadro 10. Recomendaciones generales para el uso eficiente de la energía

Recomendación	Beneficio	Actividades a realizar:
Establecer un plan de monitoreo del consumo de energía por etapa del proceso.	Establecimiento de una línea base de consumo de energía	<ul style="list-style-type: none"> • Definir un instrumento para el registro de consumo de energía • Instalar medidores de consumo de energía por área o etapa del proceso en la planta. • Desarrollar un sistema de captura y análisis de información. • Registrar el consumo mensual de energía, potencia y factor de potencia (recibos y lecturas mensuales de los medidores) en las entradas y salidas de cada etapa del proceso.
Implementar un plan de ahorro y control del uso de energía.	Reducción de los costos por el uso eficiente de energía en el proceso y reducción de emisiones de gases efecto invernadero a la atmósfera (cuando la energía es generada con combustibles fósiles)	<ul style="list-style-type: none"> • Elaborar planos eléctricos y diagramas de ubicación de equipos e instalaciones eléctricas y censo de carga para definir los requerimientos energéticos por equipo y etapa del proceso. • Analizar los registros del plan de monitoreo y realizar un balance energético para identificar puntos críticos de consumo. • Identificar y eliminar las causas del consumo excesivo por equipo y etapa del proceso (por ejemplo: instalaciones fuera de norma, malas prácticas, fallas en el equipo, entre otras): Esta actividad se puede basar en los resultados de una auditoría de eficiencia energética del proceso. Si la auditoría lo refleja, se recomienda instalar un banco de capacitores para controlar el factor de potencia. • Diseñar e implementar un plan de mantenimiento preventivo del sistema energético, equipo y maquinaria (limpieza y reparaciones). • Revisión y verificación de motores y de sus eficiencias acorde a especificaciones del fabricante vs. su uso actual. • Zonificar y automatizar los circuitos del sistema de iluminación. • Utilizar el nivel apropiado de iluminación por actividad y área de la planta. • Utilizar luz natural colocando en la medida de lo posible láminas traslucidas. • Realizar acciones de concientización para los empleados (campanas, rotulación y charlas para el uso eficiente de energía: apagar las luces cuando no se necesiten, etc.) • Fomentar entre los empleados el desarrollo de buenas prácticas para la reducción del consumo de energía. • Mantener puertas y ventanas cerradas y debidamente selladas para evitar la fuga del aire acondicionado. • Ajustar la temperatura de los aires acondicionados a un nivel de confort (25°C). • Apagar y desconectar los aparatos eléctricos y equipo de oficina cuando no se están utilizando. • Sustituir los bombillos incandescentes por lámparas fluorescentes compactas (LFC) para un mismo nivel de iluminación, y los tubos fluorescentes tradicionales por lámparas fluorescentes de balastro electrónico. • Instalar equipos y aparatos ahorradores de energía. (Por ejemplo: motores de alta eficiencia, variadores de velocidad, lámparas de tecnología LED). • Monitorear y revisar la efectividad del plan de ahorro.

Fuente: CNP+LH (ver Anexo 4: Formatos de cuadros control de buenas prácticas de P+L, en el Anexo 2: Proveedores generales de P+L, y Anexo 7: Parámetros y alternativas para obtener eficiencia energética)

$$\Delta \% \frac{\text{Kwh consumidos}}{\text{Unidad de producción}} = \frac{(\text{Kwh/ton biodiesel producidas mes actual}) - (\text{Kwh/ton biodiesel producidas mes anterior})}{(\text{Kwh/ton biodiesel producidas mes anterior})} \times 100$$

3. RECOMENDACIONES GENERALES PARA EL USO EFICIENTE DE MATERIAS PRIMAS E INSUMOS

El manejo eficiente de las materias primas e insumos, diferentes al agua y a la energía que ya fueron tratados anteriormente, es uno de los puntos clave para propiciar impactos positivos económicos y ambientales en la empresa o proyecto. En la medida que la materia prima se utilice eficientemente, se reducirán costos y se disminuirá la cantidad de residuos. El cuadro 11 presenta una serie de recomendaciones generales de P+L para el uso eficiente de la materia prima, que pueden generar beneficios inmediatos al ser implementados. Seguidamente se presenta la fórmula para calcular el indicador de impacto, para comprobar si se obtuvo el beneficio esperado al implementar las recomendaciones.

Como un complemento a estas recomendaciones, en el Anexo 9 (alternativas para materia prima en la producción de biodiésel), se brinda información muy útil sobre alternativas para sustitución de materias primas y sobre disposición de residuos. Así mismo, en el Anexo 4 se encuentran una serie de formatos que pueden ser útiles para el monitoreo y registro de las actividades que se exponen en esta sección.

Cuadro 11. Recomendaciones generales para el uso eficiente de la materia prima e insumos

Recomendación	Beneficio	Actividades a realizar:
Definir un plan de monitoreo del consumo de materia prima e insumos por etapa del proceso.	Establecimiento de una línea base de consumo de materia prima e insumos.	<ul style="list-style-type: none"> Definir un instrumento para el registro de consumo de materias primas. Diseñar un diagrama de flujo que identifique las materias primas que entran y salen del proceso por etapa. Registrar el consumo mensual de materias primas identificadas en las entradas y salidas de cada etapa del proceso. Calcular el rendimiento actual de cada materia prima e insumos (aceite, metanol, soda cáustica etc.).
Implementar un control de consumo de la materia prima e insumos.	Reducción de costos por el uso eficiente de materia prima e insumos en el proceso.	<ul style="list-style-type: none"> Con los requerimientos de materia prima e insumos por cada etapa del proceso, elaborar manuales de procedimientos para el control del uso y manejo eficiente de estos materiales. Analizar los registros del plan de monitoreo y realizar una comparación de rendimientos de materia prima e insumos (definir porcentajes de eficiencia de uso, merma y desperdicio y producto no conforme). Identificar y eliminar las causas del consumo excesivo por etapa del proceso (malas prácticas, fallas en el equipo, entre otras). Mantener en el área de trabajo únicamente los lotes de aceite, metanol, etc., necesarios para la cantidad de biodiésel a producir. Adquirir y manejar las cantidades necesarias de materia prima e insumos para la producción programada. Identificar e implementar tecnologías y procedimientos innovadores para el manejo y control de los materiales. Fomentar entre los empleados el desarrollo de buenas prácticas para la reducción del consumo de materia prima e insumos.

Recomendación	Beneficio	Actividades a realizar:
Establecer un programa de control de recibo y manejo de la materia prima e insumos.	Reducción de pérdidas por materias primas en mal estado o que no cumplan con las especificaciones al momento de ser utilizadas.	<ul style="list-style-type: none"> • Monitorear y verificar la efectividad del control de consumo de la materia prima e insumos. • Obtener y revisar las hojas técnicas y especificaciones de la materia prima e insumos en especial para asegurar el adecuado almacenamiento y manejo de la soda cáustica (NaOH), del ácido sulfúrico y el metanol.¹ • Identificar la materia prima e insumos en cada área de la planta (incluyendo la identificación si se trata de un material peligroso o contaminante, etc.). • Registrar las fechas y cantidades de compra de la materia prima e insumos. • Establecer un programa de verificación de las especificaciones de la materia prima e insumos que permita revisar el aceite, metanol, soda cáustica etc., para comprobar el cumplimiento de los requerimientos y especificaciones de los mismos. • Transportar el aceite, metanol y soda cáustica, acorde a las recomendaciones de las hojas de seguridad y recomendaciones legales del país. • Instruir al personal sobre las medidas de manejo y uso adecuado del aceite, metanol, soda cáustica, etc. para evitar el daño o contaminación de estos. • Almacenar las materias primas en condiciones adecuadas de temperatura, humedad, libres de polvo, bien iluminadas y ventiladas. Tomando en cuenta sus medidas especiales, como por ejemplo: <ul style="list-style-type: none"> ○ En el caso de metanol, soda cáustica y ácido sulfúrico deben ser almacenados en zonas aisladas y que no estén expuestas a radiación solar. ○ En el caso del ácido sulfúrico se debe mantener aislado de materiales orgánicos, nitratos, carburos, cloratos y polvos metálicos; el ácido por sí mismo no es inflamable. ○ La soda cáustica (NaOH) y el ácido sulfúrico, deben mantenerse en condiciones totalmente secas cuando están en estado sólido. • Monitorear y verificar la efectividad de los controles almacenamiento y manejo de la materia prima e insumos.
Establecer un programa de control de recibo y manejo de materiales auxiliares de menor uso pero alto valor.	Reducción de costos y de pérdidas por insumos auxiliares de bajo consumo y alto valor en mal estado o por exceso de uso.	<ul style="list-style-type: none"> • Listar los insumos y materiales auxiliares de alto valor y uso poco frecuente utilizados en la planta. • Identificar y priorizar los de mayor consumo y establecer controles de uso similares a los establecidos para las materias primas. • Comparar diferentes alternativas de materiales e insumos auxiliares y utilizar las de menor costo e impacto ambiental. • Monitorear y verificar los controles de materiales auxiliares y su efectividad.

Fuente: CNP+LH (ver Anexo 4: Formatos de cuadros de control de buenas prácticas de P+L.)

Indicador de Impacto: Cambio porcentual de materia prima consumida unidad de producción mensual

$$\Delta\% \frac{\text{unidades de materia prima consumidos}}{\text{Unidades de producción}} =$$

$$\frac{(\text{Unidades de mat. prima / ton biodiesel prodcs. mes actual}) - (\text{Unidades de mat. prima / ton biodiesel prodcs mes anterior})}{(\text{Unidades de materia prima / ton biodiesel producidas mes anterior})} \times 100$$

¹ Verificar si aplican reglamentaciones especiales a considerar en las recomendaciones legales en el capítulo legal de esta guía.

4. RECOMENDACIONES GENERALES PARA LA REDUCCIÓN DE RESIDUOS Y EMISIONES DEL RUBRO BIODIÉSEL

En el sector productivo de biodiésel se identifican residuos específicos que pueden controlarse para mejorar la eficiencia económica y ambiental de la empresa o proyecto. Sin embargo, es necesario realizar un profundo análisis y cuantificación de todos los residuos sólidos, emisiones líquidas que aportan a las aguas residuales, emisiones gaseosas y generación de basura de cada unidad productiva. Todo esto apoyaría el establecimiento del proceso de separación de residuos y efluentes para garantizar una adecuada gestión de la empresa.

a. Residuos sólidos

La generación de residuos sólidos es mínima, si se compara con la de residuos líquidos, y se limita a recipientes de almacenamiento que contenían metanol, soda cáustica, materiales auxiliares, empaques y otros como los repuestos usados de la maquinaria. La glicerina que se genera desde la transesterificación, puede ser considerada como un sub-producto si se recupera y reutiliza como insumo en otros procesos industriales (cosméticos, medicinas, etc.). Los residuos sólidos se podrán clasificar en reutilizables y no reutilizables, los segundos se dividen en peligrosos, no peligrosos. De esta clasificación dependerá la disposición o la reutilización de los residuos. Algunos residuos, como cartones o plásticos, tienen un valor comercial.

b. Residuos líquidos

Los residuos líquidos son los más abundantes y se generan principalmente durante la fase del lavado del biodiésel, que genera efluentes que contienen grasas, jabones, glicerina y metanol. Estos requieren de un tratamiento ya sea a través de lagunas de oxidación o plantas de tratamiento, que permitan cumplir con los parámetros establecidos en la Norma Técnica para el Vertido de Aguas Residuales en Cuerpos Receptores y Alcantarillados Sanitarios. Los efluentes tratados podrían ser reutilizados para riego. El manejo inadecuado de las operaciones de limpieza de la planta también puede ser fuente de aguas residuales contaminadas, sobre todo si existen derrames o fugas en los equipos, por lo que deberían ser manejadas junto con las aguas de lavado del biodiésel.

c. Reutilización y reciclaje

La reutilización y reciclaje de materiales y sub productos generados en el proceso productivo de elaboración de biodiésel, se constituyen como una oportunidad para mejorar el desempeño de la empresa, ya que estas medidas originan ingresos adicionales y reducen el volumen de residuos. En este sentido destaca la reutilización de la glicerina como un subproducto y la recuperación y reutilización en el proceso del excedente de metanol. El cuadro 12 presenta una serie de recomendaciones generales para la reutilización y reciclaje de los residuos de la empresa o proyecto y cuya implementación redundará en beneficios inmediatos. A continuación del cuadro se presenta la fórmula para calcular el indicador de impacto, que permitirá comprobar si se obtuvo el beneficio esperado al implementar las recomendaciones.

Cuadro 12. Recomendaciones generales para la reutilización y reciclaje de residuos

Recomendación	Beneficio	Actividades a realizar:
Diseñar e implementar un plan de gestión de residuos generados en el proceso productivo.	Generación de beneficios económicos por la recuperación, reutilización y reciclaje de residuos.	<ul style="list-style-type: none"> • Determinar las áreas o etapas del proceso en las que se produce cada residuo. • Realizar un inventario de los residuos generados en el proceso productivo. • Establecer un procedimiento de recolección, separación, almacenaje temporal y disposición de los residuos. • Realizar análisis de composición de los residuos (por ejemplo de las aguas glicerinosas), esto también ayudara a definir el tratamiento a utilizar. • Clasificar los residuos de acuerdo a si son reutilizables y con posibilidad de reciclado (recuperación y reutilización de metanol, utilización de la glicerina) • Establecer costos de disposición y tratamiento de los residuos generados. • Determinar que material puede ser reutilizado en el proceso. • Desarrollar un plan de venta de residuos y sub-productos (glicerina, etc.) (Anexo 2: Proveedores generales de P+L) • Monitorear y verificar si las medidas de reutilización y reciclado son efectivas.

Fuente: CNP+LH (Anexo 4: Formatos de cuadros control de buenas prácticas de P+L)

Indicador de Impacto: Total de residuos reutilizables por unidad de producción mensual

$$\Delta\% \frac{\text{unidad residuos reutilizables}}{\text{Unidad de producción}}$$

$$= \frac{(\text{Valor de residuos vendidos / mes actual}) - (\text{Valor de residuos vendidos / ton o doc. mes anterior})}{(\text{Valor de residuos mes anterior / ton de biodiesel mes anterior})} \times 100$$

C. BUENAS PRÁCTICAS PARA EL USO EFICIENTE DE AGUA, ENERGÍA Y MATERIAS PRIMAS: RECOMENDACIONES ESPECÍFICAS

En esta sección se hace un análisis que toma en cuenta el diagrama de entradas y salidas de las etapas del proceso de producción de biodiésel (Figura 7) y presenta una serie de recomendaciones específicas para el uso eficiente de agua, energía y materias primas; así como las fórmulas de los indicadores de impacto del cambio.

I. RECOMENDACIONES ESPECÍFICAS PARA EL USO EFICIENTE DEL AGUA EN EL PROCESO

Luego de haber implementado un plan de monitoreo de consumo y un plan de ahorro y control en el uso del agua, se pueden aplicar otras recomendaciones más específicas dirigidas al proceso productivo (Cuadro 13). Se recomienda que además de medir el ahorro de agua durante todo el proceso, se mida en detalle el ahorro en cada fase del mismo lo que permitirá obtener una información más detallada para concentrarse en los procesos más críticos.

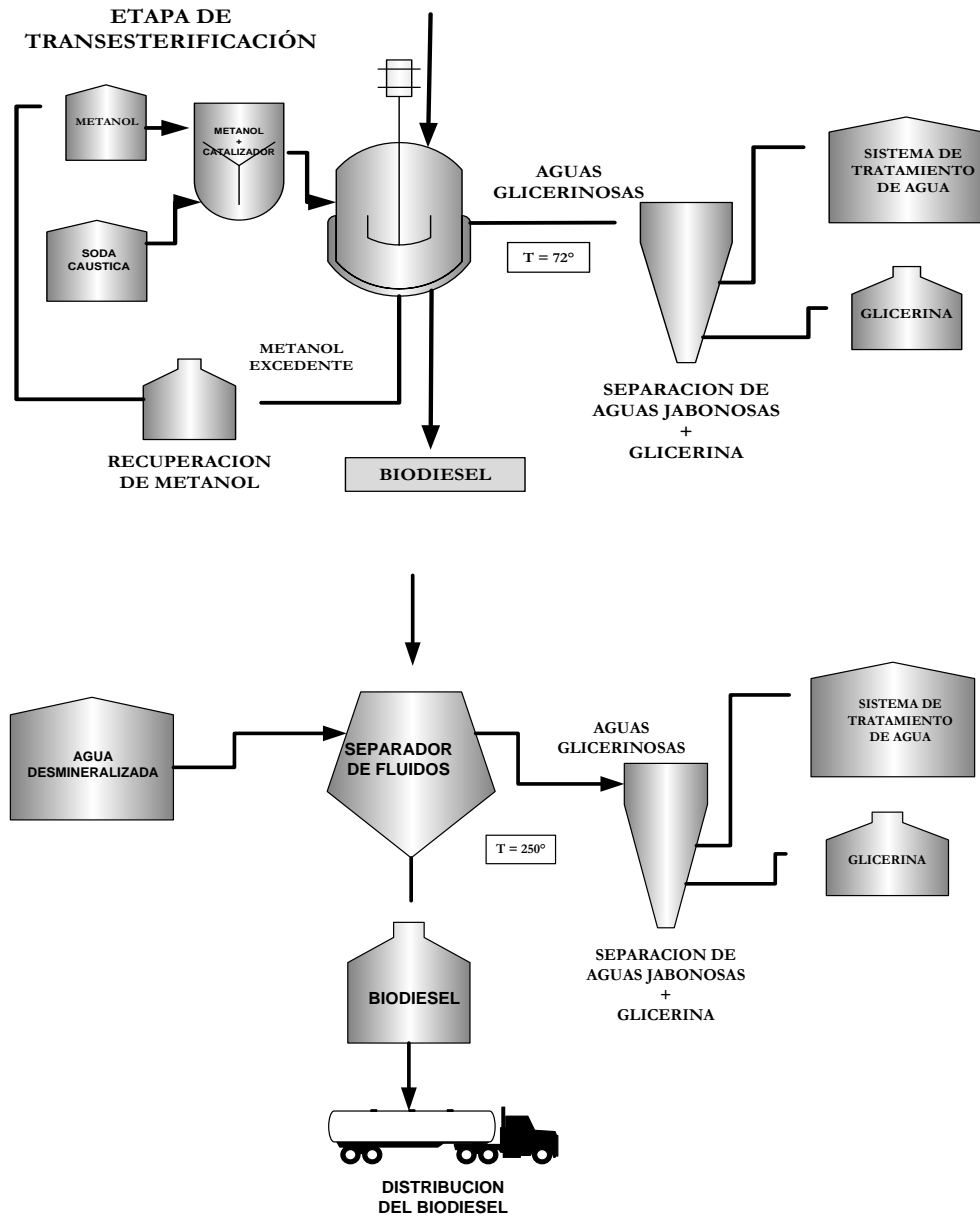


Figura 7. Diagrama de entradas y salidas del proceso de producción de biodiésel
(Centro Nacional de Producción más Limpia Honduras, 2004)

Cuadro 13. Recomendaciones específicas para el uso eficiente del agua en el proceso

Recomendación	Beneficio	Actividades a realizar:
Implementar una metodología de limpieza en seco en las áreas del proceso donde aplique (derrames de materiales, exceso de polvo, etc.)	Reducción del consumo de agua en las actividades de limpieza de la planta	<ul style="list-style-type: none"> • Identificar las áreas del proceso en dónde se presenta el derrame de materiales, exceso de polvo, etc. • Establecer procedimientos de limpieza en seco en las áreas identificadas. • Capacitar al personal en los procedimientos y controlar su ejecución. • Asignar un responsable que recolecte, en lo posible, el derrame de materiales (aceite de palma, lubricantes, combustibles, etc.) • Clasificar y disponer adecuadamente los materiales que han sido recolectados, para reutilizarlos y realizar su disposición final.
Implementar procedimientos y tecnologías eficientes de lavado (ver procedimientos de lavado en Anexo 8)	Reducción del consumo de agua debido a la disminución en el tiempo y frecuencia de lavado de la planta	<ul style="list-style-type: none"> • Con base en los resultados del monitoreo de la efectividad del plan de ahorro, identificar tecnologías alternas para el uso eficiente de agua. • Seleccionar y adquirir la tecnología apropiada de acuerdo a las condiciones económicas de la empresa (boquillas de presión en las mangueras, lavadoras de presión, etc.). • Implementar la tecnología adquirida (establecer el procedimiento y capacitar al personal en el procedimiento de lavado, etc.). • Monitorear y verificar la efectividad de la tecnología adquirida.
Aplicar un sistema de recirculación o de reciclaje de las aguas glicerinosas que salen del proceso (ver alternativas de reciclaje en Anexo 2)	Reducción en el consumo de agua por la reutilización de las aguas glicerinosas Reducción en el volumen de agua residual a tratar	<ul style="list-style-type: none"> • Con base en el plan de monitoreo, calcular el volumen de agua glicerinosa que se puede recircular o reciclar. • Diseñar el sistema de recirculación (revisar puntos de uso, elaborar planos, etc.). • Separar a través de tuberías, las aguas glicerinosas y las que no se pueden reutilizar. • En base al diseño, conducir hasta un tanque de almacenamiento las aguas glicerinosas para su tratamiento y posterior reutilización. • Conducir los efluentes no reutilizados hacia el sistema de tratamiento de agua primario (lagunas de oxidación, etc.), para su tratamiento y descarga (campos de regadíos, etc.). • Monitorear y verificar la efectividad del sistema de recirculación o de reciclaje de las aguas glicerinosas.

Fuente: CNP+LH

Indicador de Impacto: Cambio porcentual de agua consumida por etapa por unidad de producción mensual

$$\Delta \% \frac{\text{Agua consumida}}{\text{Unidad de producción}} = \frac{(m^3 / \text{ton biodiesel mes actual}) - (m^3 / \text{ton biodiesel mes anterior})}{(m^3 / \text{ton biodiesel mes anterior})} \times 100$$

2. RECOMENDACIONES ESPECÍFICAS PARA EL USO EFICIENTE DE LA ENERGÍA EN EL PROCESO

Al igual que con el agua, además de tener un plan general de monitoreo y consumo de energía se deben aplicar medidas específicas para el proceso productivo (Cuadro 14). El efecto de las medidas de ahorro y uso eficiente debería medirse en cada una de las fases del proceso para contar con una información detallada que permita concentrarse en los puntos más críticos.

Cuadro 14. Recomendaciones específicas para el uso eficiente de la energía en el proceso²

Recomendación	Beneficio	Actividades a realizar:
Implementar tecnologías para el uso del calor sobrante del proceso	Reducción del consumo de energía por uso del calor sobrante	<ul style="list-style-type: none"> • Con base en los resultados de la auditoría energética, calcular el volumen de calor sobrante y los beneficios económicos en la implementación de su reducción. • Diseñar el sistema de uso de calor sobrante (revisar diagrama de flujo, elaborar planos, etc.). • Captar el calor sobrante para su conducción y uso en la purificación del biodiésel. • Revisar y dotar de su debido aislamiento a las tuberías y accesorios de vapor y / o agua caliente en las áreas que utilizan este servicio. • Utilizar una unidad de recuperación de calor para captar el calor sobrante para su conducción y uso. • Revisar las opciones de cambiar los sistemas de calentamiento por modelos más eficientes que oscilan entre 94 a 96% de eficiencia. • Monitorear y verificar la efectividad de la tecnología implementada para el uso del calor sobrante.
Utilizar fuentes alternativas de energía (Ejemplo: raquis de la palma africana)	Reducción del consumo de energía por la utilización de fuentes alternativas de energía	<ul style="list-style-type: none"> • Identificar y seleccionar las fuentes alternativas de energía que se pueden utilizar en el proceso (raquis de la palma, etc.). • Realizar el diseño de las instalaciones, de acuerdo a la fuente alterna seleccionada, para la generación de energía. • Construir las instalaciones requeridas para la generación de energía. • Generar energía • Monitorear y verificar la eficiencia de la fuente alterna seleccionada
Implementar medidas de eficiencia energética en los motores y equipo	Reducción del consumo de energía por el uso de motores y equipos de alta eficiencia y reducción de gases efecto invernadero.	<ul style="list-style-type: none"> • Evaluar en base a los resultados de la auditoría energética, el reemplazo de los motores cuyos niveles de eficiencia están por debajo del óptimo. Como ejemplos: <ul style="list-style-type: none"> ○ Evaluar la instalación y reemplazo del motor de la centrifugadora por uno de mayor eficiencia. ○ Reemplazar motores rebobinados por motores de alta eficiencia (arriba del 90% de eficiencia). • En base a los resultados de la auditoría energética evaluar la factibilidad de la instalación de equipo para la reducción del factor de potencia en los motores de la planta. • Evaluar y verificar que los componentes mecánicos de los equipos estén en óptimas condiciones para asegurar el funcionamiento correcto de los motores. • Evaluar la conveniencia de la instalación de variadores de velocidad en los motores de mayor consumo. • Monitorear y verificar los resultados de los cambios en los niveles de eficiencia de los motores.

Fuente: CNP+LH

Indicador de Impacto: Cambio porcentual de energía consumida por etapa por unidad de producción mensual

$$\Delta \% \frac{Kwh \text{ consumidos}}{\text{Unidad de producción}} = \frac{(Kwh / ton \text{ biodiesel mes actual}) - (Kwh / ton \text{ biodiesel mes anterior})}{(Kwh / ton \text{ biodiesel mes anterior})} \times 100$$

² Un mayor detalle de formatos para el Control de Implementación de Medidas de Uso Eficiente de Energía se encuentra en el Anexo 4: Formatos de cuadros de control de buenas prácticas de P+L.

3. RECOMENDACIONES ESPECÍFICAS PARA EL USO EFICIENTE DE LA MATERIA PRIMA EN EL PROCESO

El cuadro 15 recoge recomendaciones específicas para lograr un consumo eficiente de materias primas e insumos durante el proceso y reducir residuos. Aquí también es importante medir el efecto de las recomendaciones en cada una de las fases del proceso para identificar y priorizar los puntos más críticos.

Cuadro 15. Recomendaciones específicas para el uso eficiente de la materia prima en el proceso

Recomendación	Beneficio	Actividades a realizar:
Implementar buenas prácticas para el uso eficiente del metanol, soda cáustica y ácido sulfúrico.	Reducción del consumo de materia prima e insumos debido al uso eficiente de estos materiales. Reducción del volumen de residuos generados	<ul style="list-style-type: none"> Realizar la mezcla de metanol y aceite antes de que se introduzcan al reactor a fin de alargar la vida útil del catalizador (soda cáustica). Instalación de un sistema de control de flujo (ver Anexo 2: proveedores de P+L) en la línea de conducción del metanol para utilizar las cantidades apropiadas de este material. Monitoreo constante del flujo que circula en la tubería de conducción del Metanol En el caso de uso de ácidos y alcalinizantes adicionar siempre el ácido o la soda al agua; nunca hacerse de manera contraria ya que el líquido vertido en el ácido o la soda provoca una reacción exotérmica similar a una explosión que produce también pérdidas en exceso. Es recomendable una relación de 10 a 1 entre aceite y metanol para producir biodiésel, esta proporción asegura la conversión adecuada y garantiza el uso adecuado del metanol.
Sustituir o reducir el uso de materiales e insumos contaminantes y peligrosos	Reducción de los costos de tratamiento y remediación efecto de la contaminación al suelo y agua por la disposición de residuos	<ul style="list-style-type: none"> Identificar los materiales que poseen sustancias peligrosas dentro de sus ingredientes. Clasificar los materiales identificados por nivel de contenido de sustancia peligrosa y nivel de peligrosidad. Identificar el insumo que genera mayor cantidad de residuos. Investigar, identificar y realizar ensayos de posibles sustituciones de los materiales que generan más residuos. Comparar rendimientos de los nuevos materiales con respecto al anteriormente utilizado y analizar las mejoras que se logran. En caso de obtener resultados positivos, se recomienda implementar la sustitución. En caso de que los rendimientos no sean satisfactorios, se recomienda continuar con el proceso de investigación.
Realizar modificaciones a las instalaciones de la planta para optimizar el uso de la materia prima e insumos	Reducir el uso de materia prima e insumos al utilizarla más eficientemente Reducir los costos por el reemplazo de equipo y instalaciones	<ul style="list-style-type: none"> Con base en el programa de mantenimiento de equipo e instalaciones y en el plan de monitoreo del consumo de materia prima e insumos por etapa del proceso, identificar las áreas del sistema de la planta en donde se requieren especificaciones especiales debido a las características fisicoquímicas de la materia prima. Identificar los recipientes y tuberías para facilitar el control de los materiales y su mantenimiento. Asegurar que las tuberías de conducción de metanol-hidróxido deben ser construidas con materiales resistentes a valores altos de pH (CORPOBID, 2007). Asegurar que los sistemas de conducción de materias primas son resistentes a altas temperaturas (ver Anexo 3: proveedores de tecnologías para el rubro de biodiesel). Instalar sistemas de calentamiento en los tanques de almacenamiento para mantener una temperatura del aceite entre los 35 y 40 °C lo que permite que la materia prima permanezca en estado líquido, y se reduzca el gasto energético en el bombeo hacia la siguiente etapa. Verificar que los tanques de almacenamiento posean protección catódica, polos a tierra y detectores de fugas, de preferencia deben instalarse a 50 metros de cualquier otra instalación.

Fuente: CNP+LH

Indicador de Impacto: Cambio porcentual de materia prima consumida por etapa por unidad de producción mensual

$$\Delta \% \frac{\text{unidades de materia prima consumidas}}{\text{Unidad de producción}} = \frac{(\text{Unidad de materia prima / ton biodiesel producidas mes actual}) - (\text{Unidad de materia prima / ton biodiesel producidas mes anterior})}{(\text{Unidad de materia prima / ton biodiesel producidas mes anterior})} \times 100$$

4. RECOMENDACIONES ESPECÍFICAS PARA LA REUTILIZACIÓN Y RECICLAJE EN EL PROCESO

Una de las medidas importantes para la reducción de materias primas e insumos durante el proceso de producción es la reutilización y reciclaje. El cuadro 16 presenta algunas recomendaciones específicas para el proceso productivo cuya efectividad debe ser medida en cada fase del mismo, buscando tener una información exhaustiva que permita concentrarse en las fases más críticas.

Cuadro 16. Recomendaciones específicas para la reutilización y reciclaje de residuos en el proceso

Recomendación	Beneficio	Actividades a realizar:
Aplicar un sistema de reutilización del metanol residual en el proceso	Reducción de costos de compra y consumo de metanol por la reutilización de los excedentes	<ul style="list-style-type: none"> • Con base en el plan de monitoreo, calcular la cantidad de metanol que se puede reutilizar. • Diseñar el sistema de reutilización (revisar diagrama de flujo, elaborar planos, etc.). • Separar a través de tuberías el metanol a reutilizar. • Llevar hasta un tanque de almacenamiento el metanol para su purificación y posterior reutilización
Implementar buenas prácticas para el diseño, la construcción y uso de instalaciones para el manejo de residuos líquidos.	Reducción de los costos de tratamiento para la disposición de las aguas residuales en el ambiente.	<ul style="list-style-type: none"> • Establecer la separación de aguas lluvias y aguas residuales del proceso. • Darle una pendiente adecuada al piso de la planta (1-2%) para que la evacuación de las aguas de lavado sea adecuada y evitar la retención de líquidos en la planta. • Establecer un sistema para controlar las aguas residuales a tratar, que considere entre otros: <ul style="list-style-type: none"> ○ Construir canales recolectores tipo vertederos (rectangulares) a la salida de cada etapa del proceso, que permitan medir fácilmente el flujo de las aguas residuales generadas. ○ Colocar bandejas de retención de derrames de grasas y aceites en las áreas que sean necesarios, para eliminar contaminaciones en las aguas que provoquen serios inconvenientes para su tratamiento o reutilización. • Instalar filtros (mallas o trampas) apropiados (rejillas con aberturas entre los 5 y 0.5 cm.) en los drenajes para prevenir que los sólidos entren en los canales de salida. • Revisar que los tanques de almacenamiento (aceite, biocombustible, etc.) posean un muro de contención y que exista un control que evite que los derrames que sucedan se trasladen a las aguas residuales a tratar. • Llevar hasta un tanque de almacenamiento las aguas residuales para su tratamiento y posterior reutilización • Instruir al personal para que no desechen residuos sólidos ni aceites y grasas a los drenajes. • Tratar las aguas residuales para cumplir con las normas técnicas nacionales de descarga. • Utilizar las aguas residuales para riego de tierras agrícolas.
Implementar buenas	Generación de beneficios económicos por la recuperación	<ul style="list-style-type: none"> • Revisar las alternativas de recuperación y manejo de los residuos de la producción

Recomendación	Beneficio	Actividades a realizar:
prácticas en el manejo de los residuos generados en el proceso productivo	reducción, reutilización y reciclaje de residuos.	<ul style="list-style-type: none"> • Establecer un plan de gestión de los residuos de recipientes manejados en la planta que al menos asegure: <ul style="list-style-type: none"> ○ Listar los recipientes que salen del uso de insumos en los procesos. ○ Verificar sus características y requerimientos para la reutilización interno o venta a terceros. ○ Elaborar controles de almacenamiento y venta o reutilización de los mismos.

Fuente: CNP+LH

Indicador de Impacto: Total de residuos reutilizables por etapa por unidad de producción mensual

$$\Delta \% \frac{\text{unidad residuos reutilizables}}{\text{Unidad de producción}} = \frac{(\text{Valor de residuos vendidos / mes actual}) - (\text{Valor de residuos vendidos / ton o doc. mes anterior})}{(\text{Valor de residuos / mes anterior})} \times 100$$

VI. MARCO LEGAL

La legislación ambiental aplicable al sector que elabora biodiésel a partir de aceite de palma africana, está enmarcada en los siguientes grandes bloques normativos:

- La Constitución de la República de Honduras, que como ley suprema, se constituye en el marco legal que recoge gran parte de los enunciados sobre el manejo y conservación del medio ambiente.
- Los tratados o convenios internacionales suscritos por Honduras, aprobados por el Poder Ejecutivo y ratificados por el Congreso Nacional de la República.
- Las Leyes generales, especiales, reglamentos, acuerdos legislativos, normas técnicas, resoluciones, ordenanzas municipales y disposiciones administrativas relacionadas. Es importante aclarar que siendo el biodiésel un combustible de reciente producción en el país no fue sino hasta el 31 de diciembre del 2007, que se aprobó la Ley para la Producción y Consumo de Biocombustibles, que establece el marco regulatorio para la explotación de este rubro, siendo la Secretaría de Industria y Comercio, el órgano encargado de ejecutar dicho decreto y velar por su cumplimiento.

Por otra parte, en el cuadro 17 se muestra la legislación correspondiente a cada etapa de operación de las empresas industriales dedicadas a la elaboración de biodiésel a partir de aceite de palma africana, ordenada por factor ambiental y se especifican los artículos que deben aplicarse.

Cuadro 17. Legislación aplicable a la operación del proyecto por factor ambiental.

Factor Ambiental	Legislación	Etapa de operación
Aire	Ley General del Ambiente (DL 104-93)	Art.59, 60, 61, 62
	Código de Salud (DL 65-91)	Art. 46, 47, 48, 49, 50
	Reglamento de Salud Ambiental (AE 0094-95)	Art. 51 al 60
	Reglamento de la Ley General del Ambiente (AE 109-93)	Art. 75, 76
	Reglamento General de Medidas Preventivas, Accidentes de Trabajo y Enfermedades Profesionales (AE STSS001-02)	Capítulo 24, Sección 3
	Reglamento General sobre Uso de Sustancias Agotadoras de la Capa de Ozono (AE 907-2002)	Debe ser tomado en cuenta en su totalidad
	Reglamento para la Regulación de las Emisiones de Gases Contaminantes y Humo de los Vehículos Automotores (AE 719-99)	Debe ser tomado en cuenta en su totalidad
Agua	Ley General del Ambiente (DL 104-93)	Art. 30 al 34
	Ley Marco del Sector Agua Potable y Saneamiento (AE 006-2004)	Debe ser tomada en cuenta en su totalidad
	Ley de Aprovechamiento de Aguas Nacionales (DL 137-27)	Debe ser tomada en cuenta en su totalidad
	Código de Salud (DL 65-91)	Art.26, 27, 29, 33, 36, 37, 39
	Reglamento de la Ley General del Ambiente (AE 109-93)	Art. 75, 76
	Reglamento de la Ley Marco del Sector Agua Potable y Saneamiento (DL 118-2003)	Debe ser tomado en cuenta en su totalidad
	Reglamento de Salud Ambiental (AE 0094-95)	Art. 10, 11, 15, 17, 19, 20, 21, 22, 23, 24, 28
Norma Técnica para la Calidad del Agua Potable (AE 084-95)	Debe ser tomada en	

Factor Ambiental	Legislación	Etapa de operación
		cuenta en su totalidad
	Norma Técnica de las Descargas de Aguas Residuales a Cuerpos Receptores y Alcantarillado (AE 058-97)	Debe ser tomada en cuenta en su totalidad
Suelo	Ley General del Ambiente (DL 104-93)	Art. 48 al 54
	Ley de Reforma Agraria (DL 170-1974)	Debe ser tomada en cuenta en su totalidad
	Ley de Ordenamiento Territorial (DL 180-2003)	Debe ser tomada en cuenta en su totalidad
	Ley de Propiedad (DL 82-2004)	Debe ser tomada en cuenta en su totalidad
	Ley Forestal, Áreas Protegidas y Vida Silvestre y su Reglamento (DL 98-2007)	Art. 93, 121
	Código de Salud (DL 65-91)	Art. 119 al 128
	Reglamento la Ley General del Ambiente (AE 109-93)	Art. 75, 76
	Reglamento de Salud Ambiental (AE 0094-95)	Art. 118 al 132
Recursos biológicos y paisajísticos	Ley General del Ambiente (DL 104-93)	Art. 35 al 47
	Ley Forestal, Áreas Protegidas y Vida Silvestre y su Reglamento (DL 98-2007)	Debe ser tomada en cuenta en su totalidad
	Decreto 87-87 Declaración de Áreas Protegidas	Debe ser tomado en cuenta en su totalidad
	Normas Técnico Administrativas para el Manejo de Áreas Protegidas (Res. 132-02)	Debe ser tomada en cuenta en su totalidad
	Ley General del Ambiente (DL 104-93)	Art. 70 al 73, 84, 85
Recursos culturales	Ley del Instituto Hondureño de Turismo (DL 103-93)	Art. 17, 18, 30, 60
	Ley Orgánica del Instituto Hondureño de Antropología e Historia (DL 118-1968)	Debe ser tomada en cuenta en su totalidad
	Ley de Patrimonio Cultural de la Nación	Art. 3,8,11,14-16,18-21, 37

De igual forma, en el Cuadro 18 se expone la legislación ambiental específica que aplica para ciertos insumos especiales, residuos, actividades generales, factores externos y de escala, que son clave para un adecuado manejo ambiental en la operación de un proyecto de producción de biodiésel a partir de aceite de palma africana.

Cuadro 18: Legislación aplicable a la operación del proyecto por insumos especiales, residuos, actividades generales y factores externos y de escala que son claves para el manejo ambiental

Factor ambiental	Legislación	Etapa de operación
Insumos especiales		
Energía	Ley General del Ambiente (AE 934-97)	Art. 3, 33, 34
	Ley Marco del Subsector Eléctrico (AE 934-97)	Debe ser tomada en cuenta en su totalidad
	Ley de Promoción a la Generación de Energía Eléctrica con Recursos Renovables (DL 70-2007)	Debe ser tomada en cuenta en su totalidad
	Reglamento de la Ley Marco del Subsector Eléctrico (AE 934-97)	Debe ser tomado en cuenta en su totalidad
Sustancias peligrosas	Ley General del Ambiente (AE 934-97)	Art. 7, 68, 69
	Código de Salud (DL 65-91)	Art. 127 al 129
	Reglamento de la Ley General del Ambiente (AE 109-93)	Art. 75, 76, 82

Factor ambiental	Legislación	Etapas de operación
	Reglamento de Salud Ambiental (AE 0094-95)	Art. 129 al 132
	Reglamento General de Medidas Preventivas de Accidentes de Trabajo y Enfermedades Profesionales (AE STSS001-02)	Debe ser tomado en cuenta en su totalidad
Residuos		
Residuos sólidos	Ley General del Ambiente (DL 104-93)	Art. 32, 54, 66, 67
	Código de Salud (DL 65-91)	Art. 51 al 57
	Reglamento de la Ley General del Ambiente (AE 109-93)	Art. 75, 76
	Reglamento de Salud Ambiental (AE 0094-95)	Art. 51 al 84
	Reglamento para el Manejo de Desechos Sólidos (AE 378-2001)	Debe ser tomado en cuenta en su totalidad
	Reglamento General de Medidas Preventivas de Accidentes de Trabajo y Enfermedades Profesionales (AE STSS001-02)	Debe ser tomado en cuenta en su totalidad
	Ley General del Ambiente (DL 104-93)	Art. 32, 54, 66, 67
Residuos líquidos	Ley General del Ambiente (DL 104-93)	Art. 32, 54
	Código de Salud (DL 65-91)	Art. 34, 35, 36, 41, 42, 43, 44, 45
	Reglamento de la Ley General del Ambiente (AE 109-93)	Art. 75, 76
	Reglamento de Salud Ambiental (AE 0094-95)	Art. 25 al 50
	Reglamento General de Medidas Preventivas para Accidentes de Trabajo y Enfermedades Profesionales (AE STSS001-02)	Debe ser tomado en cuenta en su totalidad
	Normas Técnicas de Descargas de Aguas Residuales a Cuerpos Receptores y Alcantarillado Sanitario (AE 058-97)	Debe ser tomada en cuenta en su totalidad
Actividades generales		
Mantenimiento de equipo e instalaciones	Ley General del Ambiente (DL 104-93)	Art. 33, 51 al 53
	Código de Salud (DL 65-91)	Art. 58 al 69
	Reglamento de la Ley General del Ambiente (AE 109-93)	Art. 81
	Reglamento de Salud Ambiental (AE 0094-95)	Art. 85 al 116
	Reglamento General de Medidas Preventivas de Accidentes de Trabajo y Enfermedades Profesionales (AE STSS001-02)	Debe ser tomado en cuenta en su totalidad
Reutilización y reciclaje	Ley General del Ambiente (DL 104-93)	Art. 1, 3, 84
	Reglamento de la Ley General del Ambiente (AE 109-93)	Art. 2, 3
Factores externos y de escala		
Riesgos y amenazas	Ley General del Ambiente (DL 104-93)	Art. 83
	Ley de Contingencias Nacionales (DL 9-90)	Debe ser tomada en cuenta en su totalidad
	Ley Orgánica de la Policía Nacional (DL 156-98)	Debe ser tomada en cuenta en su totalidad
	Ley de Bomberos (DL 398-1976)	Art. 12, 16
	Ley del Tribunal Superior de Cuentas (DL 10-2002)	Debe ser tomada en cuenta en su totalidad
	Ley de Creación de la Procuraduría del Ambiente y Recursos Naturales (DL 134-99)	Debe ser tomada en cuenta en su totalidad
	Ley del Ministerio Público (DL 228-93)	Debe ser tomada en cuenta en su totalidad
	Ley de Protección al Consumidor (DL 24-2008)	Debe ser tomada en cuenta en su totalidad
	Ley de Expropiación Forzosa (DL 113-14)	Debe ser tomada en cuenta en su totalidad
	Código Penal (DL 144-84)	Debe ser tomado en cuenta en su totalidad
	Código de Salud (DL 65-91)	Art. 186 al 193
	Código Tributario (DL 22-97)	Debe ser tomada en cuenta en su totalidad

Factor ambiental	Legislación	Etapas de operación
	Código del Trabajo (DL 189-1959)	Debe ser tomado en cuenta en su totalidad
	Reglamento General de Medidas Preventivas para Accidentes de Trabajo y Enfermedades Profesionales (AE STSS001-02)	Debe ser tomado en cuenta en su totalidad
Efectos acumulativos	Ley General del Ambiente (DL 104-93)	Debe ser tomada en cuenta en su totalidad
	Ley Forestal, Áreas Protegidas y Vida Silvestre y su Reglamento (DL 98-2007)	Debe ser tomada en cuenta en su totalidad
	Código de Salud (DL 65-91)	Debe ser tomado en cuenta en su totalidad
	Código del Trabajo (DL 189-1959)	Debe ser tomado en cuenta en su totalidad
	Reglamento de la Ley General del Ambiente (AE 109-93)	Debe ser tomado en cuenta en su totalidad
	Reglamento de Salud Ambiental (AE 0094-95)	Debe ser tomado en cuenta en su totalidad
	Reglamento General de Medidas Preventivas para Accidentes de Trabajo y Enfermedades Profesionales (AE STSS001-02)	Debe ser tomado en cuenta en su totalidad

Fuente: CNP+LH

Con base en los cambios que se están dando en la legislación ambiental, será necesario considerar en el nivel de cada municipio cualquier resolución ambiental. Existen otras normas ambientales, contenidas en la legislación hondureña, que no fueron consignadas en el cuadro.

VII. GLOSARIO

Ambiente. Conjunto de elementos naturales y artificiales o inducidos por el hombre, que hacen posible la existencia y desarrollo de los seres humanos y otros organismos vivos; los cuales interactúan en un espacio y tiempo determinado.

Biodiésel. Es toda mezcla de monoalquil ésteres de ácidos grasos, provenientes de aceites o grasas de origen vegetal o animal.

Buenas Prácticas Ambientales (BPA). Medidas, ya sean de gestión o técnicas, destinadas a mejorar el rendimiento medioambiental.

Caldera. Recipiente metálico cerrado que se emplea para calentar o evaporar líquidos.

Ciclo de vida del producto. Es el proceso mediante el cual los productos que se lanzan al mercado atraviesan una serie de etapas, las cuales van desde su concepción hasta su desaparición por otros productos más actualizados y más adecuados desde la perspectiva del cliente.

Contaminación. Es alterar nocivamente una sustancia u organismo por efecto de residuos procedentes de la actividad humana, o por la presencia de determinados organismos microbianos.

Demanda Biológica de Oxígeno (DBO). Se refiere a la cantidad de oxígeno requerido por un grupo de bacterias para la descomposición de la materia orgánica contenida en aguas residuales o contaminadas a los 5 días, se mide en mg/l.

Demanda Bioquímica de Oxígeno (DQO). Se refiere a la cantidad de oxígeno para la degradación bioquímica de la materia orgánica en aguas contaminadas, se mide en mg/l.

Diagnóstico Ambiental Cualitativo (DAC). Estudio preparado para el proponente de un proyecto y elaborado por uno o varios analistas ambientales debidamente registrados ante la SERNA, que permite analizar la sensibilidad ambiental del entorno (natural y humano) donde se pretende ejecutar el proyecto. De no requerirse un estudio de impacto ambiental, este diagnóstico debe definir las medidas de mitigación, prevención y compensación ambiental, y el plan de gestión ambiental con el programa de seguimiento y control que deberá articular el proyecto a fin de cumplir con las regulaciones ambientales relevantes.

Diagrama de flujo. Secuencia de etapas o fases que forman parte de un proceso cualquiera, el cual se expresa mediante una serie de simbologías preestablecidas.

Eficiencia energética. Conjunto de acciones que llevan a consumir menos energía. Permite alcanzar mayores beneficios finales con menores recursos energéticos y con menor impacto sobre el medio ambiente.

Efluentes. Residuos líquidos o gaseosos, tratados o no, generados por diversas actividades humanas que fluyen hacia sistemas colectores o directamente a los cuerpos receptores. Comúnmente se habla de efluentes refiriéndose a los residuos líquidos pero este término es más utilizado para llamar a las aguas servidas que son descargadas por casas o fábricas, generalmente en los cursos de agua. El tratamiento de los efluentes es muy efectivo en el origen, pues es específico. Un depósito de efluentes de diferentes orígenes puede contener más de 70.000 elementos contaminantes de distintos tipos.

Emisiones atmosféricas. Cantidad de emisiones de Óxidos de Azufre (SO_x), Óxidos de Nitrógeno (NO_x), Monóxido de Carbono (CO) y Partículas Suspendidas Totales (PST) generadas por las actividades económicas.

Emisiones. Liberación de contaminantes (partículas sólidas, líquidas o gaseosas) al medio, procedentes de una fuente productora. El nivel de emisión de una fuente se mide por las cantidades emitidas por unidad de tiempo (toneladas/año, m³/día). En el caso de las emisiones acústicas se miden características del ruido como la intensidad.

Entalpía de vaporización o calor de vaporización. Es la cantidad de energía necesaria para que la unidad de masa (kilogramo, mol, etc.) de un elemento que se encuentre en equilibrio con su propio vapor a una presión de una atmósfera pase completamente al estado gaseoso.

Estearina. Es un gliceril éster de ácido esteárico, derivado de la grasa animal creada como producto derivado del procesamiento de la carne. Es utilizado como cebo en la manufactura de velas y jabón. En la producción de jabón, es mezclado con una solución de hidróxido de sodio en agua.

Esterificación. Se denomina esterificación al proceso por el cual se sintetiza un éster. Un éster es un compuesto derivado formalmente de la reacción química entre un oxácido y un alcohol.

Exotérmica. A cualquier reacción química que desprende calor, es decir con una variación negativa de entalpía. Son cambios exotérmicos el paso de gas a líquido (condensación) y de líquido a sólido (solidificación). Un ejemplo de reacción exotérmica es la combustión.

FODA. Estudio de los elementos internos y externos de una empresa que valora las Oportunidades y Amenazas, y las Fortalezas y Debilidades de los procesos.

Glicerina. Líquido viscoso incoloro, inodoro, higroscópico y dulce. Los términos glicerina o glicerol son utilizados indistintamente para referirse al compuesto. Es un lípido simple que está formado por una molécula de propanotriol al que se unen por enlaces lipídicos tres moléculas de ácidos grasos; los grupos de hidróxidos (OH⁻) son los responsables por su solubilidad en el agua.

Higuerilla. Es una oleaginosa cuyo aceite se utiliza en la industria de motores de alta revolución, en pinturas, lacas, barnices, plásticos, fertilizantes, para uso antiparasitario en humanos, etc. En total se utiliza en más de ciento ochenta productos.

Impacto ambiental. La alteración positiva o negativa de la calidad ambiental, provocada o inducida por cualquier acción del hombre. Es un juicio de valor sobre un efecto ambiental. Es un cambio neto (bueno o malo) en la salud del hombre y su bienestar.

Indicador ambiental. Variable que permite obtener información de la calidad ambiental de los recursos humanos, materiales y naturales; por ejemplo, residuos sólidos, consumo de agua y emisiones gaseosas.

Jatropha. Es un género de aproximadamente 175 suculentas, arbustos y árboles (algunos son de hojas caducas, como *Jatropha curcas* L.), de la familia Euforbiáceas.

Lux. El lux (símbolo: lx) es la unidad derivada del Sistema Internacional de Medidas para la iluminancia o nivel de iluminación. Equivale a un lumen /m², que es la iluminación de una superficie que recibe normal y uniformemente un flujo luminoso por metro cuadrado. Se usa en fotometría como medida de la intensidad luminosa, tomando en cuenta las diferentes longitudes de onda según la función de luminosidad, un modelo estándar de la sensibilidad a la luz del ojo humano.

Monitoreo ambiental. Medida de seguimiento de los contaminantes y de sus efectos, con el propósito de ejercer control sobre la exposición del hombre o de elementos específicos.

Mono-alquil-éster. Los ésteres son compuestos orgánicos en los cuales un grupo orgánico (simbolizado por R' en este artículo) reemplaza a un átomo de hidrógeno (o más de uno) en un ácido oxigenado, y este tiene adherido un grupo alquil en su estructura.

Oleína. Sustancia líquida, amarillenta, que entra en la composición de grasas, mantecas y aceites.

Palmiste. Aceite de semilla de palma. Se obtiene de la almendra de la semilla del fruto de la palma. Su composición química es completamente diferente a aquella del aceite de palma. Tiene ciertas similitudes con el aceite de coco, en cuanto a características y composición

Polimerización. Es un proceso químico por el que los reactivos, monómeros (compuestos de bajo peso molecular) se agrupan químicamente entre sí, dando lugar a una molécula de gran peso, llamada polímero, bien una cadena lineal o una macromolécula tridimensional.

Reciclaje. El reciclaje es una tecnología de las llamadas “al final del tubo”, es decir, se genera el residuo o la basura y después se separa y trata de reutilizar. Los niveles de reciclaje son también una buena medida de la ineficiencia, ya que más reciclaje significa que se están recuperando materiales que de otra manera irían a la basura, pero a su vez es un indicador de que se están usando más materiales.

Recirculación. Reciclar el agua después de ser usada.

Residuos. Aquel producto, material o elemento que después de haber sido producido, manipulado o usado no tiene valor para quien lo posee y por ello se desecha; estos pueden ser sólidos, líquidos y gaseosos.

Serpentín. Se denomina serpentín o serpentina a un tubo de forma frecuentemente espiral, utilizado comúnmente para enfriar vapores provenientes de la destilación en un calderín y así condensarlos en forma líquida. Suele ser de vidrio, cobre u otro material que conduzca el calor fácilmente.

Sistema de Gestión Ambiental (SGA). Es un sistema ordenado de acciones ambientales que se implementan desde la estructura organizativa, la planificación de las actividades, las responsabilidades, las prácticas, los procesos, los procedimientos y los recursos; para desarrollar, implantar, llevar a efecto, revisar y mantener al día los compromisos en materia de protección medioambiental que suscribe la organización.

Tecnología. En su sentido más elemental no es más que un proceso de ingeniería. Sin embargo, en un sentido más amplio, es entendido como un producto en sí mismo, el cual en adición con maquinaria y equipos, concesiones avanzadas, patentes, marca de fábrica, instrucciones, descripciones y experiencia de personal especializado, radican en una mayor eficiencia y productividad.

Transesterificación. La transesterificación es el proceso de intercambiar el grupo alcoxi de un éster por otro alcohol. Estas reacciones son frecuentemente catalizadas mediante la adición de un ácido o una base.

VIII. BIBLIOGRAFÍA

- Anónimo. (sf). *Biomasa*. Recuperado el 2009, de Textos científicos.com: <http://www.textoscientificos.com/energia/biomasa>
- ASTM. (2008). *Standards related to biodiesel fuel blend stock (B100) for middle distillate fuels*. American Society for Testing and Materials.
- ATTRA. (2008). *Biodiesel production*. Obtenido de El Servicio Nacional de Información de la Agricultura Sostenible: www.attra.org
- Centro de Producción más Limpia de Costa Rica. (st). *Manual de buenas prácticas operativas de Producción más Limpia en el sector turístico hotelero*.
- Centro de Producción más Limpia de Nicaragua. (sf). *Manual de buenas prácticas operativas de Producción más Limpia para la industria de mataderos*. Guatemala: Programa Ambiental Regional para Centroamerica PROARCA SIGMA.
- Centro Ecuatoriano de Producción más Limpia. (2007). *Marco conceptual de Producción más Limpia* . Ecuador.
- Centro Mexicano de Producción más Limpia. (2004). *Producción más Limpia*. Obtenido de Centro Mexicano de Producción más Limpia: <http://www.cmpl.com.mx/Portal/Default.asp>
- Centro Nacional de Producción más Limpia Honduras. (2004). *Experiencia en la implementación de P+L* . San Pedro Sula, Honduras.
- CONAM. (2003). *Guía de implementación de P+L* . Lima, Peru: CONAM; CET, Centro de Eficiencia Tecnológica; Limpia, Centro Nacional de Producción más Limpia.
- CORPOBID. (2007). *Aspectos económicos de la implementación de la tecnología de producción de biodiesel a partir de aceite de palma* . Colombia: Corporación para el Desarrollo Industrial de la Biotecnología y Producción Limpia.
- Di Conza, G. (sf). *Niveles de iluminación*. Obtenido de Instituto de Energía INDENE Universidad Simón Bolívar: <http://funindes.usb.ve/indene-web/iluminacion/niveles.html>
- ECOLOQUIA. (s.f.). *Ecología y medio ambiente*. Obtenido de www.ecoloquia.com
- EGESTI. (2007). *Curso de gestión ambiental rentable, GAR*. San Pedro Sula, Honduras.
- Espinoza, G. (2002). *Gestión y fundamentos de evaluación de impacto ambiental* . Chile: Banco Interamericano de Desarrollo.
- Fundación Chile. (2008). *Gestión escolar*. Obtenido de Fundación Chile: www.fundacionchile.cl
- FUNDER. (2008). *Proyecto Gota Verde, proyecto piloto de elaboración de biocombustibles* . Fundación para el Desarrollo Rural.
- GTZ. (2007). *Curso de gestión ambiental sostenible (GAR)*. San Pedro Sula.
- GTZ. (2007). *Guía de buenas prácticas de gestión empresarial (BGE) para pequeñas y medianas empresas. Programa piloto para la promoción de la gestión ambiental en el sector privado en países en vías de desarrollo*. Bonn, Alemania.
- IHOBE (Sociedad Pública de Gestión Ambiental). (2007). *Indicadores medioambientales para la empresa*.

- Instituto para la diversificación y Ahorro de la Energía. (2005). *Planta prototipo de producción de biodiesel a partir de aceites vegetales de Alcalá de Henares*. Ministerio de Industria, Turismo y Comercio.
- Kemp, W. (2006). *Biodiesel Basics and Beyond: A Comprehensive Guide to Production and Use for the Home and Farm*. Aztext Press.
- Larrosa, R. (2006). *Proceso para la producción de biodiesel*.
- Lenoir, C. (2001). *Análisis de la producción de biodiesel*.
- Marquez, R. (sf). *Definición de la política ambiental de una organización*. Medellín: Centro Nacional de Producción más Limpia.
- METHANEX. (2006). *Información técnica y guía para el manejo seguro del metanol*. Obtenido de http://www.methanex.com/products/documents/TISH_spanish.pdf
- Ministerio Federal del Medio Ambiente. (2007). *Guía de indicadores medioambientales de la empresa*. Bonn: Ministerio Federal del Medio Ambiente.
- Oficina de Proyectos Especiales Presidencia de la República de Honduras. (2008). *Biocombustibles*. Obtenido de www.biocombustibles.gob.hn
- ONDOAN. (2007). *Proyecto básico para obtención de la autorización ambiental integrada de una planta de biodiesel en Punta Sollana*. ONDOAN.
- ONU DI. (1999). *Manual de Producción más Limpia*. Organización de las Naciones Unidas para el Desarrollo Industrial.
- Oregon State University. (sf). *Biodiesel extraction optimization*. Obtenido de www.classes.engr.oregonstate.edu
- Ortiz, R., & Herrera, O. (1994). *El cultivo de la palma aceitera*. San José, Costa Rica: Universidad Estatal a Distancia.
- PESIC. (2005). *Primer curso de capacitación: sistemas de iluminación*.
- PNUD. (2006). *Manuales sobre energía renovable: fortalecimiento de la capacidad de la energía renovable*. Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo.
- PNUMA. (2003). *La empresa eficiente*. Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente.
- PNUMA/IMA. (1999). *Producción más limpia*. Obtenido de <http://www.pnuma.org/industria/publicaciones.php>
- Querini, C. (2005). *Biodiesel, producción y control de calidad*. Instituto de Investigaciones en Catálisis y Petroquímicas (INCAPE), Santa Fe.
- Ribeiro, W. (2007). *Perspectivas para el biodiesel en Centroamérica: Costa Rica, El Salvador, Guatemala y Honduras*. Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL), Naciones Unidas.
- Riera, O. (2007). *Conferencia de agro combustibles: experiencia de la corporación Dinant*. Honduras.
- SAG. (2008). *Biocombustibles*. Obtenido de Secretaría de Agricultura y Ganadería Gobierno de la República de Honduras: www.sag.gob.hn
- SERNA. (sf). *Guía de buenas prácticas ambientales para la elaboración de biodiesel a partir de aceite de palma africana*. Obtenido de Secretaría de los Recursos Naturales y Ambiente: <http://www.serna.gob.hn>

- Stanziola, I. (2008). *Seminario de Producción más Limpia para el rubro porcino, avícola y sector acuícola "una estrategia de competitividad"*. Obtenido de Proyecto de Manejo de Recursos Naturales MIRA: <http://www.mirahonduras.org/pml/seminario.html>
- Universidad Autónoma de México. (2008). *Identificación o detección de necesidades de capacitación DNC*. Obtenido de Monografías.com.
- Vallejo, Martínez, Matamoros, & Elvir. (2007). *DR CAGTA Compromisos ambientales y legislación*. Proyecto Manejo Integrado de Recursos Ambientales (USAID/MIRA), Tegucigalpa.
- Virtual Pro. (2007). *Primer seminario taller en biocombustibles*. Bogotá: Revista Virtual Virtual Pro.
- Whitman Direct Action. (sf). *Biodiesel : producción y aplicaciones*. Obtenido de Whitman Direct Action: [http://www.whitmandirectaction.org/downloads/documents/biodieselguide\(espagnol\).pdf](http://www.whitmandirectaction.org/downloads/documents/biodieselguide(espagnol).pdf)
- World Customs Organization. (2008). *Enciclopedia universal*.

IX. ANEXOS

A. ANEXO I. INICIATIVAS EN LA REGIÓN

Debido a que en Honduras la elaboración de biodiésel y el tema de P+L son relativamente nuevos, no se encuentran experiencias de su implementación conjunta. No obstante, se cuenta con ciertas experiencias piloto para la elaboración de este producto, donde se pueden ilustrar recomendaciones para mejorar la eficiencia económica y ambiental. A continuación se presentan algunos de los casos más sobresalientes del país:

CORPORACIÓN DINANT: PLANTA EXTRACTORA DE BIODIÉSEL DEL AGUAN (HONDURAS)³

DATOS GENERALES

Ubicación: Aldea Quebrada de Arena, Tocoa, Km. 31 carretera a Trujillo

Gerente General: Ing. Melvin Barrera

Persona contacto P+L :

Ing. Omar Riera (Gerente de Proyecto)
(Omar.riera@dinant.com)

Ing. Jorge Matute (Gerente de Planta extractora de aceite de palma)

Ing. Alfredo Ramos (Gerente de planta de grasas y aceites)

Producto: Biodiésel a partir de aceite de palma

Volumen procesado: El sistema de producción es por procesos Batch. La producción durante el tiempo que opero fue de 1,022,219.2 Kg. de biodiésel, equivalente a 310,426.6 galones

Capacidad instalada: Cuarenta (40) toneladas diarias

Empleados: Cuatro (4) operarios y un supervisor, 5 empleados en total

Días de trabajo/año: La planta trabajo 7 meses continuos de mayo a diciembre del 2006, con

Horario de 6:00 a.m. a 6:00 p.m.

Infraestructura:

Área de recepción y almacenamiento de materia prima: aceite, metanol y soda cáustica (tanques de



³ Para mayor información dirigirse a: http://www.dinant.com/productos_combustible.php

Almacenamiento y tuberías)

Área de proceso: Reactores y decantadores

Área de producto terminado : biodiésel (tanques de almacenamiento)

Área eléctrica: cuarto eléctrico y cuarto de controles.

Mercado: El mercado es nacional domestico (Consumo Interno). Ver cuadro de consumos

ANTECEDENTES

Corporación Dinant estimula el desarrollo de negocios inclusivos, a través de los cuales se está apoyando a pequeños y medianos productores al suministrarles plántulas de Palma Africana, equipo, herramientas e insumos, los cuales pagan con parte de la cosecha, que es comprada a precio de mercado.

Al sustituir en un 100% el Diesel, se calcula que este rubro generaría unos 200,000 empleos indirectos en actividades de transporte de personal, materias primas, recolección de fruta y distribución de producto terminado.

En el año 2005, Corporación Dinant inicia su proyecto de investigación sobre Biodiésel de Palma, con una planta piloto de 100 Kg. por carga, diseñada por su Departamento de Investigación y Desarrollo.

En la actualidad, esta planta se está rediseñando y automatizando para convertirla en una planta continua de 120 TM/día, con una inversión total de US\$ 1,200,000.00

RECOMENDACIONES

Acción	Beneficios proyectados
Asegurarse de cumplir con el contrato de medidas de mitigación suscrito con la SERNA	Evitar multas o sanciones por incumplimiento de las leyes ambientales nacionales
En el proceso	
Elaborar hojas de seguridad en las diferentes fases del proceso	Eficiencia en el proceso
Elaborar listas de chequeo para el mantenimiento de las tuberías de agua y materia prima	Prevenir derrames o posibles fugas de agua y materia prima.
Sustituir los motores de las bombas por motores eficientes	Ahorros en el consumo
Energía	
Instalar laminas traslucidas	Reducir el uso de lámparas instaladas
Cambiar la alimentación de los motores de	Disminución en las pérdidas en el co-

	240V a 480 V	bre de los conductores
	Sustitución de los motores de las bombas por motores eficientes	Reducción del consumo de energía
	Instalar un banco regulador del factor de potencia en el alimentador principal	Disminuir el consumo de energía reactiva
Materia prima	Elaborar inventario de materia prima requerida y producto terminado	Mejorar controles administrativos
	Uso eficiente del metanol	Ahorros económicos
Agua	Reciclado y reutilización de las aguas glicerinosas	Reducir el consumo de agua
		Sostenibilidad de los recursos naturales
Ambientales	Aprovechamiento del sub-producto glicerina	Reducción de los volúmenes dispuestos
		Ingresos adicionales

PROYECTO GOTA VERDE: PRODUCTOR DE BIODIÉSEL DE JATROPA, HIGUERILLO, GIRASOL Y SOYA (HONDURAS) ⁴

DATOS GENERALES

Ubicación: Yoro, Sulaco, Yorito, Olanchito, Morazán, El Negrito

Contacto: moers@stronhalm.nl

Ejecutor: Fundación para el Desarrollo Empresarial Rural (FUNDER) y Fundación Hondureña de Investigación agrícola (FHIA) y nueve instituciones Europeas.

Producto: Biodiésel a partir de *Jatropha curcas*, la higuierilla, el girasol y la soya

Objetivo: contribuir al fortalecimiento de la economía local y a la reducción de la cuota de importaciones de crudo de petróleo.

Rehabilitación de suelos degradados y el control de la erosión

DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO

Dicho proyecto está en pleno desarrollo de su fase productiva de establecimiento de plantaciones.- El proceso para la producción de biodiésel es el mismo que se utiliza para la producción de aceite a partir de la palma africana y el resto de las oleaginosas.

A la fecha se ha experimentado con producción de biodiésel a partir de aceites domésticos quemados.

Mercado : Interno doméstico

⁴ Para mayor información dirigirse a: [http:// www.gotaverde.org](http://www.gotaverde.org)

B. ANEXO 2. PROVEEDORES GENERALES DE P+L

A continuación se presentan algunas direcciones de sitios electrónicos que brindan lineamientos para mejorar la ingeniería de los procesos productivos. Igualmente, se presenta un listado de proveedores de materiales y equipo que ayudan a mejorar la eficiencia en el uso de energía, agua y otros insumos, lo cual a su vez genera una mayor productividad.

Tecnologías de Producción Más Limpia:

Journal of Cleaner Production,
www.cleanerproduction.net

Observatorio de Prospectiva de Tecnología Industrial, www.opti.es

Monografías.com, www.monografias.com

Revista Ciencia Hoy, www.ciencia-hoy.retina.ar

Red de Centros Nacionales de Producción más Limpia, www.produccionmaslimpia-la.net

Centro Nacional de Producción más Limpia de Honduras, www.cnpml-honduras.org

United Nations Industrial Development Organization, www.unido.org

Equipos:

Grupo Barrett, www.grupobarrett.com

Compresores Kaeser, www.kaeser.com

Soler y Palau, www.soler-palau.com.mx

Herramientas y accesorios nacionales:

Agencia Global, www.agglobal.com

Accesorios para vapor S. de R.L., www.avsderl.com

Industria Ferretera, www.indufesa.com

Herramientas La Atlántica S. de R.L., ventasatlantica@sulanet.net

Agua:

Internacionales:

Economizadores de agua, energía y combustible, www.economizadores.net

Ecología y desarrollo, www.ecodes.org

Nacionales:

Químicas Ecolab, S.A., www.ecolab.com

Tecno Química, soluciones para tratamiento de agua, www.terra.hn

Inversiones Diversas S. de R.L., soluciones para el recurso agua, www.aguahn.com

Aquatec, diseño e instalación de equipo para agua, www.aguaenlinea.com

Energía:

Nacionales:

Sistemas solares de Honduras S.A. de C.V., www.solarishn.com

Sistemas Eléctricos Solares (SIESOL), sie-sol@yahoo.com

Soluciones Energéticas, sol_energy@multivision.hn

Energía Solar para Electricidad, www.soluzhonduras.com

Internacionales:

Recuperadores de calor Kaeser, www.kaeser.com

Recuperadores de calor Panaconfort, www.panaconfort.com

Seguridad Industrial:

Centro Samci, www.centrosamci.com

Saecof y Compañía, saecofycia@yahoo.es

Químicos:

Industrial Chemical Supplies, www.novachemhn.com

Equilab S. A., Productos Químicos, equilab@123.hn

Fumigación

- Truly Nolen : www.trulynolen.com
- Expir S. de R. L. Teléfono : 574-8510
- FUCINSA : fucinsa@starmedia.com , Tel : 552-0294
- Terminix, www.terminix.com, terminixsps@terminixhn.com
- Fumigadora Enamorado, fumigadoraenamorado@terra.com

Recicladores

Llantas

- LAFARGE, xavier.blondot@lafarge.com, luis.alzate@lafarge.com
- Reencauchadora Flores, Tel. 504-5542160/ 5542057
- Reencauchadora en Frío Sula, Tel. 504-5509142/5577372/ 5530659
- Reencauchadora Titán, Tel. 504-2303179/230746/2305180
- Llanticentro Ferrera Comercial, S. de R.L, Tel. 504-2371823
- CENOSA, jbueso@cenosa.hn
- Vulcanizadora Diana, Tel. 504-2235296/ 2232916
- Vulcanizadora Hondureña, Tel. 504-5532596
- Industrias Sigas S de R.L., Tel. 504-2303846

Baterías.

- Taller de baterías Santa Fe, Tel. 504- 2238020
- Baterías Record, Tel. 504- 2394680
- Baterías Omega, Tel. 504-2231664
- Distribuidora Baterías Yojoa, Tel. 504- 4410778
- Comercial Rueda Morales (CORUMO), asistentegr@corumointernacional.hn
- Inversiones materiales (INVEMA), os-car@invemasrap.com
- Baterías LMT Comercial Maega S De R.L, Tel. 504-5536157
- Acumuladores Stara, Tel. 504-5531311

Plásticos diversos rígidos y flexibles.

- Plásticos vanguardia, plasvan@sulanet.net
- Inversiones materiales (INVEMA), os-car@invemasrap.com
- Recicladora Dubón (DUREPLAST), Tel. 504-998-6260, 968-9837
- MAPLAST, Maplast_hn@hotmail.com
- Plásticos técnicos, S. De R.L. de C.V., byronangel@yahoo.com
- RECIPLAST -EYC, reciplast@gmail.com
- TECHNIPLASTICOS, emobaide@gmail.com
- RECIPLHAS, reciplastegus@yahoo.es oscarthompsonu@hotmail.com
- CENOSA, jbueso@cenosa.hn

Metales ferrosos y no ferrosos

- Inversiones materiales (INVEMA), os-car@invemasrap.com
- FUNYMAQ, funymaq@globalnet.hn
- Comercial Rueda Morales (CORUMO), asistentegr@corumointernacional.hn
- Exportaciones de metales (EXPOMETAL), expometal@sulanet.net

- RECIMETAL, recimetal@gmail.com

Lámparas fluorescentes

- Asociación Ambilamp, comunicacion@ambilamp.com
- Sylvania Costa Rica, www.sylvania.co.cr
- LUMELSA, Tel. 504- 5568716, 504- 5568760
- ACEYCO S.A., Tel. 504-553-0135
- OSRAM, www.osram.ch/osram_ch/DE/info@info.osram.ch

Otros (solventes, aceites usados, soda caustica, colorantes, trapos con aceites,

Desechos clínicos).

RECYCLE S. de R.L., recyclehonduras@sulanet.net, recyclehonduras@yahoo.com

C. ANEXO 3. PROVEEDORES DE TECNOLOGÍAS PARA EL RUBRO BIODIÉSEL

Equipo y materiales para la instalación de una planta de Biodiésel. Básicamente el equipo para una planta productora de biodiésel se compone por tanques de almacenamiento y decantadores, bombas, motores, agitadores, filtros, calderas, tuberías y accesorios como sellos y válvulas. De esta forma, se pueden identificar varios proveedores a nivel nacional e internacional, entre ellos:

Biodiesel Plant Development Handbook,
www.biofuels.com

Energea Biodiesel Technology, Nuevas Soluciones para Biodiesel, www.energea.at

Site Official of the National Biodiesel Board,
www.biodiesel.org

Biocarburantes, Biodiesel y Bioetanol,
www.biodieselspain.com

Energías Alternativas, www.otrasenergias.com

Federación Nacional de Biocombustibles,
www.fedebiocombustibles.com

Servicio Nacional de Aprendizaje Industrial, Brazil, www.senai.br

Algunos Proyectos

Jatropha and Biofuel, www.haitiinnovation.org

European Union Energy Initiative, www.euei-pdf.org/projets

Proyecto Gota Verde Honduras,
www.gotaverde.org, moers@stronhalm.nl

Biocombustibles de Guatemala. S.A.

Biocarburantes de Haití, S.A.

Energía y desarrollo, www.sgsica.org/energia

Grupo Bertin, cesar.abreu@bertin.com.br

Equipo y materiales para la instalación de una planta de Biodiésel

Equipo en general

Internacional:

Solarix Ibérica, Biodiesel Professionals,
www.solarixiberica.es

Alvan Blanch, Administrando la Energía,
www.alvanblanch.co.uk

Industrias AVM S. A., Maquinaria y Equipo para la Extracción de Aceite de Palma, www.avm.com.co

Thermo Scientific, Analysis for Production and Manufacturing, www.thermo.com/ftir

Biodys America, Plantas y Equipos para Producción de Biodiésel, www.biodiesel.parque4x4.com.ar

Air Blower with Heather, www.plubingmart.com

Nacional:

Central Biodiesel, High Temperatura Protocol,
www.centralbiodieselhtp.com

Equipos y Controles S.A., www.equipos.hn

Equipos Industriales S.A., ventas@equinsa.net

Enfriadores CEDINSA, www.soler-palau.com.mx

Tanques de almacenamiento:

Internacionales:

Cone Bottom Dispensing Tanks,
www.diverseplastics.com

Nacionales:

Industrias Metálicas S.A. ejabufefe@grupocorona.com

IMSA / ARGO, gegral@hn2.com

Estructuras metálicas EMECO,
www.emeco.hn.com

Jericó S. de R.L., jerico@sulanet.net

Instrumentos de control

Internacional:

RdF Valve and Controls, sales@valveandcontrols.com

Nacional:

Basculas, Balanzas y Servicios S. de R.L., babase@lycos.com

F.A. Dalton S.A. de C.V., Basculas,
www.sipesa.com.gt

Basculas y Balanzas, www.basculaspiczo.com

Motores eléctricos:

Nacionales:

Bombas y Motores de Honduras S.A. de
C.V. www.bomohsa.com

CEMCOL, maquinaria y equipo,
www.cemcol@cemcol.com

Accesorios y tuberías:

Internacional:

Velcom Filters, 1210 Garden of the Gods Road,
Colorado Springs, Co.

Mid Atlantic Engine Sopoly Corp, www.maesco.com

Nacionales:

Grupo AMANCO. morales@amanco.com

Distribuidora Industrial,
www.distribuidoraindustrial.net

Energía:

Nacionales:

R y D Industrial, Automatización y control industrial,
rydindustrial@sulanet.net

Electro Controles S. de R.L., elco@sulanet.net

Equipos Industriales S.A., ventas@equinsa.net

Soluciones en Energía Saisa, www.saisaca.com

Comercial Eléctrica S. de R.L., comercel@sulanet.net

Suministros Eléctricos, Byron@selhn.com

Elcosa, elcosa1@elcosa.com

D. ANEXO 4. FORMATOS DE CUADROS DE CONTROL DE BUENAS PRÁCTICAS DE P+L

A continuación se presenta una serie de formatos para la recolección de información necesaria para implementar prácticas de Producción más Limpia (Centro Nacional de Producción más Limpia Honduras, 2004).

Cuadro 19. Hoja de registro para el mantenimiento del equipo e instalaciones.

Nombre o código	Mantenimiento Requerido	Puntos a observar	Fecha de mantenimiento	Responsable	Fecha próximo mantenimiento

Cuadro 20. Lista para el control de la implementación de buenas prácticas.

Eficiencia en el uso de _____ Nombre de la empresa _____
 Responsable de la verificación _____ Fecha _____

Práctica	Área del proceso en que se implementa	Fecha de verificación	Es eficiente (sí o no)	Recomendaciones

Cuadro 21. Registro de producción mensual

No.	Fecha de recibo	Área	Maquina	Producto	Unidad	Cantidad/ mes	Costo/mes
1							
2							
3							

Cuadro 22. Registro de sub-productos

No.	Fecha de recibo	Área donde se genera	Sub-Producto	Unidad	Cantidad/ mes	Costo/mes
1						
2						
3						

Cuadro 23. Registro de materias primas.

No.	Fecha de recibo	Área	Producto	Unidad	Cantidad/ mes	Costo/mes
1						
2						
3						

Cuadro 24. Registros de residuos líquidos.

Agua residual	Fuente contaminante	Cantidad aproximada	Peligro	Costo del tratamiento	Tipo de tratamiento	Resultados esperados

Cuadro 25. Registro de residuos sólidos.

Residuo Sólido	Fuente principal	Cantidad Ton/mes	Subproducto Ton/mes	Residuos sin vender Ton/mes	Peligrosos (Si o No)	Costo Actual	Costo de Disposición

Cuadro 26. Registros de emisiones.

Efluentes/ emisiones	Fuente	Cantidad (Ton/año)	Costo total	Medida de reducción

Cuadro 27. Ficha para el control de la entrada de agua.

No.	Fecha	Punto de entrada de Agua	Cantidad (m³)	Observaciones

Cuadro 28. Ficha para el control de la salida de agua.

No.	Fecha	Punto de salida de Agua	Cantidad (m³)	Observaciones
				Tratamiento utilizado
				Resultados de análisis

Cuadro 29. Ficha para el monitoreo del uso de agua.

Responsable	Fecha de inspección	Punto de inspección (entrada o salida)	Valor ideal	Valor actual	Problema encontrado

Cuadro 30. Formato para la recolección de información de consumo energético.

No.	Nombre del equipo	Ubicación	Energía requerida para su operación Kw/h	Operación Horas/día	Consumo diario de energía Kw/h

Cuadro 31. Formato para el control de energía consumida vs. Energía requerida.

No.	Nombre del equipo	Ubicación	Energía requerida para su operación Kw/Mes	Energía consumida Kw/Mes

Cuadro 32. Formato para el control del consumo de combustible.

No.	Nombre del equipo	Ubicación	Combustible requerido para su operación Gal/Mes	Energía consumida Kw/Mes

Cuadro 33. Formato para el reporte mensual energético.

Día	Gas LPG Capacidad Tanque		Agua		Diesel	Energía Eléctrica Medidor ENEE					
	Presión	%	Medidor m3	°C	Medidor Gls.	Tan- que Gls.	Kwh No.Panel	Kvarh No.Panel	Kw No.Panel	Kw Acu No.Panel	FP No.Panel

Cuadro 34. Formato para el control de la implementación de medidas.

Medida	Acciones	Responsable	Recursos	Costos	Plazos

E. ANEXO 5. LISTA DE CHEQUEO PARA DIAGNÓSTICO RÁPIDO DE P+L

Datos Generales:

Empresa: _____

Categoría de Producción: _____

Gerente General: _____

Dirección: _____ Ciudad: _____

Teléfonos: _____ Fax: _____

Casilla: _____ Correo Electrónico: _____

Gerente de Planta (persona de contacto) _____

Dirección: _____ Ciudad: _____

Teléfonos: _____ Fax: _____

Casilla: _____ Correo Electrónico: _____

DOCUMENTACIÓN REQUERIDA:

Copia de documento de evaluación ambiental: Licencia o Diagnostico ambiental, auditoría ambiental.

Lista de productos y subproductos de la compañía, indicando las cantidades producidas en los últimos 12 meses, así como sus precios de venta.

Indicar en una lista de productos y subproductos, el volumen de producción que se quisiera tener como referencia para la elaboración del proyecto; es decir, sus proyecciones para el futuro. Este dato es fundamental, porque los cálculos contemplados en las recomendaciones de prevención de la contaminación y de eficiencia energética deberán considerar los planes de crecimiento de la empresa.

Descripción de los procesos de producción, en el que se incluyan todos los procesos y/u operaciones relevantes en orden sucesivo, indicando el objetivo de cada uno(a), así como el flujo y cantidades de los principales insumos y productos. Por favor incluir un diagrama de bloques de los procesos para cada línea de producción. Identificar los cuellos de botella.

Cada proceso y/u operación de la producción (incluidos en el diagrama de bloques del punto 3), puede ser continuo, por lotes, o una combinación de ambos. En algunos casos, seguramente la información no se encuentra disponible, pero en todo caso, por favor al menos haga estimaciones. Al especificar cantidades, se debe entender que éstas deben referirse a unidades relativas (por ejemplo Kg. /h, Kg. /lote, lotes/día, litros/min., etc.). Es importante aclarar si la información es la especificada por el fabricante, si fue medida por los técnicos de planta o si se trata de una estimación.

A continuación, le pedimos tenga a bien especificar cada uno de los procesos y/u operaciones mencionadas:

- Descripción del proceso, explicando objetivos, instrucciones al operador, y especificación de las variables operativas (temperatura, presión, pH, etc.).
- Describir las operaciones de control de calidad, así como el sistema de control de producción. Adjuntar como muestra una hoja de control de proceso (*batch sheet*).

- Cantidad de todos los materiales que ingresan al proceso, tales como materia prima, agua, energía y otros insumos (no olvidar incluir, por ejemplo, enjuagues y lavados, y su periodicidad).
- Cantidad de materiales que salen del proceso (productos, subproductos y pérdidas, incluyendo residuos y residuos). Indicar si algún material se recicla o reutiliza (por ejemplo recirculación de agua de enfriamiento).
- Descripción de maquinarias y equipos, indicando datos relevantes (como marca, fabricante y año de construcción, dimensiones, uso de vapor y agua, capacidad de producción, eficiencia, velocidades, potencia de los motores, presiones de trabajo, consumo de combustible, etc.).
- Descripción de los servicios internos y externos que se usan en la planta (generación de vapor; recojo de basura; etc.; en lo posible cuantificada, por ejemplo, en Kg. /h). Adjuntar diagrama de vapor, indicando los usos del vapor en la planta, y un diagrama de aguas, indicando su procedencia, tratamiento, si corresponde, y los distintos usos en la planta. Incluir la misma descripción de equipos mencionada en el punto 4.5 para calderas, compresoras de aire, equipo de refrigeración, equipo de tratamiento de aguas. En caso de usar agua de pozo, indicar el caudal promedio y la potencia de las bombas.

PLANOS DE LAS INSTALACIONES:

- Ubicación de los procesos y/u operaciones, así como de los equipos auxiliares (calderas, compresoras, refrigeración, tratamiento de aguas, etc.).

DIAGRAMA UNIFILAR

- Ubicación de los sistemas de drenaje de aguas de residuo (industriales y sanitarias)
- Ubicación de los sistemas de distribución de agua en la planta, especificando si se trata de agua de pozo, de la red municipal, lluvia, etc. Ubicación de tanques cisternas de almacenamiento.
- Lista de compras de materia prima, indicando costo-almacén así como cantidades para los últimos doce meses. En la misma tabla incluir el consumo de materia prima en la producción.
- Lista de compras de productos químicos y de otros insumos en general, indicando costo-almacén así como cantidades para los últimos doce meses. En la misma tabla incluir el consumo de dichos insumos para la producción. En el caso de productos químicos u otros insumos, cuya composición química se desconozca, favor especificar el nombre comercial y el fabricante. Favor pedir al proveedor toda la información técnica posible.
- Detalle de los servicios públicos utilizados durante los últimos doce meses, para electricidad, agua, gas natural, diesel, gasolina, recojo de residuos sólidos, etc. Este detalle deberá especificar la cantidad consumida así como el monto pagado. Fotocopias de las facturas serían muy útiles. A continuación le proporcionamos un esquema para resumir esta información:

Consumo de agua

Consumo de agua de la red ____ m³ / año Costo: ____ US\$ / año Consumo de agua de pozo ____ m³ / año

Costo: ____ US\$ / año Consumo otras fuentes ____ m³ / año Costo ____ US\$ / año

Totales: ____ m³ / año Costo: ____ US\$ / año

Consumo de energía

Eléctrica (Red): Número de Transformadores ____

Máx. Potencia demandada (total) ____ Kw.

Transformador 1 ____ Kw. Transformador 2 ____ Kw.

Energía consumida (total) ____ Kwh. /año

Autogeneración: Capacidad instalada _____ Kw.
 Generación _____
 Rendimiento _____ Kwh. / unidad
 Combustible: _____ GN mpc / año
 Diesel _____ m³ / año Gasol. _____ m³ / año
 Costo total _____ US\$ / año
 Gas Natural _____ mpc / año Costo _____ US\$ / año
 Gasolina _____ m³ / año Costo _____ US\$ / año
 Otros _____ m³ / año Costo _____ US\$ / año
 Otros _____ m³ / año Costo _____ US\$ / año
 Total _____ US\$ / año
 Principales cargas (energía eléctrica) Costo Total _____ US\$/año

El siguiente listado es sólo un ejemplo; al aplicar el instrumento se deben enumerar los principales usos finales de la energía propios de su planta.

Uso	Descripción	Capacidad
1. Generación de vapor		
2. Molienda		
3. Tamizado		
4. Destilación		
5. Hornos		
6. etc.		

DESCARGAS SÓLIDAS

El siguiente cuadro es sólo un ejemplo. La información se debe ajustar a la situación de su empresa, especificando cantidades generadas por año y el costo asociado al o a los servicios de recolección de basura y el costo de disposición de los residuos sólidos y/u otros; incluyendo los posibles ingresos por venta de residuos u otros similares.

Origen / Descripción	Cantidad [t/año]	Servicio / Destino	Costo / Ingreso [US\$/año]
1. Molienda / materia calcárea		Empresa Aseo Urbano / Relleno Sanitario	Costo del servicio
2. Proceso 1 / sedimentos		Empresa Aseo Urbano / Relleno Sanitario	Costo del servicio
3. Proceso 2 / desperdicios		Empresa XYZ / Alimento balanceado para animales	Monto del ingreso por venta de los desperdicios
4. Destilación / borras		Empresa XYZ / Alimento balanceado para animales	Monto del ingreso por venta de las borras
5. Hornos / cenizas		/ Depósito de partículas finas en área poblada	Costo limpieza del área; y demandas de vecinos
6. (otro).			

DOCUMENTACIÓN REQUERIDA:

1. Información referente a aguas residuales y material de residuo. Favor incluir en esta información solicitada copias de los análisis de laboratorio más representativos. Si no tuviera alguno, es importante que los consiga.

2. Una descripción del calendario de la empresa, incluyendo una estimación del total de días trabajados en los 12 meses pasados, cantidad de turnos por día, días por semana y horas por día. Explicar el régimen de vacaciones y, si es el caso, cuánto tiempo se para la planta a fin de año por las fiestas y por mantenimiento preventivo. Incluir información sobre su personal: Número de ingenieros, técnicos y obreros, así como otros datos pertinentes, tales como políticas de contratación, trabajadores eventuales, capacitación, medidas de seguridad, etc.

Después de analizar todos los datos anteriores, posiblemente su perspectiva respecto de la contaminación y desperdicios de su planta haya cambiado. Por eso queremos verificar su respuesta a las siguientes preguntas:

- ¿Qué problemas de contaminación enfrenta la compañía actualmente?
- ¿Tiene quejas de vecinos?
- ¿Ha recibido anteriormente o espera recibir inspecciones de instituciones del Estado?
- ¿La construcción de una planta de tratamiento de aguas residuales está incluida dentro de los planes de la empresa?
- ¿Que recursos estaría la compañía en condiciones de invertir para mejorar sus problemas de generación de desperdicios y contaminación ambiental?
- ¿La empresa cuenta con un plan destinado al ahorro de energía?
- ¿La empresa recibe asesoramiento en temas de eficiencia energética?
- ¿El personal de la empresa ha recibido algún tipo de entrenamiento en relación con la eficiencia energética?

F. ANEXO 6. GUÍA METODOLÓGICA PARA VISITAS DE DIAGNÓSTICO RÁPIDO

ESPECÍFICA PARA: EVALUACIONES DE PROYECTO DE APOYO SERNA-USAID/MIRA

Las visitas tienen como objetivo principal localizar puntos positivos (fortalezas) y problemas (oportunidades) observados durante el recorrido en la empresa. Se trabajará alrededor de los tres principios primordiales de la P+L: eficiencia energética, uso eficiente del agua y de la materia prima. Durante el recorrido en la empresa, se identificará en cada parte del proceso las posibles causas y efectos de la situación actual, tratando a su vez de establecer si afecta el área de costos, impacto ambiental, organización de la empresa o a la seguridad industrial. A la vez se identificará, mediante registros, mediciones, facturas o cualquier evidencia; el gasto en el que se está incurriendo. Este análisis será la base para dar recomendaciones para la solución de los problemas encontrados, el costo de estas recomendaciones deberá ser estimado para tener una comparación precisa entre inversión y ahorro que generaría el cambio.

Durante el recorrido deberá diferenciarse claramente la materia prima de los insumos, identificar todas las entradas al proceso así como las salidas, identificar las etapas del proceso y distinguir claramente los procesos y sub.-procesos.

Al momento de recolectar la información y luego procesarla, sería conveniente usar un cuadro de situación actual que contenga los siguientes conceptos:

No.	SITUACIÓN ACTUAL			SITUACIÓN FUTURA	
	PROBLEMAS ¿Qué?	POSIBLES CAUSAS ¿Por qué existe el problema?	EFFECTOS DE LA SITUACIÓN ACTUAL (económicos, seguridad ambiental, organizacional)	POSIBLES MEDIDAS DE MEJORA ¿con que corregir, que hacer?	BENEFICIOS ESPERADOS (Cuales y cuanto en dinero)

A continuación se listan una serie de preguntas (para nuestra propia interrogación) que nos pueden servir de recordatorio al momento de hacer nuestras evaluaciones:

AGUA Y AGUA RESIDUAL:

¿Están monitoreando el consumo de agua en la empresa? Si _____ No _____ Parcialmente _____

¿Saben cuánto es el consumo de agua en cada una de las etapas del proceso?

¿Conocen la composición de las aguas residuales?

¿Conocen el costo del agua y de las aguas residuales?

¿Han considerado la posibilidad de reducir el consumo de agua en su proceso productivo, utilizando las cantidades que realmente necesitan o reutilizando las aguas servidas?

¿Controlan el lavado excesivo, derrames o rebalses, en las diversas etapas del proceso de producción?

¿Qué tipos de incentivos manejan con los empleados para procurar el ahorro en el consumo de agua?

¿Está el personal capacitado en las metodologías a seguir para el ahorro del agua?

¿Tienen un programa preventivo de mantenimiento para el equipo de conducción, distribución y operación de agua en la empresa, incluyendo responsables de aplicarlo?

¿Tienen un programa de mantenimiento eficiente, que ayuda a reparar rápidamente daños que se puedan presentar en las tuberías y accesorios?

¿Tienen dispositivos o separadores sólidos que eviten que éstos lleguen al recolector final de las aguas residuales o bien filtros de grasa y aceite en los sistemas de desagüe?

¿Tienen algún sistema de tratamiento para sus aguas residuales?

¿Están cumpliendo con las leyes ambientales en cuanto a disposición de aguas residuales?

ENERGÍA

¿Controlan el consumo de energía de la empresa? Si _____ No _____ Parcialmente _____

¿Sabes cuánto es el consumo en cada una de las etapas del proceso?

¿Conocen el costo mensual de cada una de las fuentes de energía, asegúrense de listarlas todas?

¿Han considerado la posibilidad de reducir el consumo de energía en su proceso productivo, apagando el equipo e instalaciones que no se ocupen?

¿Qué disposiciones tienen para el ahorro de energía?

¿Qué tipos de incentivos manejan con los empleados para procurar el ahorro de energía?

¿Está el personal capacitado en las metodologías a seguir para el ahorro de energía?

¿Qué medidas han tomado para controlar la pérdida de energía?

¿Tienen un programa preventivo de mantenimiento para el equipo e instalaciones en su empresa, incluyendo responsables de aplicarlo?

¿Tienen un programa de mantenimiento eficiente, para reparar rápidamente daños que se pueden presentar?

¿Tienen dispositivos de seguridad en los equipos para evitar cortos circuitos, pérdidas de electricidad y daños en la maquinaria?

¿Las instalaciones eléctricas y equipos están de acuerdo a las necesidades reales de energía revisando si no están sobre diseñados?

¿Han considerado la posibilidad de reducir el consumo de energía en su proceso productivo, estableciendo límites en la temperatura del agua caliente o de los A/A por ejemplo o reutilizando el calor residual?

¿Tienen una iluminación adecuada con medidas de bajo consumo?

¿Utilizan sistemas eficientes para la producción de agua caliente, vapor, electricidad o enfriamiento?

¿Tienen un eficiente sistema de emergencia?

¿Tienen un plan de medidas para la reducción de accidentes relacionados con la energía eléctrica?

MATERIAS PRIMAS, INSUMOS Y RESIDUOS.

¿Están monitoreando el consumo de materias primas, así como los residuos que se producen en su empresa? Si ___ No ___ Parcialmente ___

¿Sabes cuánto es el consumo de materias primas en cada una de las etapas del proceso así como la producción de residuos?

¿Conocen y controlan la calidad, cantidad y costo de las materias primas?

¿Han considerado la posibilidad de reducir el consumo de materias primas en su proceso productivo, utilizando las cantidades que realmente necesitan o reutilizando residuos que se generan?

¿Han introducido un sistema para la separación de residuos, colocando recipientes apropiados?

¿Controlan la compra y entrega de materiales mediante inventarios, en las diversas etapas del proceso de producción?

¿Qué tipos de incentivos manejan con los empleados para procurar el ahorro en el uso de materia prima e insumos, así como para que participen dando sugerencias de materiales alternativos?

¿Está el personal capacitado en las metodologías a seguir para el uso eficiente de la materia prima e insumos?

¿Tienen medidas adecuadas para proteger la materiales y evitar el daño de estos?

¿La metodología que están utilizando en su proceso de producción optimiza el uso de los materiales?

¿Manejan un control de todo el equipo, su ubicación, especificaciones y manuales de procedimiento?

¿Controlan regularmente los planes de mantenimiento?

¿Evitan el uso de sustancias peligrosas o prohibidas, buscando alternativas menos nocivas, manejan un depósito seguro para la disposición de estas?

¿Manejan manuales de procedimiento indicando dosificaciones o cantidades de materiales a usar?

¿Tienen controles de calidad para reducir el volumen de producto rechazado, considerando el reutilizarlos o reciclarlos?

¿Están disponiendo adecuadamente sus residuos en apego a las leyes ambientales?

G. ANEXO 7. PARÁMETROS Y ALTERNATIVAS PARA OBTENER EFICIENCIA ENERGÉTICA

Cuadro 35. Consumo de energía según el equipo

Equipo	Consumo Kw/ hr	Equipo	Consumo Kw/ hr
Aparatos Electrodomésticos			
Abrelatas	0.06	Lavadora de ropa	0.30
Aire Acondicionado	2.20	Licuadora	0.30
Aspiradora	0.60	Percoladora	1.10
Bomba de agua	0.50	Plancha	1.00
Calentador de agua	4.50	Radio	0.02
Cuchillo eléctrico	0.10	Refrigeradora mediana sin congelador	0.20
Electroducha (110 v / 220 v)	4.50	Refrigeradora mediana con congelador	0.40
Enfriador de agua	0.18	Secadora de pelo	0.30
Enfriador de refrescos	0.48	Secadora de ropa	1.68
Equipo de sonido	0.02	Televisor a color	0.30
Estufa de 2 hornillas	2.00	Tostadora	1.10
Estufa de 4 hornillas con horno	12.00	Ventilador de pedestal	0.06
Estufa de 4 hornillas sin horno	4.00	Ventilador de techo	0.10
Extractor de jugo	0.25	Horno microondas	2.00
Horno eléctrico	1.20		
Equipo de Oficina			
Computadora más impresora	1.10	Planta telefónica	0.14
Fax	0.19	Sacapuntas	0.24
Fotocopiadora	1.44	Secador de manos	2.40
Máquina de escribir eléctrica	0.06	Sumadora	0.00

(PESIC, 2005)

Cuadro 36. Características de diversos tipos de iluminación

Tipo lámparas	Incandescentes	Halógenas	Fluorescente lineal	Fluorescente compacto
Eficiencia	Baja	Baja	Buena	Buena
Luz producida por Watt (lumen/watt)	De 8 a 20	De 15 a 25	De 20 a 90	De 36 a 70
Vida útil (horas)	Baja, entre 750 y 1,500	Moderada, entre 2,000 y 4,000	Buena a Excelente, entre 10,000 y 20,000	Buena, entre 6,000 y 15,000

(Centro Nacional de Producción más Limpia Honduras, 2004) (Centro de Producción más limpia de Costa Rica, st)

Cuadro 37. Equivalencias entre lámparas incandescentes y fluorescentes⁵

Incandescentes	Fluorescentes
40 Watt (A-19)	11 Watt
60 Watt (A-19)	15 Watt
75 Watt (A-19)	20 Watt
75 Watt (Reflector)	20 Watt c/ Reflector
100 Watt (A-19)	28 Watt

(Centro Nacional de Producción más Limpia Honduras, 2004)

Cuadro 38. Niveles de iluminación según la actividad

Área o tipo de Actividad	Iluminación (luxes ⁶)	Área o tipo de Actividad	Iluminación (luxes ⁷)
Áreas públicas con alrededores oscuros	20 - 50	Deposito	50 - 100
		Entrada	100 - 200
Orientación simple para las visitas temporales cortas	50 - 100	Escaleras	100 - 200
Área de trabajo donde las tareas visuales se realizan ocasionalmente	100 - 200	Corredores o Pasillos	100 - 200
Áreas para tareas visuales de alto contraste o de tamaño grande	200 - 500	Archivo	200 - 500
Áreas para tareas visuales de mediano contraste o de tamaño pequeño	500 - 1000	Salas de Conferencia	200 - 700
Áreas para tareas visuales de bajo contraste con objetos de tamaño muy pequeño, por períodos Prolongados	2000 - 5000	Salas de Reunión	200 - 700
Áreas para tareas visuales que requieren exactitud por períodos prolongados	5000 - 10000	Salas de Recepción	200 - 700
Áreas para tareas visuales muy especiales con contraste extremadamente bajo y objetos muy pequeños	10000- 20000	Salas de Lectura	300 - 500
		Salas de Computadora	200 - 500
Según actividad		Salas de Control	200 - 500
Exigencia visual muy baja	50 - 100	Salas de Dibujo	1000 - 2000
Exigencia visual baja	100 - 200	Salas de Contabilidad	1000 - 2000
Exigencia visual moderada	200 - 500	Oficina Abierta	500 - 1000
Distinción clara de detalles	500 - 700	Oficina Privada	300 - 1500
Distinción fina de detalles	700 - 1000	Comedores	200 - 500
Exigencia visual alta	500 - 1000	Cafetería	200 - 500
Exigencia visual muy alta	1000 - 2000	Cocina	200 - 500
Baños o Lavabos	100 - 200		

(Centro Nacional de Producción más Limpia Honduras, 2004) (Di Conza, sf)

⁵ (A-19)

⁶ Nota: 1 lux + 1 lumen / m²

⁷ Nota: 1 lux + 1 lumen / m²

Cuadro 39. Cuadro de opciones de sustitución⁸

SISTEMA ACTUAL		OPCIÓN AHORRADORA
Fluorescentes 2x75 w	Fluorescentes 2x59 w	Lámpara T-12 Blanco Frío y Balastro Electromagnético
Fluorescentes 1x75 w	Fluorescentes 1x59 w	Lámpara T-12 Blanco Frío y Balastro Electromagnético
Fluorescentes 2x39 w	Fluorescentes 2x32 w	Lámpara T-8 3,000 K Blanco Frío y Balastro Electromagnético de Alta Eficiencia
Fluorescentes 2x40 w	Fluorescentes 2x32 w	Lámpara T-8 3,000 K Blanco Frío y Balastro Electromagnético de Alta Eficiencia
Fluorescentes 2x40 w tipo U	Fluorescentes 3x17 w	Lámpara T-8 3,000 K Blanco Frío y Balastro Electromagnético de Alta Eficiencia
Fluorescentes 4x39 w	Fluorescentes 3x32 w	Lámpara T-8 3,000 K Blanco Frío y Balastro Electromagnético de Alta Eficiencia
Fluorescentes 4x20 w	Fluorescentes 3x17 w	Lámpara T-8 3,000 K Blanco Frío y Balastro Electromagnético de Alta Eficiencia
Fluorescentes 6x39 w	Fluorescentes 4x32 w	Lámpara T-8 3,000 K Blanco Frío y Balastro Electromagnético de Alta Eficiencia
Fluorescentes 8x39 w	Fluorescentes 6x32 w	Lámpara T-8 3,000 K Blanco Frío y Balastro Electromagnético de Alta Eficiencia
Fluorescentes 2x56 w	Fluorescentes 2x32 w	Lámpara T-8 3,000 K Blanco Frío y Balastro Electromagnético de Alta Eficiencia
Halógena 35 w tipo Dicroica	SLS - 18 w	Lámpara Fluorescente compacta tipo reflector de 18 w
Incandescente 75 w	SL - 15 w	Lámpara Fluorescente compacta tipo reflector de 15 w
Incandescente 100 w	SL - 25 w	Lámpara Fluorescente compacta de 25 w
Incandescente 150 w	SL - 32 w	Lámpara Fluorescente compacta de 35 w

(PESIC, 2005)

Cuadro 40. Cuadro de opciones de sustitución de tecnología T-12 por T-8 y T-5

LÁMPARA FLUORESCENTE T-12	LÁMPARA FLUORESCENTE T-8	LÁMPARA FLUORESCENTE T-5
38 mm de diámetro	26 mm de diámetro	16 mm de diámetro
21w	17 w	14 w
39 w	32 w	28 w
75 w	59 w o 2x32 w en línea	54 w o 2x28 w en línea

(PESIC, 2005)

CÁLCULO DE AHORROS UTILIZANDO FOCOS AHORRADORES⁹

$A_w = [(Diferencia \text{ entre lámpara tradicional y ahorrativa watt} / 1000 \text{ para convertir a Kw})] * \text{Cantidad de focos} * \text{horas estimadas de encendido al día} * 30 \text{ días del mes} * 12 \text{ meses del año}$

⁸ Para un mayor detalle remitirse a los distribuidores autorizados

Las siglas T-12 y T-8, significan que es una lámpara de 12 y 8 octavos de pulgada de diámetro respectivamente.

⁹ Basado en las Experiencias del CNP+LH.

EJEMPLO PRÁCTICO:

En una planta industrial se recomienda el cambio de 1500 lámparas convencionales T-12 de 2 x 39W por lámparas ahorrativas T-8 de 2 x 32W (tomado del Cuadro 38).

$$Aw = [(7\text{watt/lámpara})/1000 \text{ Kw}] * (1500 \text{ lámparas}) * (8 \text{ h/ día}) * (30 \text{ días / mes}) * 12 \text{ meses / año}$$

$$Aw = 30,240 \text{ Kw h al año}$$

Cuadro 41. Carga térmica por iluminación

Tipo de lámpara o balastro	Conversión en luz/watt	Conversión en calor/watt
EQUIPOS CONVENCIONALES		
Fluorescente de 74 W	19	56
Fluorescente de 40 W en U	10	30
Fluorescente de 38W	10	29
Fluorescente de 20W	5	15
Balastro 2X74W	0	25
Balastro 2X40W	0	16
Balastro 2X38W	0	22
Balastro 2X20W	0	12
Dicroica de 75W	5	70
Dicroica de 50W	4	46
EQUIPOS AHORRADORES DE ENERGÍA		
Fluorescente de 60W	15	45
Fluorescente de 34 W en U	9	26
Fluorescente de 34W	9	26
Fluorescente de 32 W	8	24
Fluorescente de 17W	4	13
Balastro 2X60W	0	3
Balastro electromagnético 2X34W	0	4
Balastro electrónico 2X32W	0	0
Balastro electromagnético 2X32W	0	8
Balastro electrónico 2X32W0	0	0
Fluorescente compactada SL 15W	4	11
Fluorescente compactada SL 17W	4	13

Fuente: 1er Curso de Capacitación: Sistemas de Iluminación, PESIC, 2005

Cuadro 42. Espesor en mm recomendado de aislamiento de fibra de vidrio, según el diámetro y temperatura de la tubería.

Diámetro Nominal		Temperatura de operación (° C)					
(mm)	(plg)	38-93	93-150	150-200	200-260	260-315	315-340
12	0.50	12	25	38	50	62	75

Diámetro Nominal		Temperatura de operación (° C)					
19	0.75	25	38	50	62	75	75
25	1.00	25	38	50	62	75	75
38	1.50	25	38	62	75	75	75
50	2.00	25	50	75	75	75	75
75	3.00	25	50	75	75	75	87
100	4.00	38	62	75	75	87	100
150	6.00	38	62	75	87	112	125

Costo de Mano de Obra 25% del Costo del Material

Cuadro 43. Pérdidas en tuberías sin aislar

Diámetro de Tubería (in)	Presión (psi/Kg/cm2)	Temperatura Interior tubo (°F/°C)	Temperatura Ambiente (°F/°C)	Pérdida \$/año por metro lineal
0.5	30/2.11	248/120	90/32	6.11
0.75	30/2.11	248/120	90/32	7.63
1	30/2.11	248/120	90/32	9.56
1.5	30/2.11	248/120	90/32	13.81
2	30/2.11	248/120	90/32	17.26
3	30/2.11	248/120	90/32	25.39
0.5	40/2.81	266/130	90/32	6.80
0.75	40/2.81	266/130	90/32	8.50
1	40/2.81	266/130	90/32	10.65
1.5	40/2.81	266/130	90/32	15.38
2	40/2.81	266/130	90/32	19.23
3	40/2.81	266/130	90/32	28.29
0.5	55/3.86	284/140	90/32	7.50
0.75	55/3.86	284/140	90/32	9.37
1	55/3.86	284/140	90/32	11.74
1.5	55/3.86	284/140	90/32	16.90
2	55/3.86	284/140	90/32	21.19
3	55/3.86	284/140	90/32	31.18
0.5	70/4.92	302/150	90/32	8.19
0.75	70/4.92	302/150	90/32	10.24
1	70/4.92	302/150	90/32	12.82
1.5	70/4.92	302/150	90/32	18.53
2	70/4.92	302/150	90/32	23.16
3	70/4.92	302/150	90/32	34.07
4	70/4.92	302/150	90/32	43.79
0.5	90/6.33	320/160	90/32	8.89
0.75	90/6.33	320/160	90/32	11.11
1	90/6.33	320/160	90/32	13.91

Diámetro de Tubería (in)	Presión (psi/Kg/cm2)	Temperatura Interior tubo (°F/°C)	Temperatura Ambiente (°F/°C)	Pérdida \$/año por metro lineal
1.5	90/6.33	320/160	90/32	20.10
2	90/6.33	320/160	90/32	25.13
3	90/6.33	320/160	90/32	36.97
4	90/6.33	320/160	90/32	47.51
0.75	120/8.43	338/170	90/32	11.98
1	120/8.43	338/170	90/32	15.00
1.5	120/8.43	338/170	90/32	21.68
2	120/8.43	338/170	90/32	27.09
3	120/8.43	338/170	90/32	39.86
4	120/8.43	338/170	90/32	51.23

Elaborado por: CNP+LH (Centro de Producción más Limpia de Nicaragua, sf)

Cuadro 44. Eficiencias típicas para calderas industriales nuevas.

Combustible	Eficiencia de la caldera en condición de	
	Carga plena	Baja Carga
Carbón	85	75
Combustóleo	80	72
Gas	75	70
Biomasa	70	60

Elaboración: Presentación ahorro de energía en sistemas de vapor, PESIC, 2006

CÁLCULO DE ENERGÍA PERDIDA POR FUGAS DE VAPOR

$$\text{Energía perdida} = \text{flujo de vapor} \times (h_1 - h_2)$$

Donde:

h_1 = entalpía del vapor a la presión absoluta de generación

h_2 = entalpía del agua de alimentación al generador de vapor

$$AE = \Delta E_{sa} - \Delta E_a$$

Cálculo del ahorro del consumo de diesel al aislar térmicamente las tuberías de conducción

Ahorro de Energía

Donde AE = Ahorro de energía (kJ/año)

ΔE_{sa} = Pérdida energética de la tubería sin aislar (kJ/año)

ΔE_a = Pérdida energética de la tubería con aislamiento (kJ/año)

AHORRO POR CONSUMO DE COMBUSTIBLE

$$AD = AE / PC$$

Donde AD = Ahorro de combustible (lts/año)

AE = Ahorro de energía (kJ/año)

PC = Poder calorífico del diesel 38,670 kJ/l

H. ANEXO 8. PARÁMETROS Y ALTERNATIVAS PARA OBTENER EFICIENCIA EN EL USO DEL AGUA

Cuadro 45. Pérdidas de agua por fugas.

Situación	Pérdidas ¹⁰
Grifo goteando	80 (lts/d)
Chorro fino de agua de 1.6 mm	180 (lts/d)
Chorro grueso de agua de 3.2 mm	350 (lts/d)
Chorro completo de 4.8 mm	600 (lts/d)
Lavar con el chorro de la manguera	20 (lts/min)
Gasto de inodoro	20 lts/vaciado de tanque
Gasto por fugas en inodoro	25 lts/d

Elaborado por: CNP+LH

Cuadro 46. Ahorro estimado de agua por uso de pistolas industriales.

Diámetro de tubería (plg)	Tiempo de lavado sin pistola (min)	Volumen de agua utilizado (lts)	Tiempo de lavado con pistola (min)	Volumen de agua utilizado (lts)	Ahorro (lts)
½"	5	66	4	53	13
¾"	5	84	4	67	17
1"	5	264	4	211	53
1 ½"	5	1,135	4	1068	67

Elaborado por: CNP+LH (Centro de Producción más Limpia de Nicaragua, sf)

CÁLCULO DEL AHORRO DE AGUA POR LA INSTALACIÓN DE PISTOLAS.

$$Ap. = [(Ti - Tf) * T] * F * N$$

Ahorro de agua por pistolas (Centro de Producción más Limpia de Nicaragua, sf)

Donde:

Ti = Tiempo de lavado sin pistolas (min/llave/día)

Tf = Tiempo de lavado con pistolas (min)

T = Días laborables al año que se utilizan las mangueras

F = Caudal promedio de las manguera

N= Numero de Mangueras

Por ejemplo una pistola de chorro de ½" ahorra 10 L/min

EJEMPLO PRÁCTICO:

Si se hace el lavado con mangueras de ½" y se tiene que:

¹⁰ litros / día (lts/d)

Equivalencia: 1 m³ = 1000 lts.

Del cuadro $T_i = 5$ min y $T_f = 4$ min

Para $T = 365$ días

$F = 55$ L. = 0.055 m³

$N = 5$ mangueras

Entonces el ahorro de agua por la instalación de pistolas de presión a las mangueras sería:

$Ap. = [(5 \text{ min} - 4 \text{ min}) * 365 \text{ días}] * (0.055 \text{ m}^3) * (5)$

$Ap. = 100$ m³ al año

CÁLCULO DEL COSTO DEL AGUA

Energía consumida por la bomba

Donde

$$E \text{ (Kw/mes)} = P \text{ (Kw)} * t \text{ (h/mes)}$$

$P =$ Potencia de la bomba

$T =$ tiempo de operación de la bomba al mes (considerando que el agua es almacenada en un tanque que cuenta con un controlador de nivel de agua)

$T =$ tarifa de energía aplicada a la empresa.

Costo Energía consumida por la bomba

$$\text{Lps/mes} = E \text{ (Kwh/mes)} * T \text{ (Lps/Kwh)}$$

Costo energético del m³ de agua (Lps/m³)

$$\text{Lps/m}^3 = (\text{Lps. /mes}) / (\text{m}^3/\text{mes})$$

Cuadro 47. Pérdidas por no recuperar condensados de vapor

Combustible Bunker C' Litros por día	T del líquido °F/°C	Temperatura Ambiente (°F/°C)	Ahorros Gal combustible/año
100	104/40	90/32	8.69
200	104/40	90/32	17.38
300	104/40	90/32	26.08
400	104/40	90/32	34.77
500	104/40	90/32	43.46
100	122/50	90/32	19.87
200	122/50	90/32	39.73
300	122/50	90/32	59.60
400	122/50	90/32	79.47
500	122/50	90/32	99.33
100	140/60	90/32	31.04
200	140/60	90/32	62.08
300	140/60	90/32	93.13

Combustible Bunker C' Litros por día	T del líquido °F/°C	Temperatura Ambiente (°F/°C)	Ahorros Gal combustible/año
400	140/60	90/32	124.17
500	140/60	90/32	155.21
100	158/70	90/32	42.22
200	158/70	90/32	84.43
300	158/70	90/32	126.65
400	158/70	90/32	168.87
500	158/70	90/32	211.08
100	176/80	90/32	53.39
200	176/80	90/32	106.78
300	176/80	90/32	160.18
400	176/80	90/32	213.57
500	176/80	90/32	266.96
100	194/90	90/32	64.57
200	194/90	90/32	129.13
300	194/90	90/32	193.70
400	194/90	90/32	258.27
500	194/90	90/32	322.84

(Centro de Producción más Limpia de Nicaragua, sf)

AHORROS POR REUTILIZACIÓN DE CONDENSADOS DE LAS CALDERAS

Ahorro de Combustible:

$$R_c * (T_c - T_{ar}) * C_p * K \text{ [Lps. 1 año]}$$

Donde:

R_c = Cantidad de condensado retornado por año (Kg / año)

T_c = Temperatura del condensado (°C)

T_{ar} = Temperatura del agua de reposición (°C)

C_p = Calor específico del agua (4,183 KJ/KG (°C))

K = Precio de la energía (basado en el combustible de la caldera) [Lps. / KJ]

I. ANEXO 9. ALTERNATIVAS PARA MATERIA PRIMA EN LA PRODUCCIÓN DE BIODIÉSEL

Cuadro 48. Sustitutos de químicos y auxiliares

Químico Actual	Sustituir por/ Añadir	Ventajas/Observaciones
Ácido Fórmico	Ácido Acético	Reduce la DBO en los efluentes
Detergentes no biodegradables	Detergentes biodegradables	Disminuyen la carga de contaminantes en las aguas residuales y facilitan su tratamiento.
Hipoclorito o clorito de Sodio	Peróxido de hidrógeno	Ventajas técnicas y ecológicas
Productos base solvente (limpieza de máquinas)	Productos base agua	Disminuye la carga de contaminantes en el agua residual y las emisiones de compuestos orgánicos volátiles (COV).
Productos con Cromo	Químicos equivalentes sin Cromo*	Reduce la carga de Cromo en las aguas residuales y el riesgo de exposición a compuestos tóxicos.
Químicos auxiliares como los fosfatos	Ácido acético y EDTA	Reduce la carga de fosfatos en el agua residual.
Reactivos	Combinar con nuevos agentes de lavado	Incrementar la eficiencia de lavado, disminuir el consumo de agua e incrementar e incrementar la velocidad de reacción.
Sulfato de sodio	Cloruro de sodio	Reducir la concentración de sulfatos en las aguas residuales.

Fuente: FUNDES, 2001.

Cuadro 49. Alternativas de disposición de residuos del rubro biodiésel

Residuo Denominación Oficial	Método de Disposición Recomendado	Disposición Actual
Aceite Lubricante gastado	Reciclaje. Aprovechamiento térmico en hornos. Tratamiento físico-Químico	Se emplea como combustible en hornos y calderas.
Tambores metálicos vacíos	Reutilización interno. confinamiento controlado	Se desechan o comercializan.
Lodos de tratamiento de Aguas residuales.	Aprovechamiento térmico industria cementera Planta de tratamiento térmico de residuos peligrosos. Confinamiento controlado.	Se envían al relleno Sanitario.
Residuos ácidos y alcalinos.	Reutilización interno. Aprovechamiento térmico industria cementera Planta de tratamiento térmico de residuos peligrosos Tratamiento físico-Químico	Red de Alcantarillado.
Hebras y trapos impregnados con aceite.	Aprovechamiento térmico industria cementera Planta de tratamiento térmico de residuos peligrosos.	Relleno sanitario.
Trapos con diluyente y pintura.	Aprovechamiento térmico industria cementera Planta de tratamiento térmico de residuos peligrosos.	Relleno sanitario.
Bobinas de plástico de polietileno y polipropileno	Reutilización interno. Reciclaje externo. Reutilización interno de materiales con tratamiento.	Reutilización
Bolsas de plástico de polietileno y polipropileno	Reutilización interna. Reciclaje externo. Reutilización interna de materiales con tratamiento.	Se Reciclan.

Residuo Denominación Oficial	Método de Disposición Recomendado	Disposición Actual
Borra y estopa.	Aprovechamiento térmico industria cementera Planta de tratamiento térmico de residuos peligrosos. Reciclaje externo.	Se Reciclan.
Chatarra	Reutilización interna.	Reutilización
Tarimas de madera	Reutilización interna. Reciclaje externo. Reutilización interna de materiales con tratamiento.	Se reciclan.

Fuente: FUNDES, 2001.



Financiado por:

