



UNIVERSIDAD NACIONAL  
AUTÓNOMA DE  
MÉXICO

**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO**

---

---

**PROGRAMA DE MAESTRÍA Y DOCTORADO EN  
INGENIERÍA**

FACULTAD DE INGENIERÍA

**PLAN DE MANEJO DE RESIDUOS EN LA INDUSTRIA AZUCARERA  
CASO DE ESTUDIO: INGENIO ADOLFO LÓPEZ MATEOS, OAXACA**

**T E S I S**

QUE PARA OPTAR POR EL GRADO DE:

**MAESTRO EN INGENIERÍA**

CAMPO DE CONOCIMIENTO – AMBIENTAL

P R E S E N T A :

**ING. GABRIELA ABIGAIL SUÁREZ VELÁZQUEZ**

TUTOR:

**M. en C. CONSTANTINO GUTIÉRREZ PALACIOS**



México D.F.  
Ciudad Universitaria  
Junio 2012



**JURADO ASIGNADO:**

Presidente: DRA. FERNÁNDEZ VILLAGÓMEZ GEORGINA  
Secretario: M.I. GUTIÉRREZ PALACIOS CONSTANTINO  
Vocal: M.C. ENRÍQUEZ POY MANUEL  
1<sup>er</sup>. Suplente: M. ADM. IND. RAMÍREZ BURGOS LANDY IRENE  
2<sup>do</sup>. Suplente: DRA. ROJAS VALENCIA MARÍA NEFTALÍ

Lugares donde se realizó la tesis:

INGENIO ADOLFO LÓPEZ MATEOS (TUXTEPEC, OAXACA),  
FACULTAD DE INGENIERÍA (CIUDAD UNIVERSITARIA, UNAM)

**TUTOR DE TESIS:**

M.I. GUTIÉRREZ PALACIOS CONSTANTINO

---

**FIRMA**

**Dedico este trabajo  
al personal del Ingenio Adolfo López Mateos,  
por su asombrosa entrega y alegría.**

Agradezco:

A Grupo PIASA por las facilidades otorgadas para el desarrollo del trabajo; especialmente al Ing. Jorge Fernández Varela, por la oportunidad y el interés.

Al Ing. Adolfo Comas Hernández, por su disposición y amable consejo profesional.

Al CONACYT, por el apoyo económico.

A mi tutor, M.I. Constantino Gutiérrez Palacios, por su paciencia y apertura, por animarme a disfrutar todos los aspectos de la vida universitaria.

A mi Comité, Dra. Georgina, M. Landy, Dra. Neftalí, Ing. Enríquez Poy; por su franca cordialidad, por compartir su conocimiento.

A José Antonio García Almejo y Misraym Cisneros Gómez, por sorprenderme y por su apoyo en el trabajo de campo.

A mis maestros, al personal de la UNAM, a Ma. Elena Alcazar, a quienes contribuyeron desinteresadamente en mi crecimiento personal y profesional durante esta etapa.

Más allá de lo que puedo expresar con palabras, agradezco profundamente a:

Mis padres, José María y Gabriela, ustedes son la fortaleza que me permitió culminar felizmente esta experiencia.

Mi hermana Pamela, por su confianza, comprensión y buen ánimo.

Mi hermano Andrés, por las enseñanzas y el reto constante.

Gerardo, por el impulso para iniciar esta aventura, por su respaldo.

Mis amigos de siempre, por ser fuente de inspiración y sueños; mis nuevos amigos Martha, Dani, Ever, Mario y Raúl, por ser la alegría que alimentó este par de años.

## ÍNDICE

Lista de Tablas.....	iii
Lista de Figuras.....	iv
Resumen .....	vi
CAPÍTULO 1. INTRODUCCIÓN .....	1
1.1. Antecedentes.....	1
1.2. Justificación.....	4
1.3. Objetivos .....	5
1.3.1. General.....	5
1.3.2. Particulares.....	5
1.4. Alcance.....	5
1.5. Resultados esperados.....	6
CAPÍTULO 2. MARCO CONCEPTUAL .....	7
2.1. Descripción básica del proceso productivo.....	7
2.2. Impacto ambiental derivado del proceso de producción de azúcar.....	12
2.2.1. Afectaciones a suelo y agua.....	14
2.2.2. Biodiversidad .....	14
2.2.3. Afectaciones atmosféricas .....	14
2.3. Residuos generados por la industria azucarera .....	14
2.3.1. Bagazo.....	16
2.3.1.1. Bagacillo.....	18
2.3.2. Cachaza .....	19
2.3.3. Melaza .....	20
2.3.4. Residuos de batey.....	22
2.3.5. Ceniza .....	23
2.4. La industria azucarera en México.....	23
2.4.1. El sector azucarero: clasificación y panorama .....	24
2.4.2. RME en las unidades productivas .....	28
2.4.3. Manejo de residuos en las unidades productivas.....	29
2.4.3.1. Manejo de RME en la industria azucarera mexicana .....	30
CAPÍTULO 3. MARCO LEGAL.....	33
3.1. Regulación de Residuos de Manejo Especial en México.....	33
3.1.1. Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente.....	34
3.1.2. Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos .....	35
3.1.3. Reglamento de la LGPGIR.....	37

3.1.4.	Normas referentes a residuos no peligrosos.....	38
3.1.4.1.	Proyecto de NOM para el manejo de RME.....	39
3.2.	Gestión de residuos .....	39
3.2.1.	Plan de Manejo de Residuos.....	42
3.2.1.1.	Elementos mínimos de un Plan de Manejo.....	43
CAPÍTULO 4.	METODOLOGÍA .....	44
4.1.	Procedimiento general.....	44
4.2.	Modelo de investigación.....	47
4.3.	Técnicas de investigación empleadas .....	47
4.4.	Instrumentos empleados .....	48
4.4.1.	Guía para el levantamiento de información en el sector .....	48
4.4.2.	Guía para el levantamiento de información - Estudio de generación .....	49
4.4.2.1.	Residuos de manejo especial- Reparación .....	49
4.4.2.2.	Residuos sólidos urbanos - Reparación .....	49
4.4.2.3.	Residuos de manejo especial- Zafra .....	50
4.4.2.4.	Residuos sólidos urbanos - Zafra .....	51
4.4.3.	Guía para el levantamiento de información - Diagnóstico de manejo .....	51
4.5.	Caso de estudio: Características.....	52
4.5.1.	Ingenio Adolfo López Mateos: Información general .....	52
CAPÍTULO 5.	RESULTADOS.....	55
5.1.	Plan de manejo .....	55
5.1.1.	Información general .....	56
5.1.2.	Inventario de generación de residuos .....	57
5.1.2.1.	Zafra .....	57
5.1.2.2.	Reparación .....	63
5.1.3.	Diagnóstico de manejo de residuos .....	66
5.1.3.1.	Información general .....	66
5.1.3.2.	Sistema de manejo - RME .....	67
5.1.3.3.	Sistema de manejo - RSU .....	76
5.1.4.	Programa para la prevención y gestión integral de los residuos.....	79
5.1.4.1.	Objetivos.....	79
5.1.4.2.	Residuos prioritarios.....	81
5.1.4.3.	Problemática ambiental asociada al manejo actual de residuos .....	81
5.1.4.4.	Estrategias de gestión .....	83
5.1.4.5.	Plan de ejecución.....	87
5.1.4.6.	Mecanismos de control y monitoreo .....	88
5.1.4.7.	Entrega del plan de manejo .....	88

5.2.	Guía metodológica para la elaboración de planes de manejo .....	89
5.2.1.	Presentación .....	89
5.2.1.1.	Resumen de la guía.....	89
5.2.1.2.	Marco regulatorio .....	90
5.2.2.	Guía metodológica .....	91
5.2.2.1.	Lineamientos y políticas.....	91
5.2.2.2.	Responsabilidades .....	92
5.2.2.3.	Diagrama de flujo .....	93
5.2.2.4.	Procedimiento .....	102
5.2.2.5.	Formatos .....	113
CAPÍTULO 6.	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	114
6.1.	Conclusiones .....	114
6.2.	Recomendaciones.....	115
	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	116
	Glosario.....	119
	Anexo 1. Estudio de generación - Información complementaria .....	122
	Anexo 2. Diagnóstico de manejo de residuos - Información complementaria.....	133
	Anexo 3. Formatos .....	146
	Anexo 4. Análisis Costo-Beneficio .....	149
	Anexo 5. Anexo fotográfico .....	159
	Anexo 6. Plan de manejo - Información complementaria .....	163

#### LISTA DE TABLAS

<i>Tabla 1.1. Ingenios azucareros con capacidad productiva instalados en el país .....</i>	<i>2</i>
<i>Tabla 2.1 Subproductos de la industria azucarera .....</i>	<i>7</i>
<i>Tabla 2.2 Matriz de indicadores de impacto de la industria cañera .....</i>	<i>12</i>
<i>Tabla 2.3 Residuos sólidos generados en las unidades productivas .....</i>	<i>15</i>
<i>Tabla 2.4 Emisiones generadas en las unidades productivas .....</i>	<i>15</i>
<i>Tabla 2.5 Residuos líquidos generados en las unidades productivas .....</i>	<i>16</i>
<i>Tabla 2.6 Composición del bagazo .....</i>	<i>17</i>
<i>Tabla 2.7 Composición de la cachaza.....</i>	<i>19</i>
<i>Tabla 2.8 Composición promedio de la melaza .....</i>	<i>21</i>
<i>Tabla 2.9 Clasificación CIIU de la industria caso de estudio .....</i>	<i>24</i>
<i>Tabla 2.10 Clasificación SCIAN para la industria caso de estudio .....</i>	<i>25</i>
<i>Tabla 2.11 Principales características de la industria azucarera, 2009 .....</i>	<i>25</i>
<i>Tabla 2.12 Desarrollo agroindustrial de la caña de azúcar (2005 - 2010) .....</i>	<i>26</i>
<i>Tabla 2.13 Clasificación de los ingenios de acuerdo a su nivel tecnológico.....</i>	<i>26</i>
<i>Tabla 2.14 Grupos industriales e ingenios participantes en la zafra 2009/2010 .....</i>	<i>27</i>
<i>Tabla 2.15 Principales RME generados en las unidades productivas .....</i>	<i>28</i>
<i>Tabla 2.16 Equipo básico para manejo de RME en las unidades productivas .....</i>	<i>29</i>
<i>Tabla 3.1 Normas Mexicanas vigentes, asociadas al manejo de RME .....</i>	<i>38</i>

<i>Tabla 3.2 Estrategias para la gestión de residuos, enfocadas en la minimización</i> .....	41
<i>Tabla 4.1 Estudio de campo - Programa de trabajo Zafra</i> .....	45
<i>Tabla 4.2 Estudio de campo - Programa de trabajo Reparación</i> .....	46
<i>Tabla 4.3 Principales productos del IALM</i> .....	53
<i>Tabla 4.4 Indicadores IALM zafra 2009/10</i> .....	53
<i>Tabla 5.1 Datos generales de la empresa</i> .....	56
<i>Tabla 5.2 Información técnica de la empresa</i> .....	56
<i>Tabla 5.3 Elaboración del plan de manejo</i> .....	57
<i>Tabla 5.4 Clasificación legal de residuos sólidos generados en el IALM</i> .....	57
<i>Tabla 5.5 Características RME - Zafra</i> .....	58
<i>Tabla 5.6 Otros RME - Zafra</i> .....	58
<i>Tabla 5.7 RME no considerados en el estudio de generación</i> .....	59
<i>Tabla 5.8 Composición de RSU acorde a muestreo - Zafra</i> .....	61
<i>Tabla 5.9 Características RME - Reparación</i> .....	63
<i>Tabla 5.10 Composición de RSU acorde a muestreo - Reparación</i> .....	65
<i>Tabla 5.11 Sitios de almacenamiento de RME</i> .....	68
<i>Tabla 5.12 Sitios de almacenamiento no autorizado de RME</i> .....	69
<i>Tabla 5.13. Equipo utilizado para la recolección de RME</i> .....	69
<i>Tabla 5.14. Equipo para tratamiento - RME</i> .....	70
<i>Tabla 5.15. Equipo para reutilización y reciclaje - RME</i> .....	70
<i>Tabla 5.16 Destino RME - Reparación</i> .....	71
<i>Tabla 5.17 Destino RME - Zafra</i> .....	72
<i>Tabla 5.18 Acciones de reducción en la fuente - RME</i> .....	73
<i>Tabla 5.19. Tratamiento RME</i> .....	73
<i>Tabla 5.20. Reutilización de RME In situ</i> .....	74
<i>Tabla 5.21. Venta de RME a terceros</i> .....	76
<i>Tabla 5.22. Programas de reutilización y reciclaje - RME</i> .....	76
<i>Tabla 5.23 Características contenedores RSU</i> .....	77
<i>Tabla 5.24 Relación total contenedores RSU</i> .....	77
<i>Tabla 5.25 Destino RSU</i> .....	78
<i>Tabla 5.26 Diagnóstico de manejo - Incumplimiento legal</i> .....	82
<i>Tabla 5.27 Diagnóstico de manejo - Recomendaciones</i> .....	82
<i>Tabla 5.28 Ejemplo de fichas de actividades del Plan de Manejo</i> .....	83
<i>Tabla 5.29 Acciones para prevenir el desperdicio de recursos desde la fuente</i> .....	84
<i>Tabla 5.30 Acciones para minimizar la generación de residuos</i> .....	85
<i>Tabla 5.31 Acciones para fortalecer los sistemas de recolección</i> .....	85
<i>Tabla 5.32 Acciones para reciclar y reutilizar el material</i> .....	86
<i>Tabla 5.33 Acciones para disposición final ambientalmente segura</i> .....	86
<i>Tabla 5.34 Acciones para la educación ambiental y el sistema de información</i> .....	86
<i>Tabla 5.35 Calendario de implementación del PM</i> .....	87
<i>Tabla 5.36 Indicadores claves para el desarrollo del plan de manejo</i> .....	88

#### LISTA DE FIGURAS

<i>Figura 2.1 Diagrama de flujo de proceso en la producción de azúcar</i> .....	8
<i>Figura 2.2 Fuente de impactos ambientales derivados de la producción de azúcar</i> .....	13
<i>Figura 2.3 Balance de subproductos y residuos sobre base de 1 tonelada de caña</i> .....	15
<i>Figura 2.4 Ingenios mexicanos que reportan el manejo de subproductos (zafra 2010/2011)</i> ....	31
<i>Figura 2.5 Destino final de la cachaza en la industria azucarera mexicana (zafra 2010/2011)</i> ...	31
<i>Figura 2.6 Destino final del bagazo en la industria azucarera mexicana (zafra 2010/2011)</i> .....	32



<i>Figura 2.7 Destino final de la melaza en la industria azucarera mexicana (zafra 2010/2011).....</i>	<i>32</i>
<i>Figura 3.1 Jerarquización de los componentes de la regulación de RME en México.....</i>	<i>34</i>
<i>Figura 3.2 Instrumentos de gestión en México .....</i>	<i>41</i>
<i>Figura 4.1 Croquis de localización del IALM .....</i>	<i>54</i>
<i>Figura 5.1 Composición porcentual de los principales RME - Zafra .....</i>	<i>60</i>
<i>Figura 5.2 Composición porcentual de RSU - Zafra .....</i>	<i>62</i>
<i>Figura 5.3 Composición porcentual de RME - Reparación .....</i>	<i>64</i>
<i>Figura 5.4 Composición porcentual de RSU - Reparación.....</i>	<i>66</i>
<i>Figura 5.5 Organigrama .....</i>	<i>67</i>
<i>Figura 5.6 Humedad de bagazo (%) - IALM, ultimas 10 zafras.....</i>	<i>75</i>
<i>Figura 5.7 Capacidad instalada vs generación, contenedores RSU .....</i>	<i>77</i>
<i>Figura 5.8 Balance de masa y materiales de los principales residuos generados por el IALM ....</i>	<i>81</i>
<i>Figura 5.9 Estrategia de gestión de residuos.....</i>	<i>89</i>

## RESUMEN

La legislación nacional obliga a generadores, tales como los ingenios azucareros, a presentar planes de manejo de residuos de manejo especial, bajo un esquema flexible que les permite establecer los objetivos y estrategias de gestión. Dentro de la industria azucarera, la implementación de dichos planes aborda un problema fundamental: el impacto ambiental ocasionado por el inadecuado manejo de sus residuos. Además, en concordancia con la necesidad de diversificación del sector, promueve que los principales residuos de proceso sean considerados como subproductos aprovechables.

El presente trabajo propone una guía metodológica para la elaboración de planes de manejo de residuos sólidos no peligrosos y un plan de manejo para un ingenio en particular. Se seleccionó como caso el Ingenio Adolfo López Mateos (Oaxaca), en dónde se realizaron diversas actividades de campo durante el periodo de Reparación 2011 - Zafra 2011/2012, entre ellas: un estudio de generación de residuos, un diagnóstico de manejo y un plan de manejo. Con base en los resultados, se generalizó el procedimiento y se formuló la guía metodológica para elaboración de planes de manejo.

Los planes de manejo constituyen un instrumento útil, más allá del requerimiento legal. Sin embargo, derivado del análisis de la situación actual, en primera instancia deben utilizarse para sistematizar la recolección de información como requisito fundamental para el desarrollo de objetivos realistas de gestión. Así mismo, los planes de manejo sirven como herramienta para optimizar el manejo actual, considerando separadamente las distintas corrientes de residuos dentro del ingenio y enfatizando en los residuos de proceso.

# CAPÍTULO 1. INTRODUCCIÓN

---

## 1.1. ANTECEDENTES

Desde hace un par de décadas, el gobierno mexicano ha buscado promover una gestión más eficaz de residuos mediante la promulgación de planes y programas tendientes a prevenir su generación y fomentar un ciclo de aprovechamiento que considere la disposición final como última opción. Por ello, ha publicado diversas leyes, entre las que destaca la Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos (LGPGIR), cuya entrada en vigor en 2004 introduce el término de Residuos de Manejo Especial (RME) como parte de una nueva clasificación de residuos.

Además, la LGPGIR define las responsabilidades de los participantes en la cadena de producción y consumo, tanto públicos como privados, dentro del ciclo de manejo de residuos. Por ejemplo, la regulación de los RME compete a las entidades federativas, mientras que los generadores de RME se encuentran obligados a formular e implementar planes de manejo (PM) de residuos.

En concordancia con el Programa Nacional para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos 2008 - 2012 (PNPGIR), la gestión de RME a través de PM procurará la recolección selectiva desde la fuente, la maximización del aprovechamiento de los materiales valorizables, el tratamiento adecuado y la minimización de la disposición final de residuos.

El PNGPIR prevé, a través de sus líneas de acción, la participación de los actores de cada sector en la elaboración de PM para corrientes definidas de RME. Las políticas de gestión de estos residuos deberán establecerse con base en la propia LGPGIR y, en un Diagnóstico Estatal para la Gestión Integral de los Residuos. Sin embargo, a la fecha no se cuenta con información institucional específica sobre el manejo de RME ni existen estimaciones o cuantificaciones preliminares sobre su generación.

Por su parte, la agroindustria<sup>1</sup> azucarera tradicionalmente ha tenido un alto impacto económico, social y ambiental en el país.

La producción de azúcar en México comenzó desde la llegada de los españoles al continente americano, instalándose dos de los primeros ingenios a finales del siglo XVI. Los ingenios, que constituyen el componente industrializado del sector azucarero, trabajaron bajo el régimen de propiedad privada hasta mediados de la década de

---

<sup>1</sup> En la agroindustria azucarera se diferencian dos componentes principales: campo y fábrica. El primero está referido a la producción agrícola de caña de azúcar, mientras que el segundo, a la fabricación de azúcar en las unidades productivas (ingenios). En adelante, el término agroindustria considerará ambos elementos, cuando no se especifique lo contrario.

1960, cuando el 60% de ellos pasó a ser controlado por el Gobierno Federal para abastecer la demanda nacional fuertemente subsidiada. A finales de 1992 (Cortinas de Nava, 1994), la reconversión del sector entró en su fase final al ser reprivatizados 44 ingenios, volviendo 27 de ellos al control del estado en 2000 debido a su virtual quiebra económica. Actualmente, 10 ingenios continúan bajo la administración del Gobierno.

De acuerdo a la Comisión Especial para la Agroindustria Azucarera (CEAA), en 2009 esta industria generó y distribuyó ingresos por 33 mil millones de pesos. La producción en campo aportó el 13.5% del valor de la producción agrícola nacional y representó el 7.3% del PIB agropecuario. En el ciclo 2008/2009, la fabricación de azúcar participó con 2.1% del PIB de la industria manufacturera que correspondió al 0.35% del PIB Nacional. (CEAA, 2009)

De esta agroindustria se benefician 2.3 millones de personas (INE, 2009), entre ellos más de 164,000 productores de caña. En el contexto internacional, en 2009, México ocupaba el 7° lugar en consumo de azúcar, 6° lugar en producción y 5° lugar en producción de azúcar por hectárea. (CEAA, 2009)

La relevancia de la agroindustria queda de manifiesto con la creación de diversos organismos públicos orientados a su promoción y con la promulgación de leyes como la Ley de Desarrollo Sustentable de la Caña de Azúcar para regular la relación entre productores de caña e industriales. Esta última establece en el Artículo 5 que el producto azúcar de caña es considerado necesario para la economía nacional y el consumo popular. Cabe señalar que el azúcar es uno de los productos incluidos en la canasta básica alimentaria.

En 2011 la industria azucarera estaba conformada por 57 ingenios, de los cuales operaron 54 en la zafra 2010/2011, distribuidos en 15 estados (ver Tabla 1.1) y 227 municipios del país. (CEAA, 2011)

*Tabla 1.1. Ingenios azucareros con capacidad productiva instalados en el país*

<i>Estados productores</i>	<i>Cantidad de ingenios</i>
Veracruz	22
Jalisco	6
San Luis Potosí	4
Oaxaca	3
Michoacán	3
Tabasco	3
Sinaloa	3
Chiapas	2
Nayarit	2
Puebla	2
Tamaulipas	2
Morelos	2
Quintana Roo	1
Colima	1
Campeche	1

Fuente: (CNDSCA, 2009)

El cultivo de la caña ocupa una superficie de 812 mil hectáreas. Durante el ciclo 2009-2010, la superficie cosechada fue de 663 mil hectáreas, con un rendimiento de 64.1 toneladas por hectárea (CEAA, 2010) para lograr un total de 42.7 millones de toneladas de caña molida y 5 millones de toneladas de azúcar (UNC, 2010).

Sin embargo, el desarrollo de esta agroindustria ha sido acompañado de una problemática característica, objeto de múltiples estudios, tanto en el plano agrícola como manufacturero.

El Instituto Nacional de Ecología (INE) señala los siguientes problemas operativos y financieros de los ingenios (Cortinas de Nava, 1994):

- Bajo contenido de sacarosa en la caña y pérdidas extraordinarias en su extracción debido a falta de modernización de los procesos productivos.
- Costo excesivo de mano de obra en producción y mantenimiento de ingenios.
- Los precios de venta son insuficientes para cubrir los costos del producto. Existe una notable diferencia entre los ingresos obtenidos por exportación del producto y su venta en el mercado nacional.

A lo anterior, se añaden (Enríquez Poy, 2009):

- Elevado costo de producción agrícola y bajo rendimiento, comparado con otros países productores.
- Extrema variabilidad en capacidad y equipamiento de las unidades productivas, llegando a la obsolescencia en algunos casos e imposibilitando la economía de escala.
- Deficiencias en las condiciones laborales, tanto en campo como en fábrica, agudizadas por una cultura laboral improductiva.
- Importación de endulzantes a menor precio y falta de promoción del aprovechamiento de los derivados de azúcar.
- Fuerte impacto ambiental.

En torno al último punto, la generación de residuos en las unidades productivas constituye una de las principales fuentes de contaminación de esta industria, junto con las descargas de aguas residuales y las emisiones a la atmósfera. Al respecto, el sector ha emprendido acciones para mitigar el impacto ambiental provocado por la generación de residuos, tales como:

- Aprovechamiento de los residuos, mayormente bagazo, para la obtención de energía por sistemas de cogeneración a partir de su combustión.
- Incorporación de la miel final como insumo en otras cadenas productivas.
- Reciclaje de la cachaza dentro de la actividad agrícola como mejorador de suelos.
- Reciclaje de materiales específicos (sacos, tambores, papel, etc.) dentro de las mismas instalaciones o a través de su venta a terceros.

Lo anterior constituye, además, una alternativa dentro de la diversificación de la industria, como estrategia para contribuir a su propia sostenibilidad. Aún así, hasta el

momento no se ha homogeneizado la gestión de residuos y subproductos<sup>2</sup> debido, entre otros factores, a los costos que representa la adaptación o inversión en modificaciones tecnológicas.

En este marco, la legislación promueve la recuperación de los residuos ya sea como materia prima para procesos de manufactura o aprovechamiento energético, a través de la implementación de PM de RME. Precisamente, éstos tienen por objeto el diseño, aplicación y seguimiento de mecanismos y acciones que fomenten la prevención y gestión integral de los residuos basados en la recolección selectiva desde la fuente, la maximización del aprovechamiento de los materiales valorizables, el tratamiento tecnológicamente adecuado y la minimización de la disposición final. Por esta razón su instrumentación debería resultar positiva en términos económicos y ambientales, más allá del requerimiento legal.

## 1.2. JUSTIFICACIÓN

Tal como se mencionó, uno de los objetivos del PNGPIR es lograr PM para corrientes específicas de RME. Para ello, es necesario integrar un diagnóstico básico sobre el universo de residuos de cada sector. La elaboración y registro de PM, constituyen una herramienta para la recopilación de información relevante sobre la gestión de residuos en la industria azucarera. Sin embargo, su utilidad para este fin depende de la consistencia en el levantamiento de la información y la sistematización de su tratamiento.

Por otro lado, dado que los RME y sus correspondientes PM son de competencia estatal y, que las entidades federativas han ido expidiendo su legislación de manera gradual; se desconoce la cantidad de unidades productivas que han adoptado o se encuentran en proceso de desarrollo de un PM. Aún así, los grupos industriales y unidades productivas particulares que ya implementaron un PM han logrado un primer acercamiento al manejo estructurado y formal de sus residuos. Entre otros aspectos, la elaboración de PM ha implicado decisiones tales como la determinación de los materiales o elementos residuales que deben considerarse como tales o podrían clasificarse como subproductos y aprovecharse.

La propuesta de una metodología particularizada para las unidades productivas pretende estandarizar el procedimiento de elaboración de PM y se propone como un instrumento para la recolección y análisis de datos dentro del ciclo de manejo de residuos. Además, busca asentar una base a partir de la cual se mejore consistentemente la elaboración de dichos planes, fundamentada en la descripción de la situación actual.

El sector elegido destaca por su relevancia socio económica en el país. Si bien, los dos principales componentes de la agroindustria azucarera, campo y fábrica, constituyen generadores de RME, se eligió el segmento de manufactura de azúcar por razones de factibilidad práctica y porque el estudio de los residuos agropecuarios será asumido por

---

<sup>2</sup> Los subproductos son productos colaterales a la producción azucarera (LDSCA).

las autoridades federales, de acuerdo a lo planteado en el PNPGR. Es decir, el estudio de la gestión de RME en las unidades productivas corresponde a los propios generadores. Adicionalmente, el universo de unidades productivas es reducido y cuenta con múltiples canales de comunicación, por lo que sería de esperarse que una adecuada implementación de la metodología, derivará en resultados positivos.

### 1.3. OBJETIVOS

#### 1.3.1. GENERAL

Desarrollar una metodología para la elaboración de Planes de Manejo de Residuos en la Industria Azucarera, tomando como caso de estudio el Ingenio Adolfo López Mateos; en el marco de la legislación nacional.

#### 1.3.2. PARTICULARES

- Identificar los residuos comúnmente generados en la industria de producción de azúcar mediante el análisis de los procesos productivos y la elaboración de un estudio de generación en el Ingenio caso de estudio.
- Identificar los métodos actuales de gestión de residuos, a través de un diagnóstico de manejo aplicado al caso de estudio, Ingenio Adolfo López Mateos.
- Desarrollar procedimientos, indicadores de desempeño e instrumentos como componentes de la guía para la elaboración de planes de manejo.
- Plantear el análisis de factibilidad ambiental, económica y social del plan de manejo del caso de estudio mediante un procedimiento para el estudio costo-beneficio.

### 1.4. ALCANCE

- La metodología y el análisis del caso de estudio considerarán únicamente los residuos de manejo especial y residuos sólidos urbanos, de acuerdo a la clasificación legal mexicana.
- El caso de estudio es un ingenio azucarero ubicado en el estado de Oaxaca.
- El caso de estudio considera la elaboración del plan de manejo, excluyendo las etapas de planeación, implementación y control del mismo.

1.5. RESULTADOS ESPERADOS

- Plan de Manejo de residuos para el ingenio del caso estudio, que sirva como modelo para otros ingenios similares.
- Metodología general para la elaboración de Planes de Manejo de residuos en las unidades productivas industria azucarera.



## CAPÍTULO 2. MARCO CONCEPTUAL

---

El azúcar se define como un producto sólido obtenido por la cristalización de la sacarosa contenida en los jugos de determinadas especies vegetales mediante procesos industriales apropiados y específicos. Su producción a partir de la caña de azúcar es un proceso consolidado y estable, cuyas variaciones son mínimas y ocurren en las etapas finales, dependiendo del grado de refinación deseado.

Las unidades productivas denominadas en México Ingenios y dentro de la agroindustria cañera, fábricas, son las plantas industriales dedicadas a la transformación e industrialización de la caña de azúcar. La producción de azúcar, realizada en dichas instalaciones conlleva múltiples impactos ambientales, comunes a diversos países productores.

En el presente capítulo se presenta una breve descripción de las operaciones realizadas en las unidades productivas y los impactos ambientales asociados. Así mismo, se delimita la industria en estudio y se proporciona una descripción de sus características generales. Adicionalmente, se presenta una descripción de los residuos objeto de estudio, los elementos asociados a su manejo y las formas de aprovechamiento referidas en la literatura. En este marco, se señalan las particularidades de la industria azucarera mexicana.

### 2.1. DESCRIPCIÓN BÁSICA DEL PROCESO PRODUCTIVO

La caña de azúcar (*Saccharum officinarum*), es la materia prima de la agroindustria azucarera. Dependiendo de factores agrícolas y de la eficiencia productiva en fábrica, el azúcar representa alrededor del 10% de la caña, el resto se convierte en subproductos. A nivel internacional se han obtenido hasta 50 derivados partir del procesamiento de estos últimos. (Cortés García, 2007). En la Tabla 2.1 se listan los subproductos de la industria azucarera y sus principales usos.

Tabla 2.1 Subproductos de la industria azucarera

Subproductos	Usos
Bagazo	Empleo como combustible, fabricación de papel y productos relacionado; producción de químicos, carbón activado; empleo como sustrato, mejorador de suelo y para alimentación animal.
Melaza	Producción de alcoholes, etanol, levaduras, proteínas unicelulares; empleo para alimentación animal, como fertilizante y mejorador de suelo.
Cachaza	Empleo como fertilizante, mejorador de suelo, para alimentación animal; obtención de ceras.
Ceniza	Empleo como fertilizante.
Residuos de batey	Empleo como sustrato y para alimentación animal.

Cuando la caña de azúcar alcanza su punto óptimo de madurez se cosecha mediante corte manual o mecánico, predominando en México el primer método. La caña se carga en camiones o trenes de carretas arrastradas por tractores hacia el patio de almacenamiento, denominado *batey*, que es donde comienza el proceso de manufactura.

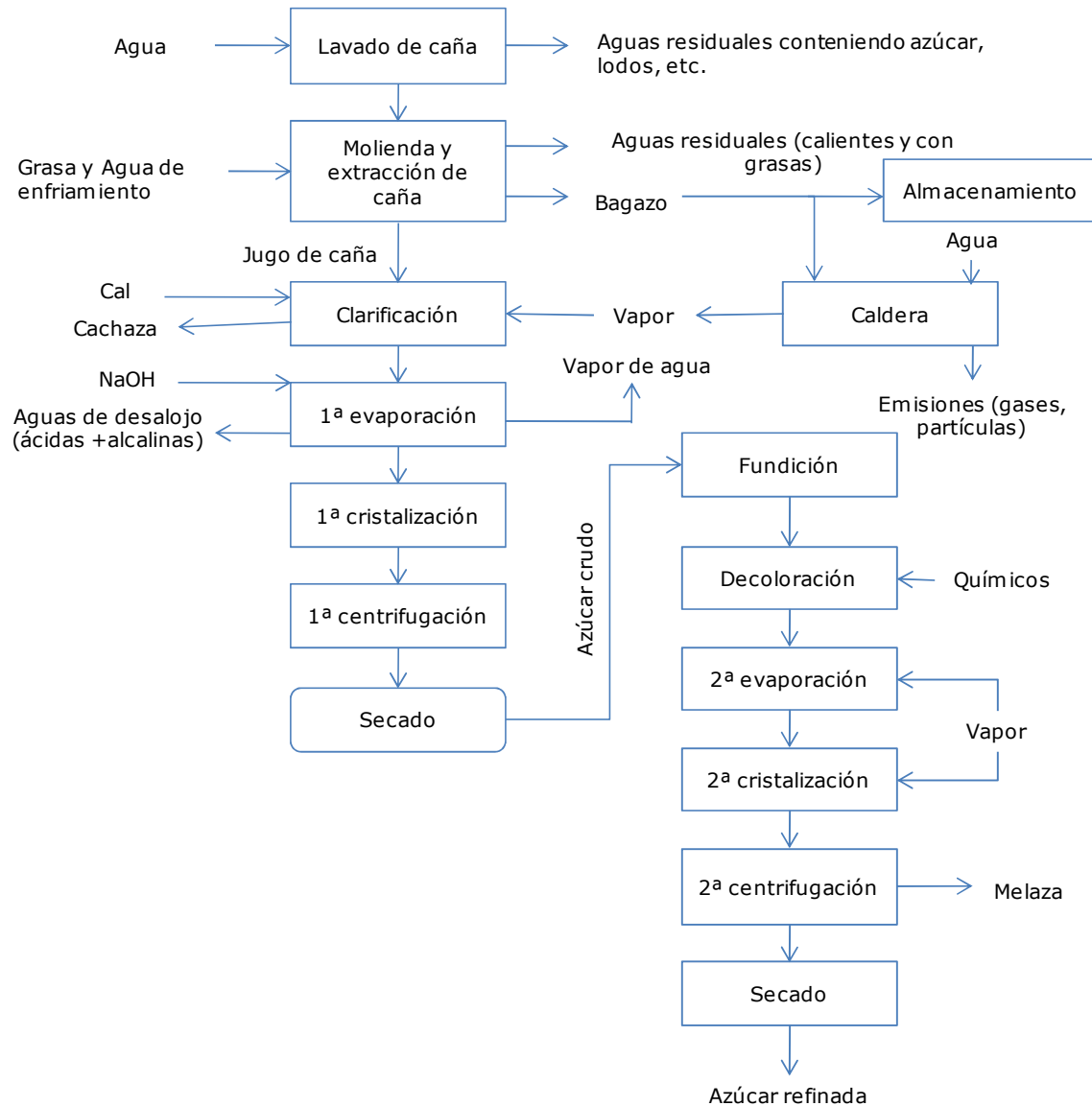


Figura 2.1 Diagrama de flujo de proceso en la producción de azúcar  
Adaptado de: (CMP+L, IPN, 2005)

El proceso de elaboración de azúcar varía dependiendo del tipo de azúcar producida; condicionado por su grado de refinación. En general, comprende siete operaciones unitarias dentro del ingenio, que se describen a continuación. En la Figura 2.1 se observa el diagrama de flujo para la producción de azúcar refinada, mismo que constituye el proceso más extenso dentro de esta industria.

### 1. BATEY

Una vez que se recibe la caña en el ingenio, pasa por la báscula para determinar su peso. A continuación se conduce hacia el área de molinos. La descarga en esta última área se efectúa utilizando grúas puente y volteadores que levantan rollos amarrados con cadenas y los depositan en las mesas alimentadoras o bien, las estiban según las necesidades y la hora del día. Las mesas alimentadoras conducen la caña hacia la batería de molinos. Dichas mesas pueden o no estar integradas a un sistema de lavado (con agua) de caña. Existen también procesos de limpieza en seco, que se realizan de forma mecánica en las mismas mesas alimentadoras.

En el patio de batey se acumulan desperdicios de caña, generados durante el proceso de descarga a la mesa alimentadora, así como residuos varios, recolectados en las transportadoras hacia los molinos.

### 2. MOLIENDA (EXTRACCIÓN DEL JUGO)

La caña se prepara, pasándola por dos juegos de cuchillas giratorias que cortan los tallos y los convierten en astillas. Este material pasa hacia la desfibradora, que desmenuza la caña pero no extrae el jugo y, posteriormente, hacia la batería de molinos que es donde se realiza la operación de molienda. Los molinos consisten en unidades múltiples de rodillos ranurados, llamados mazas, entre los cuales se comprime sucesivamente la caña para extraer la mayor cantidad posible de jugo. El material residual de este proceso es el bagazo.

Con el objeto de propiciar una mayor extracción de jugo, mediante lixiviación, el colchón de bagazo se rocía con agua caliente o jugo pobre en azúcar, comenzando en orden regresivo por la última unidad moledora. Este proceso se conoce como imbibición. La imbibición del último y penúltimo molino se realiza con agua; el jugo extraído se utiliza para imbibir los molinos anteriores. La temperatura caliente facilita la lixiviación de azúcar.

En las prácticas de molienda más eficientes, más del 95% del azúcar contenido en la caña pasa al guarapo; este porcentaje se conoce como la extracción de sacarosa (Pol de extracción).

El jugo que se envía al proceso subsecuente es el extraído de los dos primeros molinos, conocido como jugo mezclado o guarapo. Éste es ácido, turbio, de color verde oscuro a café claro. El jugo se pesa en una báscula automática para dosificar un pre alcalinizador.

El bagazo que sale del último molino aún contiene azúcar que no fue posible extraer, fibra leñosa y de un 45% - 55% de agua. Es el principal derivado obtenido del proceso de fabricación de azúcar.

### 3. CLARIFICACIÓN (PURIFICACIÓN DEL GUARAPO)

El jugo se somete a un tamizado basto ya que contiene partículas finas de bagazo (bagacillo) y de tierra que requieren eliminarse antes de iniciar la clarificación. Para

ello se emplean coladores vibratorios que reducen el bagacillo a aproximadamente 0.5g/L de jugo.

El objetivo de la etapa de clarificación es eliminar parte de las impurezas solubles e insolubles del jugo mezclado. Para ello, se le adiciona lechada de cal y color como agentes clarificantes. La lechada de cal se prepara con aproximadamente 0.5 kg de cal (CaO) por tonelada de caña molida. La mezcla resulta en sales insolubles de calcio, principalmente fosfatos de calcio.

El jugo alcalino se calienta en calentadores, en dos pasos: 75°C y 105°C. Se lleva hasta el punto de ebullición o más arriba; así se coagula la albúmina y algunas grasas, ceras y gomas. Se adiciona floculante que precipita sólidos en suspensión y partículas finas. En los clarificadores continuos se separan los lodos del jugo, mediante sedimentación y filtrado en tambores rotativos. El jugo clarificado, con un contenido aproximado de 85% de agua, sale por derrame del clarificador y es canalizado, mediante gravedad, hacia un tanque receptor. El residual obtenido se denomina cachaza o torta de la prensa.

Debido a que la cachaza aún contiene sacarosa, se reprocesa para extraerla. Lo anterior se efectúa con ayuda de bagazo fino (bagacillo), que se recupera de tamices ubicados en el conductor elevado del bagazo. La cachaza se mezcla con el bagacillo, se filtra y lava con agua en el tambor rotatorio al vacío, a presión constante. Este jugo se devuelve al tanque de guarapo y la cachaza se desecha.

#### 4. EVAPORACIÓN

El jugo clarificado contenido en el tanque se bombea hacia el pre evaporador y de ahí a los evaporadores de múltiple efecto al vacío. Éstos consisten en una sucesión (cuádruple o triple) de celdas de ebullición al vacío o "cuerpos" dispuestos en serie de manera que cada cuerpo subsiguiente tenga un grado de vacío mayor y por consiguiente, el jugo contenido en dicho cuerpo hierva a menor temperatura.

De esta manera, los vapores producidos en un cuerpo calientan hasta la ebullición el jugo que contiene el siguiente. Mediante este sistema, el vapor introducido en el primer cuerpo efectúa una evaporación de múltiple efecto. El vapor que sale del último cuerpo se dirige a un condensador barométrico.

Así se logra eliminar dos terceras partes del agua contenida en el jugo. El jugo concentrado, producto del último cuerpo, se llama meladura y tiene un contenido de 60-65% de sólidos; el porcentaje restante es agua.

El parámetro más importante en esta etapa es la temperatura que no debe sobrepasar los 110°C para que las pérdidas de sacarosa no superen el 0.1%.

#### 5. CRISTALIZACIÓN

La meladura se conduce hacia los tachos que son recipientes al vacío, intermitentes, de simple efecto. En éstos se evapora el jarabe hasta quedar saturado, momento en el

cual se añaden semillas que sirven como núcleos para la formación cristales de azúcar (ensillamiento). La sobresaturación aceptable oscila entre 1.10 y 1.15%.

De manera óptima, los cristales originales crecen sin que se formen cristales adicionales. A medida que se deposita azúcar en los cristales, procedente de la masa en ebullición, el crecimiento continúa. Cuando el recipiente se llena, los cristales habrán alcanzado el tamaño previamente calculado (aproximadamente 1 mm). La mezcla de cristales y jarabe se concentra hasta formar una masa densa, conocida como masa cocida. Templa es el contenido total de la masa dentro del tacho. La templa se descarga por medio de una válvula colocada en la parte inferior del tacho, hacia el cristizador. Este último es un recipiente de agitación continua y sirve para agotar al máximo las mieles. La masa cocida se envía a las centrífugas.

Las centrífugas se encuentran suspendidas sobre un eje y cuentan con paredes laterales perforadas, forradas en el interior con tela metálica. En el revestimiento más fino de la centrífuga se deposita el azúcar que es raspado automáticamente con unas cuchillas, al descargar la máquina.

El procedimiento suele realizarse mediante tres templeas, doble ensillamiento, recirculando las mieles de las primeras dos templeas. La miel de la última templa consiste en un residual o subproducto denominado miel final o melaza.

#### 6. REFINADO

El azúcar obtenido de la centrifugación de la primer templa se conduce mediante un transportador helicoidal hacia el tanque fundidor donde se disuelve con agua caliente, a una temperatura de 80°C y a un Brix entre 63 y 65%. El licor fundido se bombea a un tanque de homogeneización y posteriormente, a coladores vibratorios donde se tamiza para remover partículas en suspensión. El licor se vuelve a calentar a 95°C para pasar inmediatamente a un tratamiento químico a base de cal y ácido fosfórico para neutralizarlo. Así mismo, se eliminan las impurezas mediante la inyección de aire comprimido que promueve la formación de espumas (vehículo de remoción). Además, se adiciona un decolorante inorgánico (agua oxigenada) y otro orgánico (poliacrilamida). De ahí pasa a un clarificador circular donde se elimina la espuma, por medio de paletas raspadoras.

El licor clarificado tiene la mitad del color original. Así, el licor se envía a una última decoloración, pasándolo a través de columnas empacadas con carbón granular. Este licor se envía a un sistema denominado de quince templeas, mediante el cual se obtienen cuatro calidades de azúcar y mieles. El refinado no se realiza durante la producción de azúcar crudo. El grado de refinamiento, determinará la calidad del azúcar y su denominación.

#### 7. SECADO Y ENVASADO

El azúcar se seca mediante un equipo rotatorio, con el que se reduce su contenido de humedad hasta un 0.045%. Para ello, se hace pasar una corriente de aire a 120°C a

través del granulador o secador. El aire se calienta en radiadores, por medio de vapor sobrecalentado. Al mismo tiempo, se extrae, atrapa y descarga el polvillo de azúcar.

El azúcar seca y fría que sale del secador se transporta mediante una banda transportadora de hule hacia la tolva recolectora donde se envasa en sacos de 50 kg. Por último, los sacos se cosen y envían a una bodega.

## 2.2. IMPACTO AMBIENTAL DERIVADO DEL PROCESO DE PRODUCCIÓN DE AZÚCAR

La caña de azúcar es uno de los cultivos con mayor capacidad para convertir la energía solar en biomasa. Su productividad y rendimiento depende del suelo y de la cantidad de inversión monetaria en fertilizantes y agroquímicos. México es el sexto productor a nivel mundial no obstante, existe una brecha tecnológica considerable, en comparación con otros grandes productores como Brasil. Aún con las diferencias tecnológicas, el proceso base de transformación de la industria azucarera es similar en toda Latinoamérica y provoca efectos directos y a distancia, como una alta incidencia de contaminantes sobre el suelo. (INE, 2009)

El impacto sobre el medio ambiente puede dividirse en dos eventos dentro de la agroindustria: la obtención de la materia prima y el proceso de producción (SEDESOL, 1994). En este texto se hará referencia a los impactos ocasionados por el proceso manufacturero.

En 2009, el Instituto Nacional de Ecología realizó un estudio de impacto ambiental de las actividades de la agroindustria cañera en la Subcuenca Laguna el Salado, de la cuenca del Papaloapan, Veracruz. Para ello, propuso varios indicadores de impacto bajo el esquema Presión – Estado – Respuesta (PER), considerando seis vertientes. Cabe señalar que en esta cuenca operan 15 ingenios, que corresponden aproximadamente al 26% del total nacional.

En la Tabla 2.2 se señalan los indicadores de presión y de estado, asociados al proceso de producción de azúcar, conforme al estudio citado. Los indicadores de respuesta no se presentan ya que únicamente constituían propuestas de acción.

Tabla 2.2 Matriz de indicadores de impacto de la industria cañera

<i>Vertiente</i>	<i>Indicadores de Presión</i>	<i>Indicadores de Estado</i>
	Generación de residuos sólidos urbano, suburbanos y rurales.	Disposición o ubicación final de residuos sólidos.
<i>Calidad del agua</i>	Descarga de aguas municipales e industriales (proceso de transformación de la caña y lavado de ingenios) en los acuíferos del área en estudio.	Presencia de coliformes fecales, elevada Demanda Bioquímica y Química de Oxígeno (DBO y DQO), presencia y exceso de grasas, aceites, fosfatos (fósforo total), nitratos y nitritos en las aguas superficiales del área en estudio, así como cambios en salinidad y pH.

<i>Vertiente</i>	<i>Indicadores de Presión</i>	<i>Indicadores de Estado</i>
	Descarga de aguas residuales municipales e industriales (proceso de transformación de la caña y lavado de ingenios)	Presencia de coliformes fecales, elevada DBO y DQO, presencia y exceso de grasas, aceites, fosfatos (fósforo total), nitratos y nitritos en las aguas superficiales del área en estudio, así como cambios en salinidad y pH.
<i>Biodiversidad</i>	Contingencias ambientales de origen antropogénico como derrames de químicos e incendios provocados.	Diversidad y riqueza de especies en los hábitats naturales.
<i>Atmósfera</i>	Emisiones de gases de efecto invernadero y otros, por quema de combustibles fósiles, de cultivos y derivados del proceso de transformación en los ingenios y del parque vehicular.	Promedio anual de las concentraciones máximas diarias y días en que se excede la normatividad: CO, CO <sub>2</sub> , NO, PM10, SO <sub>2</sub> , humo, O <sub>3</sub> , cenizas, partículas suspendidas totales. Inventario de emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) por parte de los ingenios azucareros y, del parque vehicular por parte de los municipios y el estado.

Fuente: (INE, 2009)

La Figura 2.2 representa las actividades del proceso que constituyen la fuente de los impactos ambientales, con enfoque a los principales procesos e insumos. A continuación se describen brevemente los impactos más significativos de acuerdo a diversos autores.

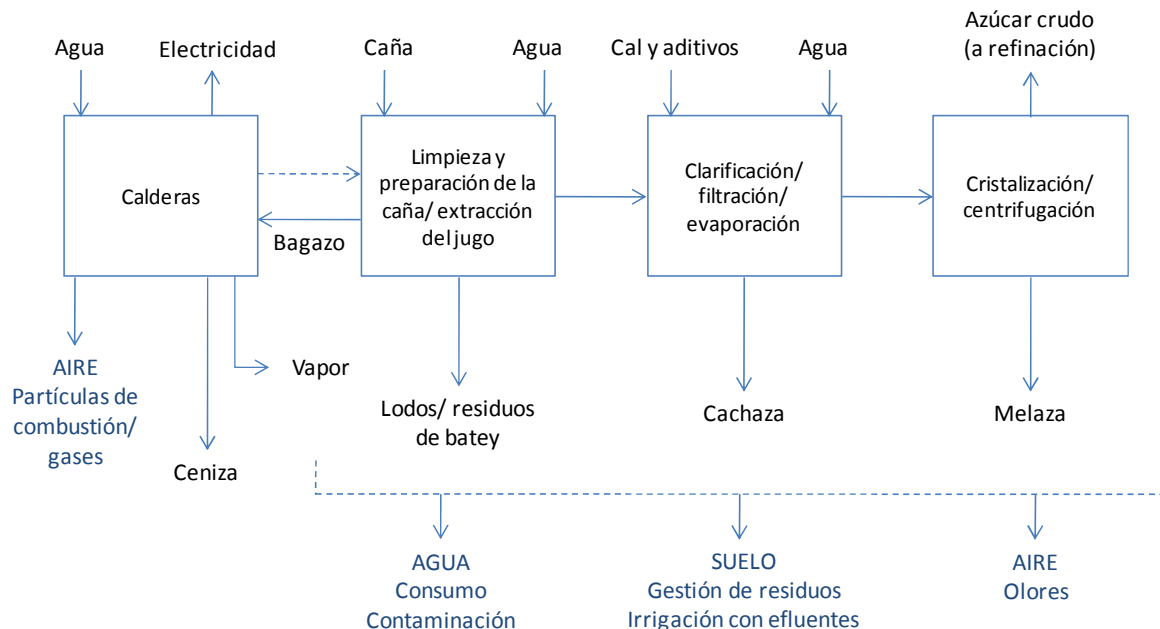


Figura 2.2 Fuente de impactos ambientales derivados de la producción de azúcar  
Adaptado de: (Cheesman, 2004)

### *2.2.1. AFECTACIONES A SUELO Y AGUA*

El consumo intensivo de agua como parte del proceso y su posterior descarga constituyen, sin duda, los impactos más relevantes provocado por esta industria (Cheesman, 2004). Los efluentes residuales contienen una alto DQO, así como agentes químicos utilizados durante el proceso, tales como: cal (CaO), grasas y aceites, agua contaminada con sosa durante el lavado de los ingenios, etc.

Las descargas de agua industrial suelen recibir como único tratamiento una estadía en lagunas de sedimentación, por lo que su descarga en aguas superficiales repercute negativamente en la biota. Además, su irrigación inadecuada en suelos contamina igualmente las aguas superficiales, debido al efecto de la lluvia y arrastre y; aguas subterráneas, por lixiviación.

Por otro lado, el suelo puede ser afectado negativamente por una gestión deficiente de los subproductos (bagazo, cachaza), lo que incide en una disminución de su calidad. Así mismo, la existencia de tiraderos a cielo abierto de RSU, ubicados principalmente cerca de los centros poblacionales provoca la acumulación de diversos contaminantes que migran al suelo y cuerpos de agua.

### *2.2.2. BIODIVERSIDAD*

El impacto en la biodiversidad consiste en efectos secundarios derivados de la contaminación ambiental. Por ejemplo, la descarga de agua residual a cuerpos de agua tiene un efecto inmediato sobre la flora acuática, modificando el tipo de especies presentes o eliminándolas en su totalidad. Adicionalmente, los efluentes provocan la reducción del número de macro invertebrados y someten a condiciones de estrés a las especies nativas de peces.

### *2.2.3. AFECTACIONES ATMOSFÉRICAS*

La práctica de quema de bagazo como suministro de energía del proceso productivo puede redundar en emisiones contaminantes. Sin embargo, esto depende de diversos factores, que serán abordados más adelante, y constituye la opción preferencial para la reutilización de dicho subproducto.

Adicionalmente, los residuos del proceso pueden causar graves problemas de olor a consecuencia de la emisión de gases nocivos.

## **2.3. RESIDUOS GENERADOS POR LA INDUSTRIA AZUCARERA**

En la Figura 2.3. se esquematiza el balance de productos y residuos con base en una tonelada de caña que ingresa al ingenio.



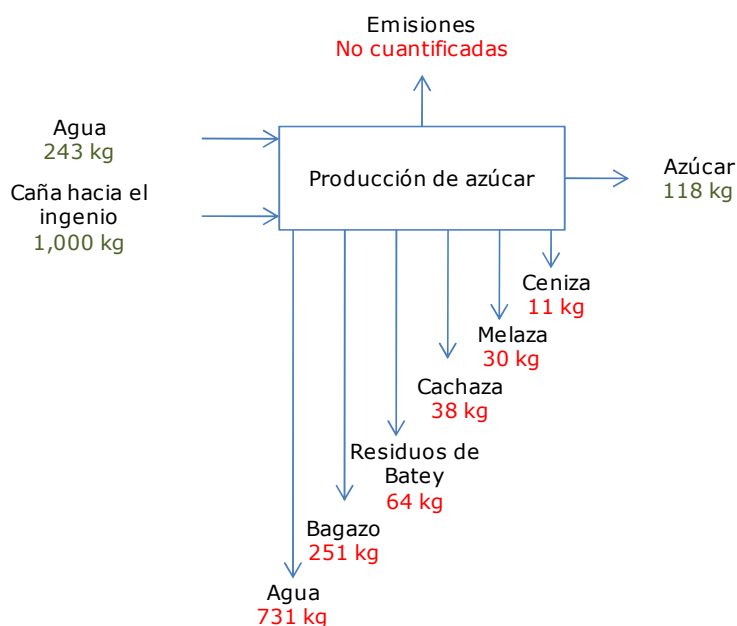


Figura 2.3 Balance de subproductos y residuos sobre base de 1 tonelada de caña  
Adaptado de: (ICIDCA-GEPLACEA-PNUD, 1990)

Los residuos se pueden dividir según su composición, origen y características. De acuerdo a una revisión de la literatura, en las tablas 2.3, 2.4 y 2.5 se indican los residuos generados en las unidades productivas, según su estado físico.

Tabla 2.3 Residuos sólidos generados en las unidades productivas

Origen	Residuo	Observaciones
Cañaveral	Residuos de Batey	
Molinos	Bagazo	Debido a su factibilidad de aprovechamiento, representan una oportunidad para la diversificación de la industria.
Clarificadores	Cachaza	
Centrífugas	Melaza	
Calderas	Ceniza	
Áreas administrativas, comedor	Residuos de características municipales	RSU de acuerdo a la legislación. No son generados por el proceso productivo.
Áreas productivas	Residuos de productos químicos	RP de acuerdo a la legislación. Corresponden a residuos de insumos.

Tabla 2.4 Emisiones generadas en las unidades productivas

Origen	Residuo	Observaciones
Calderas	Gases, partículas suspendidas	Son la principal fuente de contaminación atmosférica. Su volumen y composición depende de múltiples factores.
Efluentes y residuos en deterioro	Olores, gases (incluyendo H <sub>2</sub> S)	Su generación depende de la gestión del efluente y los residuos.
Sistema de tratamiento de efluentes	CH <sub>4</sub> , CO <sub>2</sub> , NH <sub>3</sub> , H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	Su generación está en función de los métodos de tratamiento y su apropiado manejo.

Tabla 2.5 Residuos líquidos generados en las unidades productivas

<i>Origen</i>	<i>Residuo</i>	<i>Observaciones</i>
Áreas productivas	Aguas residuales de la fabricación de azúcar	Por su volumen y características es el residuo que representa mayor riesgo de impacto ambiental negativo.
Batey/ limpieza de caña	Agua producto del lavado de caña	No se genera en todas las unidades productivas ya que algunas cuentan con sistemas de limpieza en seco.
Condensador barométrico	Agua de enfriamiento	Constituyen un residuo con potencial de reutilización a nivel interno.
Calderas, evaporadores, tachos, patios y pisos.	Agua producto de la limpieza de equipo	Comparativamente, se produce en pequeñas cantidades, insuficiente para modificar las características de los efluentes combinados. (Cheesman, 2004)

Existen otros residuos de importancia, producto de la elaboración de derivados tales como (Basanta, 2007):

- Vinazas o mostos de residuos alcohólicos.
- Aguas residuales procedentes del proceso de producción de levadura Torula.
- Residuos generados por la producción de Dextrana.

Aún cuando la obtención de derivados puede representar un aliciente económico, no se realiza necesariamente en las unidades productivas debido entre otros factores, al comportamiento del mercado, inversión y competencias adicionales requeridas. Las características de los principales residuos sólidos generados en las unidades productivas se describen a continuación.

### 2.3.1. BGAZO

El bagazo es el subproducto o residuo de la molienda. Equivale aproximadamente a una tercera parte de la caña molida.

Consiste en la fibra leñosa de la caña, en el que permanecen el jugo residual y la humedad provenientes del proceso de extracción. La fibra incluye sólidos insolubles, fibrosos o no. En la práctica, aproximadamente la mitad es fibra y la otra mitad es jugo residual. La fibra es la fracción portadora de elementos estructurales que permiten el uso del bagazo en la industria de los derivados.

Inmediatamente después de la extracción de jugo, el bagazo contiene un aproximado de 40-50% de humedad y 1-3% de azúcar. La composición típica del bagazo de muestra en la Tabla 2.6.

El manejo del bagazo constituye un problema debido al espacio que ocupa el material. Adicionalmente, debido a sus propiedades, el uso del bagazo debe procurarse inmediatamente después de su generación. El almacenamiento sólo debe considerarse cuando se utiliza como materia prima para otras operaciones que se realizan de manera continua a lo largo del año.

Tabla 2.6 Composición del bagazo

Componente	Base seca (%)
Celulosa	40.00
Gomas	24.40
Proteínas	1.80
<i>Azúcares</i>	
Sacarosa	14.00
Glucosa	1.40
Ácidos	0.40
Grasas y ceras	0.60
Cenizas	2.40
Lignina	15.00
Sílice	-

Fuente: (Cortés García, 2007)

En muchas regiones se recurre a embalar o apilar el bagazo con el fin de que ocupe menos volumen para su almacenamiento. El peso volumétrico promedio del bagazo es de 200 kg/m<sup>3</sup> cuando está apilado y de 120 kg/m<sup>3</sup> cuando está suelto.

La conformación de las pilas puede realizarse con ayuda de agua, aire, mezclándolo con melaza para facilitar la adhesión o con el apoyo de medios mecánicos (tractor u otro). Los factores a considerar son la configuración geométrica (taludes y ángulos de reposo) y densidad de las pilas.

El almacenamiento puede realizarse en silos especiales o al aire libre. Siempre considerando que para la buena conservación del bagazo, la disipación de calor debe estar en equilibrio con su generación. Por esta razón, la pila puede enfriarse con agua, previendo el riesgo que conlleva la lixiviación del material y, que el bagazo seco puede absorber cinco o más veces su peso en agua.

Uno de los problemas asociados a su gestión es que cuando el bagazo está viejo y seco, se enmohece y puede contener gran cantidad de esporas (240 a 500 millones por gramo de peso) que se liberan en parte al ambiente durante su manejo y transporte. Esto puede propiciar la enfermedad denominada bagazosis.

A continuación se describen brevemente los usos más comunes del bagazo.

#### COMBUSTIBLE PARA CALDERAS

La mayoría del bagazo producido, a nivel mundial, sirve como combustible para la generación de vapor en los ingenios. Este proceso se encuentra automatizado y no ha sufrido variaciones significativas en, por los menos, tres décadas.

El valor calorífico del bagazo seco es uniforme a nivel mundial, entre 4,550 - 4,660 cal. Un nivel de humedad del 53-54% reduce el valor calorífico del bagazo y la eficiencia de calderas, creando en ocasiones, la necesidad de utilizar combustible suplementario. La humedad óptima oscila entre el 46-50%. El bagazo se puede pre-deshidratar utilizando el calor residual del gas de combustión de la caldera, lo que reduce su humedad al 46-

47%. Esto permitirá disponer de un 10-15% de excedente que puede destinarse a otros propósitos industriales.

#### FABRICACIÓN DE PAPEL Y PRODUCTOS RELACIONADOS

La pulpa de bagazo tiene muchas aplicaciones para fabricación de papel: bolsas, envolturas, papel para imprimir, de escritura, papel higiénico, pañuelos faciales, toallas, papel cristal, semicorrugado, cartón para forro, cartón blanqueado, material de revestimiento y papel periódico. Así mismo, el bagazo puede utilizarse para la fabricación de tableros aglomerados y tablas aislantes.

El bagazo fresco y no degradado da los mejores resultados para la producción de pulpa. Por lo tanto, un prerequisite es la minimización de la pérdida de material y calidad durante el almacenamiento. El acondicionamiento del material, que puede realizarse en sitio o en la planta manufacturera, requiere diversos insumos químicos y agua.

#### DERIVADOS QUÍMICOS Y CARBÓN ACTIVADO

A partir del bagazo pueden obtenerse derivados como los listados a continuación, que a su vez son insumos para la fabricación de diversos productos: furfural, alfa celulosa, xilitol y plásticos (polímeros). Cada uno de ellos tiene múltiples aplicaciones. Adicionalmente, puede utilizarse como una fuente de carbón activado.

La producción de derivados químicos requieren el fraccionamiento del bagazo en sus componentes celulósicos y ligníticos. Por su parte, la manufactura de carbón activado se realiza mediante la carbonización del material y su posterior activación.

#### COBERTURA Y MEJORADOR DE SUELO

Existe un reducido mercado para estas aplicaciones. Requiere la separación del bagazo previamente desecado en varias fracciones, según el tamaño de las partículas, mediante tamices vibratorios. Se divide en tres partes con diferentes aplicaciones para cada una de ellas: gruesa, media y fina. En el caso de mejorador de suelos, puede aplicarse directamente o utilizarse para la fabricación de composta.

#### OTROS USOS

- Alimento para ganado.
- Cama para ganado.
- Sustrato para cultivo de hongos.
- Producción de metano a partir de su fermentación .

#### 2.3.1.1. BAGACILLO

Las partículas finas de bagazo se denominan bagacillo. Éste se obtiene de forma específica dentro de las unidades productivas para aplicaciones internas, mediante tamizado o separación con aire del último molino. El bagacillo recuperado debe ser de consistencia fina y libre de fibras largas.

El bagacillo se emplea para facilitar la filtración de la cachaza mediante adición a las espumas y lodos del clarificador, a razón de 4-15 kg/ton de caña (considerando que 15 kg corresponden a 4.5% del bagazo del molino).

### 2.3.2. CACHAZA

La cachaza (o torta de filtro) es un residuo esponjoso, amorfo, de color oscuro a negro, que absorbe grandes cantidades de agua. Es el principal residuo de la industria de caña ya que no es valorizable. Se produce durante la clarificación del jugo de caña y se recoge a la salida de los filtros al vacío.

Tiene una tasa de generación aproximada entre 3 y 5% de la caña molida; 10-20% del guarapo. Contiene muchos de los coloides de la materia orgánica originalmente dispersa en el jugo que, junto con aniones orgánicos e inorgánicos, precipitan durante la clarificación. Otros compuestos no azúcares incluyen tierra, cera, sustancias albuminoides, calcio, fósforo y nitrógeno. La composición de la cachaza se muestra en la Tabla 2.7.

Tabla 2.7 Composición de la cachaza

Componente	Base seca (%)
Proteína cruda	12 - 16
Extracto al benceno (cera, aceite y resina)	10 - 14
Ceniza	8 - 12
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	3 - 5
CaO	2.5 - 5
Sacarosa y azúcares reductores	10 - 14
Residuos de caña	18 - 25
Otros	25 - 35

Fuente: (ICIDCA-GEPLACEA-PNUD, 1990)

En general, la cantidad de cachaza por tonelada de caña aumenta a medida que la zafra avanza. Se considera que la obtención de cachaza es:

- Filtros prensa: 14-18 kg /ton de caña, con humedad del 55-65%.
- Filtros rotatorios al vacío: 27-64 kg /ton de caña con humedad de 65 - 80%.

La cachaza debe rasparse rápidamente de los filtros, una vez que ha sido generada y filtrada, para evitar la formación de costra. En caso de que la cachaza se enfríe en sitio, puede alcanzar una temperatura apropiada para la acción bacteriana y el deterioro. Lo anterior impediría su utilización posterior, resultando en pérdidas indeterminadas.

Para fines de su disposición sin tratamiento previo, la cachaza puede manejarse en forma seca o mezclarse con agua y descargarse directamente en el sitio destinado para ello. Aunque, preferentemente se reconocen varios usos que se describen a continuación.

#### FERTILIZANTE Y MEJORADOR DE SUELOS

La aplicación de la cachaza en el campo, ya sea de forma directa o como composta, constituye el destino final óptimo. Los microorganismos que se desarrollan a partir de ésta aumentan la estabilidad de los agregados de la tierra, mientras que el valor nutritivo de la cachaza da un mayor rendimiento de la caña de azúcar. Las cantidades a aplicarse dependen de las características del suelo.

Los inconvenientes resultan de la generación de olores y el riesgo de provocar mayores impactos negativos dadas las características combinadas del suelo receptor y la cachaza.

#### CERA

La cera cruda se extrae comercialmente de la cachaza gracias a que este residuo contiene alrededor de la mitad de la cera de la caña. Es posible recuperar cerca de 1kg de cera cruda por cada tonelada de caña, dependiendo de la variedad de la caña y la región donde crece.

Las ceras refinadas de la caña disponibles en cantidades suficientes, se modifican químicamente a fin de que desarrollen propiedades particulares para usos especiales. Sin embargo los costos de extracción y procesamiento son relativamente altos, dejando un reducido margen de ganancias.

#### SUPLEMENTO ALIMENTICIO PARA ANIMALES

La cachaza puede comprimirse y peletizarse para incluirla en el forraje de animales con un valor nutricional aceptable. La combinación con otros residuos incrementa el valor de esta aplicación. Los pellets de cachaza ofrecen excelentes facilidades de almacenamiento.

#### 2.3.3. MELAZA

La miel o melaza final o residual es el subproducto es el líquido denso y viscoso que se separa de la masa cocida final de bajo grado a partir del que no es posible cristalizar azúcar adicional mediante los métodos corrientes. Se describe por lo general como no comestible porque no se usa para consumo humano. Es uno de los residuos con mayor potencial de valorización y aprovechamiento por lo que frecuentemente se le considera otro producto de la fabricación o refinación de azúcar.

La miel final o melaza contiene la mayor porción de los no azúcares del jugo del cual se deriva, junto con una porción de sacarosa y azúcares reductores. Por consiguiente, se desprende que la composición debe variar (como sucede con la composición del jugo de la caña) con la variedad y madurez de la caña, las condiciones climáticas y del terreno, el grado de la molienda, la naturaleza de los procedimientos de clarificación y otros factores.

Durante el proceso ocurren ciertos cambios; así, cualitativa y cuantitativamente, los no azúcares presentes en la miel difieren de los del jugo correspondiente. Los cambios

ocasionados por la acción de la cal u otros álcalis a temperaturas elevadas sobre los azúcares reductores, especialmente la levulosa, constituyen la fuente principal de los nuevos compuestos que se encuentran en la miel, elevando la gama de sus constituyentes a más de 200 sustancias.

La composición de la melaza es en extremo variable por lo que no es posible formular un análisis típico. Aún así, la composición promedio de sus macro componentes se muestra en la Tabla 2.8.

*Tabla 2.8 Composición promedio de la melaza*

<i>Componente</i>	<i>Base seca (%)</i>
Agua	13.9
Sacarosa	36.2
Glucosa	4.5
Fructosa	6.4
Cenizas	12.4
Coloides	9.6
Otros no azúcares	17.0

Fuente: (ICIDCA-GEPLACEA-PNUD, 1990)

El azúcar que va en las melazas se considera una pérdida, por eso los esfuerzos para el agotamiento total de las mieles, aunque esto sea imposible de conseguir en la práctica. A mayor calidad del azúcar, mayor eficiencia en la remoción de las mieles. La melaza puede clasificarse, a su vez, en diversas categorías en función de su composición.

La melaza es demasiado densa (alcanza una densidad relativa de casi 1.50) y viscosa para su manipulación y bombeo, especialmente en tiempo frío. Por ello, para fines comerciales es una práctica diluirla hasta un Brix estándar ya que existe una fuerte correlación entre la viscosidad de la miel y el Brix, temperatura o ambos. Además, se recomienda que la miel se enfríe a temperatura ambiente antes del almacenamiento, para mayor seguridad.

Durante el almacenamiento, la melaza se fermenta y pierde Pol, sacarosa, azúcares totales y sólidos totales; mientras que aumentan los azúcares reductores, no azúcares orgánicos y color. La descomposición continua de la melaza almacenada se atribuye principalmente a la reacción entre aminoácidos y los azúcares reductores del jugo de la caña de azúcar. Los cambios físico-químicos, debidos a la degradación, reducen el valor de este subproducto para aplicaciones posteriores.

Los tanques para el almacenamiento deben tener un amplio margen de seguridad estructural. Un almacenamiento inadecuado puede dar lugar a explosiones, liberación repentina de melaza; así como, favorecer la ocurrencia de reacciones violentas e incontroladas. Es necesaria una frecuente inspección del interior de los tanques de mieles, asegurando que cuente con conexión a tierra para impedir daños por descargas eléctricas y, ventilación suficiente para permitir el escape de los gases, producidos por la descomposición.

La melaza representa un insumo valioso para diversos procesos industriales.

#### LEVADURA Y PROTEÍNAS UNICELULARES

A partir de la melaza es posible obtener varias especies de levaduras alimenticias de los géneros *Candida* y *Torula*, para consumo humano y de ganado. Dichas levaduras constituyen el principal derivado de este residuo. La levadura puede recuperarse, también, como un subproducto de la fabricación de etanol por efecto de fermentación de la melaza.

La melaza sirve además, para la producción de suplementos proteínicos, las llamadas proteínas unicelulares, derivados de microorganismos.

#### ALIMENTO ANIMAL

Mezclada con otros forrajes, sirve como fuente de carbohidratos, mayormente azúcares, para el ganado. En alimentos comerciales se emplea como aglutinante. La mezcla de melaza, bagazo y otros forrajes ha demostrado buenos resultados. La melaza puede utilizarse directamente, aunque en su mayoría se destina a la producción comercial de alimento.

#### PRODUCTOS DE LA FERMENTACIÓN Y ETANOL

La fermentación de la melaza da lugar a etanol y CO<sub>2</sub> por efecto de la conversión de los azúcares. A lo anterior se añaden una amplia gama de compuestos orgánicos como ácido acético y vinagre, acetona y butanol, ácidos láctico, cítrico y glicerol. No obstante lo anterior, la producción de etanol por fermentación y su subsecuente destilación continúa siendo la actividad principal asociada con los derivados de la caña de azúcar.

Anteriormente, la fermentación se centraba en la producción de alcohol. El interés por el etanol ha desplazado esta actividad ya que el éste puede ser utilizado como combustible, solvente, producto intermedio y más de 70 productos químicos orgánicos adicionales.

#### OTROS USOS

- Fertilizante, al combinarse con urea.
- Productos químicos orgánicos tales como dextrana, glutamato monosódico, L-lisina, goma xantana, ácidos aconítico e itacónico.
- Jarabes comestibles.

#### 2.3.4. RESIDUOS DE BATEY

Los residuos de Batey se identifican como impurezas de la caña de azúcar, entregadas al ingenio. Representan el mayor residuo enmascarado del proceso, así como una fuente de pérdida de materia prima. Fundamentalmente constan, en cantidad indeterminada, de:

- hojas,
- puntas,



- tallos muertos,
- raíces,
- tierra,
- caña de azúcar,
- fragmentos extraños de metal.

Los fragmentos de metal es el único componente generalmente recuperado, por su capacidad de dañar el equipo de extracción de jugo. En el caso del resto de los elementos listados, se procura su separación de la caña como una medida para incrementar la eficiencia en la recuperación de azúcar.

Como destino final suele depositarse en los campos.

#### 2.3.5. CENIZA

La ceniza es el residuo de la incineración del producto hecha en condiciones específicas. La ceniza de calderas es el residuo que se deposita en las parrillas de los hornos, durante la quema de bagazo. Se diferencia de la ceniza volante que es el nombre aplicado a las partículas de ceniza arrastradas por los gases de combustión y transportadas por el aire. La composición de la ceniza está en función del combustible empleado.

En la literatura se reportan diversos usos para la ceniza, enlistados a continuación. Exceptuando el caso del empleo como fertilizante, el resto sólo se ha desarrollado a nivel experimental, con resultados variables:

- Ceniza volante:
  - Empleo como puzolana artificial en la fabricación de cemento.
  - Fabricación de briquetas para empleo como combustible.
  - Empleo como material filtrante en la producción de cachaza.
  - Remoción de lindano en aguas residuales.
  - Adición a composta de cachaza.
- Ceniza de calderas:
  - Empleo como fertilizante.
  - Fabricación de vidrio.
  - Empleo como puzolana artificial en la fabricación de cemento.
  - Producción de ladrillos.

#### 2.4. LA INDUSTRIA AZUCARERA EN MÉXICO

Las unidades productivas, denominadas en México ingenios y, dentro de la agroindustria cañera, fábricas; son las plantas industriales dedicadas a la transformación e industrialización de la caña de azúcar. La producción de azúcar requiere grandes instalaciones para que, a partir de azúcar crudo, se obtengan productos con diferente grado de refinación o, jarabes.

A continuación, se presenta una caracterización de los residuos objeto de estudio mediante el listado de sus atributos, la descripción de los elementos asociados a su manejo y las formas de aprovechamiento referidas en la literatura.

Citando una de las limitaciones de la industria nacional, aún cuando a nivel mundial existen fábricas que producen hasta 30 derivados a partir de los residuos de la caña de azúcar, en México únicamente se aprovechan comercialmente el bagazo, de manera interna, y las melazas. Lo anterior, por supuesto, obedece a más de una causa y su análisis no corresponde a este trabajo.

La presentación de los planes de manejo para los RME, fundamentada en los artículos 9 fracción III y VI, 19, 27, 28 y 98 de la LGPGIR pueden contribuir a la valorización de los residuos, impulsando de este modo el aprovechamiento de los subproductos. Lo anterior incide de manera directa en la diversificación de la industria azucarera, actualmente focalizada sólo en el coprocesamiento para la generación de energía eléctrica; y por ende, en el incremento de su competitividad y rentabilidad. Así mismo, aborda uno de los principales problemas del sector, la contaminación generada por su proceso productivo.

#### 2.4.1. EL SECTOR AZUCARERO: CLASIFICACIÓN Y PANORAMA

Conforme a la Clasificación Industrial Internacional Uniforme de todas las actividades económicas (CIIU), reconocida internacionalmente, el tipo de industria en estudio se clasifica como se muestra en la Tabla 2.9.

Tabla 2.9 Clasificación CIIU de la industria caso de estudio

Actividad	Sección	Criterios de orden
Principal	C Industrias manufactureras	10 Elaboración de productos alimenticios 107 Elaboración de otros productos alimenticios 1072 Elaboración de azúcar

Fuente: (ONU, 2009)

La clase 1072: *Elaboración de azúcar* comprende las siguientes actividades:

- Elaboración o refinación de azúcar y sucedáneos de azúcar obtenidos a partir de jugo de caña, remolacha, arce y palma.
- Elaboración de jarabes de azúcar.
- Elaboración de melazas.

Tomando como referencia la CIIU, en Norteamérica se utiliza el Sistema de Clasificación Industrial de América del Norte (SCIAN). Específicamente, a nivel nacional, el SCIAN es la clasificación utilizada para la generación de estadística sobre la industria. Con base en esta clasificación, la industria en estudio se clasifica como se muestra en la Tabla 2.10.

Tabla 2.10 Clasificación SCIAN para la industria caso de estudio

<i>Agrupación tradicional</i>	<i>Sector</i>	<i>Criterios de orden</i>
Actividades secundarias	Industrias manufactureras	3113 Elaboración de azúcares, chocolates dulces y similares 31131 Elaboración de azúcares 311311 Elaboración de azúcar de caña

Fuente: (INEGI, 2010)

Considerando la clasificación establecida por el SCIAN y tomando como referencia los 11 capítulos estadísticos reportados por el INEGI en la Encuesta Industrial Anual 2009, en la Tabla 2.11 se presenta un resumen de los indicadores de la industria en estudio.

Tabla 2.11 Principales características de la industria azucarera, 2009

No. de establecimientos	58
Personal ocupado (promedio anual), total	28,820
Días trabajados	314
Remuneraciones al personal (M\$)	4,495,209
Producción bruta total (M\$)	34,824,961
Insumos totales (M\$)	23,854,964
Valor agregado bruto (M\$)	10,969,997
Valor de los productos elaborados (M\$)	34,421,592
Valor de ventas de productos elaborados (M\$)	35,858,052
Activos fijos brutos al 31 de diciembre (M\$)	43,702,221
Número de personas por establecimiento	497
Remuneraciones por persona (pesos corrientes)	177,477
Insumos totales a producción bruta total (%)	68.50
Materias primas consumidas a valor de los productos elaborados (%)	56.12
Valor de ventas a valor de los productos elaborados (%)	104.17
Ventas de exportación a valor de ventas totales (%)	6.68
Otros ingresos por servicios (M\$)	367,110
Venta de productos elaborados, nacionales (M\$)	33,461,554
Venta de productos elaborados, internacionales (M\$)	2,396,498
Envases y empaques consumidos (M\$)	343,465
Combustibles y lubricantes consumidos (M\$)	1,048,846
Energía eléctrica consumida (M\$)	158,007

M\$, miles de pesos 00/100 MN

Fuente: (INEGI, 2011)

En México, la zafra 2009/2010 arrojó una producción de caña de 43,370,288 toneladas de caña y un volumen de 4,825,539 toneladas de azúcar. Ambos indicadores sufrieron afectaciones debidas a las lluvias que se presentaron en los meses de enero y febrero de 2010 (CNIAA, 2010). De éstas, aproximadamente 750,000 toneladas se destinaron al mercado de exportación.

El tipo de azúcar depende del grado de refinación al que se somete. Los tipos de azúcar que se producen en México son:

- refinada,
- blanco especial,

- estándar,
- mascabado.

En la Tabla 2.12 se presenta un resumen del consolidado nacional sobre el desarrollo de la industria azucarera durante las zafras 2004/2005 a 2009/2010.

Tabla 2.12 Desarrollo agroindustrial de la caña de azúcar (2005 - 2010)

Concepto	Zafras					
	2009/10	2008/09	2007/08	2006/07	2005/06	2004/05
Unidades en operación	57	54	57	57	57	58
Caña molida neta (Ton)	41,801,998	40,944,741	46,518,988	47,273,294	45,673,625	49,090,835
Bagazo obtenido (Ton)	12,610,961	12,576,430	14,051,635	14,112,069	13,742,927	14,710,127
Producción de azúcar estándar (Ton)	3,221,943	3,525,119	3,806,103	3,467,458	3,432,726	3,788,345
Rendimiento de fábrica (%)	11.3	11.67	11.43	10.84	11.17	11.39

Fuente: (CNIAA, 2010)

Por otro lado, considerando parámetros de operación reconocidos internacionalmente se han propuesto varios modelos de clasificación de los ingenios mexicanos en función de su productividad, competitividad y nivel tecnológico. Lo anterior es relevante por las implicaciones que la eficiencia del proceso tiene en la generación de residuos y en sus características finales. Un modelo de clasificación, de acuerdo al nivel tecnológico de los ingenios se esquematiza en la Tabla 2.13. (COLPOS, FUNPROVER, 2003)

Tabla 2.13 Clasificación de los ingenios de acuerdo a su nivel tecnológico

Clasificación	Características	Ingenios categorizados
Tecnología actualizada	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Se efectúa limpieza de la caña.</li> <li>• Desfibradoras pesadas en Batey.</li> <li>• Transmisión hidrostática y molinos de 6 mazas en Molinos.</li> <li>• Almacén de y secador de bagazo en calderas.</li> <li>• Clarificadores rápidos.</li> <li>• Evaporadores de placas.</li> <li>• Tachos y cristalizadores continuos.</li> </ul>	~ 40%
Tecnología convencional	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Volcadores de hilos, grúas viajeras con arañas automáticas, cargadores frontales, cuchillas tipo Swing Back, separador magnético, alimentación automatizada, desfibradora tipo Unigrator en Batey.</li> <li>• Acoplamiento de cables, automatización de tandem y coladores rotativos, bombas inatacables en Molinos.</li> <li>• Calderas que trabajan con presiones entre 20-30 kg/cm<sup>2</sup>.</li> <li>• Algunos tienen clarificadores tipo Australiano, medidores de flujo de jugo alcalinizado y claro, calentadores de jugo claro, filtros banda y filtros de jugo claro.</li> <li>• Evaporadores automáticos.</li> <li>• condensadores, clarificadores de meladura.</li> <li>• Limpieza de equipo por alta presión.</li> <li>• Algunos purgan templeas en centrífugas de alta capacidad.</li> <li>• Torres de enfriamiento para re circular el agua.</li> </ul>	~ 40%
Tecnología atrasada	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Baja capacidad de molienda.</li> </ul>	~ 20%

Finalmente, en la Tabla 2.14 se listan los grupos industriales participantes en la zafra 2009/2010.

Tabla 2.14 Grupos industriales e ingenios participantes en la zafra 2009/2010

<i>Grupo</i>	<i>Ingenio</i>	<i>Estado</i>
Beta San Miguel	San Rafael de Pucte	Quintana Roo
	San Miguel del Naranjo	San Luis Potosí
	San Francisco Ameca	Jalisco
	Quesería	Colima
	Constancia	Veracruz
Grupo Azucarero México	Santa Rosalía	Tabasco
	Benito Juárez	Tabasco
	El Dorado	Sinaloa
	Tala	Jalisco
Grupo Azucarero del Trópico	Lázaro Cárdenas	Michoacán
	La Gloria	Veracruz
	La Joya	Campeche
Grupo García González	Calipam	Puebla
	El Carmen	Veracruz
	Nuevo San Francisco	Veracruz
Grupo la Margarita	Central Progreso	Veracruz
	La Margarita	Oaxaca
	Zapoapita	Veracruz
Grupo Motzorongo	Central Motzorongo	Veracruz
	El Refugio	Oaxaca
Grupo Porres	Huixtla	Chiapas
	San Pedro	Veracruz
	Santa Clara	Michoacán
Promotora Industrial Azucarera	Adolfo López Mateos	Oaxaca
	Tres Valles	Veracruz
Grupo Saenz	Aaron Sáenz Garza	Tamaulipas
	El Mante	Tamaulipas
	Tamazula	Jalisco
Grupo Santos	Alianza Popular	San Luis Potosí
	Bellavista	Jalisco
	Cuatotolapam	Veracruz
	Pedernales	Michoacán
Grupo Zucarmex	Plan de Ayala	San Luis Potosí
	El Higo	Veracruz
	La Primavera	Sinaloa
	Mahuixtlan	Veracruz
	Melchor Ocampo	Jalisco
Sector Gobierno (FEESA)	Pujiltic (La Fe)	Chiapas
	Atencingo	Puebla
	Casasano La Abeja	Morelos
	El Modelo	Veracruz
	El Potrero	Veracruz
	Emiliano Zapata	Morelos
	José Ma. Morelos	Jalisco
	La Providencia	Veracruz
Plan de San Luis	San Luis Potosí	
San Cristóbal	Veracruz	
San Miguelito	Veracruz	

<i>Grupo</i>	<i>Ingenio</i>	<i>Estado</i>
Independientes	El Molino	Nayarit
	Azsuremex (Tenosique)	Veracruz
	Los Mochis	Sinaloa
	Puga	Nayarit
	San José de Abajo	Veracruz
	San Nicolás	Veracruz

Fuente: (CNIAA, 2010)

#### 2.4.2. RME EN LAS UNIDADES PRODUCTIVAS

La generación de residuos en las unidades productivas se efectúa en dos periodos anuales bien delimitados:

- Zafra. Abarca, aproximadamente los meses de noviembre a junio y dura, en promedio, 180 días. La producción de azúcar se realiza en este periodo.
- Reparación /mantenimiento. Corresponde al periodo no productivo. Este periodo se emplea para realizar mantenimiento general del equipo e instalaciones de la planta.

Por su volumen y potencial económico, los RME más significativos son los generados durante el periodo de zafra. En la Tabla 2.15 se indican los principales RME generados como parte del proceso de producción de azúcar. Cabe señalar que las variables listadas no son exhaustivas; en el caso de la cachaza y la melaza, por ejemplo, éstas incluso difieren entre cada unidad productiva. El control de las variables es sumamente complejo y afecta tanto la generación de residuos como la cantidad de sacarosa recuperada y la calidad del producto final.

Tabla 2.15 Principales RME generados en las unidades productivas

<i>Fuente de generación (proceso/área)</i>	<i>Residuo</i>	<i>Variables que inciden en la generación</i>	<i>Destino</i>
Patio de Batey	Residuos de Batey	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Método de cosecha y acarreo</li> <li>• Procedimiento de descarga</li> <li>• Método de limpieza de la caña</li> </ul>	Disposición final
Molinos	Bagazo Bagacillo	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Procedimiento de molienda</li> <li>• Variedad de la caña</li> <li>• Calidad de la caña</li> </ul>	Reutilización
Clarificadores	Cachaza	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Características agroecológicas de la zona y cultivo cosechado</li> <li>• Eficiencia de molienda</li> <li>• Procedimiento de clarificación (secuencia de alcalinización y calentamiento)</li> <li>• Calidad y cantidad de cal y aditivos</li> <li>• Tratamiento aplicado al flóculo</li> <li>• Tiempo de retención</li> <li>• Tipo de equipo clarificador</li> </ul>	Tratamiento /reutilización /disposición final
Centrífugas	Melaza	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Contenido de sólidos totales en la masa cocida</li> <li>• Dimensiones de los cristales</li> <li>• Eficiencia de la centrífuga</li> </ul>	Tratamiento /reutilización
Calderas	Ceniza	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Tipo de combustible</li> <li>• Calidad de la combustión</li> </ul>	Disposición final

2.4.3. MANEJO DE RESIDUOS EN LAS UNIDADES PRODUCTIVAS

Como se mencionó, existen diversos destinos y usos para los residuos generados en las unidades productivas. La obtención de derivados se considera un proceso productivo independiente de la producción de azúcar; para lo cual, los subproductos constituyen únicamente un insumo. Así, las instalaciones requeridas para su procesamiento no se consideran dentro de la gestión de residuos de la industria azucarera.

En la Tabla 2.16 se lista el equipo utilizado generalmente para el manejo de RME dentro de las unidades productivas, así como el método de cuantificación de dichos residuos. Excepto en el caso de residuos de batey, parte del equipo se encuentra acoplado a la infraestructura productiva, en el área de generación del residuo. El equipo empleado para las últimas etapas del manejo (*i.e.* tratamiento, reutilización o disposición final) se elige en función de la gestión.

Tabla 2.16 Equipo básico para manejo de RME en las unidades productivas

<i>Residuo</i>	<i>Método de cuantificación</i>	<i>Equipo utilizado para el manejo</i>
Residuos de Batey	Estimación	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Equipo para recolección y transporte</li> <li>• En algunos casos, electroimanes para la extracción de residuos ferrosos:                             <ul style="list-style-type: none"> <li>○ Receptor especial</li> </ul> </li> </ul>
Bagazo Bagacillo	Pesaje	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Banda transportadora</li> <li>• Tamices</li> <li>• En su caso, instalaciones especiales para almacenamiento:                             <ul style="list-style-type: none"> <li>○ Equipo de seguridad</li> <li>○ Equipo para transporte de bagazo y conformación de pilas</li> </ul> </li> <li>• En su caso, acondicionadores para pre secado y sistema de alimentación mecánica a calderas</li> </ul>
Cachaza	Pesaje	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Tolva de descarga</li> <li>• Contenedor</li> <li>• Bomba de aire de desplazamiento positivo, bombas reciprocantes</li> <li>• Filtros prensa o de tambor al vacío con medio textil acoplado</li> <li>• Tubería</li> <li>• Vehículo de transporte</li> </ul>
Melaza	Pesaje	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Bombas</li> <li>• En su caso, serpentines de agua caliente o vapor</li> <li>• Tanques especiales de almacenamiento</li> <li>• En su caso, intercambiador tubular de calor o unidades de placa para enfriamiento</li> <li>• Aditivos químicos para facilitar la manipulación</li> </ul>
Ceniza	Estimación /pesaje	<ul style="list-style-type: none"> <li>• En su caso, equipo de retención</li> <li>• Equipo para recolección y transporte</li> </ul>

#### 2.4.3.1. MANEJO DE RME EN LA INDUSTRIA AZUCARERA MEXICANA

La cadena productiva del azúcar, de acuerdo al Sistema de Información Empresarial Mexicano (SIEM) considera como productos residuales de la caña aprovechables, los siguientes:

- bagazo,
- melaza.

En este sentido, cabe aclarar que los resultantes del proceso, distintos al producto final (azúcar) son considerado residuos a menos que reciban un uso alternativo, en cuyo caso pueden considerarse como subproductos. Precisamente el sector azucarero destaca por esta particularidad, lo que se traduce en un impacto ambiental positivo para la industria. Lo anterior sin perder de vista que también pueden derivarse riesgos ambientales del manejo y procesamiento de dichos subproductos.

A partir de la información reportada por los ingenios participantes en la zafra 2010/11 en el Manual Azucarero Mexicano 2011, bajo los apartados "Control Ambiental" y "Utilización de Subproductos", se obtuvo la información presentada a continuación y se construyeron las gráficas de las figuras 2.4 - 2.7.

Los RME identificados como subproductos en el Manual fueron los siguientes:

1. Bagazo
2. Cachaza
3. Melaza
4. Otros:
  - a. Composta de origen no especificado

Adicionalmente, los materiales identificados propiamente como residuos fueron:

1. Ceniza
2. Basura de caña → Residuos de Batey
3. Hojarasca, tierras y piedras → Residuos de Batey
4. Lodo

Cuatro ingenios reportan el empleo de lavado en seco para la limpieza de la caña, lo que redundaría en un incremento de los Residuos de Batey. Así mismo, únicamente tres ingenios reportan el uso de electroimanes para la recuperación de fragmentos ferrosos.

Para el análisis de la información presentada en gráficas se asumieron las siguientes consideraciones:

- El manejo de residuos, en algunos casos, se reportó sin especificar su destino.
- En el caso en el que un residuo o subproducto tenía más de un destino, se reflejó en ambas opciones. Por esta razón, el número de ingenios que reportan el manejo no coincide con la cantidad de reportes para cada residuo.



Particularmente, para la cachaza los ingenios reportan más de un uso, generalmente como composta y mejorador de suelos.

- A pesar de que se reporta la elaboración de composta mediante la adición de diversos componentes, para efecto de la estadística presentada únicamente se consideraron las siguientes variantes:
  - composta a base de cachaza,
  - lombricomposta.
- Por mejorador de suelos se entiende que no se realizó compostaje, la cachaza se deposita directamente en los campos de cultivo.

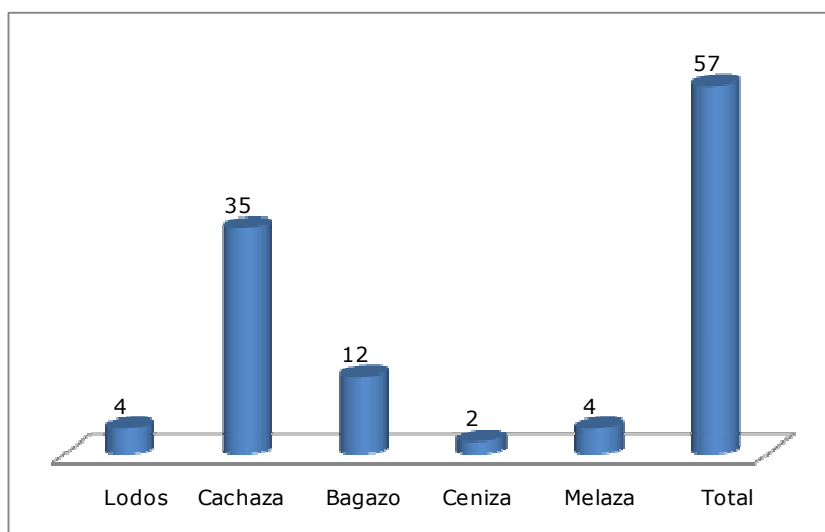


Figura 2.4 Ingenios mexicanos que reportan el manejo de subproductos (zafra 2010/2011)

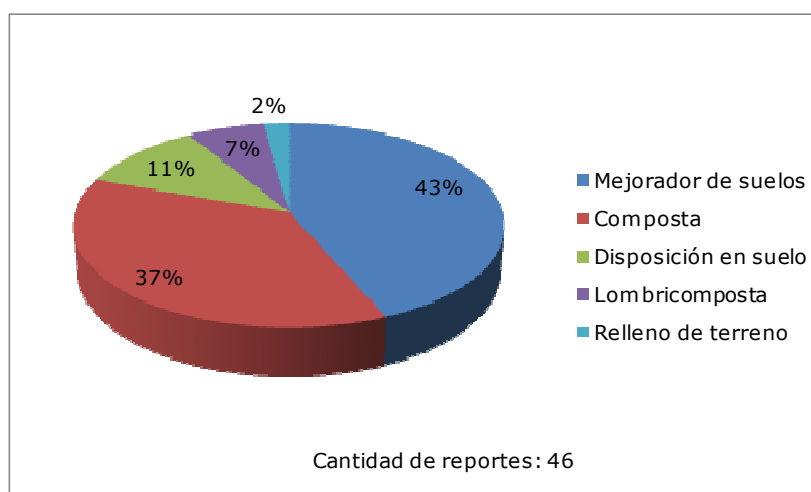


Figura 2.5 Destino final de la cachaza en la industria azucarera mexicana (zafra 2010/2011)

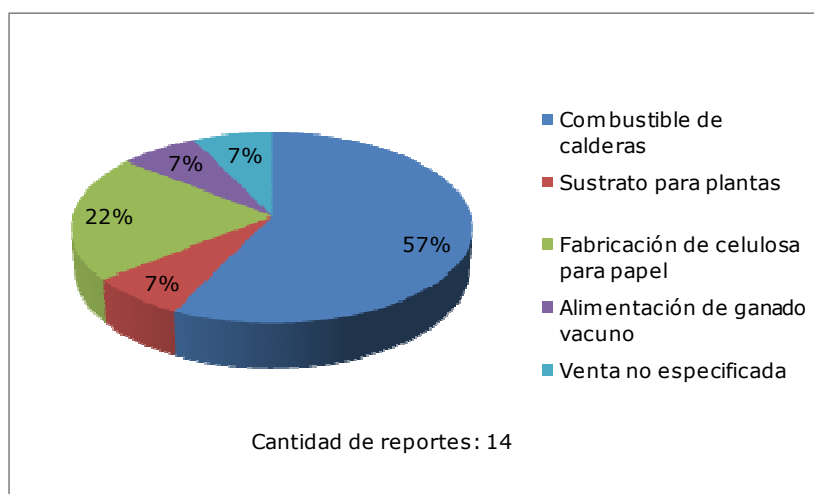


Figura 2.6 Destino final del bagazo en la industria azucarera mexicana (zafra 2010/2011)

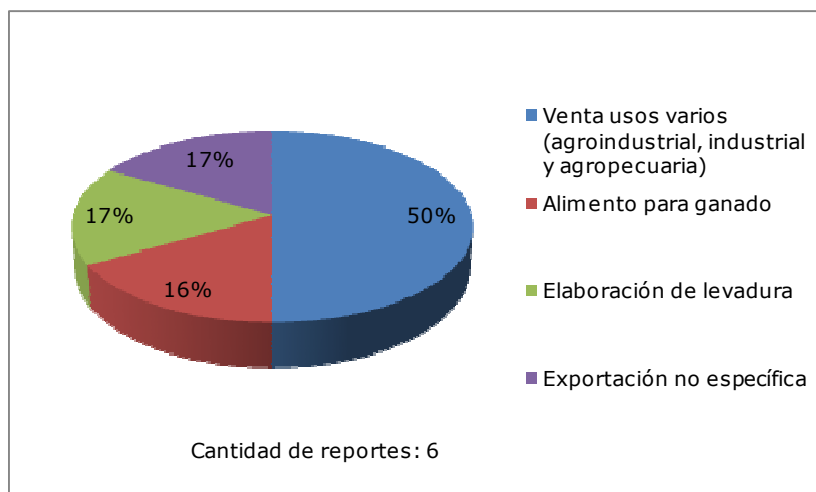


Figura 2.7 Destino final de la melaza en la industria azucarera mexicana (zafra 2010/2011)

Respecto a la Figura 2.6, cabe señalar que a pesar de lo reportado en el Manual Azucarero Mexicano 2011, el bagazo ya no se emplea en la fabricación de celulosa para papel desde 2011.

Adicionalmente, se reportaron los siguientes usos:

1. Uso combinado de subproductos:
  - a. Cachaza y bagazo:
    - i. elaboración de sustrato húmedo de baja densidad,
    - ii. composta.
  - b. Cachaza y melaza:
    - i. composta.
2. Uso de lodos:
  - a. composta.

## CAPÍTULO 3. MARCO LEGAL

---

La agroindustria azucarera cuenta con leyes específicas referentes al sector tales como:

- Ley de Promoción y Desarrollo de los Bioenergéticos, publicada en el Diario Oficial de la Federación (DOF) el 1 de febrero de 2008.
- Ley de Desarrollo Sustentable de la Caña de Azúcar, publicada en el DOF el 22 de agosto de 2005.
- Ley de Desarrollo Rural Sustentable, publicada en el DOF el 7 de diciembre de 2001.

Sin embargo, la legislación listada no considera aspectos referentes a la gestión de residuos, aún cuando introduce los conceptos de subproducto, coproducto y derivado.

En este capítulo, se presenta una síntesis de la regulación nacional aplicable a los residuos de manejo especial (RME). Además, se revisan los conceptos básicos sobre la gestión de residuos sólidos, señalando algunos de los instrumentos propuestos por las autoridades gubernamentales. De estos últimos, se destacan los planes de manejo como una alternativa para mejorar la eficiencia en la gestión de residuos sólidos.

En este sentido, la presentación de planes de manejo por parte de los ingenios puede contribuir a la valorización de los residuos, impulsando de este modo el aprovechamiento de los subproductos. Lo anterior podría incidir en la diversificación de la industria azucarera y, por ende, en el incremento de su competitividad y rentabilidad. Así mismo, aborda de forma directa uno de los principales problemas del sector, la contaminación generada por su proceso productivo.

### 3.1. REGULACIÓN DE RESIDUOS DE MANEJO ESPECIAL EN MÉXICO

Las actividades del sector azucarero se circunscriben a la legislación ambiental vigente, esquematizada en la Figura 3.1, que comprende:

1. Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos: Incluye preceptos referentes a la preservación y restauración del equilibrio ecológico y la protección al ambiente en sus artículos 4, 25, 27, y 73. De ella emana el resto de la legislación. Respecto a la gestión de los residuos, únicamente faculta a los municipios para la realización de tareas específicas.
2. Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente: Publicada en 1988, constituye el marco al que se supedita la legislación ambiental específica.

3. Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos: Publicada en 2003, introduce la clasificación de residuos y, junto con su reglamento, establece las previsiones para su manejo.
4. Reglamento de la Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos: Fue publicado en 2006.
5. Legislación estatal en materia de residuos: En general, establece lineamientos particulares para el manejo de RSU y RME así como, las obligaciones administrativas de los generadores. Cabe señalar que el proceso de emisión por parte de las entidades continúa en curso.
6. Normas Oficiales Mexicanas: Constituyen instrumentos de regulación tendientes a inducir el manejo adecuado de los residuos. El desarrollo de algunas de ellas está previsto en la legislación citada.

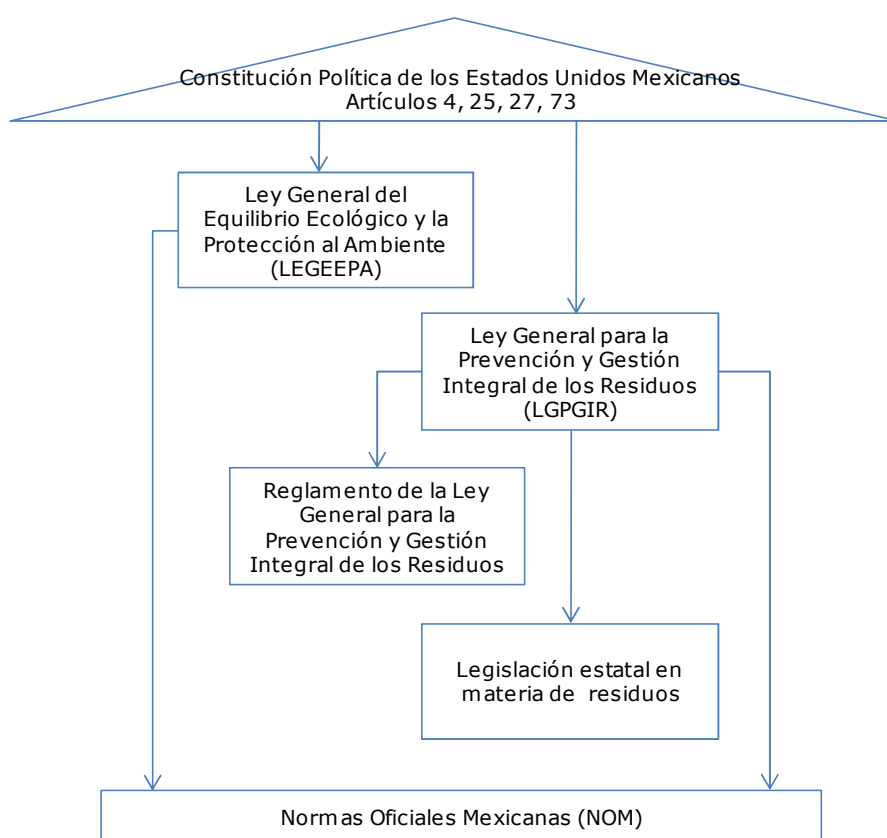


Figura 3.1 Jerarquización de los componentes de la regulación de RME en México  
Adaptado de: (UNAM, 2002)

### 3.1.1. LEY GENERAL DEL EQUILIBRIO ECOLÓGICO Y LA PROTECCIÓN AL AMBIENTE

Establece la definición de residuo como:

*"Cualquier material generado en los procesos de extracción, beneficio, transformación, producción, consumo, utilización, control o tratamiento cuya calidad no permita usarlo nuevamente en el proceso que lo generó."*

Plantea la diferenciación entre los residuos peligrosos y no peligrosos. Para los primeros incluye una definición específica y agrupa los residuos sólidos e industriales en los segundos. En el caso de los residuos no peligrosos, establece que la prevención y control de su gestión compete a los Estados.

Además, en el apartado relativo a la contaminación del suelo, la Ley establece que su prevención corresponde al estado y la sociedad así como la necesidad de controlar los residuos en tanto que constituyen la principal fuente de contaminación en este sentido. De esta manera introduce el concepto que rige la gestión de residuos:

- Prioriza la minimización.
- Prevé la incorporación de técnicas y procedimientos para su reutilización y reciclaje.
- Prevé la necesidad de regular su manejo y disposición final.

### 3.1.2. LEY GENERAL PARA LA PREVENCIÓN Y GESTIÓN INTEGRAL DE LOS RESIDUOS

La Ley define un residuo como:

*"Material o producto cuyo propietario o poseedor desecha y que se encuentra en estado sólido o semisólido, o es un líquido o gas contenido en recipientes o depósitos, y que puede ser susceptible de ser valorizado o requiere sujetarse a tratamiento o disposición final conforme a lo dispuesto en esta Ley y demás ordenamientos que de ella deriven."*

Ya que un residuo es considerado como tal, únicamente si su poseedor lo desecha, su valorización redundaría en la minimización de la generación que, como se mencionó, constituye el objetivo prioritario de la gestión. Adicionalmente, la LGPGIR introduce la clasificación de residuos, define su ámbito de competencia y las obligaciones a las que están sujetos los participantes, de manera diferenciada.

La LGPGIR clasifica los residuos como sólidos urbanos (RSU), de manejo especial (RME) y peligrosos (RP). Define un residuo de manejo especial como:

*"aquellos generados en los procesos productivos, que no reúnen las características para ser considerados como peligrosos o como sólidos urbanos, o que son producidos por grandes generadores de residuos sólidos urbanos."*

La clasificación de RME enumera de manera enunciativa algunos de los residuos más representativos de la industria extractiva y manufacturera, sin ser exhaustiva.

Así mismo, la LGPGIR distingue tres tipos de generadores de residuos, personas físicas o morales, en función del volumen anual de éstos que generen:

- Microgenerador:  $\{ < 400 \text{ kg de RP} / \text{año} \}$
- Pequeño Generador:  $\{ \geq 400 \text{ kg} / \text{año} \mid < 10 \text{ ton} / \text{año} \}$
- Gran generador:  $\{ \geq 10 \text{ ton} / \text{año} \}$

Las obligaciones del generador varían de acuerdo al tipo y cantidad de residuos que genere. La LGPGIR faculta a las entidades federativas y a las autoridades locales para formular las disposiciones jurídicas necesarias para regular los RSU y RME. No obstante, con el objeto de orientar la formulación de la legislación particular, la LGPGIR establece acciones específicas que los estados y municipios deberán llevar a cabo, tales como la integración de una base de datos en la que se recabe la información respecto al tipo, volumen y forma de manejo de los residuos por parte de los grandes generadores; promoción de suscripción de convenios entre éstos y el propio gobierno; entre otras.

Aunado a ello, respecto a los RME, las entidades federativas deberán autorizar el manejo integral de RME e identificar aquellos que deberán sujetarse a planes de manejo. Con este fin, deberán establecer el registro de planes de manejo en su territorio.

Respecto a los planes de manejo, la Federación debe expedir las normas oficiales mexicanas que establezcan los criterios para determinar qué residuos estarán sujetos a ellos, los listados de éstos, y los procedimientos a seguir en el establecimiento de dichos planes. Así, un plan de manejo (PM) se define como:

*"Instrumento cuyo objetivo es minimizar la generación y maximizar la valorización de residuos sólidos urbanos, residuos de manejo especial y residuos peligrosos específicos, bajo criterios de eficiencia ambiental, tecnológica, económica y social, con fundamento en el Diagnóstico Básico para la Gestión Integral de Residuos, diseñado bajo los principios de responsabilidad compartida y manejo integral, que considera el conjunto de acciones, procedimientos y medios viables e involucra a productores, importadores, exportadores, distribuidores, comerciantes, consumidores, usuarios de subproductos y grandes generadores de residuos, según corresponda, así como a los tres niveles de gobierno."*

Las finalidades de los planes de manejo son:

- I. *"Promover la prevención de la generación y la valorización de los residuos así como su manejo integral, a través de medidas que reduzcan los costos de su administración, faciliten y hagan más efectivos, desde la perspectiva ambiental, tecnológica, económica y social, los procedimientos para su manejo."*
- II. *Establecer modalidades de manejo que respondan a las particularidades de los residuos y de los materiales que los constituyan.*
- III. *Atender a las necesidades específicas de ciertos generadores que presentan características peculiares.*
- IV. *Establecer esquemas de manejo en los que aplique el principio de responsabilidad compartida de los distintos sectores involucrados.*
- V. *Alentar la innovación de procesos, métodos y tecnologías, para lograr un manejo integral de los residuos, que sea económicamente factible."*

Adicionalmente, la LGPGIR prevé que los RME que podrán sujetarse a planes de manejo, poseerán alguna de las siguientes características o se establecerán en la Norma Oficial Mexicana correspondiente:

- Compuestos por materiales con un alto valor económico.
- Alto volumen de generación, producidos por un número reducido de generadores.
- Contienen sustancias tóxicas, persistentes y bioacumulables.
- Representan un alto riesgo a la población, al ambiente o a los recursos naturales.

Ente los sujetos obligados a formular y ejecutar planes de manejo se encuentran los grandes generadores de residuos. Por último como parte de los procedimientos administrativos, la LGPGIR establece que los responsables de elaborar los PM deberán presentar los mismos, para efectos de notificación, a las autoridades estatales.

### *3.1.3. REGLAMENTO DE LA LGPGIR*

El reglamento prevé la emisión de normas oficiales mexicanas que contendrán lineamientos y criterios para:

- Clasificar un residuo como RME, además de los listados en la LGPGIR .
- Clasificar y listar los RSU y RME que estarán sujetos a planes de manejo.

Al respecto del último punto, las citadas normas contendrán especificaciones sobre:

- Los diferentes tipos de planes de manejo.
- Los elementos mínimos y procedimientos a considerar en la elaboración de planes de manejo.
- Las etapas que cubrirán los planes, la estructura de manejo, jerarquía y responsabilidad compartida entre las partes involucradas.

Los planes considerarán elementos adicionales, de acuerdo a la modalidad en la que se presenten, pudiendo ser más de una como sigue:

- Atendiendo a los sujetos que intervienen en ellos: privados o mixtos.
- Considerando la posibilidad de asociación de los sujetos obligados: individuales o colectivos.
- Conforme a su ámbito de aplicación: nacionales, regionales o locales.
- Atendiendo a la corriente del residuo.

El Reglamento flexibiliza la implantación de planes de manejo, estableciendo la posibilidad de adherirse a un plan existente, de acuerdo a los mecanismos previstos en el propio plan.

3.1.4. *NORMAS REFERENTES A RESIDUOS NO PELIGROSOS*

Para efecto de lo establecido en la LGEEPA, la LGPGIR y su Reglamento se han publicado las normas oficiales mexicanas (NOM) listadas en la Tabla 3.2, referentes a RSU y RME.

Tabla 3.1 Normas Mexicanas vigentes, asociadas al manejo de RME

Norma	Aspecto regulado	Observaciones
NOM-004-SEMARNAT-2002	Contiene las especificaciones y LMP de contaminantes para el aprovechamiento y disposición final de lodos.	Fue publicada en 2002, previó a la LGPGIR, por lo que es ajena al término de RME. Aún así, establece las previsiones para disponer de estos residuos, conforme a los procedimientos definidos por la autoridad.
NOM-083-SEMARNAT-2003	Establece las especificaciones referentes al sitio de disposición final de RSU y RME.	Establece los requisitos que debe reunir el sitio de disposición final de RSU y RME, así como los lineamientos que rigen el diseño de su infraestructura y las obras complementarias.
NOM-098-SEMARNAT-2002	Define las especificaciones de operación y límites de emisión de contaminantes para la incineración de residuos.	Diferencia los RSU de los RP y residuos industriales no peligrosos, definiendo las condiciones de operación durante este tipo de tratamiento.

Algunas normas emitidas por autoridades locales pero que contienen lineamientos únicos hasta el momento para el manejo de RME son:

- NADF-007-RNAT-2004 (Distrito Federal). Establece las especificaciones de manejo para residuos de la construcción.
- NTEA-006-SMA-RS-2006 (Estado de México). Establece los requisitos para la producción de composta elaborada a partir de residuos orgánicos.

Aún se encuentra pendiente de desarrollo el Sistema de información sobre la gestión integral de residuos, mismo que deberá realizarse entre los tres niveles de gobierno.

Por último, algunas de las normas técnicas mexicanas (NMX) que contienen lineamientos respecto al manejo o cuantificación de residuos se señalan a continuación. Cabe destacar que aún cuando las NMX citadas estén dirigidas a residuos sólidos municipales, son un referente para el estudio de RME.

- NMX-AA-015-1985. Establece el método de cuarteo para residuos sólidos municipales (RSM) y la obtención de especímenes para los análisis en el laboratorio.
- NMX-AA-019-1985. Describe un método para determinar el peso volumétrico de los RSM en el lugar donde se efectuó la operación de cuarteo.
- NMX-AA-022-1985. Explica un método para la selección y cuantificación de subproductos contenidos en los RSM.
- NMX-AA-61-1985. Especifica un método para determinar la generación de RSM a partir de un muestreo estadístico aleatorio.



#### 3.1.4.1. PROYECTO DE NOM PARA EL MANEJO DE RME

El 22 de agosto de 2011 fue publicado en el DOF el PROY-NOM-161-SEMARNAT-2011 a la que alude la LGPGIR y su Reglamento respecto a la gestión de RME. El proyecto establece los criterios para clasificar a los RME y determinar cuáles están sujetos a plan de manejo; el listado de los mismos, el procedimiento para la inclusión o exclusión en dicho listado; así como los elementos y procedimientos para la formulación de los planes de manejo.

El principal objetivo del proyecto de NOM consiste en desviar los RME de los sitios de disposición final mediante su reutilización o reaprovechamiento. Así mismo, destaca que el plan de manejo deberá ser técnica, económica y ambientalmente factible, al enfatizar en los residuos que poseen potencial económico.

Los PM deberán realizarse bajo el principio de responsabilidad compartida. Los elementos mínimos que contemplarán son:

1. Información general, incluyendo el listado de los residuos del PM.
2. Diagnóstico de residuos, enfocado a la estimación de la tasa de generación, en el caso de RME y; a la identificación de fuentes de generación, componentes y métodos de manejo, en el caso de productos de consumo que al desecharse se convierten en RME.
3. Formas de manejo integral propuestas para el residuo.
4. Metas de cobertura del PM.
5. Descripción del destino final del residuo.
6. Mecanismos de operación, control y monitoreo para el seguimiento del PM.
7. En su caso, participantes del plan y su actividad.
8. En su caso, mecanismos de difusión y comunicación a la sociedad en general.

A lo anterior se suman elementos adicionales que dependen de la modalidad elegida de PM.

El proyecto de NOM contempla la publicación de formatos estatales para el registro de los PM ante las autoridades. Por último, contiene mayor detalle sobre las clasificaciones de RME, establecidas en la LGPGIR.

### 3.2. GESTIÓN DE RESIDUOS

La gestión de residuos sólidos es la disciplina asociada con el control de la generación, almacenamiento, recolección, transporte, tratamiento y disposición de residuos sólidos; de manera que se realice acorde con los principios de salud pública, economía, ingeniería, conservación, estética y otras consideraciones ambientales, y que además, sea sensible a la actitud social. Su alcance incluye las funciones administrativas, financieras, legales, de planeación e ingeniería; involucradas en la solución de la problemática de los residuos sólidos. (Tchobanoglous, 1993)

Las actividades de manejo asociadas con la gestión de residuos sólidos son las siguientes:

1. Generación. Comprende las actividades en la cuales se juzga que el material ya no posee valor y es descartado o acopiado para su disposición.
2. Almacenamiento, manejo y procesamiento en la fuente. Comprende las actividades asociadas con el manejo de residuos hasta el momento en el que se colocan en un contenedor para su recolección. Incluye el traslado de los contenedores hacia el punto de recolección.
3. Recolección. Incluye la colecta de residuos sólidos, así como el transporte de estos materiales hasta el lugar donde el vehículo de recolección descarga el material. Este sitio puede ser una instalación de tratamiento, de transferencia o de disposición final.
4. Tratamiento. Comprende la separación de residuos, cuando ésta no se realiza en la fuente. Se utiliza para reducir el volumen o peso de los residuos que serán enviados a disposición final, así como para la generación de energía o elaboración de subproductos alternos.
5. Transporte. Incluye las siguientes actividades:
  - a. Transferencia de residuos desde un vehículo de recolección hacia otro de mayor capacidad. Generalmente se realiza en una estación de transferencia.
  - b. Transporte subsecuente de los residuos, generalmente a través de distancias mayores, hacia un sitio de tratamiento o disposición final.
6. Disposición final. Los residuos, inclusive los provenientes de las instalaciones de recuperación y tratamiento, como último destino son depositados en rellenos sanitarios o diseminados en ciertas áreas (controladas o no).

En este contexto, la *gestión integral de residuos sólidos* se define como la selección y uso de técnicas, tecnologías y programas de gestión adecuados, con el fin de alcanzar objetivos y metas de gestión específicos. En México, la legislación ambiental promueve un enfoque de gestión basado en la siguiente jerarquía:

1. Reducción de la generación
2. Reutilización
3. Tratamiento
4. Disposición final

Considerando que no es posible lograr una generación nula de residuos y que éstos son generados tanto por los procesos extractivos, productivos y de consumo; así como, el alto costo asociado al manejo de residuos, a nivel internacional se han desarrollado múltiples estrategias de gestión. Éstas han sido privilegiadas por los grandes generadores, tales como los sectores industriales y están enfocadas a la minimización de residuos (Manahan, 2007). En la Tabla 3.3 se señalan algunas de las estrategias de gestión, enfocadas a la minimización más relevantes.

Tabla 3.2 Estrategias para la gestión de residuos, enfocadas en la minimización

Nombre	Descripción básica
<i>Ecología industrial</i>	Persigue la no producción de residuos o su minimización, utilizándolos para propósitos útiles. Trata del uso eficiente de los materiales con un enfoque basado en sistemas industriales en conjunto que evite la producción de residuos, centrándose en el proceso de fabricación. Las formas de reducción incluyen la reducción en la fuente, la separación y concentración de los residuos, la recuperación de los recursos y el reciclaje de residuos.
<i>Análisis de ciclo de vida</i>	Proporciona un marco analítico para evaluar todo el rango de impactos ambientales generados por la industria, incluyendo la producción de residuos. Para ello, utiliza un balance energético y material en cada etapa del ciclo de vida de un producto. Las etapas consisten en: adquisición y procesamiento de materiales, fabricación del producto, empaquetado y distribución, eliminación.
<i>Producción más limpia</i>	Metodología de aplicación continua, basada en la evaluación de procesos e identificación de oportunidades para minimizar la generación de residuos y emisiones, utilizar racionalmente los recursos, disminuir los costos de operación, mejorar el control de procesos e incrementar la rentabilidad de las industrias. Se realiza en cuatro niveles de acción: preventivos (reducción y reciclaje/ reutilización) y de control (tratamiento y disposición final).

Fuente: (Manahan, 2007), (Masters, y otros, 2008), (CNP+LH, 2009)

En México, las autoridades ambientales han buscado incentivar la adopción de métodos preventivos, procurando la minimización y el establecimiento de sistemas de control efectivos que permitan un manejo ambiental y económicamente adecuado de los residuos. Así, a través de los lineamientos establecidos en la legislación y normas particulares, las autoridades han impulsado instrumentos de gestión específicos tales como los descritos en la Figura 3.2.

<i>Cédula de Operación Anual (COA)</i>	<i>Plan de manejo</i>	<i>Auditorías ambientales voluntarias</i>
Es un instrumento de seguimiento, actualización e información por establecimiento industrial en materia de emisiones y transferencia de contaminantes a través de un reporte anual multimedios. Es de carácter obligatorio y forma parte de el Sistema Integrado de Regulación Directa y Gestión Ambiental (SIRG). Sirve para evaluar la sustitución de materias primas, la modificación de procesos, la racionalización de recursos, la utilización de mejores combustibles y el reciclaje de residuos o subproductos.	Es un instrumento para alentar el manejo innovador de residuos bajo el principio de responsabilidad compartida pero diferenciada. Es de carácter obligatorio para los sujetos definidos en la LGPGIR. Fundamentalmente pretende desviar los residuos de los sitios de disposición final, mediante su recuperación como materia prima para otros procesos de manufactura o aprovechamiento energético.	Es un instrumento concertado que permite ir más allá de lo requerido por la normatividad, fomenta la corresponsabilidad y promueve la imagen corporativa, entre otros aspectos. Es de carácter voluntario, como parte de la autorregulación ambiental. El objetivo principal es la identificación, evaluación y control de procesos industriales que pudiesen estar operando bajo condiciones de riesgo o provocando contaminación al ambiente. Resulta en la emisión de recomendaciones correctivas y preventivas.

Figura 3.2 Instrumentos de gestión en México

### 3.2.1. PLAN DE MANEJO DE RESIDUOS

A nivel internacional se reconoce que la gestión de ciertas corrientes de residuos, tales como los industriales, es optimizada cuando se encuentra clara y efectivamente separada de la gestión de RSU, tanto en el manejo y regulación, como en su financiamiento. Las políticas generalmente se enfocan a mantener los materiales dentro del ciclo de producción, promoviendo que los residuos se reintegren a la cadena de suministro de la industria manufacturera. Esto permite fortalecer la producción local y regional mediante el ejercicio de economía circular (UN, 2010).

Bajo este esquema, el papel de las autoridades nacionales y del sector privado se ha traducido en normatividad y controles administrativos, regulación flexible, derechos negociables y creación de mercados, entre otros. En concordancia con las tendencias mundiales, la intervención gubernamental en el ámbito de los residuos industriales presenta las siguientes características: (ONU, 2007)

- Descentralización en favor de niveles sub nacionales (e.g. estatal) en cuanto a la aplicación de medidas regulatorias.
- Implementación de mecanismos de innovación ambiental, impulsados por mercados vanguardistas. Entre dichos mecanismos se encuentran los programas de gestión de residuos y normatividad específica.

Generalmente, en forma de regulación, los mecanismos de innovación ambiental son emulados por países menos desarrollados. Así, la introducción de los planes de manejo en la legislación mexicana se basó en los denominados Proyectos XL, desarrollados por la Agencia de Protección Ambiental de los EUA así como, en otros modelos similares (Cortinas de Nava, 2003). La fortaleza de estos proyectos estuvo apoyada en los siguientes aspectos: (EPA, 2000)

- Innovación en prácticas de gestión ambiental.
  - Obtención de información vigente y relevante por parte de las autoridades ambientales, utilizada para actualizar la regulación.
  - Flexibilidad en la regulación, referente a la propuesta e implementación de métodos orientados a lograr determinados objetivos ambientales.
- Adopción de un enfoque integral en la gestión.
  - Consideración de las expectativas de la población y otros actores involucrados en la cadena de valor, como parte de la gestión ambiental.
  - Rediseño de incentivos para el mejoramiento del desempeño ambiental.

En México la legislación ambiental está orientada a minimizar la generación de residuos mediante la aplicación de Planes de Manejo que fomenten el cierre del ciclo de vida de los materiales. Estos planes pretenden promover una gestión innovadora y eficiente por parte de los grandes generadores de residuos bajo los principios de flexibilidad y responsabilidad compartida, lo que sugiere una simplificación en el esquema de manejo y una reducción de costos.

Así mismo, la implementación de los planes de manejo de RME se apoya en la premisa de que el establecimiento de instrumentos de gestión como estrategias a largo plazo

se basa en una firme correlación entre la competitividad económica y resultados favorables de la política ambiental, otorgando flexibilidad en la definición de los objetivos a cumplirse. Lo anterior debe considerar que la responsabilidad en la gestión de residuos requiere compromiso por parte de las autoridades y una guía clara con objetivos, indicadores y referentes realistas, así como previsiones pertinentes a las circunstancias actuales de la industria.

*3.2.1.1. Elementos mínimos de un Plan de Manejo*

De acuerdo a una revisión de planes de manejo implementados para diferentes tipos de residuos, se determinó que los elementos mínimos que estos planes deben contener son los siguientes:

1. Información general
  - a. Descripción de las actividades de la empresa
  - b. Estructura administrativa
  - c. Soporte legal para la elaboración del plan de manejo..
2. Objetivos generales, propósito o metas..
  - a. Objetivos específicos
3. Información base
  - a. Estudio de generación
  - b. Diagnóstico de manejo
4. Plan de manejo propuesto para los residuos con énfasis en la minimización y capacitación del personal
5. Plan de implementación
  - a. Calendario de implementación

## CAPÍTULO 4. METODOLOGÍA

---

El trabajo de tesis se centra en el análisis de un caso de estudio. Éstos se definen como descripciones de situaciones reales que proporcionan un contexto para la toma de decisiones respecto a temas técnico-sociales. Así, se optó por estudiar la gestión de los residuos en un ingenio a fin de obtener una perspectiva actual de la situación en el sector azucarero.

Los resultados e interpretación del estudio de caso, referidos en los capítulos subsiguientes, servirán para generar ideas y opciones para otros ingenios. El análisis del caso implicó la no intervención para evitar la modificación de las condiciones en las que se desarrolla la gestión de forma cotidiana. Es decir no se realizó experimentación. En este sentido es importante destacar que el objeto analizado, la gestión de residuos en el ingenio azucarero, es un fenómeno complejo en el tiempo.

En este capítulo se presenta la metodología empleada para la realización de la tesis. Como primer punto se describe el procedimiento general, que consta de seis etapas. Además, se detallan las características del caso de estudio, señalando sus particularidades con respecto al sector. Por último, se listan las técnicas e instrumentos específicos empleados para la recolección de datos con fines demostrativos referentes a la gestión actual de residuos.

Cabe señalar que la generalización que puede derivar de este estudio de caso es analítica, es decir, los resultados son comparables en términos empíricos con otros casos similares.

### 4.1. PROCEDIMIENTO GENERAL

El procedimiento para la elaboración del trabajo se dividió en seis etapas, descritas a continuación:

#### ETAPA I. ELECCIÓN DE LA UNIDAD PRODUCTIVA CASO DE ESTUDIO

La selección de la unidad de análisis como estudio de caso se realizó de forma subjetiva, considerando los siguientes criterios:

- Corresponde a un sistema similar a los otros componentes de la industria.
- Presenta las siguientes desviaciones positivas para el estudio, en comparación al resto de los ingenios azucareros en el país:
  - avanzado nivel tecnológico,
  - elevada capacidad de molienda.

ETAPA II. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA Y ANÁLISIS DOCUMENTAL

La investigación documental sirvió para la construcción del Marco Conceptual y Legal y se utilizó como base para la elaboración de la guía metodológica. Se centró en los siguientes temas:

- proceso de producción de azúcar,
- impacto ambiental del proceso de producción de azúcar,
- gestión de residuos,
- residuos sólidos generados por la industria azucarera,
- legislación, antecedentes e interpretación;
- situación actual de la industria azucarera mexicana,
- elaboración de procedimientos,
- planes de manejo de residuos industriales.

ETAPA III. ESTUDIO DE CAMPO

El estudio de campo se dividió en dos periodos de referencia, por orden cronológico: Reparación y Zafra. Para ello, se programaron dos estancias en sitio, con objeto de evaluar los métodos de gestión de residuos mediante el análisis de los procesos de producción. El plan de trabajo, descrito en las tablas 4.1 y 4.2, se adecuó a la semana laboral para cada periodo.

Tabla 4.1 Estudio de campo - Programa de trabajo Zafra

Actividad	Día 1	Día 2	Día 3	Día 4	Día 5	Día 6	Día 7	Día 8	Día 9	Día 10
Revisión de proceso: Batey, Molienda.	♦									
Revisión de proceso: Clarificación, Evaporación, Cristalización.		♦								
Revisión de proceso: Refinado, Secado y envasado.			♦							
Revisión de área: Calderas, Tratamiento de agua.				♦						
Elaboración de balance de masa y materiales por proceso unitario.	♦	♦	♦	♦						
Identificación de controles en las operaciones y puntos de cuantificación de productos intermedios y subproductos.	♦	♦	♦	♦	♦	♦				
Evaluación de limpieza y aseo en planta.					♦	♦	♦			
Identificación de puntos no controlados de generación de residuos.							♦	♦		
Recorridos específicos: Área de almacenamiento de melaza.								♦		
Recorridos específicos: Área de elaboración de composta.									♦	
Estudio de generación:										
• Cuantificación de RME en almacén.					♦	♦	♦	♦		
• Cuantificación de RSU mediante método de cuarteo.										
Identificación de ruta de recolección de RSU y RME.										♦
Estimación de generación de residuos fuera de proceso:										
Almacenes, residuos de embalaje, otros.							♦	♦		
Revisión documental.	♦	♦	♦	♦	♦	♦	♦	♦	♦	♦

Tabla 4.2 Estudio de campo - Programa de trabajo Reparación

Actividad	Día 1	Día 2	Día 3	Día 4	Día 5
Visita de reconocimiento	♦				
Identificación y evaluación de equipo e instalaciones para el manejo de RSU y RME	♦	♦	♦		
Estudio de generación:					
• Cuantificación de RME en almacén.		♦	♦	♦	♦
• Cuantificación de RSU mediante método de cuarteo.					
Identificación de puntos de generación de RME.	♦	♦	♦	♦	♦
Identificación de ruta de recolección de RSU.		♦			
Revisión documental.	♦	♦	♦	♦	♦

#### ETAPA IV. ANÁLISIS DE INFORMACIÓN OBTENIDA EN CAMPO

La información recolectada durante la estancia en sitio se analizó y se procedió a complementar la investigación bibliográfica particular. Finalmente, se generaron los siguientes documentos, considerados insumos básicos para la elaboración del Plan de Manejo:

1. Estudio de generación de residuos:
  - a. Parte I: Reparación
  - b. Parte II: Zafra
2. Diagnóstico de manejo de residuos.

Se analizaron de forma conjunta los datos obtenidos, ya que la cantidad de residuos generados y el manejo del que son objeto dictaron las pautas para proponer las acciones tendientes a minimizar y valorar los residuos según su clasificación. Así, el resultado final está integrado en el Plan de Manejo de Residuos.

#### ETAPA V. ELABORACIÓN DEL PLAN DE MANEJO DE RESIDUOS PARA EL CASO DE ESTUDIO

Se analizaron las estrategias y prácticas orientadas a lograr una gestión más eficiente de los residuos, considerando principalmente:

- a) Reutilización y reciclado de residuos en la misma planta.
- b) Reutilización y reciclado de residuos en instalaciones externas.
- c) Tratamiento de residuos .
- d) Disposición final técnica, económica y ambientalmente aceptable.

Las modificaciones al proceso y equipos no se consideraron debido a las características del proceso productivo.

#### ETAPA VI. FORMULACIÓN DE LA GUÍA METODOLÓGICA PARA ELABORACIÓN DE PLANES DE MANEJO EN LA INDUSTRIA AZUCARERA

Durante la elaboración de los documentos listados en la etapa IV se generaron los procedimientos correspondientes, integrándolos a la guía. Así mismo, se estructuró un



procedimiento general con base en la revisión de planes de manejo de residuos industriales a nivel internacional.

#### 4.2. MODELO DE INVESTIGACIÓN

El proyecto de tesis corresponde al campo de la investigación aplicada, limitada por el área de especialidad elegida, residuos sólidos no peligrosos y el tamaño de muestra seleccionado como estudio de caso: una única unidad productiva.

Durante el estudio de campo se recolectó información para su análisis posterior. A partir de dicho análisis se generó un plan de manejo y la guía metodológica. Para ello, se delimitó lo más preciso posible el caso de estudio como una previsión para la generalización de la citada guía.

Así mismo, es importante resaltar que la obtención de datos y la formulación de planes de manejo para cada caso particular dentro de la industria azucarera, debe considerar las siguientes variables:

- Diversidad entre las industrias que integran el sector:
  - Variaciones en proceso
  - Tipo de producto
  - Nivel tecnológico
- Legislación estatal aplicable.

#### 4.3. TÉCNICAS DE INVESTIGACIÓN EMPLEADAS

Dado a que el trabajo se basó en una investigación de campo, las técnicas empleadas fueron:

1. Observación directa, estructurada, no participante
  - a. Se realizaron dos estancias en la industria caso de estudio, una para cada periodo de referencia.
  - b. Se elaboró un programa de trabajo general para cada estancia en sitio, adecuando el segundo a los resultados obtenidos durante la primer visita.
  - c. Se recabó información en sitio, complementándola con documentación proporcionada por el personal del ingenio.
2. Entrevista
  - a. Con base a la solicitud del organigrama de la industria, se entrevistó al personal responsable, involucrado en el manejo de residuos, para identificar capacidades y delimitar funciones.
  - b. Durante las estancias en sitio se entrevistó al personal que participa directamente en alguna de las etapas de manejo de residuos.
3. Muestreo
  - a. Previo al estudio de campo, se acotó el universo de residuos a muestrear: RSU y RME.
  - b. Como parte del programa de trabajo, se asignaron recursos (tiempo, equipo y personal) para el muestreo de los residuos objeto de estudio.

- c. Durante la estancia se identificaron y seleccionaron puntos adicionales no específicos para muestreo o estimación de generación de residuos.
- 4. Reseñas descriptivas
  - a. Para la presentación de resultados e información obtenida durante la estancia en sitio, se elaboraron las reseñas descriptivas consideradas pertinentes.

#### 4.4. INSTRUMENTOS EMPLEADOS

Como parte de las actividades programadas en el plan de trabajo referido en las tablas 4.1 y 4.2, se diseñaron los procedimientos descritos a continuación. Cabe señalar que dichos procedimientos se elaboraron con conocimiento previo básico de las condiciones y características de la unidad productiva.

##### *4.4.1. GUÍA PARA EL LEVANTAMIENTO DE INFORMACIÓN EN EL SECTOR*

Con objeto de obtener información general del sector, se contactó a la Cámara Nacional de la Industria Azucarera y Alcohólica (CNIAA). Los datos requeridos se desglosan a continuación. La CNIAA no cuenta con información referente a la gestión de residuos, salvo la publicada en los Manuales Azucareros, por lo que fue necesario recurrir a literatura especializada.

1. Información general del sector en el país:
  - a. Cantidad de ingenios.
  - b. Características generales de los ingenios.
2. Balance de masa del proceso realizado en los ingenios azucareros:
  - a. Materia prima utilizada en la industria azucarera y alcohólica.
  - b. Productos, subproductos y co-productos generados por las industrias azucarera y alcohólica, caracterización y cuantificación.
3. Evaluación de impacto ambiental ocasionado por las actividades del sector.
4. Estudio de generación de los residuos que abarque un periodo de los últimos diez años.
5. Esquema de gestión actual de los residuos en la industria, incluyendo:
  - a. Tipos de tratamiento de residuos.
  - b. Descripción de los proceso de tratamiento e infraestructura utilizada.
  - c. Porcentaje de residuos que recibe tratamiento.
  - d. Porcentaje de residuos destinados a disposición final.
  - e. Tipo de disposición final que reciben los residuos.
6. Cantidad de ingenios azucareros que han registrado un plan de manejo ante las autoridades estatales.
7. Planes de diversificación de la producción del sector como respuesta a la minimización o reaprovechamiento de residuos:
  - a. Factibilidad técnica y económica.

- b. Listado de empresas que pueden emplear como insumo los residuos generados por el sector.

#### 4.4.2. GUÍA PARA EL LEVANTAMIENTO DE INFORMACIÓN - ESTUDIO DE GENERACIÓN

##### 4.4.2.1. RESIDUOS DE MANEJO ESPECIAL- REPARACIÓN

Mediante un recorrido por las instalaciones del Ingenio, se observaron RME almacenados en las siguientes áreas:

- Almacén Temporal de RME
- Patio de chatarra
- Almacén de piezas y refacciones

La recolección de muestras se realizó únicamente en el Almacén Temporal designado. El resto consistió en estimaciones e inspección visual.

1. Sitio de recolección de muestras:
  - a. Almacén temporal de RME ubicado en la unidad productiva.
2. Metodología empleada para la recolección de muestras:
  - a. Toma de muestra directa de contenedores o bolsas de almacenamiento.
3. Metodología empleada para el análisis de muestras:
  - a. Determinación de peso volumétrico, tomando como base la metodología establecida en la NMX-AA-019-1985, en el caso de los residuos ubicados en el Almacén Temporal.  
Equipo empleado para la determinación de peso volumétrico:
    - Báscula con capacidad de 20 kg y precisión de 25 g.
    - Recipiente plástico con capacidad de 1L.
4. Metodología empleada para la cuantificación de residuos:
  - a. Método indirecto, con base en bitácoras, peso volumétrico, mediciones realizadas en el Almacén Temporal y entrevistas con el personal.
  - b. Estimación visual en sitios de almacenamiento no autorizados.

##### 4.4.2.2. RESIDUOS SÓLIDOS URBANOS - REPARACIÓN

Se recolectaron muestras durante la etapa de manejo - recolección de residuos. Las normas técnicas mexicanas únicamente se utilizaron como referencia.

1. Sitio de recolección de muestras:
  - a. Unidad de recolección de RSU.
2. Número de días muestreados
  - a. Tres: 27/07/2011, 28/07/2011, 29/07/2011  
La muestra consideró únicamente tres días debido a que el proceso no presenta variaciones diarias que impacten la generación de residuos

sólidos urbanos, la cantidad de personal se mantiene constante durante el periodo de referencia, al igual que los horarios de trabajo y las actividades realizadas.

3. Metodología empleada para la recolección de muestras:
  - a. Toma de muestra, con base en la NMX-AA-015-1985.
  
4. Metodología empleada para el análisis de muestras:
  - a. Cuantificación de subproductos, con base en la NMX-AA-022-1985, selección manual.
  - b. Determinación de peso volumétrico, con base en la metodología establecida en la NMX-AA-019-1985.  
Equipo empleado:
    - Báscula con capacidad de 50k g
    - Contenedor metálico con diámetro interior de 56.5 cm y 44.5 cm de altura.
  
5. Metodología empleada para la cuantificación de residuos:
  - a. Método indirecto, con base en análisis de registros.

*4.4.2.3. RESIDUOS DE MANEJO ESPECIAL- ZAFRA*

Se determinó la producción de RME como parte de las actividades rutinarias de las siguientes áreas del Ingenio:

- Batey
- Molinos
- Elaboración crudo
- Refinado, secado y envasado
- Calderas
- Almacén general
- Tratamiento de agua

Adicionalmente, se observó la existencia de RME almacenados en diferentes áreas:

- Almacén Temporal de RME
- Patio de chatarra
- Almacén de piezas y refacciones

La toma de muestras, únicamente se realizó para determinar características específicas de los residuos, listadas a continuación.

1. Fuentes de generación.
  - a. Identificación de actividades productivas generales.
  - b. Identificación de fuentes de generación, acordes con el flujo de proceso.
  - c. Agrupamiento de fuentes de generación por área.
  
2. Sitio de recolección de muestras:

- a. Fuente de generación de los residuos que cualitativamente representaban el 80% de la tasa de generación total.
3. Metodología empleada para la recolección de muestras:
  - a. Toma de muestra directa de contenedores o sitio de almacenamiento.
4. Metodología empleada para el análisis de muestras:
  - a. Determinación de peso volumétrico, tomando como base la metodología establecida en la NMX-AA-019-1985.
    - Equipo empleado para la determinación de peso volumétrico:
      - Báscula con capacidad de 20 kg y precisión de 25 g
      - Recipientes plásticos con capacidad de 1L y 600 mL.
5. Metodología empleada para la cuantificación de residuos:
  - a. Método indirecto: análisis de registros disponibles de las últimas diez zafas, revisión de bitácoras, cálculo de volumen de generación, mediante medición de contenedores y áreas de depósito; y, entrevista con el personal.
  - b. Estimación visual.

#### 4.4.2.4. RESIDUOS SÓLIDOS URBANOS - ZAFRA

Se utilizó la guía de levantamiento de información descrita en el apartado 4.4.2.2, considerando:

1. Número de días muestreados
  - a. Tres: 21/12/2011, 22/12/2011, 23/12/2011  
La muestra consideró únicamente tres días debido a que el proceso no presenta variaciones diarias que impacten la generación de residuos sólidos urbanos, la cantidad de personal se mantiene constante durante el periodo de referencia, al igual que los horarios de trabajo y las actividades realizadas.

#### 4.4.3. GUÍA PARA EL LEVANTAMIENTO DE INFORMACIÓN - DIAGNÓSTICO DE MANEJO

Se identificaron las corrientes de residuos existentes en la unidad productiva, de acuerdo al manejo al que están sujetas.

1. Definición del tipo de sistema de manejo de residuos.
  - a. Identificación de variabilidad en el sistema de manejo durante el desarrollo del ciclo temporal estudiado (reparación y zafra).
2. Recolección de información relativa a los sistemas identificados, mediante:
  - a. Revisión del marco legal.
  - b. Revisión documental.
  - c. Identificación en sitio, mediante un estudio de campo de recursos asignados al sistema de manejo.
  - d. Entrevista con los participantes en el manejo de residuos.

3. Evaluación de la gestión de residuos de cada sistema, considerando los siguientes elementos:
  - a. Acciones de reducción en la fuente
  - b. Tipo de almacenamiento
  - c. Método y frecuencia de recolección
  - d. Tratamiento y disposición final
  - e. Programas de reutilización y reciclaje

#### 4.5. CASO DE ESTUDIO: CARACTERÍSTICAS

Como se mencionó en el Capítulo 1, los ingenios participantes en la zafra 2010/11 fueron 54. Debido a múltiples factores, la cantidad de unidades productivas en funcionamiento ha sufrido un decremento en la última década y no es de esperarse que su número aumente.

Los motivos para la elección del caso de estudio se explicaron en el apartado 4.1 de este capítulo. Únicamente cabe resaltar las siguientes características del Ingenio Adolfo López Mateos (IALM):

- Conforme la clasificación por nivel tecnológico, descrita en el Capítulo 3, el IALM se ubica en la categoría de Tecnología Convencional.
- De acuerdo con lo publicado en el Manual Azucarero Mexicano 2011, el IALM es la única unidad que reporta el manejo de residuos no peligrosos y una de dos que reportaron el empleo de indicadores de gestión de residuos.
- Con base en los índices operativos publicados en el reporte de Desarrollo Agroindustrial de la Caña de Azúcar, el IALM se ubicó como la doceava unidad con mejor rendimiento de fábrica en la zafra 2009/10.
- Acorde con los índices operativos publicados en el reporte de Desarrollo Agroindustrial de la Caña de Azúcar el IALM, fue el sexto ingenio que mayor cantidad neta<sup>3</sup> de caña molió en la zafra 2009/10.

##### *4.5.1. INGENIO ADOLFO LÓPEZ MATEOS: INFORMACIÓN GENERAL*

El ingenio Adolfo López Mateos S.A. de C.V. (IALM) se ubica en la localidad San Antonio El Encinal, municipio de Tuxtepec, Oaxaca. Las coordenadas geográficas son 18° 3' 9" latitud norte y 96° 9' 8", longitud oeste, a una altitud de 24 msnm.

El municipio de San Juan Bautista Tuxtepec (Tuxtepec) se localiza en la Región Cuenca del Papaloapan, al norte del estado de Oaxaca, en las coordenadas 96° 08' longitud oeste y 18° 05' latitud norte. Limita al norte con el estado de Veracruz y el municipio de San Miguel Soyaltepec, al sur con los municipios de Santiago Jocotepec y Loma Bonita, al poniente con los municipios de Santa María Jacatepec, San Lucas Ojitlán y San José Chiltepec y al oriente con el municipio de Loma Bonita. Tiene una extensión de 933.90 Km<sup>2</sup> y ocupa 0.979% de la superficie del estado.

---

<sup>3</sup> En aquellos lugares donde se deduce la basura de la caña bruta, el peso se debe expresar por separado y denominarlo caña neta a fin de evitar confusiones, especialmente al comparar con resultados de otras fábricas. (Chen, 1991)

La construcción del ingenio se realizó entre 1965 y 1968, con base en un protocolo de financiamiento entre los gobiernos de Francia y México. Fue operado por el gobierno, a través de Azúcar, S.A. de 1968 a 1988. En noviembre de 1988, es adquirido por Grupo Industrial PIASA (Promotora Industrial Azucarera, S. A. de C. V.) quien inició un proceso de modernización de sus instalaciones y lo opera hasta la actualidad.

La capacidad original de molienda del ingenio era 4,000 toneladas de caña por día, para la producción de azúcar estándar. En su primer zafra se molieron 14,182 toneladas de caña, con una producción de 818 toneladas de azúcar. Durante 1978 a 1980 se realizó una ampliación de la capacidad instalada, llevando al ingenio hasta 6,000 toneladas de caña molida por día.

Actualmente, el IALM se dedica a la producción de azúcar refinado. Su zona de abasto es de alrededor de 23,000 Ha de sembradío de caña, cultivadas por más de 2,900 productores cañeros. Tiene una capacidad instalada de molienda de 9,000 toneladas por día, correspondiente a una producción de azúcar de 1,000 ton/día. Su producción se destina, principalmente, al abasto de plantas embotelladoras de bebidas gaseosas de sus accionistas.

Los principales productos y subproductos generados por el IALM se muestran en la Tabla 4.3.

Tabla 4.3 Principales productos del IALM

<i>Tipo de producto</i>	<i>Producto</i>	<i>Capacidad instalada</i>
Principal	Azúcar refinado	218,000 Ton/Zafra
Subproductos	Miel final	49,140 Ton/Zafra
	Cachaza	65,515 Ton/Zafra

Fuente: (PIASA)

El desempeño del ingenio en la última zafra (2009/2010), de acuerdo a la Cámara Nacional de las Industrias Azucareras y Alcoholeras se observa en la Tabla 4.4.

Tabla 4.4 Indicadores IALM zafra 2009/10

<i>Concepto</i>	<i>Consolidado nacional</i>	<i>Caso de estudio</i>
Caña molida neta (Ton)	41,801,998	1,344,232
Bagazo obtenido (Ton)	12,610,961	388,233
Producción de azúcar refinada (Ton)	1,602,792	152,890
Rendimiento de fábrica (%)	11.3	10.81

Fuente: (CNIAA, 2010)

El ingenio ocupa un predio con una superficie total de 388,497m<sup>2</sup>, de los cuales 67,200m<sup>2</sup> corresponden a la superficie ocupada. Sus colindancias son: al norte con el Fraccionamiento Las Palmas y la Unidad Habitacional de Empleados del Ingenio Adolfo López Mateos; al sur con una propiedad privada; al Este con la Colonia Adolfo López Mateos y la Laguna El Fénix; al oeste con la carretera federal Tuxtepec-Oaxaca y el Río Santo Domingo. Su ubicación se ilustra en la Figura 4.1.

Por las características de este giro industria, la producción de azúcar de caña se realiza en el periodo conocido como zafra que abarca los meses de noviembre a junio, durante un promedio de 180 días. El resto del tiempo se emplea en mantenimiento general del equipo e instalaciones de la planta, periodo de reparaciones.

Para su operación, el IALM cuenta 456 obreros, 80 eventuales y 191 empleados durante el periodo de zafra; y, 456 obreros y 121 empleados durante el periodo de reparación. El horario de operaciones durante la zafra es de 24 horas, los siete días de la semana.

Las operaciones básicas que se realizan son el desfibrado y molido de la caña; la clarificación, evaporación, cristalización y refinado del jugo de caña; secado y envasado del azúcar resultante. Durante el proceso se lleva a cabo la generación de vapor y energía eléctrica.

Cabe señalar que el IALM se incorporó al Programa Nacional de Auditoría Ambiental, a partir de abril de 1995, obteniendo el Certificado de Industria Limpia en noviembre de 2003. El último refrendo se le otorgó en noviembre de 2007 y, entregó en febrero de 2008. En el Anexo 5, Fotografía A5.1 se presenta una vista del IALM.

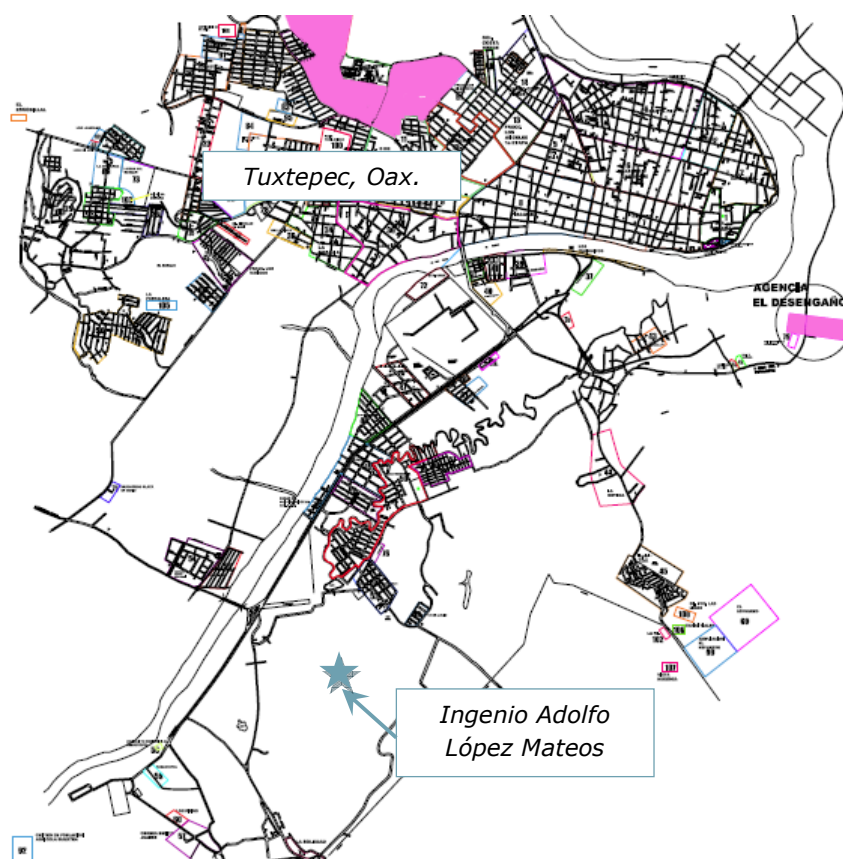


Figura 4.1 Croquis de localización del IALM



## CAPÍTULO 5. RESULTADOS

---

La presentación de planes de manejo tiene su fundamento en los artículos 9 fracción III y VI, 19, 27, 28 y 98 de la LGPGIR. Aunado a ello, las autoridades estatales, responsables de definir los requisitos que deberán observar los planes de manejo elaborados por los generadores obligados en su territorio, han emitido e implementado la regulación estatal gradualmente a lo largo del país.

Ante este panorama, las empresas pertenecientes a la industria azucarera han tratado de responder de forma pronta e individual a los requerimientos de las autoridades. Sin embargo, en ocasiones, esto ha propiciado la entrega de planes de manejo enfocados al cumplimiento legal mínimo sin estar fundamentados en información confiable.

En el presente capítulo se desarrollan los resultados del trabajo de campo realizado en el IALM. Dichos resultados se concretan en un estudio de generación y un diagnóstico de manejo; indispensables en la elaboración de un plan de manejo. Así mismo, como parte de dicho plan, se proponen medidas de manejo que permitan alcanzar una mayor eficiencia en la gestión de residuos.

Adicionalmente, se presenta una guía metodológica específica para el sector azucarero, construida con base en el estudio de caso. Ésta pretende servir como plataforma para la elaboración de planes de manejo por parte de otras unidades productivas.

### 5.1. PLAN DE MANEJO

De conformidad con las disposiciones legales y en concordancia con buenas prácticas de la industria a nivel internacional, el plan de manejo descrito a continuación, está conformado como sigue:

- Inventario de generación de residuos (estudio de generación):
  - periodo de Zafra,
  - periodo de Reparación.
- Diagnóstico de manejo de residuos.
- Programa para la prevención y gestión integral de los residuos.
  - Problemática ambiental asociada al manejo actual de residuos (hallazgos del diagnóstico de manejo).
  - Objetivos del plan de manejo, acordes con el diagnóstico de manejo.
  - Estrategias propuestas de gestión.
  - Plan de ejecución.
  - Mecanismos de control y monitoreo.

5.1.1. INFORMACIÓN GENERAL

Acorde con lo requerido en la "Guía para la elaboración de planes de manejo de residuos especiales" de Oaxaca y el PROY-NOM-161-SEMARNAT-2011, en las Tablas 5.1 y 5.2 se presentan los datos del generador.

Tabla 5.1 Datos generales de la empresa

Nombre o razón social:	Ingenio Adolfo López Mateos, S.A. de C.V.
Nombre del representante legal:	C.P. Ángel Rivera Cruz
Domicilio de la empresa:	Domicilio conocido s/n, Congregación San Antonio El Encinal, Tuxtepec, Oaxaca. CP: 68360
Teléfono, fax:	(287) 871 60 00, (287) 871 60 30
Correo electrónico:	<a href="mailto:info.ialmsa@grupopiasa.com">mailto:info.ialmsa@grupopiasa.com</a>
Registro Federal de Contribuyentes:	IAL730831P21

Nombre y puesto del responsable de la aplicación del Plan de Manejo:

(Firma)

	Ing. Adolfo Comas Hernández/ Promotor de Ecología
Giro o actividad de la empresa:	Industria manufacturera → Elaboración de azúcares
Clasificación SCIAN:	Clase 311311. Elaboración de azúcar de caña
Domicilio para recibir notificaciones:	Domicilio conocido s/n, Congregación San Antonio El Encinal, Tuxtepec, Oaxaca. CP: 68360

Tabla 5.2 Información técnica de la empresa

Descripción de la actividad principal de la empresa:	Elaboración de azúcar de caña
Número de trabajadores:	Reparación: 456 Zafra: 536
Horario de operaciones:	Reparación: 24 horas/ ~ 180 días Zafra: 24 horas/ ~ 180 días
Producto principal:	Azúcar refinada de caña
Datos del predio:	Predio propio, con 388,497.00 m <sup>2</sup> de superficie total, de los cuales 67,200 m <sup>2</sup> se encuentran ocupados.
Corporación, asociaciones y cámaras a las que pertenece:	Forma parte de Grupo Promotora Industrial Azucarera, S.A. de C.V. (PIASA) y pertenece a la Cámara Nacional de las Industrias Azucareras y Alcohólicas, mediante No. Registro 01390003.

En la Tabla 5.3 se presentan los datos referentes a la modalidad, ámbito de aplicación y responsabilidad sobre la elaboración del plan. En el Anexo 6, apartado 6.1 se incluye información adicional requerida por las autoridades estatales.

El presente Plan de Manejo - RME se elaboró con base en análisis de estudios realizados para el ciclo reparación 2011, zafra 2011/2012. En el Anexo 5 se incluyen fotografías del estudio de campo.

Tabla 5.3 Elaboración del plan de manejo

<i>Modalidad del plan de manejo</i>	Privado, individual
<i>Ámbito de aplicación territorial</i>	Local
<i>Residuos objetos del plan</i>	Los generados en las instalaciones del Ingenio Adolfo López Mateos, S.A. de C.V. - Residuos de manejo especial
<i>Nombre de la empresa que elaboró el Plan de Manejo:</i>	Ingenio Adolfo López Mateos, S.A. de C.V.
<i>Nombre y puesto del responsable de la elaboración del Plan de Manejo:</i>	Adolfo Comas Hernández
<i>Domicilio:</i>	Domicilio conocido s/n, Congregación San Antonio El Encinal, Tuxtepec, Oaxaca, México. CP 68360
<i>Teléfono, fax:</i>	(287) 875 91 00 (Ext. 5223), (287) 871 60 15

### 5.1.2. INVENTARIO DE GENERACIÓN DE RESIDUOS

La generación de residuos en el IALM se efectúa en dos periodos anuales:

- Zafra, periodo en el cual se realiza la producción de azúcar.
- Reparación /mantenimiento.

El IALM maneja dos corrientes diferenciadas de residuos de manejo especial. La composición de cada una de éstas (descrita en los siguientes apartados) y el manejo al que están sujetas las sitúan como residuos industriales no peligrosos y residuos sólidos urbanos. Aunque, atendiendo a las definiciones de la LGPGIR, artículos 5 y 19, ambas corrientes clasifican como RME (Tabla 5.4). En atención a lo anterior, el diagnóstico de generación se subdivide en residuos de manejo especial y sólidos urbanos.

Tabla 5.4 Clasificación legal de residuos sólidos generados en el IALM

<i>Tipo de residuos</i>	<i>Clasificación legal</i>	<i>Tasa de generación* (ton/día)</i>	
		<i>Reparación</i>	<i>Zafra</i>
Industriales no peligrosos	RME	12.61	3,582.83
Municipales (urbanos)	RME	0.448	0.773

#### 5.1.2.1. ZAFRA

##### RESIDUOS DE MANEJO ESPECIAL

Los RME generados durante el periodo de Zafra se listan en la Tabla 5.5. Cabe señalar que, durante el levantamiento de información se observó que la tasa de generación (TG) de los siguientes residuos permanecía constante con respecto al periodo de Reparación:

- cartón,
- papel de oficina,
- residuos de jardinería,
- residuos acumulados en áreas no autorizadas para su almacenamiento,
- residuos electrónicos.

Tabla 5.5 Características RME - Zafra

Material	Área generadora	PV (kg/m <sup>3</sup> )	TG (ton/día)
1. Residuos de proceso			
a. Residuos de batey	Batey	545	384.70
b. Lodo - conductor caña	Batey	1,233.33	17.76
c. Insumo	Batey	400.5	153.88
d. Bagazo	Molinos	120	1,981.00
e. Bagacillo	Molinos	95	39.03
f. Cachaza	Elaboración de crudo	1,020	404.71
g. Melaza	Elaboración de crudo	1,450	216.72
h. Derrames de melaza	Refinación	1,450	0.13
i. Sólidos DSM	Refinación	ND	0.06
j. Ceniza - tolvas	Calderas	725	36.25
k. Cenizas - calderas	Calderas	725	9.93
l. Lodos de ceniza	Calderas	1,108.33	337.5
2. Plástico			
a. Súper sacos	Envasado	ND	0.04
3. Metal			
a. Chatarra	Varias	1,779.9	1.12

ND: No determinado

Adicionalmente, en la Tabla 5.6 se listan RME no incluidos en el listado anterior, debido a que su tasa de generación es, comparativamente, menor al 1% del total.

Tabla 5.6 Otros RME - Zafra

Material	Área generadora	PV (kg/m <sup>3</sup> )	TG (kg/día)
1. Residuos de proceso			
a. Residuos electroimán	Molinos	898.845	2.09
2. Papel			
a. Cartón	Almacén General	50.43	3.87
b. Papel kraft	Embarque	88.995	4.87
3. Mantenimiento			
a. Lana mineral	Calderas	18.28	13.64
b. Residuos metálicos	Molinos	1,779.9	0.0091

Así mismo, se identificó la generación de los residuos listados en la Tabla 5.7. Sin embargo, con base en criterios de relevancia en relación al porcentaje de la

composición final, exceptuando los casos señalados, y para los fines que persigue este estudio, se desestimó el cálculo cuantitativo de la tasa de generación.

*Tabla 5.7 RME no considerados en el estudio de generación*

<i>Material</i>	<i>Área generadora</i>
1. Metal	
a. Láminas	No específica
b. Contenedores 200 L	Almacén general
c. Rebaba	Taller mecánico
2. Plásticos	
a. Tarima	Almacén General
b. Contenedores 200 L	Almacén general
c. Sacos 50 kg	Envasado
3. Madera	
a. Tarima	Almacén general
4. Residuos municipales	
a. Lodo - PTAR sanitaria*	Tratamiento de aguas
b. Lodo - Canal de sedimentación*	Tratamiento de aguas
5. Llantas	No específica
6. Residuos de jardinería	Servicios generales
7. Residuos electrónicos	Oficinas, almacén
8. Residuos de proceso	
a. Carbón granular activado*	Refinación

\* La información disponible fue insuficiente o el estudio de campo no coincidió con el periodo de generación.

El peso volumétrico se calculó mediante la metodología descrita para el análisis de muestras (Capítulo 4. Metodología) y, en algunos casos, se obtuvo directamente de la literatura sobre el tema.

En la Figura 5.1 se ilustra la composición porcentual de los RME generados durante el periodo de Zafra, con base en la tasa de generación calculada, que asciende a  $3,582.83 \text{ ton/día}$ .

En el Anexo 5, Fotografías A5.2 - A5.7, se presentan imágenes de los RME generados durante el periodo de Zafra.

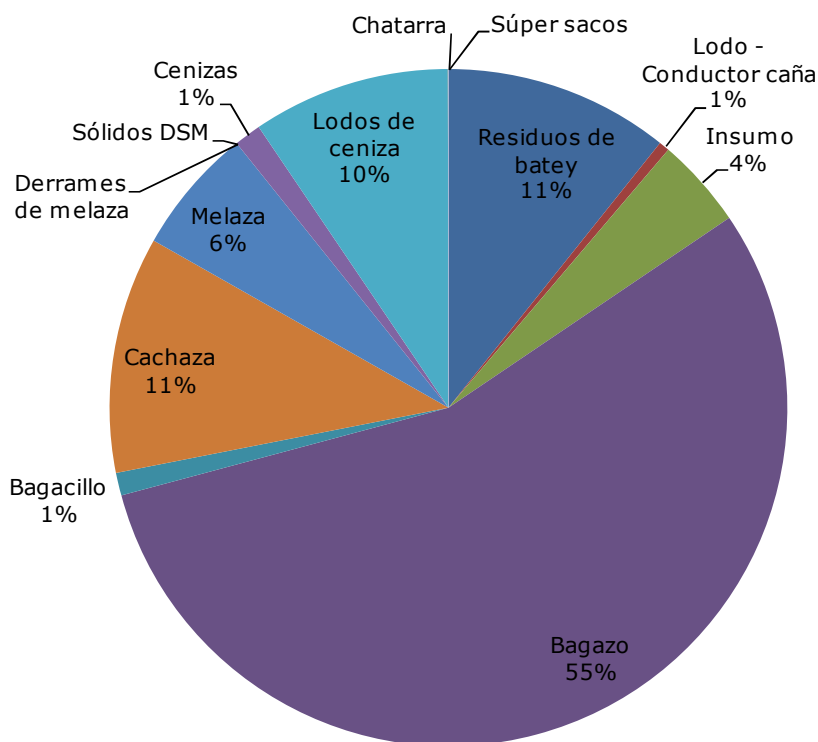


Figura 5.1 Composición porcentual de los principales RME - Zafra

#### RESIDUOS SÓLIDOS URBANOS

El listado que se presenta en la Tabla 5.8 se elaboró tomando como base la clasificación establecida en la NMX-AA-022-1985, complementada con las observaciones realizadas en campo durante días comprendidos en el muestreo.

Cabe señalar lo siguiente:

- Los residuos de jardinería no incluyen a aquellos producto del mantenimiento de áreas verdes y desramado. Se refieren a los residuos depositados en los contenedores de RSU, producto de barredura.
- La fracción denominada "agua" corresponde a líquido envasado en botellas de PET. Para efecto de cálculo de la tasa de generación de este material, se contabilizó por separado.

Las fuentes de generación corresponden al sitio de labores del personal, los sitios de acopio o almacenamiento son específicos.

CAPÍTULO 5. RESULTADOS

Tabla 5.8 Composición de RSU acorde a muestreo - Zafra

Material	Peso (kg)		
	21/12/2011	22/12/2011	23/12/2011
1. Papel			
a. Cartón	0.2	0.2	0.25
b. Papel de oficina	0.85	0.4	0.55
c. Papel kraft	1.175	0.65	
2. Residuos de alimentos	0.75	0.7	0.55
4. Madera		1.3	1.225
5. Metal			
a. Ferroso	0.05	0.25	0.3
b. Latas			0.025
c. Aluminio	0.125	0.25	0.075
d. Empaque metalizado	0.05	0.25	0.025
6. Residuos sanitarios	1.775	0.725	0.5
7. Plásticos			
a. PET (1)	0.275	0.15	0.35
b. HDPE (2)		0.05	
c. PVC (3)		0.025	
d. LDPE (4)	0.275	0.4	0.725
e. PP (5)	0.195	0.025	0.05
f. PS expandido (6)	0.025	0.05	0.025
e. Otros (7)	0.175		
8. Residuos de jardinería	0.025		
9. Vidrio			
a. Transparente			0.35
10. Residuos de manejo especial			
a. Residuos de proceso (bagazo, bagacillo)	0.35	3.35	0.85
11. Residuos peligrosos			
a. Trapo impregnado con aceites y grasas	0.75	0.1	0.25
b. Colilla de soldadura	0.025		
c. Lámpara		0.2	
13. Residuo fino	2		0.025
16. Estambre	0.025		
17. Material eléctrico	0.2		
18. Tetrapak			0.05
17. Agua	0.5	0.275	0.475
Total	9.795	9.35	6.65

La proporción media de subproductos cuantificados durante el periodo de muestreo se presenta en la Figura 5.2. El concepto "Otros" incluye los siguientes residuos que se encontraron en proporción menor o igual a 1%:

- estambre,
- material eléctrico,
- tetrapak.

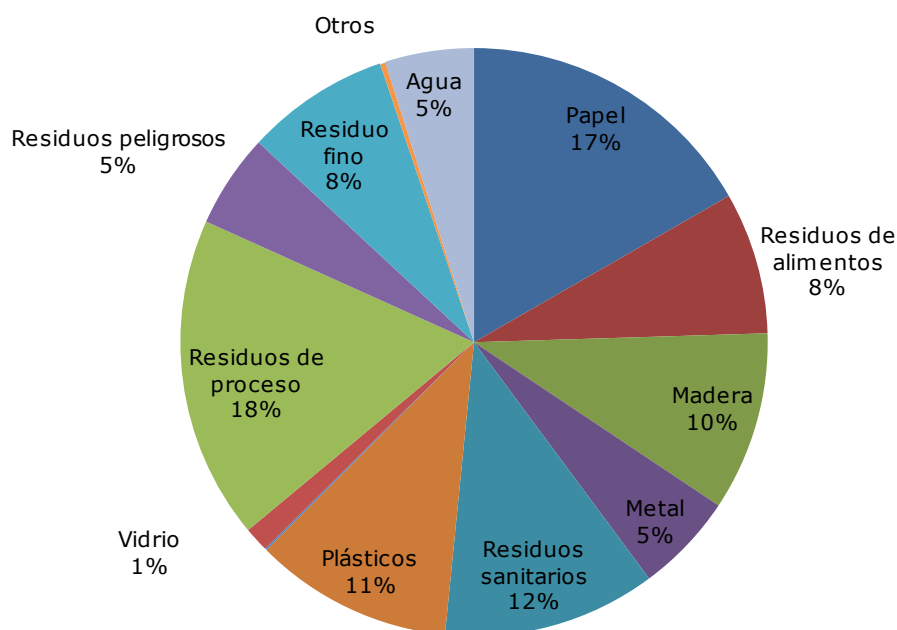


Figura 5.2 Composición porcentual de RSU - Zafra

El peso volumétrico estimado para los RSU - Zafra, correspondiente a la media del periodo muestreado, es de  $79.92 \text{ kg}/\text{m}^3$ . Los datos considerados para el cálculo se detallan en el Anexo 1.

Con base en el análisis de registros del Depósito de RSU en el Basurero Municipal, para la Zafra 2010/2011 y la cantidad de días laborados en este periodo, se estimó una TG diaria de  $773.54 \text{ kg}/\text{día}$  con una desviación estándar de  $168.19 \text{ kg}/\text{día}$ .

Lo anterior considerando que la Zafra 2010/2011 fue de 199 días laborales, comprendidos entre el 11/11/2010 y el 05/06/2011. El resultado del análisis se presenta en el Anexo 1.

En el Anexo 5, Fotografías A5.8 y A5.9, se presenta una imagen de los RSU generados durante un día y de la composición de una muestra.



5.1.2.2. REPARACIÓN

RESIDUOS DE MANEJO ESPECIAL

Los RME generados durante el periodo de Reparación se listan en la Tabla 5.9. El peso estimado, registrado en la tabla mencionada corresponde a la cuantificación de los RME almacenados en las siguientes áreas del Ingenio:

- Almacén Temporal de RME
- Patio de chatarra
- Almacén de piezas y refacciones

Con base en este dato se estimó la tasa de generación de RME, exceptuando las llantas y residuos electrónicos. Para estos últimos se consideró una generación esporádica.

Tabla 5.9 Características RME - Reparación

Material	Área generadora	Peso estimado (kg)	PV (kg/m <sup>3</sup> )	TG (kg/día)
1. Metal				
a. Láminas	No específica	519.20	2,385.96	8.65
b. Rebaba				
i. Bronce mezclado con acero	Taller mecánico	3,850.00	1,925.00	38.5
ii. Acero	Taller mecánico	2,635.00	775.00	38.75
iii. Aluminio	Taller mecánico	28.00	35.00	0.28
c. Chatarra	Todas	3,310.00	1779.9	30.93
2. Vidrio				
a. Transparente	No específica	3,370.50	975	5.73
3. Papel				
a. Papel de oficina	Oficinas, almacén	600.00	88.995	4.62
b. Cartón	Almacén	930.00	50.4305	7.15
4. Residuos de construcción y demolición (R&C)				
a. Escombro	Área de obra	1,409,941.11	1,420.95	12,367.90
b. Lana mineral	Calderas	599.94	18.28	13.64
5. Llantas	No específica	25 unidades	ND	Esporádico
6. Residuos de proceso				
a. Bagacillo mezclado con otros residuos, carbón activo	No específica	5,600.00	700	93.33
7. Residuos electrónicos	Oficinas, almacén	108 unidades	ND	Esporádico

ND: No determinado

El peso volumétrico (PV), registrado en la Tabla 5.9 se calculó mediante la metodología descrita para el análisis de muestras (Capítulo 4. Metodología) y, en algunos casos, se obtuvo directamente de la literatura sobre el tema.

En la Figura 5.3 se ilustra la composición porcentual de los RME generados durante el periodo de Reparación, con base en la tasa de generación (TG) calculada, que asciende a 12.61 *ton/día*. El concepto "Otros" corresponde a llantas y residuos electrónicos, para los cuales no se determinó una tasa de generación cuantitativa.

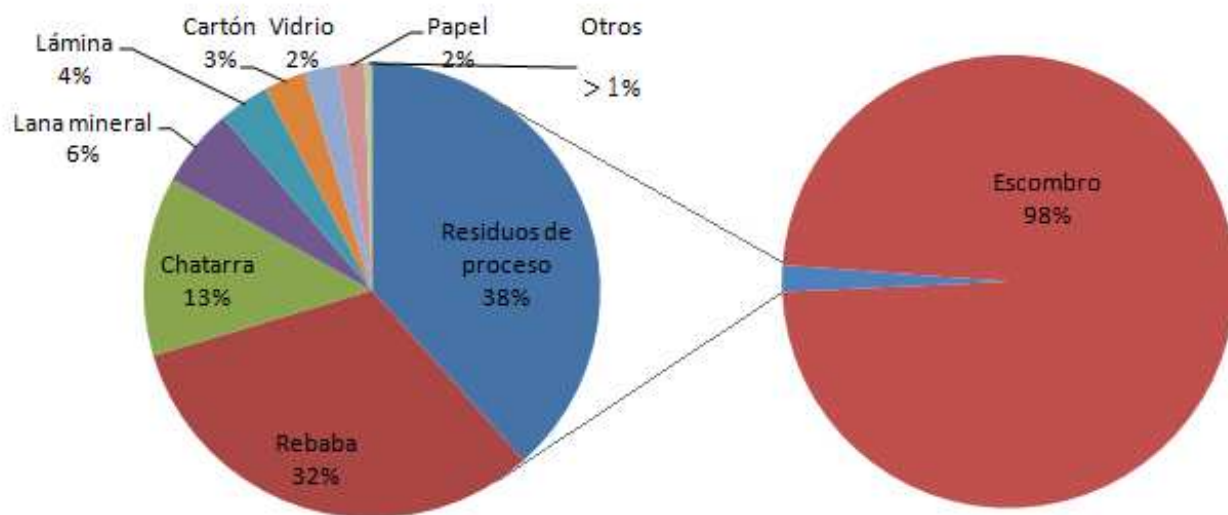


Figura 5.3 Composición porcentual de RME - Reparación

#### RESIDUOS SÓLIDOS URBANOS

El listado que se presenta en la Tabla 5.10 se elaboró tomando como base la clasificación establecida en la NMX-AA-022-1985, complementada con las observaciones realizadas en campo durante los tres días comprendidos en el muestreo.

Respecto a los resultados presentados en la Tabla 5.10, cabe señalar lo siguiente:

- El papel cuantificado durante los tres días de muestreo se encontraba mojado.
- Los residuos de jardinería no incluyen a aquellos producto del mantenimiento de áreas verdes y desramado. Se refieren a los residuos depositados en los contenedores de RSU.

Derivado de las actividades realizadas en el periodo de Reparación, las fuentes de generación se ubican en el sitio de labores del personal, que es variable.

CAPÍTULO 5. RESULTADOS

*Tabla 5.10 Composición de RSU acorde a muestreo - Reparación*

<i>Material</i>	<i>Peso (kg)</i>		
	<i>27/07/2011</i>	<i>28/07/2011</i>	<i>29/07/2011</i>
1. Papel			
a. Cartón	2.25		0.5
b. Papel de oficina	0.18	0.3	0.3
2. Residuos de alimentos	0.085	0.625	0.55
3. Hule		0.55	
4. Madera	2.14		
5. Metal			
a. Ferroso	0.49	0.125	1.175
b. Latas		0.15	0.075
c. Aluminio	0.025	0.05	0.075
d. Empaque metalizado	0.025	0.025	
6. Residuos sanitarios	4.75	0.35	1.6
7. Plásticos			
a. PET (1)	0.8	3.325	0.225
b. HDPE (2)	0.305	1.35	0.6
c. PVC (3)			0.025
d. LDPE (4)	2.695	0.6	0.4
e. PP (5)	1.2	0.20	2.675
f. PS expandido (6)	0.06	0.175	0.025
8. Residuos de jardinería	0.8	0.05	0.025
9. Vidrio			
a. Transparente		0.475	
10. Residuos de manejo especial			
a. Residuos de construcción y demolición	5.28	19.725	6.605
11. Residuos peligrosos			
a. Trapo impregnado con aceites y grasas	0.85	0.05	1.4
b. Colilla de soldadura	0.11	0.025	
c. Grasa			0.375
12. Residuos de proceso	4.725	11.65	
13. Residuo fino	0.01		0.1
Total	26.78	39.8	16.73

En el Anexo 1 se especifican los subproductos incluidos en algunos de los tipos de plásticos listados en la Tabla 5.10. La proporción media de subproductos cuantificados durante el periodo de muestreo se presenta en la Figura 5.4. El concepto "Otros", graficado en dicha figura, incluye los siguientes residuos que se encontraron en proporción menor o igual a 1%:

- hule,
- residuos de jardinería,
- vidrio,
- residuo fino.

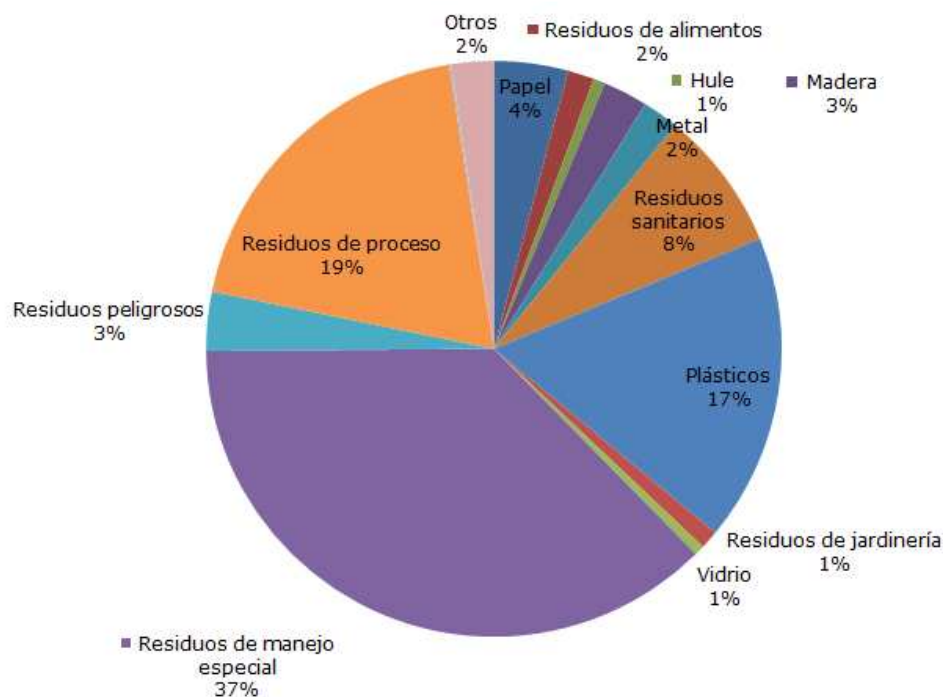


Figura 5.4 Composición porcentual de RSU - Reparación

El peso volumétrico estimado para los RSU - Reparación, correspondiente a la media del periodo muestreado, es de  $247.44 \text{ kg/m}^3$ . Los datos considerados para el cálculo se detallan en el Anexo 1.

Con base en el análisis de registros del Depósito de RSU en el Basurero Municipal, para 2010 y la cantidad de días laborales del periodo de Reparación se estimó una TG diaria de  $448.68 \text{ kg/día}$  con una desviación estándar de  $223.58 \text{ kg/día}$ .

Lo anterior considerando que el periodo de Reparación 2010 fue de 115 días laborales, comprendidos entre el 02/06/2010 y el 10/11/2010. El resultado del análisis se presenta en el Anexo 1.

### 5.1.3. DIAGNÓSTICO DE MANEJO DE RESIDUOS

#### 5.1.3.1. INFORMACIÓN GENERAL

El IALM forma parte de Grupo Promotora Industrial Azucarera, S.A. de C.V. (PIASA). Así, la dirección del IALM depende del corporativo, aunque cuenta con un grupo ejecutivo propio. Las áreas responsables del sistema de manejo dependen

directamente del grupo ejecutivo del IALM, específicamente del área de Fábrica; apoyados por un asesor especialista, perteneciente al corporativo y, por el Promotor de Ecología, como se indica en la Figura 5.5.

No existe ningún área dedicada de forma exclusiva al manejo de residuos. Las áreas involucradas, atienden el manejo en función de sus obligaciones operativas.

El IALM ha implementado dos sistemas de manejo independientes por lo que así serán considerados durante este estudio, denominándolos como sigue:

1. Sistema de manejo de RME
2. Sistema de manejo de RSU

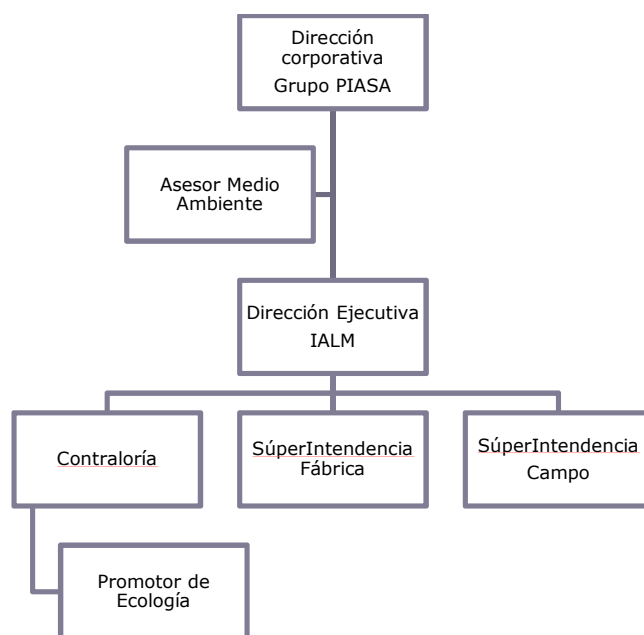


Figura 5.5 Organigrama

#### 5.1.3.2. SISTEMA DE MANEJO - RME

En el sistema de manejo de RME se distinguen dos periodos de manejo que corresponden a las actividades productivas de la industria; debido a la composición y volumen de los residuos generados en cada una de éstas:

- Reparación
- Zafra

Aún así, los recursos empleados para el manejo son similares en ambas etapas.

EQUIPO E INFRAESTRUCTURA - ALMACENAMIENTO

Durante el estudio de campo, se identificó RME almacenado en diferentes áreas del ingenio, destinadas para tal propósito. En la Tabla 5.11 se listan las áreas de almacenamiento y se presentan los datos más relevantes. La información detallada se encuentra en el Anexo 2, organizada por fichas individuales. En el Anexo 5, Fotografías A5.3, A5.5 y A5.10 a A5.12 se presentan vistas de los sitios de almacenamiento.

Tabla 5.11 Sitios de almacenamiento de RME

Área	Residuos almacenados		Observaciones
	Autorizados	No autorizados	
Almacén temporal de RME	<ul style="list-style-type: none"> <li>Lámina metálica</li> <li>Rebaba metálica</li> <li>Súper sacos</li> <li>Vidrio</li> <li>Llantas</li> <li>Papel kraft</li> <li>Lana mineral</li> </ul>		Residuos como la lana mineral, el vidrio y las llantas tienen un periodo de almacenamiento indefinido ya que no se ha especificado su disposición final.
Residuos de Batey	<ul style="list-style-type: none"> <li>Residuos de batey</li> <li>Insumo</li> <li>Lodo - conductor de caña</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Carbón activado</li> <li>Bagacillo mezclado con otros residuos</li> <li>Bolsas plásticas</li> </ul>	El personal deposita residuos no autorizados para los cuales no se ha definido claramente el flujo de manejo. El periodo de almacenamiento es variable.
Patio de chatarra	<ul style="list-style-type: none"> <li>Chatarra metálica</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>RSU</li> <li>Bagacillo</li> <li>Sacos de PP</li> <li>Azúcar</li> <li>Tarimas de madera</li> <li>Trapos impregnados con aceites y grasas</li> <li>Lana mineral</li> </ul>	El personal deposita residuos no autorizados. Así mismo, al ser un área abierta, el personal deposita la chatarra sin ningún orden. El periodo de almacenamiento es variable, aunque la chatarra se retira, al menos dos veces al año.
Patio de bagazo	<ul style="list-style-type: none"> <li>Bagazo</li> <li>Bagacillo</li> </ul>		El bagazo almacenado es aquel que, en un primer momento, no se reutilizó. Cae desde el final del conductor principal (altura de 10m). Permanece almacenado 4 - 5 días.
Patio de ceniza	<ul style="list-style-type: none"> <li>Ceniza - calderas</li> <li>Ceniza - tolvas</li> </ul>		
Tanques de almacenamiento de melaza	<ul style="list-style-type: none"> <li>Melaza</li> </ul>		El área perimetral carece de mantenimiento rutinario por lo que se encontraba azolvada con lodos, maleza y otros materiales.

Adicionalmente, se utilizan tambores metálicos de 200 L para el almacenamiento de residuos tales como:

- rebaba metálica,
- vidrio,
- derrames de melaza.

El empleo de estos contenedores es controlado por el Promotor de Ecología.

El IALM tiene suficiente capacidad instalada para el almacenamiento de los residuos manejados.

Se identificó RME almacenado en un área no autorizada, que a su vez constituye en punto de generación no controlado. En la Tabla 5.12 presentan los datos más relevantes sobre dicho sitio. La información detallada se encuentra en el Anexo 2 y se presenta una vista en el Anexo 5, Fotografía A5.13.

Tabla 5.12 Sitios de almacenamiento no autorizado de RME

Área	Residuos en sitio	Observaciones
Almacén de piezas y refacciones	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Llanta</li> <li>• Buje</li> <li>• Tarimas de madera</li> <li>• Vigas de madera</li> <li>• Escombros</li> <li>• Material impermeabilizante</li> <li>• Refacciones eléctricas varias</li> <li>• Lana mineral</li> <li>• Piezas metálicas</li> <li>• Piezas electrónicas</li> <li>• Arandelas de rodajas</li> <li>• Lámina metálica y de asbesto</li> <li>• Vidrio</li> <li>• Cable</li> </ul>	<p>Se identificaron diversos residuos debido a:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Inadecuadas prácticas de disposición de RME.</li> <li>2. Inadecuadas prácticas de almacenamiento, lo que deriva en que las refacciones se vuelvan inservibles y se conviertan en residuos.</li> <li>3. Inadecuadas prácticas de disposición de RSU.</li> <li>4. Falta de limpieza en sitio.</li> </ol> <p>No existe responsable del almacén.</p>

#### EQUIPO E INFRAESTRUCTURA - RECOLECCIÓN

El equipo utilizado para la recolección en el punto de generación se lista en la Tabla 5.13.

Tabla 5.13. Equipo utilizado para la recolección de RME

Residuo	Tipo	Cantidad	Características
Residuos de batey	• Apilador de caña frontal	1	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Capacidad de carga 150 ton/h</li> <li>• Capacidad de carga 1,134 kg</li> </ul>
Insumo	• Mini cargador frontal	1	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Asignación temporal (14m<sup>3</sup> ó 6m<sup>3</sup>)</li> </ul>
	• Vehículo de volteo	1	
Ceniza - tolvas	• Vehículo de volteo	1	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Asignación temporal (14m<sup>3</sup> ó 6m<sup>3</sup>)</li> <li>• Carga frontal</li> <li>• Placa de acero inoxidable</li> <li>• Equipo hechizo</li> <li>• Capacidad aproximada 0.97m<sup>3</sup>c/u</li> </ul>
	• Furgones	5	
Ceniza - calderas			
Lodos de ceniza	• Vehículo de volteo	2	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Capacidad 6 m<sup>3</sup></li> </ul>
Cachaza	• Vehículos de volteo	5	<ul style="list-style-type: none"> <li>• (2) capacidad 14m<sup>3</sup></li> <li>• (3) capacidad 6m<sup>3</sup></li> </ul>

Cabe señalar que los vehículos de volteo indicados en la Tabla 5.13, pertenecen a la Superintendencia de Tratamiento de Agua y son asignados por el responsable del área, conforme a las necesidades operativas. Su uso también está condicionado por fallas

mecánicas y la disponibilidad de choferes. La flotilla consta de seis vehículos de volteo como sigue:

- dos vehículos de 14m<sup>3</sup> de capacidad,
- cuatro vehículos de 6m<sup>3</sup> de capacidad.

Adicionalmente, se emplea el siguiente equipo manual durante las operaciones de recolección:

- palas,
- carretillas,
- rastrillos,
- cargadores para tambor.

La recolección de cachaza y lodos de ceniza se realiza en el punto de generación, retirándose la totalidad de residuos. La recolección del resto de los residuos listados en la Tabla 5.13, se realiza a partir de los sitios de almacenamiento señalados en el apartado "Almacenamiento", conforme las necesidades operativas y la disponibilidad de personal. No existe personal asignado permanentemente para estas labores específicas.

#### EQUIPO E INFRAESTRUCTURA - TRATAMIENTO

Los residuos son manejados separadamente desde el punto de generación. Los únicos residuos sujetos a tratamiento posterior, son los indicados en la Tabla 5.14.

Tabla 5.14. Equipo para tratamiento - RME

Residuo	Tipo de tratamiento	Finalidad	Equipo
Papel kraft	Físico - Compactación	Facilitar manejo	• Prensa eléctrica
Bagacillo	Físico - Tamizado	Recuperación para reutilización	• Lámina tipo Hendrick, 304 de acero inoxidable, de 42"x96" y orificios de 1/8 "

#### EQUIPO E INFRAESTRUCTURA - REUTILIZACIÓN Y RECICLAJE

El equipo empleado para reutilización o reciclaje de residuos, se lista en la Tabla 5.15.

Tabla 5.15. Equipo para reutilización y reciclaje - RME

Residuo	Tipo de manejo	Cantidad	Equipo
Bagazo	Reutilización - Material combustible	1	• Conductor general de bagazo (Molinos - Calderas)
		5 x 5	• Alimentadores de bagazo para cada caldera(5), dimensiones variables, accionados por reductores de motor eléctricos.
		1	• Conductor de banda rápida de 60" con capacidad nominal de 200 tons/hr bagazo, 100 m/min, de 75.7 m de longitud
		1	• Conductor dosificador (retorno) de bagazo con caja de 60m <sup>3</sup> de capacidad
		1	• Trascabo, capacidad de carga 1,200 kg. Manejo promedio 2.4 ton/hr - 12 ton/hr de bagazo.



CAPÍTULO 5. RESULTADOS

<i>Residuo</i>	<i>Tipo de manejo</i>	<i>Cantidad</i>	<i>Equipo</i>
Cachaza	Reciclaje - Composteo	3	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Tractores, velocidad máxima 200 m/h, 1 con reductor de velocidad</li> <li>• Composteadora , manejo promedio de material 520 m<sup>3</sup>/hr</li> </ul>
		1	
Bagacillo	Reutilización - Adición a cachaza	2	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Ventiladores</li> <li>• Compuertas dosificadoras, 10 manuales, 8 automáticas.</li> </ul>
		18	

El equipo listado en la Tabla 5.15 cubre los requerimientos rutinarios de manejo de los residuos indicados, con excepción de lo comentado a continuación:

- La apertura de las compuertas manuales de alimentación de bagacillo es responsabilidad de Mantenimiento, mientras que el área usuaria del residuo es Elaboración Crudo. Lo anterior podría derivar en demora en la entrega del material. Así mismo, durante el estudio de campo se observó que los ventiladores no funcionan adecuadamente, por lo que, es necesario acarrear bagacillo y suministrarlo manualmente al ducto conductor. Generalmente, el bagacillo se deposita directamente en el suelo, a un costado de una de las entradas a Fábrica, obstruyendo parcialmente la circulación.
- Por otro lado, el cajón de retorno de bagazo requiere la construcción de una rampa que, hasta el momento está constituida por el propio bagazo. Esto implica su reposición constante, debido a pérdidas por dispersión.

GESTIÓN DEL SISTEMA DE MANEJO

El destino de los principales RME generados durante el periodo de Reparación se indica en la Tabla 5.16. Las cantidades de residuos corresponden al Estudio de generación, Reparación 2011 - Zafra 2011/2012.

*Tabla 5.16 Destino RME - Reparación*

<i>Material</i>	<i>Cantidad generada (kg/día)</i>	<i>Destino</i>	<i>Cantidad aprovechada (%)</i>
1. Metal			
a. Láminas	8.65	Reutilización	100%
b. Rebaba	77.53	Reciclaje	100%
c. Chatarra	30.93	Reciclaje	100%
2. Vidrio			
a. Transparente	5.73	Disposición final	-
3. Papel			
a. Papel de oficina	4.62	Reciclaje	100%
b. Cartón	7.15	Reciclaje	100%
4. Residuos de construcción y demolición			
a. Escombro	12,367.90	Disposición final	-
b. Lana mineral	13.64	ND	-

PLAN DE MANEJO DE RESIDUOS EN LA INDUSTRIA AZUCARERA

<i>Material</i>	<i>Cantidad generada (kg/día)</i>	<i>Destino</i>	<i>Cantidad aprovechada (%)</i>
5. Residuos de proceso			
a. Bagacillo mezclado con otros residuos, carbón activado	93.33	Disposición final	-

El destino de los principales RME generados durante el periodo de Zafra se indica en la Tabla 5.17. Las cantidades de residuos corresponden al Estudio de generación, Reparación 2011 - Zafra 2011/2012.

*Tabla 5.17 Destino RME - Zafra*

<i>Material</i>	<i>Cantidad generada (ton/día)</i>	<i>Destino</i>	<i>Cantidad aprovechada (%)</i>
1. Residuos de proceso			
a. Residuos de batey	384.70	Disposición final	-
b. Lodo - conductor caña	17.76	Disposición final	-
c. Insumo	153.88	Disposición final	-
d. Bagazo	1,981.00	Reutilización	100%
e. Bagacillo	39.03	Reutilización	100%
f. Cachaza	404.71	Tratamiento	~80%
		Disposición final	-
g. Melaza	216.72	Reutilización	100%
h. Ceniza - tolvas	36.25	Disposición final	-
i. Cenizas - calderas	9.93	Disposición final	-
j. Lodos de ceniza	337.5	Tratamiento	< 30%
		Disposición final	
2. Plástico			
a. Súper sacos	0.04	Reciclaje	100%
3. Metal			
a. Chatarra	1.12	Reciclaje	100%

GESTIÓN DEL SISTEMA DE MANEJO - MINIMIZACIÓN DE RESIDUOS

Las acciones que realiza el IALM para reducir la generación de residuos en la fuente se listan en la Tabla 5.18. La evaluación cuantitativa del impacto de dichas acciones puede realizarse utilizando los siguientes indicadores indirectos:

1. Diferencia entre toneladas de caña entregada a batey y toneladas de caña molida. Porcentaje de caña alzada mecánicamente.
2. Cantidad de cachaza, lodo sedimentable.
3. Consumo de petróleo.

Tabla 5.18 Acciones de reducción en la fuente - RME

No	Residuo objetivo	Tipo	Acciones
1	Residuos de Batey (impurezas en caña)	Cambio de técnicas	1. Introducción de cosechadoras mecánicas en Campo, en sustitución de labor manual.
2	Cachaza, ceniza - calderas (tierra)	Cambio de equipo	1. Colocación de rejilla tipo Irving en mesa alimentadora de caña.
3	Bagazo, bagacillo	Reutilización de materiales	1. Uso como combustible en calderas.

GESTIÓN DEL SISTEMA DE MANEJO - TRATAMIENTO Y DISPOSICIÓN FINAL

Los residuos sujetos a tratamiento se listan en la Tabla 5.19.

Tabla 5.19. Tratamiento RME

No	Residuo	Tipo de tratamiento	Producto/residuo
1	Cachaza	Biológico - compostaje	Composta
2	Lodos de ceniza		

El tratamiento no cubre la totalidad de la generación. En el caso de la cachaza, para la Zafra 2011/2012, entre el 20/11/2011 y el 17/12/2011, se había enviado a tratamiento el 83% de la producción total. Aunque es de esperarse que este porcentaje disminuya conforme avanza el ciclo por insuficiencia de espacio, como se explicará a continuación.

El tratamiento de lodos de ceniza comenzó durante la zafra 2011/2012. Se considera, por lo tanto, que el proceso requiere un periodo de estabilización. La cantidad de lodo tratada es variable, se estima que no supera el 30% de la generación total. Su incorporación se realiza discrecionalmente, por indicaciones de la Superintendencia Agrotécnica.

El periodo de procesamiento de composta oscila entre 11 y 14 semanas a partir de la recepción de material. Las variables de proceso más relevantes son:

- Composición de cachaza, con énfasis en el factor de humedad.
- Condiciones ambientales.

A pesar de que el IALM produce otros residuos orgánicos, no se consideran aptos para el proceso de compostaje por los siguientes motivos:

- Lodos PTAR sanitaria:
  - Riesgo de contaminación por patógenos.
- Residuos de Batey:
  - La composición no es adecuada para el producto final.
  - Generalmente, estos residuos están contaminados.
- Ceniza de calderas:
  - La composición no es adecuada para el producto final.

La restricción más importante para la producción de composta es la disponibilidad de espacio para procesamiento. Los terrenos utilizados actualmente, 11 Ha, son rentados. Éstos, además, presentan diferentes características.

El factor de conversión de composta es de 4:1 por tonelada de material procesado. La composta se entrega a granel, es decir, no media proceso de envasado. El productor es responsable de la distribución de composta dentro de su parcela ya que, aunque el IALM cuenta con dos equipos de distribución de área total, no se utilizan debido al costo que representa su transporte y carga. El esquema de distribución está limitado por las tarifas de fletado, subsidiado por el IALM.

El proceso de compostaje se realiza desde el año 2000 a escala comercial. El IALM cuenta con respaldo técnico sobre los resultados del producto y su aplicación en suelos. De acuerdo a lo comentado por el Superintendente Agrotécnico, el proceso es sostenible económicamente. En el Anexo 5, Fotografía A5.15 se ilustra uno de los campos de composta.

Por otro lado, dentro del IALM existe un área, conocida como "el triángulo", utilizada para la disposición final de un porcentaje indeterminado de los siguientes residuos:

- residuos de Batey,
- lodo - conductor caña,
- insumo,
- cenizas - calderas,
- lodos de ceniza,
- lana mineral,
- residuos de la construcción y demolición.

La disposición se realiza sobre suelo natural, cubriendo los residuos, a veces, con tierra. En el Anexo 5, Fotografía A5.16 se presenta una vista del sitio.

#### GESTIÓN DEL SISTEMA DE MANEJO - PROGRAMAS DE REUTILIZACIÓN Y RECICLAJE

Los residuos sujetos a reutilización dentro de las instalaciones del IALM y sus aplicaciones se listan en la Tabla 5.20.

Tabla 5.20. Reutilización de RME In situ

No	Residuo	Usos	Producto/Residuo
1	Bagazo	1. Combustible para calderas	Ceniza
2	Bagacillo	1. Adición a lodos para conformación de cachaza	-
		2. Absorbente de derrames.	Bagacillo contaminado

En ambos casos, se reutiliza la totalidad de los residuos generados.

El bagazo es el principal combustible empleado en calderas. El punto de equilibrio en la administración de bagazo a calderas es de 350 ton caña/hora. Cuando la molienda excede los 375 ton de caña/hora, es posible almacenar bagazo para uso posterior. El almacenamiento también está condicionado por:

- porcentaje de fibra en bagazo,
- porcentaje de humedad en bagazo.

La humedad óptima, definida por el IALM es de 50%. Sin embargo, cuando el bagazo tiene 52-53% de humedad se permite que circule hasta el final de la banda para que durante el manejo pierda un poco de ésta. No se realiza presecado de bagazo. La humedad obtenida depende de múltiples variables operativas, así como de la calidad de la materia prima.

Al respecto, en la Figura 5.6 se presenta el rendimiento alcanzado por el IALM durante las últimas diez zafras. Los límites inferior y superior recomendados en la literatura, cuando este residuo se destina como combustible, a saber 46% - 50%.

Cuando el bagazo presenta humedades superiores al 50%, se realiza una combustión incompleta, lo que repercute en la cantidad y composición de la ceniza recuperada en hornos y tolvas.

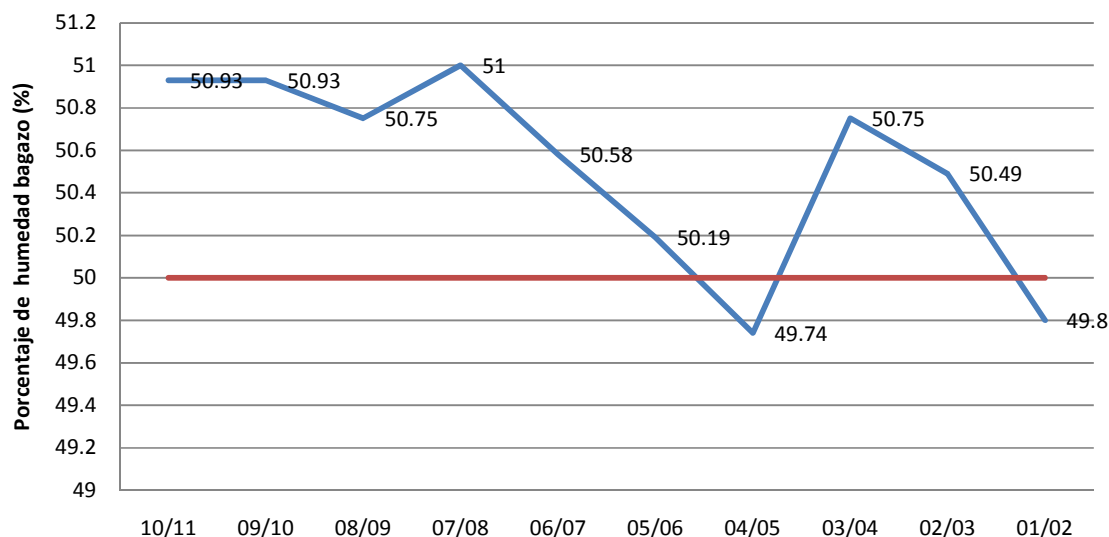


Figura 5.6 Humedad de bagazo (%) - IALM, últimas 10 zafras

La reutilización del bagacillo como absorbente presenta la problemática de su disposición final. Su empleo es indiscriminado, particularmente en el área de Molinos, por lo que durante los recorridos realizados se pudo observar montones de bagacillo en el suelo, sin que aparentemente exista personal responsable de su retiro. Así mismo, se observó que comúnmente, al menos parte de este residuo ingresa a la corriente de sólidos urbanos, aún cuando se encuentre contaminado con grasas, aceites o ácidos. En el Anexo 5, Fotografía A5.14 se ilustra esta práctica.

Mediante venta a terceros, el IALM recicla o reutiliza los residuos listados en la tabla 5.21.

Tabla 5.21. Venta de RME a terceros

<i>Reutilización</i>	<i>Reciclaje</i>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Láminas</li> <li>• Melaza</li> <li>• Derrames de melaza</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Rebaba metálica</li> <li>• Papel de oficina</li> <li>• Cartón</li> <li>• Residuos electrónicos</li> <li>• Súper sacos</li> <li>• Chatarra</li> </ul>

De los residuos mencionados, únicamente se cuenta con programas formales para el acopio en la fuente de los residuos mencionados en la Tabla 5.22. Cabe señalar que, de acuerdo al Estudio de generación, Reparación 2011 - Zafra 2011/2012, éstos se segregan efectivamente de las corrientes de residuos enviados a disposición final, exceptuando el papel kraft generado en el Cargadero de Azúcar.

Tabla 5.22. Programas de reutilización y reciclaje - RME

<i>Residuo</i>	<i>Responsable</i>
Papel de oficina	Promotor de Ecología
Cartón	Promotor de Ecología, Superintendente Almacén General
Súper sacos	Superintendente Almacén General
Tambores plásticos y metálicos	Promotor de Ecología

#### 5.1.3.3. SISTEMA DE MANEJO - RSU

El sistema de manejo de RSU es invariable durante los dos periodos que conforman el ciclo, Reparación y Zafra. Las únicas consideraciones relevantes son la cantidad de personal empleado en sitio y la cantidad de días laborales, como sigue:

Personal ocupado en la unidad productiva durante el periodo:	Reparación: 456 Zafra: 536
Días laborales/ semana:	Reparación: 5 Zafra: 7

Aún así, los recursos empleados para el manejo son similares en ambas etapas.

#### EQUIPO E INFRAESTRUCTURA - ALMACENAMIENTO

Los puntos de generación de RSU se ubican al interior de las áreas administrativas y la nave industrial. Ahí, el personal utiliza contenedores de diversas características, generalmente no mayores a 30 L de capacidad. El personal de limpieza o de fábrica vacía estos contenedores en los puntos de acopio designados.

Los contenedores ubicados en los puntos de acopio se describen en la Tabla 5.23.

Tabla 5.23 Características contenedores RSU

Tipo	MSD-32	MSD-68	Especial
Características			
Capacidad	120 L	260 L	Variable, generalmente 200L
Peso	12.2 kg	19.1 kg	Variable, generalmente 8kg
Dimensiones	97cm x 47cm x 57cm	106cm x 64cm x 67cm	Variable, generalmente 90cm x 59cm
Material	Plástico moldeado	Plástico moldeado	Variable, generalmente, plástico moldeado o metal
Tapa	Sí	Sí	Variable, generalmente, no
Otros	Ruedas, asas	Ruedas, asas	NA
Marca	Otto	Otto	Generalmente, tambos de reutilización

No se utiliza bolsa plástica dentro de los contenedores ni hay un responsable de su aseo periódico. Durante los recorridos efectuados, se observó que éstos se encontraban sucios tanto en la parte interna como externa. En total, el IALM cuenta con 44 contenedores, desglosados por tipo en la tabla 5.24 e ilustrados en la Fotografía A5.17, Anexo 5.

Tabla 5.24 Relación total contenedores RSU

Tipo de contenedor	Cantidad
MSD-32	25
MSD-68	15
Especiales	4

La capacidad instalada de los contenedores, así como los requerimientos diarios, acordes al peso volumétrico y la tasa de generación, definidas en el Estudio de generación Reparación 2011 - Zafra 2011/2012, se muestran en la Figura 5.7.

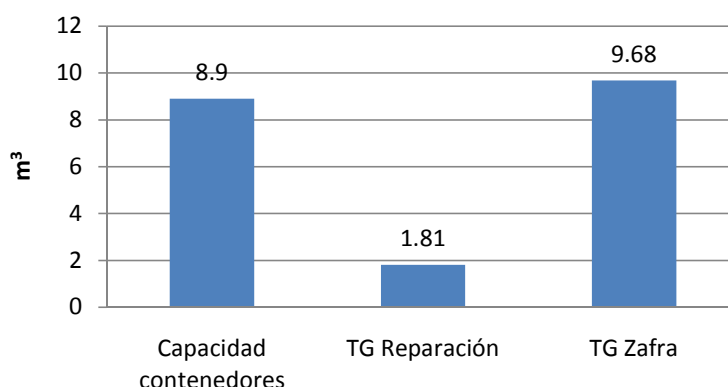


Figura 5.7 Capacidad instalada vs generación, contenedores RSU

EQUIPO E INFRAESTRUCTURA - RECOLECCIÓN

La recolección en los puntos de acopio se realiza mediante un equipo de volteo de 6m<sup>3</sup> de capacidad, perteneciente a la Superintendencia de Tratamiento de Agua.

Adicionalmente, durante el periodo de Reparación se requiere el apoyo ocasional de un montacargas, debido a la imposibilidad de recolectar los contenedores manualmente, por su peso.

El equipo de protección personal consta de:

- uniforme,
- calzado industrial,
- guantes de carnaza,
- casco,
- faja (en ocasiones).

#### GESTIÓN DEL SISTEMA DE MANEJO

El destino de RSU se indica en las Tabla 5.25.

*Tabla 5.25 Destino RSU*

<i>Material</i>	<i>Cantidad generada (kg/día)</i>	<i>Destino</i>	<i>Cantidad aprovechada (%)</i>
Residuos sólidos urbanos - Reparación	448.68	Disposición final	-
Residuos sólidos urbanos - Zafra	773.54		

No se han implementado actividades de minimización ni reutilización o reciclaje para la corriente de RSU, salvo el programa de acopio de papel de oficina, descrito anteriormente. Sin embargo, de manera informal, se recolectan en los puntos de acopio los siguientes residuos:

- latas de aluminio,
- botellas de PET.

Éstos son retirados por personal del IALM, con VoBo del Promotor de Ecología.

Por último, cabe señalar que hay periodos de generación extraordinaria, coincidentes con auditorías, inicio o fin de ciclo, entre otros.

#### GESTIÓN DEL SISTEMA DE MANEJO - TRATAMIENTO Y DISPOSICIÓN FINAL

Dentro de las instalaciones se tratan los residuos de jardinería. Éstos se manejan de forma diferenciada desde la fuente. Son manejados exclusivamente por el personal de Tratamiento de Aguas - Mantenimiento.

A partir de la fuente de generación, los residuos de jardinería se trasladan manualmente, o con apoyo de algún vehículo perteneciente a Servicios Generales, a un costado del estacionamiento del área administrativa. En este sitio se excavaron fosas expresamente para su depósito. El personal de Mantenimiento extrae la materia extraña (otros RSU) para evitar la contaminación de los residuos de jardinería.



Una vez en sitio, los residuos se remueven ocasionalmente, de manera manual, permaneciendo allí hasta que se aprecia una reducción de su volumen. De manera empírica, el Cabo de Mantenimiento determina cuando ha concluido el proceso de descomposición. Entonces, el material resultante se utiliza, mezclado con tierra para abonar las áreas verdes.

Cabe señalar que durante el Estudio de generación, Reparación 2011 - Zafra 2011/2012 sólo se encontraron residuos de jardinería correspondientes a barredura en las muestras revisadas. Lo que supone una alta eficiencia en el manejo de esta corriente de residuos, evitando su envío a disposición final.

Por último, como se mencionó, el IALM es responsable del manejo completo de los RSU, incluyendo su disposición final. Los RSU generados en el IALM se depositan en el sitio de disposición final controlado por el Municipio de Tuxtepec.

Al finalizar la recolección, el vehículo se pesa en la báscula del IALM. El Promotor de Ecología, quien constituye el contacto entre el IALM y las autoridades municipales en materia de medio ambiente, registra las cantidades para su reporte y pago posterior.

El vehículo transporta los residuos al tiradero municipal, ubicado a aproximadamente 12 km del IALM. El personal del municipio realiza una inspección visual para evitar el depósito de residuos de proceso y registra la cantidad de viajes que ingresan al sitio, provenientes del IALM.

Cabe señalar que el pago por disposición se negocia con las autoridades municipales en turno, sin que exista continuidad en los términos del servicio. Lo anterior provoca la demora e ineficiencia del trámite e imposibilita el cauce de otros residuos industriales no peligrosos hacia este sitio de disposición final.

#### *5.1.4. PROGRAMA PARA LA PREVENCIÓN Y GESTIÓN INTEGRAL DE LOS RESIDUOS*

##### *5.1.4.1. OBJETIVOS*

Con el objeto de alcanzar la visión de Grupo PIASA y derivado de la evaluación del estado actual del sistema de manejo de residuos en el IALM se definieron las siguientes metas y sus correspondientes objetivos.

**META 1: REDUCIR EL RIESGO DE LIBERACIÓN O TRANSFERENCIA DE CONTAMINANTES AL AMBIENTE, DEBIDA AL MANEJO DE RESIDUOS.**

Los objetivos son:

- Definir el ciclo de manejo completo para la totalidad de los residuos generados como parte del proceso productivo del IALM y las actividades de apoyo.
- Minimizar la generación de residuos dentro de las actividades secundarias de la cadena de valor.
- Reducir en un 15% la cantidad de residuos enviados a disposición final en el tiradero municipal.

El enfoque en la reducción del riesgo que representa la gestión inapropiada de residuos sólidos, requiere integrar la totalidad de éstos a un esquema de manejo establecido. En última instancia, el manejo deberá tender a minimizar la generación de residuos innecesarios o derivados de actividades que no aporten valor.

META 2: LOGRAR EL CUMPLIMIENTO DE LA REGULACIÓN APLICABLE.

Los objetivos son:

- Cumplir con lo dispuesto en el PROY-NOM-161-SEMARNAT-2011 de próxima publicación.
- Contribuir a la elaboración del Diagnóstico Básico de Residuos mediante la recopilación y actualización de información referente a la generación in situ.

Dado que el término de manejo especial es relativamente reciente, 2003, y la normatividad ha ido expidiéndose de manera gradual desde entonces, el IALM prevé la próxima publicación de la norma oficial mexicana así como la integración del Diagnóstico Estatal señalados en la legislación. Para ello, como primer paso, mediante la emisión de este Plan de Manejo procura adaptarse a los requerimientos actuales.

META 3: MAXIMIZAR LA VALORIZACIÓN DE LOS RESIDUOS RECICLABLES Y ESPECIALES.

Los objetivos son:

- Evitar la contaminación de las diferentes corrientes de residuos debida a mezcla durante su manejo.
- Reducir en un 5% la disposición final de los residuos prioritarios, con respecto al manejo actual.

Los residuos generados en mayor volumen, producto de la actividad industrial, se manejan diferenciadamente desde la fuente en consideración a sus características particulares y las alternativas existentes de aprovechamiento. El enfoque y asignación de recursos a la fracción más relevante de estos residuos representa una opción para optimizar el proceso productivo y obtener beneficios ambientales.

META 4: FORTALECER EL ESQUEMA DE RESPONSABILIDAD COMPARTIDA EN LA GESTIÓN DE RESIDUOS.

Los objetivos son:

- Propiciar la integración de un número mayor de participantes en el ciclo de valorización de residuos.
- Capacitar al personal del IALM en materia de medio ambiente.

El IALM como integrante de Grupo PIASA cuenta con una estructura establecida para la participación de terceros en el reciclaje y la reutilización de residuos. La flexibilización del esquema existente, con cierta autonomía, permitiría integrar a pequeños participantes locales y agilizar el sistema de manejo. Así mismo, se reconoce que la educación ambiental es básica para alcanzar las metas propuestas.

## 5.1.4.2. RESIDUOS PRIORITARIOS

El mayor volumen de residuos se genera como parte del proceso productivo. Estos residuos destacan, además por su factibilidad de valorización. Así, el balance de los principales residuos se puede observar en la Figura 5.8.

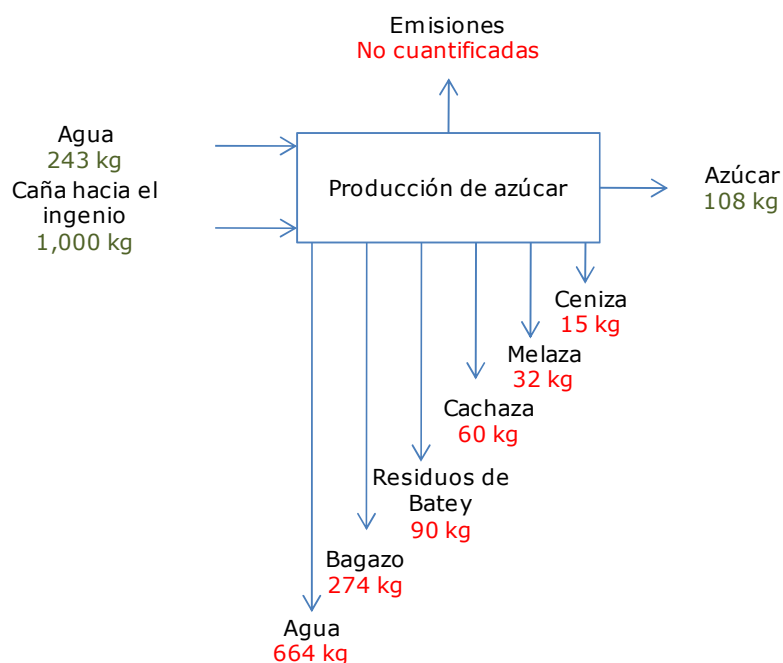


Figura 5.8 Balance de masa y materiales de los principales residuos generados por el IALM

## 5.1.4.3. PROBLEMÁTICA AMBIENTAL ASOCIADA AL MANEJO ACTUAL DE RESIDUOS

Con el objeto de sentar una base para la mejora continua, se realizó un Estudio de Generación que abarcó el periodo de Reparación 2011 y Zafra 2011/2012, así como un Diagnóstico de Manejo de residuos.

La evaluación de los sistemas de manejo se realizó con base en la legislación ambiental a nivel nacional y estatal, así como la normatividad de seguridad e higiene aplicable y las mejores prácticas dentro de la industria. Derivado de ésta se identificaron los siguientes hallazgos:

- Sistema de manejo de RME:
  - Incumplimientos a la normatividad: 16
  - Recomendaciones acordes con mejores prácticas: 12
- Sistema de manejo de RSU:
  - Incumplimientos a la normatividad: 3
  - Recomendaciones acordes con mejores prácticas: 6

A manera ilustrativa, en las Tablas 5.26 y 5.27 se presentan algunos de los hallazgos y recomendaciones. El listado completo se encuentra en el Anexo 2, apartado 4.1.

Tabla 5.26 Diagnóstico de manejo - Incumplimiento legal

Sistema de manejo	Hallazgo	Incumplimiento legal
RME	<p>Al 28/08/11 se estimó el depósito de hasta 5.85 ton de los siguientes residuos no autorizados en el Patio de chatarra destinada a reciclaje:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Carbón activado</li> <li>• Bagacillo impregnado con aceite y grasa</li> <li>• Trapos impregnados con aceite</li> <li>• Lana mineral</li> <li>• Residuos de tarimas de madera</li> <li>• Azúcar</li> <li>• Sacos de PP</li> </ul> <p>Lo anterior propicia la contaminación de residuos de manejo especial por el contacto con residuos peligrosos, incrementando la generación de estos últimos sin que se incorporen a un esquema de manejo que minimice los riesgos sobre el ambiente y dificulta el manejo eficiente de la chatarra (ver Fotografía A5.18, Anexo 5).</p>	<p>LGEEPA Artículo 134, fracción III</p> <p>Reglamento LGPGIR Artículo 46, fracción II</p> <p>LPGIRS Oaxaca Artículos 82 y 98, fracción IX</p>
RME	<p>La empresa utiliza un área de disposición final conocida como "el triángulo" para el depósito ocasional de residuos inorgánicos tales como:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Residuos de construcción y demolición</li> <li>• Lana mineral</li> </ul> <p>Los residuos se depositan sobre suelo natural, sin que el área o la operación se realicen acorde a los controles requeridos por la normatividad. Lo anterior podría provocar la contaminación indebida del suelo (ver Fotografía A5.16, Anexo 5).</p>	<p>LGEEPA, Artículo 136</p> <p>NOM-083-SEMARNAT-2003</p>
RME	<p>Se observó un derrame permanente de melaza en las bombas para despacho a pequeños ganaderos. Éste es diluido con agua y canalizado al drenaje industrial, lo que propicia un incremento de la carga orgánica en el efluente de la empresa (ver Fotografía A5.19, Anexo 5).</p>	<p>LPGIRS Oaxaca Artículo 98, fracción VIII</p>
RSU	<p>Las áreas de casilleros ubicadas junto a la Enfermería, patio de soldadores y Molinos se encuentran contaminadas con residuos sólidos urbanos. Esto puede propiciar el desarrollo de vectores nocivos (ver Fotografía A5.20, Anexo 5).</p>	<p>NOM-001-STPS-2008 Apartado 7.1.1</p>

Tabla 5.27 Diagnóstico de manejo - Recomendaciones

Sistema de manejo	Hallazgo
RME	<p>No existe control sobre la contaminación en la áreas ocupadas por los subcontratistas. En estos se observaron residuos sólidos urbanos y de manejo especial, almacenados hasta por cinco meses, lapso de tiempo entre los dos estudios de campo realizados. Lo anterior podría generar contaminación indebida en suelo (ver Fotografía A5.21, Anexo 5).</p>
RME	<p>La empresa carece de políticas para el aprovechamiento de subproductos. Lo anterior obstaculiza la promoción del manejo adecuado de aquellos que constituyen una fuente de ingresos y, la búsqueda de alternativas viables para el resto.</p>
RSU	<p>Los contenedores ubicados en los puntos de acopio de residuos sólidos urbanos se encuentran sucios y no existe un programa de limpieza periódica. Esto puede propiciar el desarrollo de vectores nocivos (ver Fotografía A5.22, Anexo 5).</p>

Las deficiencias citadas se corregirán mediante las estrategias desarrolladas en este Plan de Manejo.

5.1.4.4. *ESTRATEGIAS DE GESTIÓN*

A partir de los hallazgos del Estudio de Generación y el Diagnóstico de Manejo de Residuos para el ciclo Reparación 2011 - Zafra 2011/2012, información adicional disponible y considerando la experiencia previa del personal del IALM; se desarrollaron una serie de actividades para optimizar el proceso de gestión de residuos. Cabe señalar que el orden de los puntos incluidos en el "Programa para la prevención y gestión integral de los residuos" se desarrolló conforme a la "Guía para la elaboración de planes de manejo de residuos especiales", publicada por el Instituto Estatal de Ecología de Oaxaca.

Las etapas de manejo que operan actualmente sin problema, bajo los estándares de normatividad y mejores prácticas descritas en los apartados anteriores, se mantendrán vigentes. Aún así, se proponen actividades adicionales para mejorar o buscar la eficiencia en el desempeño del IALM respecto al manejo actual.

Las actividades son específicas, están detalladas individualmente, referenciadas entre sí y agrupadas por estrategias. Adicionalmente, las actividades se clasifican por tipo, pudiendo ser:

- Acciones correctivas. Actividad a realizarse por única ocasión, en atención a algún hallazgo detectado.
- Acciones preventivas. Actividad a realizarse por única ocasión para minimizar la materialización de algún riesgo u optimizar el sistema de manejo.
- Proyecto. Serie de actividades tendientes a optimizar el sistema de manejo. Pueden ser proyectos finitos, en cuyo caso se indicará el plazo estimado, cíclicos o de implementación permanente. Únicamente se esbozan los lineamientos generales, siendo responsabilidad de las áreas generar el detalle.

En la Tabla 5.28 se ejemplifica la información asociada a cada actividad.

*Tabla 5.28 Ejemplo de fichas de actividades del Plan de Manejo*

<i>Actividad No. 1.1</i>	<i>Retiro de residuos no autorizados del Patio de chatarra.</i>
<i>Tipo</i>	Acción correctiva
<i>Área responsable</i>	Almacén General
<i>Participantes</i>	Ecología Servicios Generales
<i>Recursos financieros</i>	Pago por disposición final de residuos retirados.
<i>Recursos institucionales</i>	Personal y maquinaria para limpieza del sitio.
<i>Plazo estimado</i>	20 días
<i>Indicador</i>	Evaluación de limpieza en área, cantidad de residuos no autorizados depositados.
<i>Descripción</i>	Retiro de residuos ajenos al Patio de chatarra y limpieza del sitio. Se requiere evaluación sobre material almacenado que ya no sea recuperable, para su retiro.
<i>Posibles obstáculos</i>	Alternativas para disposición final de residuos retirados.
<i>Beneficios</i>	Evitar contaminación de residuos valorizables, eliminar foco de contaminación.
<i>Referencia</i>	1.2

Es importante mencionar que la complejidad de las actividades es sumamente variable sin que se indique referencia al respecto en el plan.

En total, el plan cuenta con 10 acciones correctivas, 15 preventivas y 20 proyectos, agrupados en seis estrategias:

1. Prevención de recursos desde la fuente
2. Minimización de generación de residuos
3. Fortalecimiento de sistemas de recolección
4. Reciclaje y reutilización
5. Disposición final ambientalmente segura
6. Educación ambiental y sistema de información

A continuación, se listan las actividades propuestas para cada estrategia. El detalles de cada una de ellas (ver Tabla 5.28) se presenta en el Anexo 6.

#### ESTRATEGIA 1: PREVENCIÓN DE DESPERDICIO DE RECURSOS DESDE LA FUENTE

A partir del principio de que, los residuos de esta industria se consideran subproductos valorizables, en tanto no se contaminen, al igual que algunos de los materiales que ingresan a la corriente de residuos, se busca maximizar la eficiencia de aprovechamiento desde la fuente. Así, esta estrategia abarca temas referentes a producción más limpia, separación en la fuente y adición de valor en sitio, a través de las 21 acciones que listadas en la Tabla 5.29 (el detalle se presenta en el Anexo 6).

*Tabla 5.29 Acciones para prevenir el desperdicio de recursos desde la fuente*

<i>No.</i>	<i>Actividad</i>	<i>Tipo</i>
1.1	Retiro de residuos no autorizados del Patio de chatarra.	Acción correctiva
1.2	Rehabilitación del Patio de chatarra.	Acción correctiva
1.3	Acondicionamiento de sitio para almacenar papel y cartón.	Acción preventiva
1.4	Fortalecimiento de programas de mantenimiento preventivo y correctivo.	Proyecto
1.5	Esquema de manejo de residuos de carbón activado.	Acción preventiva
1.6	Acondicionamiento de Almacén Temporal de RME.	Proyecto
1.7	Control sobre dispersión de bagacillo.	Acción correctiva
1.8	Evaluación de condiciones de Patio de Bagazo.	Proyecto
1.9	Monitoreo de composición de lodos de ceniza.	Proyecto
1.10	Control para evitar derrames durante despacho de melaza a pequeños ganaderos.	Acción correctiva
1.11	Emisión de políticas para valorización de subproductos.	Acción preventiva
1.12	Automatización de apertura de compuertas para suministro de bagacillo.	Acción preventiva
1.13	Sustitución de ventiladores para suministro de bagacillo.	Acción preventiva
1.14	Evaluación de funcionalidad de bombas de despacho de mieles a pequeños ganaderos.	Acción correctiva
1.15	Rehabilitación de área de almacenamiento de Residuos de batey.	Acción preventiva
1.16	Limpieza de área alrededor de filtros de cachaza.	Proyecto cíclico
1.17	Separación en la fuente de papel kraft.	Proyecto
1.18	Proyectos para valorización de corrientes específicas de residuos.	Proyecto
1.19	Control para evitar dispersión de bagacillo en Elaboración crudo.	Acción correctiva
1.20	Control para evitar sobrecarga de camiones transportistas.	Acción preventiva
1.21	Automatización de alimentación de caña a molinos.	Proyecto

ESTRATEGIA 2: MINIMIZACIÓN DE GENERACIÓN DE RESIDUOS

Dado que la generación de residuos es inherente a las actividades del IALM, su manejo de como parte de la cadena de valor cobra significado a través de su aprovechamiento en el propio proceso productivo o en actividades alternativas. Sin embargo, el empleo de recursos en actividades secundarias no aporta valor agregado y es un elemento prescindible. Así, esta estrategia considera evitar la generación de residuos derivada las actividades secundarias, mediante las nueve acciones listadas en la Tabla 5.30 (el detalle se presenta en el Anexo 6).

*Tabla 5.30 Acciones para minimizar la generación de residuos*

<i>No.</i>	<i>Actividad</i>	<i>Tipo</i>
2.1	Reorganización del Patio de chatarra.	Proyecto, acción preventiva
2.2	Control sobre uso de bagacillo para contención de derrames.	Proyecto
2.3	Minimización de azúcar de desecho.	Proyecto
2.4	Asignación de responsable Almacén de Recuperables.	Acción preventiva
2.5	Evaluación de material almacenado en Almacén de Recuperables.	Acción correctiva
2.6	Rehabilitación del Almacén de Recuperables.	Acción correctiva
2.7	Optimizar operación de sistema de decantación de lodos de ceniza.	Proyecto
2.8	Control sobre limpieza en áreas ocupadas por subcontratistas.	Proyecto
2.9	Asignación de responsable de mantenimiento al área exterior de tanques de melaza.	Acción preventiva

ESTRATEGIA 3: FORTALECIMIENTO DE SISTEMAS DE RECOLECCIÓN

La diversificación de los sistemas de recolección se encuentra en función del volumen y destino de los residuos generados. Dadas las características de los principales residuos generados en fábrica, el equipo existente se emplea para múltiples corrientes de residuos por lo que, la mayor restricción es la disponibilidad inmediata. Así, esta estrategia considera la sistematización y optimización de las actividades de recolección. Para ello se proponen las cinco acciones listadas en la Tabla 5.31 (el detalle se presenta en el Anexo 6).

*Tabla 5.31 Acciones para fortalecer los sistemas de recolección*

<i>No.</i>	<i>Actividad</i>	<i>Tipo</i>
3.1	Optimizar recolección de Residuos de Batey.	Proyecto
3.2	Retiro programado de residuos de la construcción y demolición durante Reparación.	Proyecto cíclico
3.3	Limpieza periódica de contenedores de RSU.	Acción correctiva
3.4	Incremento de cantidad de contenedores de RSU durante Zafra.	Acción correctiva
3.5	Cobertura de vehículo de RSU durante traslado a tiradero municipal.	Acción preventiva

ESTRATEGIA 4: RECICLAJE Y REUTILIZACIÓN DE MATERIAL

El IALM cuenta con esquemas de reciclaje y reutilización exitosos para subproductos como el bagazo y cachaza; y residuos como los tambores y súper sacos. Sin embargo, también existe material valorizable en sitio que no ha logrado reinsertarse al ciclo

productivo. A partir de esta estrategia se busca agilizar el flujo de los residuos e incrementar la participación de nuevos interesados mediante la propuesta listada en la Tabla 5.32 (el detalle se presenta en el Anexo 6).

*Tabla 5.32 Acciones para reciclar y reutilizar el material*

<i>No.</i>	<i>Actividad</i>	<i>Tipo</i>
4.1	Procedimiento de venta de residuos a terceros, participantes del sector informal.	Acción preventiva

#### ESTRATEGIA 5: DISPOSICIÓN FINAL AMBIENTALMENTE SEGURA

Aún cuando la disposición final se considera la opción menos privilegiada bajo el esquema de manejo propuesto, es un elemento necesario para un sistema integral. Con el propósito de reducir el riesgo de contaminación al ambiente, esta estrategia incluye la evaluación de alternativas para lograr una disposición ágil y segura. Las cuatro acciones consideradas se listan en la Tabla 5.33 (el detalle se presenta en el Anexo 6).

*Tabla 5.33 Acciones para disposición final ambientalmente segura*

<i>No.</i>	<i>Actividad</i>	<i>Tipo</i>
5.1	Monitoreo de RME enviados a disposición final.	Proyecto
5.2	Programación de envío de residuos a relleno sanitario.	Proyecto
5.3	Definir disposición final de residuos de construcción y demolición.	Acción preventiva
5.4	Evaluar conveniencia de construcción de celda de disposición final propia.	Proyecto

#### ESTRATEGIA 6: EDUCACIÓN AMBIENTAL Y SISTEMA DE INFORMACIÓN

La base para el correcto funcionamiento del sistema de manejo es la continua capacitación del personal involucrado en el manejo, así como de la comunidad afectada por las actividades de la industria. De igual forma, las habilidades adquiridas por el personal con capacidad de toma de decisión en esta materia deberán actualizarse. Ello requiere, también, mantener un sistema de información actualizado, con objeto de respaldar las estrategias de gestión. Para ello, se proponen nueve acciones, listadas en la Tabla 5.34 (el detalle se presenta en el Anexo 6).

*Tabla 5.34 Acciones para la educación ambiental y el sistema de información*

<i>No.</i>	<i>Actividad</i>	<i>Tipo</i>
6.1	Capacitación en materia de gestión de residuos.	Proyecto
6.2	Evaluación periódica de limpieza de área.	Proyecto
6.3	Esquema de acopio de residuos por parte del personal.	Proyecto
6.4	Limpieza de área alrededor de filtros de cachaza.	Proyecto
6.5	Fortalecimiento de programa de reciclaje de papel de oficina.	Proyecto
6.6	Seguimiento al programa de revisión de contenedores de RSU.	Acción preventiva
6.7	Capacitación a transportistas cañeros.	Acción preventiva
6.8	Actualizar información sobre gestión de residuos.	Proyecto cíclico
6.9	Revisión periódica del plan de manejo.	Proyecto cíclico



5.1.4.5. PLAN DE EJECUCIÓN

Para la implementación del plan de manejo, se reconoce, en primera instancia la necesidad de soporte por parte de la alta gerencia del IALM. Ésta constituirá el canal de comunicación para la presentación plan. Las áreas participantes crearán grupos de trabajo, fungiendo como facilitador el Promotor de Ecología. Paralelamente, se buscará apoyo de entidades externas y terceros interesados en participar en la gestión.

Los grupos de apoyo emitirán comentarios, que el Promotor de Ecología incorporará al plan de manejo. El plan final, será aprobado por el Gerente General y se ajustará el calendario de implementación (ver Tabla 5.35). Una vez aprobado, la alta gerencia oficializará el plan de manejo, comunicándolo a toda la institución.

Conforme se realicen las actividad, el Promotor de Ecología complementará el plan con el detalle del desarrollo de cada una de las acciones. Éste, junto con el Gerente General comunicará los resultados del seguimiento a todos los involucrados, incluyendo las autoridades correspondientes.

CALENDARIO

Los plazos de implementación definidos para cada actividad se ajustarán a un calendario general, de acuerdo a los resultados obtenidos por los grupos de trabajo. La calendarización de las actividades específicas se integrará al plan de manejo. El calendario general se muestra en la Tabla 5.35.

Tabla 5.35 Calendario de implementación del PM

Acción	Mes											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Creación de grupos de trabajo	♦											
Revisión del plan por parte de grupos de trabajo	♦	♦										
Institucionalización del plan de manejo		♦										
Calendarización de actividades			♦									
Ejecución y seguimiento del plan de manejo				♦	♦	♦	♦	♦	♦	♦	♦	♦
Actualización del plan												♦

El Promotor de Ecología actualizará el plan de manejo anualmente. Al cabo de cinco años se evaluará el plan de manera global, en conjunto con las áreas participantes. Los resultados, aún los no satisfactorios, se utilizarán para reajustar los objetivos. Se enfatizará en el reconocimiento al personal participante y el valor de la experiencia adquirida como base para la planeación futura.

5.1.4.6. MECANISMOS DE CONTROL Y MONITOREO

Las estrategia de gestión consideran diversas acciones a implementarse conforme al calendario a definir por los grupos participantes. Reconociendo la criticidad del monitoreo del avance para alcanzar los objetivos propuestos, se propone el conjunto de indicadores clave mostrados en la Tabla 5.36.

Tabla 5.36 Indicadores claves para el desarrollo del plan de manejo

No.	Indicador	Meta
1	Calendario específico de acciones	Cumplimiento de tiempos establecidos
2	Cantidad de residuos enviados a tiradero municipal	Reducción en un 15% respecto al manejo actual
3	Limpieza en áreas	Eliminar puntos de generación no controlados
4	Proyectos referentes a alternativas de manejo para residuos prioritarios	Reducción de un 5% de envío a disposición final de residuos prioritarios
5	Ciclo completo para la corrientes de residuos	Establecer el ciclo de manejo para todos los residuos generados

El seguimiento de los indicadores será realizado por el Promotor de Ecología. Los resultados serán comunicados periódicamente al personal involucrado y, de manera general, a todas las áreas durante el proceso de actualización del plan. Entonces, los indicadores podrán ajustarse, de acuerdo a los resultados obtenidos y mediante el consenso de los involucrados.

5.1.4.7. ENTREGA DEL PLAN DE MANEJO

El plan de manejo se encuentra concluido de manera formal en cuanto el Gerente General lo institucionaliza en el IALM. El Promotor de Ecología será responsable, entonces, de entregar el documento a las autoridades correspondientes; el Instituto Estatal de Ecología de Oaxaca, en este caso. El documento final deberá incluir la firma del representante legal de la empresa y del responsable de elaboración del plan de manejo.

ACTUALIZACIÓN DEL PLAN DE MANEJO

La actualización del plan de manejo, definida cada cinco años, deberá considerar los siguientes elementos:

- Evaluación de porcentaje de avance del plan con referencia a:
  - Avance reflejado en indicadores particulares e indicadores clave.
  - Porcentaje de acciones completadas.
- Recalendarización de actividades.
- Redefinición de indicadores clave para el control y monitoreo del PM.
- Entrega de plan actualizado a las autoridades correspondientes.

Si el avance es satisfactorio y se han concretado hasta 90% de las actividades propuestas, el IALM procederá a elaborar un nuevo plan de manejo.

## 5.2. GUÍA METODOLÓGICA PARA LA ELABORACIÓN DE PLANES DE MANEJO

La guía metodológica, desglosada en los apartados subsiguientes, se desarrolló con base en los resultados del estudio de caso. Los principios básicos considerados para su elaboración fueron:

- Diagnóstico y evaluación de los sistemas de manejo en sitio.
- Aprovechamiento de la capacidad instalada en las unidades productivas para el manejo de residuos.
- Capacitación de todo el personal de la unidad productiva en materia de manejo y prevención de la generación de residuos.
- Involucramiento del personal en la elaboración del plan de manejo.

La guía aborda, también, los requerimientos de las autoridades nacionales y del PROY-NOM-161-SEMARNAT-2011. Cabría ajustar el plan de manejo resultante a los lineamientos particulares de carácter estatal.

La guía se estructuró en formato de procedimiento. Así, se definen cuatro fases, se asignan las responsabilidades correspondientes y se precisa el marco regulatorio base. A partir de éstos, se establecen políticas para cada una de las fases. Dichas políticas se desarrollan mediante un diagrama de flujo y su descripción narrativa.

### 5.2.1. PRESENTACIÓN

#### 5.2.1.1. RESUMEN DE LA GUÍA

##### INTRODUCCIÓN

Un plan de manejo es un instrumento diseñado para controlar de manera flexible, la gestión de residuos de manejo especial, mediante propuestas orientadas a minimizar la generación de los residuos y que prioricen su valorización. La estrategia de gestión, promovida por la legislación vigente, tiene el enfoque señalado en la Figura 5.10.

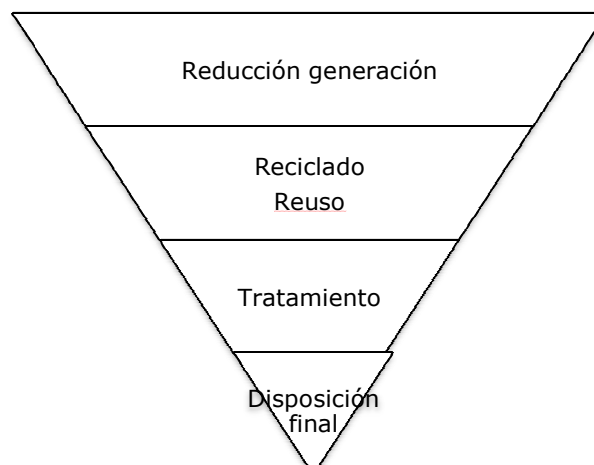


Figura 5.9 Estrategia de gestión de residuos

La metodología comprende las siguientes fases:

1. Planeación  
Se realiza un análisis cuantitativo y cualitativo del manejo de residuos en la unidad, con el fin de identificar sus potenciales de mejora y necesidades; y así definir una estrategia acorde con la normatividad vigente y mejores prácticas.
2. Elaboración del plan de manejo  
Se proponen y analizan las alternativas para maximizar la eficiencia en el manejo de residuos en la unidad. Derivado de esta evaluación, se elabora y documenta el plan de manejo, así como un análisis de viabilidad económica acorde con la capacidad de la unidad.
3. Implementación del plan de manejo  
Se comunica el plan de manejo, se asignan recursos y ejecutan las actividades definidas en el plan de manejo.
4. Control  
Una vez que el plan de manejo se ha implementado, se lleva a cabo su monitoreo, a fin de identificar mejoras en la gestión de residuos, de acuerdo con la estrategia definida durante la planeación.

#### OBJETIVO

Establecer los elementos mínimos y procedimientos para formular planes de manejo de residuos de manejo especial generados por el proceso de elaboración de azúcar de caña.

#### ALCANCE

Aplicable a las unidades de la industria manufacturera que realizan el proceso de elaboración de azúcar de caña y que constituyen grandes generadores de residuos de manejo especial, a los que hace referencia la LGPGIR en los artículos 19, fracción III y 30, fracción II.

#### 5.2.1.2. MARCO REGULATORIO

La guía metodológica se circunscribe a la legislación referida a continuación:

##### DISPOSICIONES LEGALES

- Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente

##### DISPOSICIONES DE AUTORIDADES REGULADORAS

- Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos
- Reglamento de la Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos
- Legislación estatal en materia de gestión de residuos

5.2.2. GUÍA METODOLÓGICA

5.2.2.1. LINEAMIENTOS Y POLÍTICAS

A continuación se desarrollan los lineamientos y políticas para cada una de las fases de la guía metodológica.

FASE 1: PLANEACIÓN

<i>Definición de la estrategia</i>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• La Gerencia General debe definir la visión estratégica de la unidad productiva, en materia de medio ambiente.</li> <li>• El grupo directivo de la unidad productiva está facultado para la toma de decisiones respecto al tipo y cantidad de recursos, tanto humanos como económicos, asignados al desarrollo e implementación del plan de manejo.</li> <li>• La estrategia debe ser congruente con los objetivos de la organización, requerimientos de cumplimiento legal, capacidades financieras y técnicas en sitio.</li> </ul>
<i>Criterios mínimos del enfoque a la gestión integral de residuos</i>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• La estrategia se traducirá en metas particulares para la gestión de residuos, desarrolladas en el plan de manejo.</li> <li>• La estrategia y el plan de manejo derivado de ésta, deben ser flexibles y dinámicos; tomando como base el diagnóstico de la situación actual.</li> <li>• La planeación debe desarrollarse en el marco del escenario actual, priorizando e impulsando la participación de las áreas de fábrica.</li> <li>• La planeación considerará el desarrollo de capacidad interna para optimizar el manejo futuro de residuos.</li> </ul>
<i>Obtención de elementos de juicio</i>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• A través de la participación en grupos empresariales, asociaciones o mediante convenios de colaboración, se considerarán los factores externos que pueden afectar el desarrollo del plan de manejo.</li> <li>• La planeación preverá la emisión de nuevos lineamientos por parte de las autoridades reguladoras, en la medida de lo posible.</li> <li>• El diagnóstico de la situación actual considerará un estudio de generación y la descripción de las condiciones de manejo.</li> </ul>

FASE 2: ELABORACIÓN DEL PLAN DE MANEJO

<i>Análisis de problemática asociada al manejo actual de residuos</i>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• El análisis debe estar basado en los resultados obtenidos del diagnóstico de la situación actual. Este último puede desarrollarse de manera interna o externa, considerando en cualquier caso la participación de las áreas de fábrica.</li> <li>• La problemática se referirá a cada una de las etapas de manejo de residuos.</li> <li>• La problemática se asociará al cumplimiento legal y al riesgo ambiental.</li> </ul>
<i>Propuesta de manejo</i>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• La problemática identificada se utilizará para priorizar las acciones propuestas en el plan de manejo.</li> <li>• Conforme a la criticidad de la problemática se adoptará un enfoque de atención inmediata y, se esbozarán proyectos de optimización.</li> <li>• La propuesta de gestión se traducirá en acciones específicas, indicando responsables, recursos requeridos, plazos estimados e indicadores asociados.</li> <li>• Las acciones se agruparán bajo estrategias de gestión, acordes con la estrategia definida en la planeación.</li> </ul>

FASE 3: IMPLEMENTACIÓN DEL PLAN DE MANEJO

<i>Comunicación del plan</i>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• El canal de comunicación del plan será definido por la gerencia general.</li> <li>• La comunicación incluye diversos instrumentos sociales como intercambio de información, diálogo, capacitación, educación ambiental y mercadeo.</li> <li>• Se crearán grupos de trabajo, en los que se involucren todas las áreas participantes y personal voluntario para la revisión final del plan de manejo propuesto.</li> <li>• La comunicación efectiva del plan a todas las partes involucradas, con énfasis en sus responsabilidades para la mejora de la gestión de residuos, es la base de su implementación.</li> </ul>
<i>Programa de implementación</i>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• El programa de trabajo calendarizado sobre las acciones específicas será generado por las áreas participantes.</li> <li>• El programa de trabajo será generado una vez que se hayan integrado al plan de manejo los comentarios de las áreas participantes.</li> <li>• La incorporación de comentarios al plan será responsabilidad del responsable de coordinar la implementación, con el VoBo del grupo directivo.</li> <li>• El plan de manejo se notificará a las autoridades correspondientes.</li> </ul>
<i>Transferencia de capacidad</i>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• En caso de ser requeridas, debe proporcionarse capacitación específica para la adquisición o mejora de conocimiento y habilidades técnicas.</li> <li>• En caso de ser requeridas, considerar modernización de tecnología, adopción y desarrollo de mejores prácticas.</li> </ul>

FASE 4: CONTROL

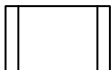



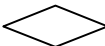




<i>Monitoreo</i>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Básicamente debe evaluar el compromiso de las partes involucradas en la ejecución del plan.</li> </ul>
<i>Seguimiento y pruebas de validación</i>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• El seguimiento debe realizarse de manera continua y documentarse en el plan de manejo.</li> <li>• El seguimiento deber priorizar el reconocimiento de los logros alcanzados.</li> <li>• Las pruebas de validación deberán ser realizadas por las partes involucradas.</li> <li>• Las pruebas de validación deben proporcionar una evaluación honesta del progreso logrado, a efecto de reajustar las estrategias.</li> <li>• Las pruebas de validación servirán para evaluar el adecuado empleo de los recursos.</li> </ul>
<i>Actualización del plan</i>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• El seguimiento y las pruebas de validación constituyen la base para la actualización del plan.</li> </ul>

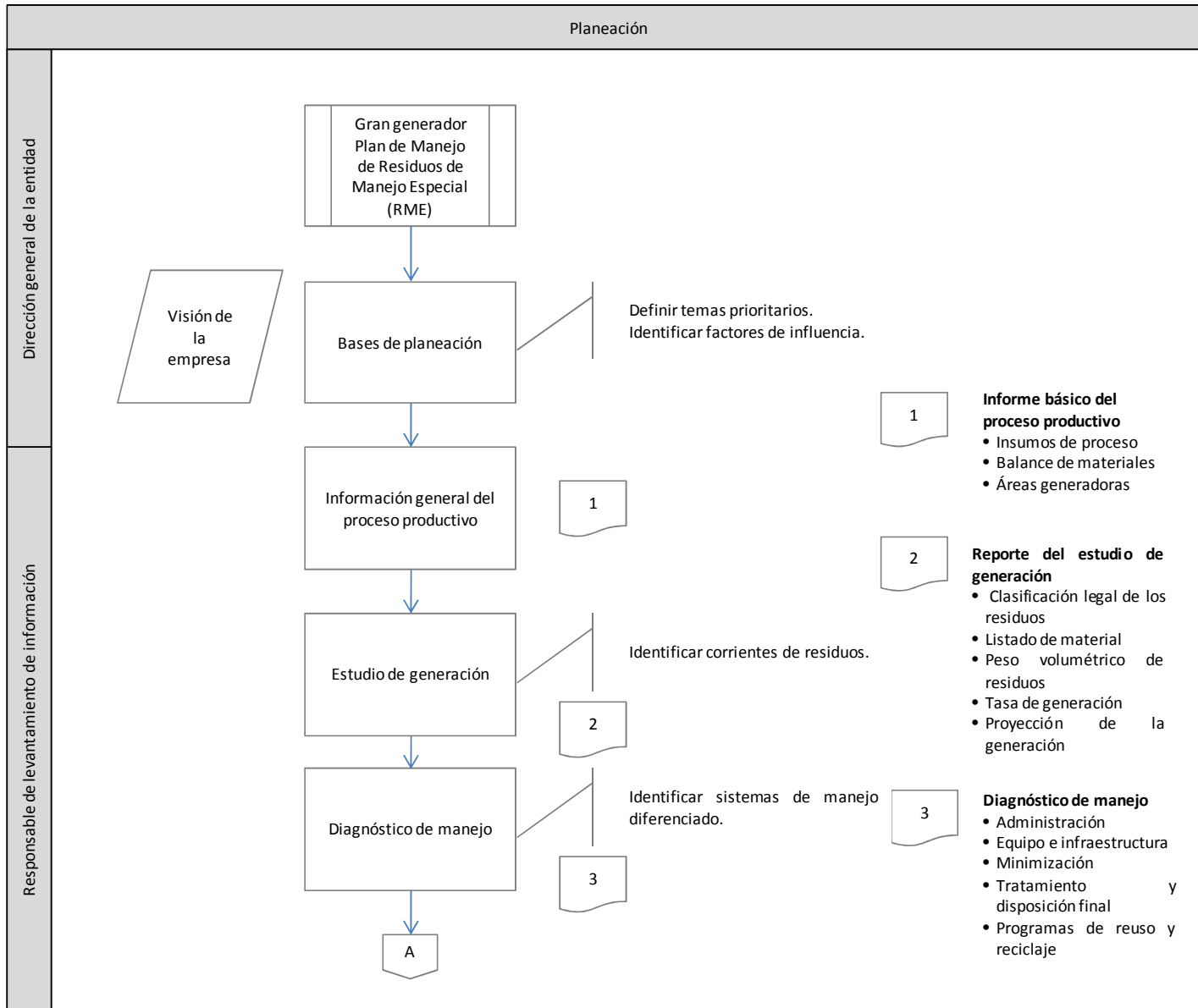
5.2.2.2. RESPONSABILIDADES

<i>Dirección general de la entidad administradora de la unidad</i>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Definir la visión del proyecto de implementación del plan de manejo.</li> <li>2. Proveer el canal de comunicación para la difusión del plan de manejo y su seguimiento.</li> <li>3. Proporcionar la infraestructura y recursos necesarios para la implementación del plan de manejo.</li> <li>4. Involucrarse en el seguimiento y adecuación del plan de manejo.</li> <li>5. Determinar si se cuenta con capacidad interna para desarrollar el plan de manejo.</li> <li>6. Gestionar y brindar la capacitación requerida para el adecuado desarrollo del plan de manejo.</li> </ol>
<i>Responsable de medio ambiente de la unidad</i>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. En su caso, realizar el levantamiento de información y desarrollar el plan de manejo.</li> </ol>

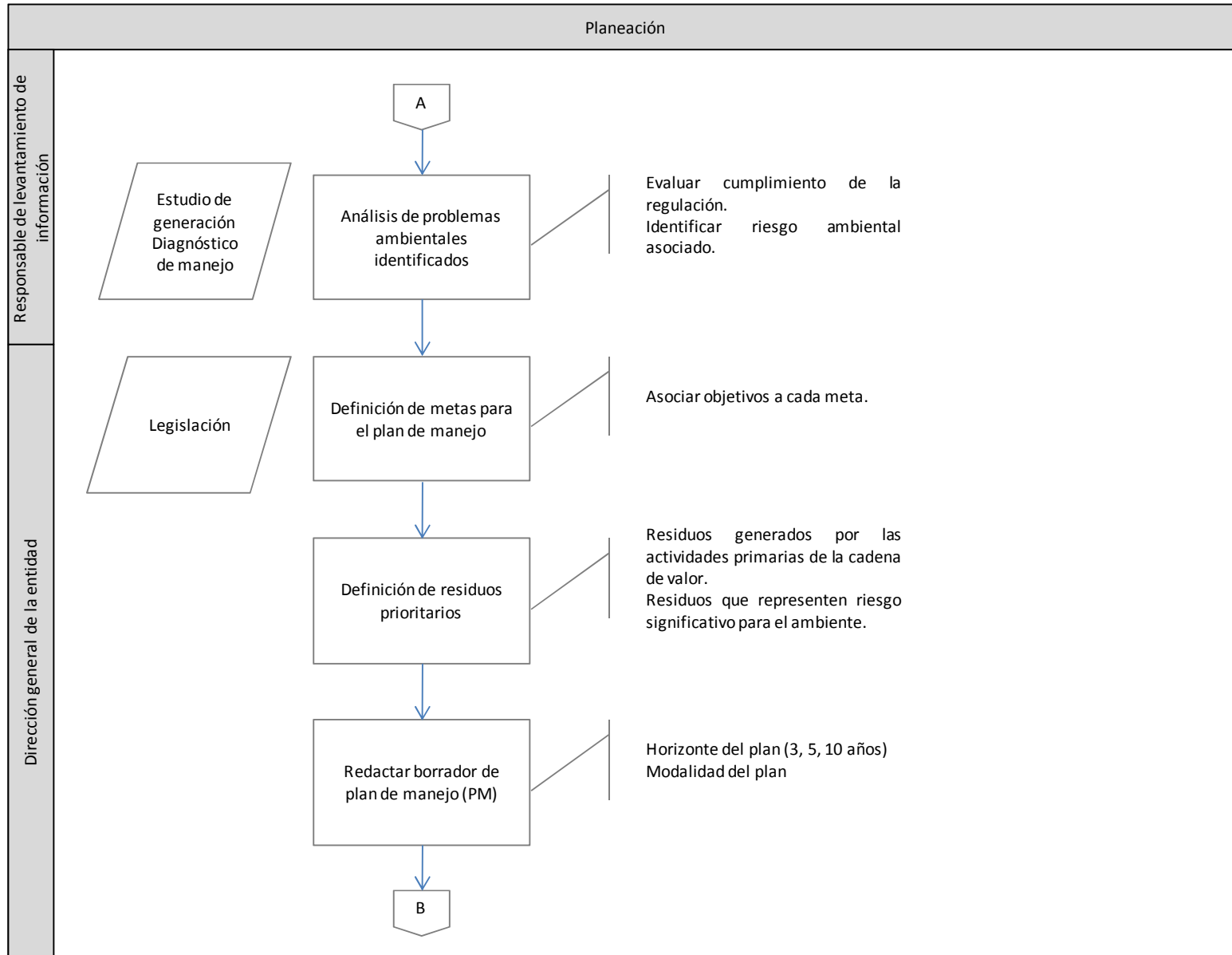
	<ol style="list-style-type: none"> <li>2. Validar los criterios (requerimientos legales, mejores prácticas) para el análisis de la problemática asociada al manejo.</li> <li>3. Coordinar la implementación del plan de manejo.</li> <li>4. Ejecutar la etapa de control.</li> <li>5. Coordinar la actualización del plan de manejo.</li> </ol>
Áreas de fábrica	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Revisar y ratificar el plan de manejo.</li> <li>2. Ejecutar las actividades definidas en el plan de manejo.</li> <li>3. Participar en el proceso de validación y retroalimentación del plan de manejo.</li> </ol>

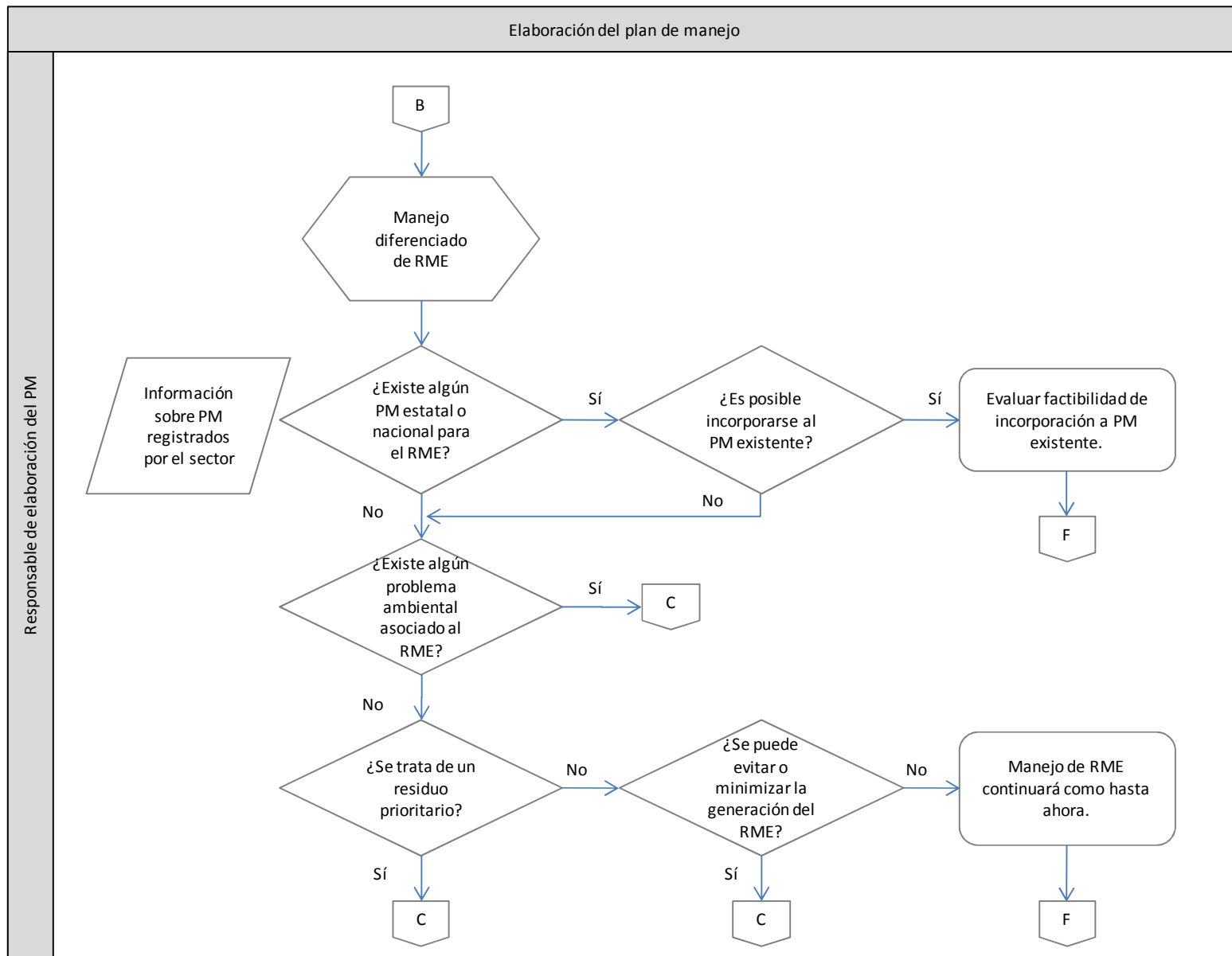
5.2.2.3. DIAGRAMA DE FLUJO

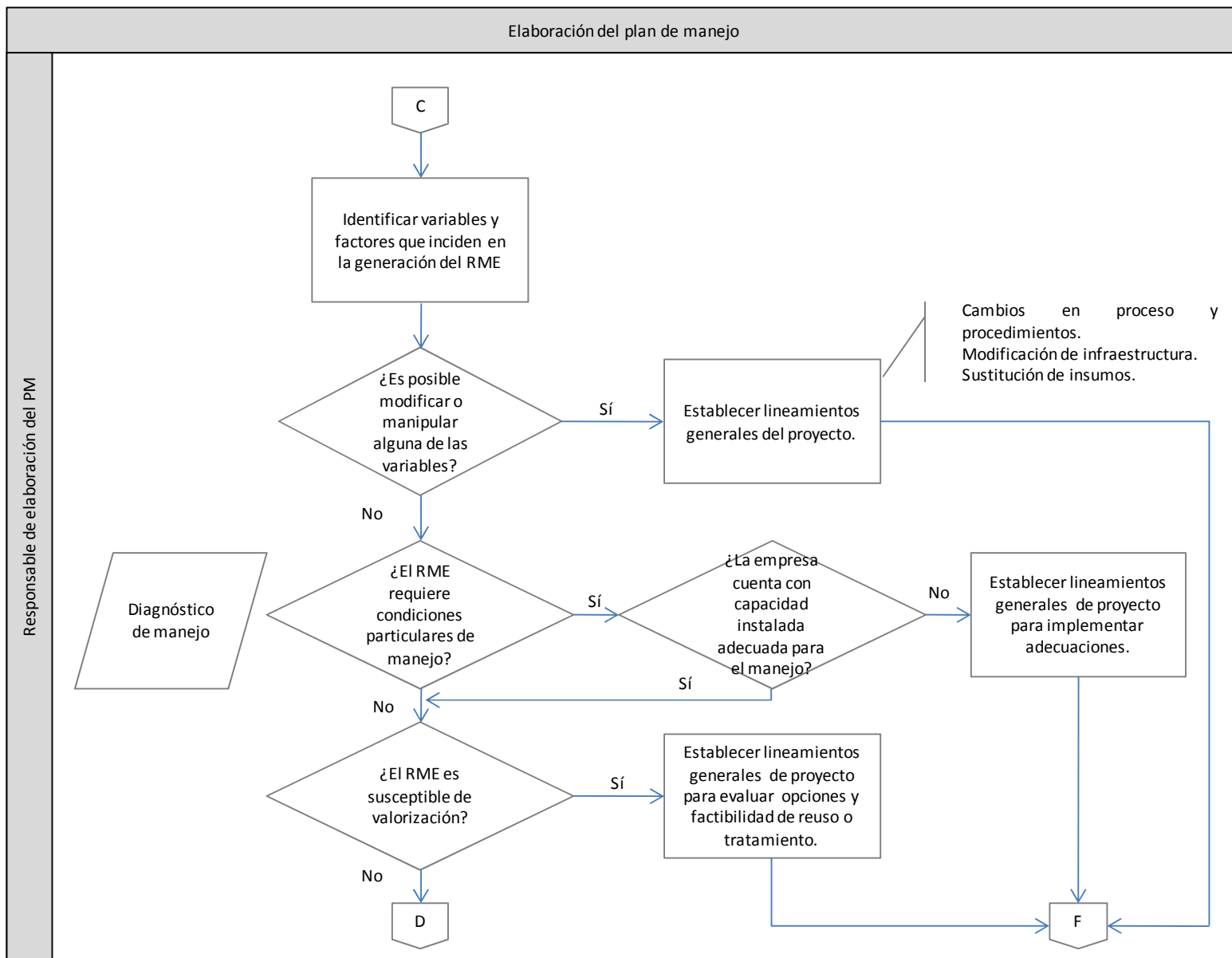
<i>Simbología</i>	
	Proceso predefinido
	Actividad
	Documento
	Datos
	Decisión
	Proceso alternativo
	Preparación
	Terminador
	Conectores

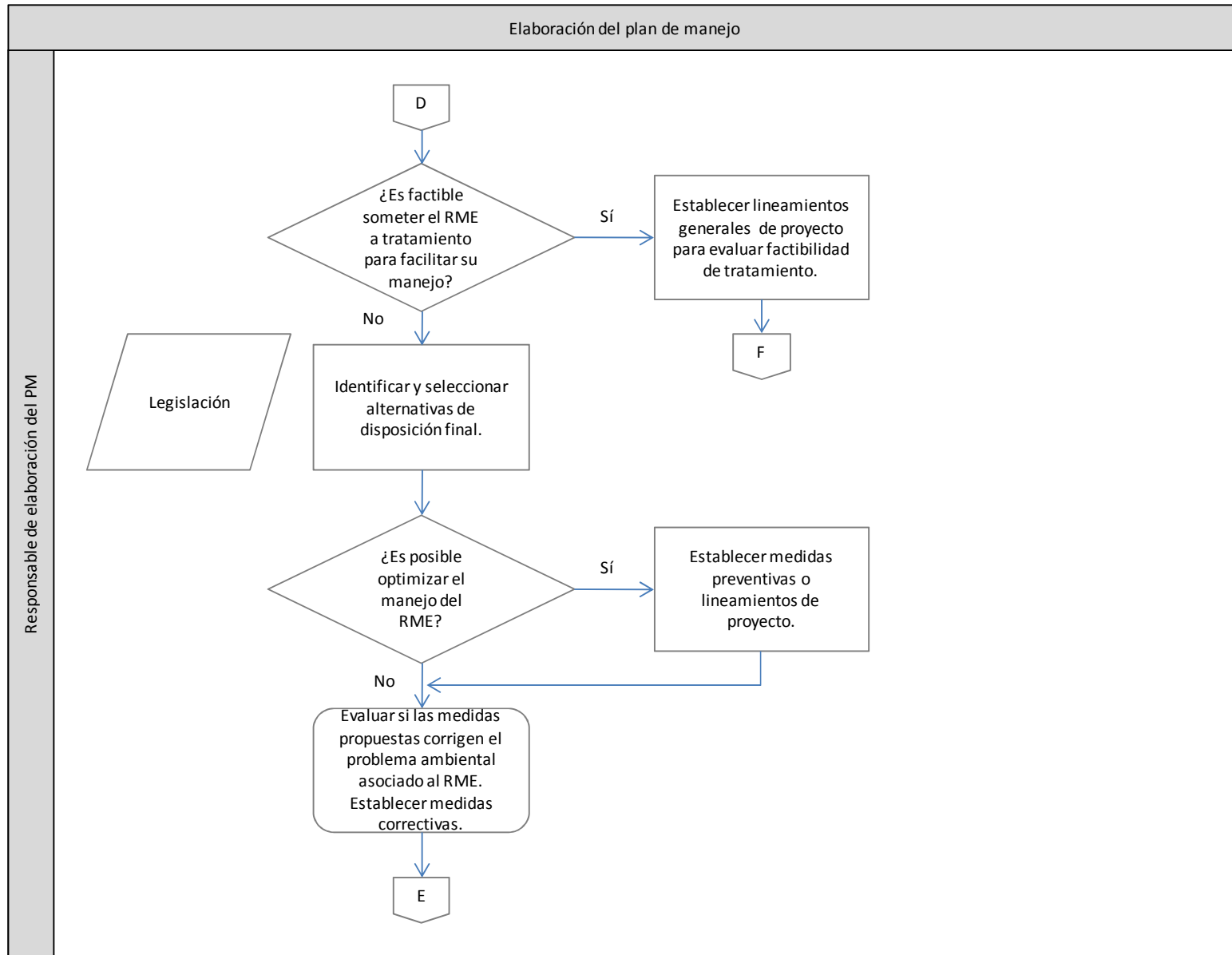


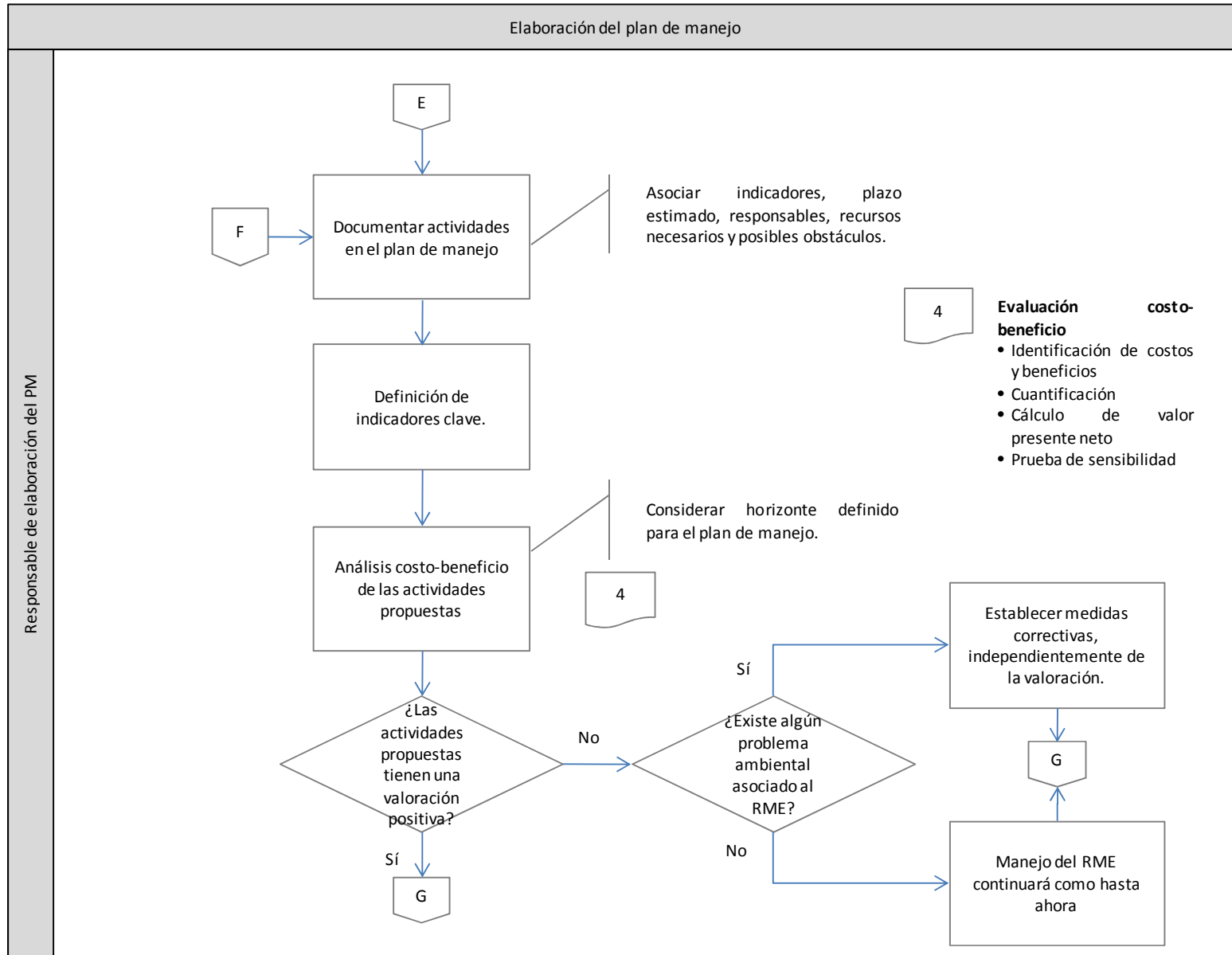


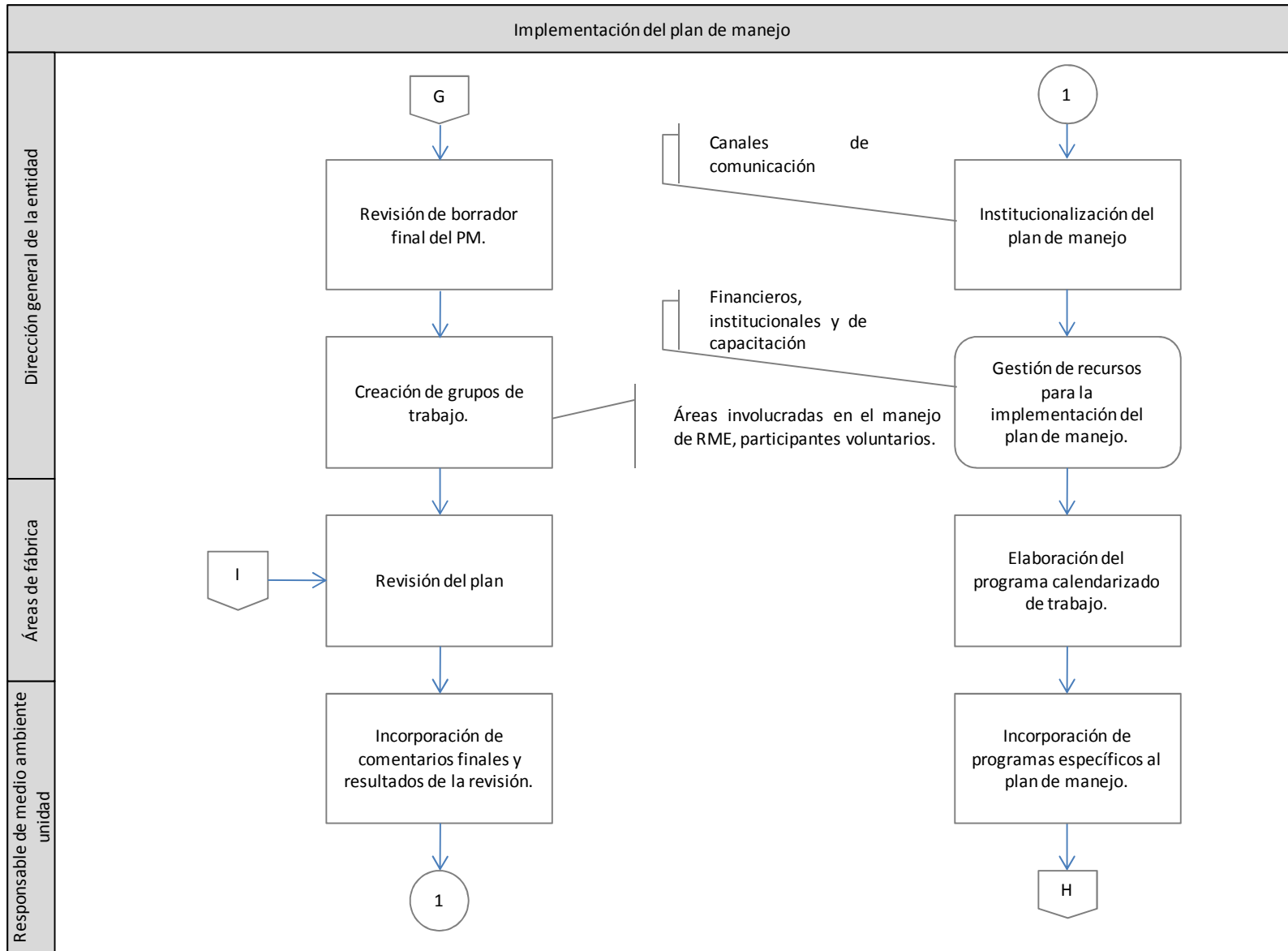


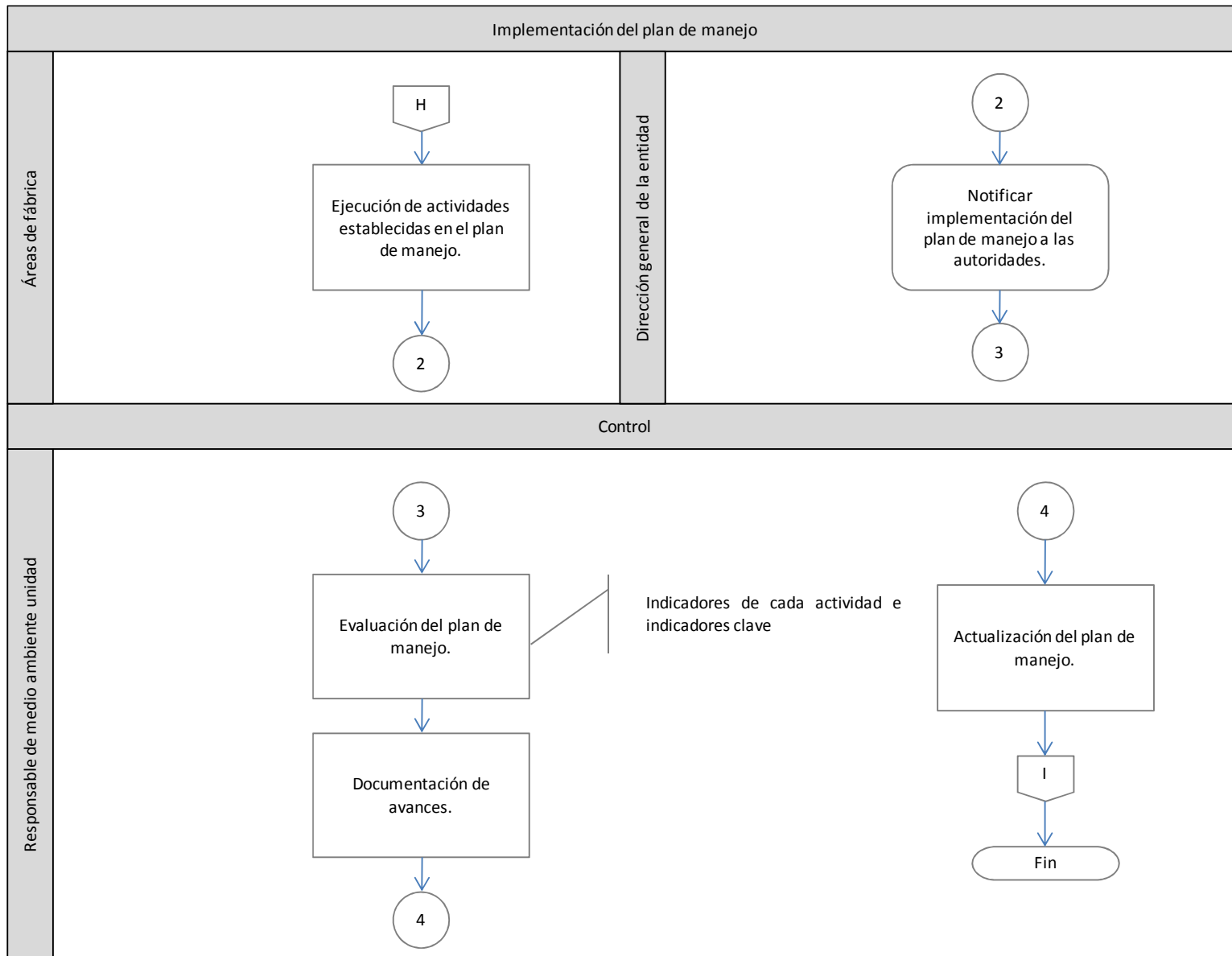












5.2.2.4. PROCEDIMIENTO

FASE 1: PLANEACIÓN

*Dirección general de la entidad*

<i>Entradas</i>	<i>Salidas</i>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Visión de la empresa en materia de medio ambiente.</li> <li>• Requerimientos legales para los grandes generadores de residuos.</li> <li>• Información proveniente de asociaciones a las que pertenezca, en materia de gestión de residuos.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Definición de temas de atención prioritaria en la elaboración del plan de manejo.</li> <li>• Definición de método de aproximación para construcción de estrategias.</li> </ul>

1. Con base en la visión de la empresa, los requerimientos legales e información adicional, define los temas de atención prioritaria durante la elaboración del plan de manejo.
2. Identifica los factores que previsiblemente afectarán la elaboración del plan y define si serán considerados en éste.
3. Establece el método que se utilizará para construir las estrategias de gestión (e.g. análisis de brechas; análisis de fortalezas, debilidades, oportunidades y amenazas, etc).
4. Determina si la entidad cuenta con capacidad interna para elaborar el plan de manejo.

<i>Si</i>	<i>Entonces</i>
La entidad cuenta con capacidad interna para elaborar el plan de manejo	Designa al responsable.
La entidad no cuenta con capacidad interna para elaborar el plan de manejo	Gestiona el apoyo de personal externo.

*Responsable de levantamiento de información*

5. Recaba información general sobre el proceso productivo.

<i>Entradas</i>	<i>Salidas</i>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Insumos de proceso</li> <li>• Flujo de proceso</li> <li>• Organigrama de fábrica</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Informe básico del proceso productivo</li> </ul>

6. Comienza la redacción del plan de manejo (Formato A3.1, Anexo 3).



7. Recaba y registra información básica del ingenio:
  - a. Límites físicos
  - b. Tamaño (capacidad de molienda)
  - c. Rendimiento de fábrica
  - d. Número de empleados y días laborales, de acuerdo al periodo de referencia (zafra o reparación)
  
8. Recaba y registra información básica del proceso productivo:
  - a. Listado de insumos de proceso
  - b. Balance de materiales simplificado (Formato A3.2, Anexo 3)
  - c. Relación de áreas generadoras y residuos producidos
  
9. Identifica las corrientes de residuos presentes en la unidad productiva:
  - a. Residuos de manejo especial (industriales no peligrosos)
  - b. Residuos con características de sólidos urbanos
  
10. Realiza el estudio de generación.

<i>Entradas</i>	<i>Salidas</i>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Reportes internos sobre gestión de residuos sólidos.</li> <li>• Informe oficial de corrida</li> <li>• Registro de residuos almacenados en sitios autorizados</li> <li>• Registro de pagos o relación de cantidad de residuos depositadas en relleno o tiradero municipal</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Estudio de generación de residuos</li> </ul>

11. Determina el alcance del estudio, límites geográficos y administrativos:
 

Periodo de referencia:

  - a. Zafra
  - b. Reparación
  
12. Determina las corrientes de residuos a incluirse en el estudio, de acuerdo a su clasificación legal e identifica la regulación aplicable a éstos: residuos de manejo especial, residuos sólidos urbanos.
  
13. Identifica los puntos de generación de residuos y sitios de almacenamiento autorizados y no autorizados.
  
14. Elabora un listado de residuos, agrupándolos por tipo según convenga. En el Formato A3.3, Anexo 3 se presenta un listado de referencia.
  - a. RSU: Con base en la NMX-AA-015-1985 y NMX-AA-022-1985.  
 Nota: Dado que la generación de RSU no presenta variaciones significativas a lo largo de la semana, el periodo de muestreo puede reducirse a los días laborales de una semana.

- b. RME: Con base en registros y existencias en almacén de RME, inspección visual de sitios de almacenamiento o disposición no autorizados, registros de generación.

15. Determina el peso volumétrico (PV) de los residuos.

- a. RSU: Con base en la NMX-AA-019-1985.
- b. RME: Utiliza un recipiente de volumen conocido y realiza procedimiento similar al descrito en la NMX-AA-019-1985 para cada material listado. Utiliza referencias bibliográficas.

$$\text{Peso bruto [kg]} = \text{Peso neto cotenedor con material} - \text{Tara}_{\text{cotenedor}}$$

$$PV \left[ \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \right] = \frac{\text{Peso bruto}_{\text{material}}}{\text{Volumen}_{\text{cotenedor}}}$$

16. Cuantifica los residuos con base en mediciones de existencias almacenadas, estimación visual, registros de pesaje.

- a. En caso de no contar con registros de pesaje:
  - i. RSU: Obtiene el peso bruto de los residuos contenidos en el vehículo recolector, empleando la báscula de la unidad productiva para cada día de muestreo.
  - ii. RME: Determina el volumen de los contenedores o del material apilado y cuantifica con base en el peso volumétrico de los residuos.

$$\text{Peso [kg, ton]} = \text{Volumen}_{\text{cotenedor, material}} \times PV$$

17. Calcula la tasa de generación diaria (TG<sub>diaria</sub>).

- a. RSU: Con base en la cuantificación:

$$TG \left[ \frac{\text{kg}}{\text{día}} \right]_{\text{diaria}} = \frac{\sum_1^n \text{Peso bruto RSU}}{\text{Número de días muestreados}}$$

- b. RME: Estima el periodo de generación para cada material con base en registros o entrevistas al personal:

$$TG \left[ \frac{\text{kg}}{\text{día}} \right]_{\text{diaria, material}} = \frac{\text{Peso}_{\text{material}}}{\text{Periodo estimado de generación}}$$

18. Calcula la generación total para el periodo de referencia, con base en registro de generación de los residuos durante todo el ciclo.

- a. En caso de no contar con la información, extrapola los resultados utilizando la TG<sub>diaria</sub> y el número de días a laborar en el periodo. Los días

a laborar en el periodo se obtendrán como promedio de los 10 periodos anteriores.

$$TG_{Periodo} \left[ \frac{ton}{zafra, reparaci3n} \right] = TG_{diaria} \times Días\ laborales_{periodo}$$

19. Realiza el diagnóstico de manejo.

<i>Entradas</i>	<i>Salidas</i>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Estudio de generación</li> <li>• Organigrama de fábrica</li> <li>• Políticas y procedimientos en materia de gestión de residuos</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Diagn3stico de manejo de residuos</li> </ul>

20. Recaba informaci3n b3sica respecto a las responsabilidades en la gesti3n del sistema de manejo.

21. Define la cantidad de sistemas de manejo existentes en la unidad productiva para los residuos s3lidos no peligrosos, independientemente de su clasificaci3n legal: residuos de manejo especial, residuos s3lidos urbanos.

22. Para cada sistema de manejo de residuos, realiza puntos 23 a 28.

23. Identifica si existe variabilidad (empleo de recursos, divergencia en la administraci3n) en el sistema de manejo para los periodos de reparaci3n y zafra.

<i>Si</i>	<i>Entonces</i>
Sí hay variabilidad entre el sistema de manejo realizado en reparaci3n y zafra.	Realiza diagn3stico para el sistema en cada periodo.
No hay variabilidad entre el sistema de manejo realizado en reparaci3n y zafra.	Realiza diagn3stico único para el sistema.

24. Realiza y registra revisi3n documental de:

- a. Marco legal aplicable
- b. Políticas institucionales en materia de gesti3n de residuos.
- c. Políticas institucionales en materia de desarrollo de subproductos.
- d. Procedimientos institucionales para la venta de material valorizable.

25. Identifica y registra mecanismos de financiamiento del sistema de manejo empleados por la unidad productiva.

26. Identifica y evalúa la infraestructura y equipo en sitio para las siguientes etapas de manejo:

- a. Almacenamiento (Formato A3.4, Anexo 3)
  - i. Sitios autorizados
  - ii. Sitios no autorizados

- iii. Contenedores
- b. Equipo utilizado para recolección (tipo, cantidad, características)
- c. Equipo utilizado para tratamiento

27. Evalúa suficiencia de infraestructura para almacenamiento.

$$\frac{\text{Volumen de almacenamiento disponible (m}^3\text{)}}{TG_{\text{dia}} \left(\frac{\text{kg}}{\text{día}}\right) / PV \left(\frac{\text{kg}}{\text{m}^3}\right)} > 1$$

28. Identifica el destino (reutilización, tratamiento, disposición final) de las corrientes de residuos.

- a. Identifica si el destino del residuo es dentro de las propias instalaciones o se canaliza a través de terceros.

29. Identifica y evalúa las siguientes actividades:

- a. Acciones de reducción en la fuente
  - i. Residuo objetivo
  - ii. Tipo de acción
  - iii. Descripción
- b. Tratamiento
  - i. Residuo objetivo
  - ii. Tipo
  - iii. Producto/residuo
- c. y programas de reutilización y reciclaje
  - i. Residuo objetivo
  - ii. Tipo
  - iii. Producto/residuo

30. Realiza un análisis del estado actual del sistema de manejo para identificar si existe alguna problemática asociada con:

- a. Cumplimiento de la regulación aplicable.
- b. Riesgo ambiental asociado al esquema de manejo actual.

<i>Entradas</i>	<i>Salidas</i>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Estudio de generación</li> <li>• Diagnóstico de manejo</li> <li>• Legislación</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Listado de problemas ambientales del manejo actual de residuos</li> </ul>

31. Comunica resultados a la dirección general de la entidad.

*Dirección general de la entidad*

32. Define las metas para el plan de manejo.

*Responsable de la elaboración del plan de manejo*

33. Asocia objetivos cuantitativos a cada meta.

Entradas	Salidas
<ul style="list-style-type: none"> <li>Listado de problemas ambientales asociados al manejo de residuos</li> <li>Legislación</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Metas y objetivos del plan de manejo</li> </ul>

34. Define residuos prioritarios considerando:

- Aquellos generados por las actividades primarias de la cadena de valor.
- Aquellos que representan un riesgo para el ambiente derivado de su composición, tasa de generación, tipo de manejo.

35. Define el horizonte del plan de manejo.

36. Registra resultados obtenidos en el borrador del plan de manejo.

FASE 2: ELABORACIÓN DEL PLAN DE MANEJO

*Responsable de la elaboración del plan de manejo*

37. Para cada residuos deben realizarse los pasos 38 a 51.

38. Investiga e identifica si existe algún plan de manejo de carácter estatal o nacional que proponga el manejo del residuo.

<i>Si</i>	<i>Entonces</i>
Existe plan de manejo nacional o estatal para el residuo.	Identifica mecanismos de adopción al plan de manejo existente.
No existe plan de manejo nacional o estatal para el residuo.	Continúa punto 39.

<i>Si</i>	<i>Entonces</i>
Existen mecanismos de adopción del plan de manejo existente.	Evalúa factibilidad técnica de adopción de plan de manejo existente. Documenta en plan de manejo.
No existen mecanismos de adopción del plan de manejo existente.	Continúa punto 39.

39. Prioriza el desarrollo de actividades en el plan.

40. Identifica si el manejo del residuo está asociado a un problema ambiental o de incumplimiento legal.

<i>Si</i>	<i>Entonces</i>
El residuo está asociado a un problema ambiental.	Continúa punto 43.
El residuo no está asociado a un problema ambiental.	Continúa punto 41.

41. Identifica si se trata de un residuo prioritario.

<i>Si</i>	<i>Entonces</i>
Se trata de un residuo prioritario.	Continúa punto 43.
No se trata de un residuo prioritario.	Continúa punto 42.

42. Evalúa la factibilidad de minimizar o evitar la generación de residuos asociados a actividades secundarias de la cadena de valor.

<i>Si</i>	<i>Entonces</i>
Es posible minimizar la generación.	Continúa punto 43.
No es posible minimizar la generación.	El manejo del residuo continuará como hasta ahora. Documenta en el plan de manejo.

43. Identifica las variables y factores que inciden en la generación del residuo.

<i>Si</i>	<i>Entonces</i>
Es posible modificar las variables y controlar los factores que inciden en la generación del residuo.	Establece lineamientos generales de proyecto en el plan de manejo, considerando: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Cambios en procesos.</li> <li>• Modificación de infraestructura.</li> <li>• Sustitución de insumos.</li> </ul> Continúa punto 44.
No es posible modificar las variables y controlar los factores que inciden en la generación del residuo.	Continúa punto 44.

44. Identifica si el residuo requiere condiciones particulares de manejo referidas a:  
a. Sitio de almacenamiento o tipo de contenedor  
b. Frecuencia de recolección

<i>Si</i>	<i>Entonces</i>
El residuo requiere condiciones particulares de manejo.	Continúa punto 45.
El residuo no requiere condiciones particulares de manejo.	Continúa punto 46.

45. Evalúa si la empresa cuenta con capacidad instalada, de acuerdo a las condiciones requeridas.

<i>Si</i>	<i>Entonces</i>
La empresa cuenta con capacidad instalada, de acuerdo a las condiciones requeridas	Continúa punto 46.
La empresa no cuenta con capacidad instalada, de acuerdo a las condiciones requeridas	Identifica requerimientos adicionales y establece lineamientos generales de proyecto. Documenta en el plan de manejo. Continúa punto 46.

46. De acuerdo a la revisión de la literatura y conocimiento del entorno, determina si se trata de un residuo valorizable.

<i>Si</i>	<i>Entonces</i>
El residuo es susceptible de valorización.	Determina características de acondicionamiento requeridas para valorización. Establece lineamientos generales de proyecto. Documenta en plan de manejo. Continúa punto 51.
El residuo no es susceptible de valorización.	Continúa punto 47.

47. Determina si un tratamiento específico (físico, químico o biológico) facilitaría el manejo del residuo.

<i>Si</i>	<i>Entonces</i>
El tratamiento del residuo facilitaría su manejo.	Determina factibilidad de someter residuo a tratamiento. Establece lineamientos generales de proyecto. Documenta en plan de manejo. Continúa punto 48.
El tratamiento del residuo no facilitaría su manejo.	Continúa punto 48.

48. Identifica y evalúa las alternativas de disposición final para el residuo, considerando las regulaciones contenidas en la legislación.

49. Selecciona opción de disposición final.

50. Aún cuando no se haya modificado el método de manejo, de acuerdo a lo desarrollado en los puntos 38 a 50, identifica si existen alternativas adicionales para optimizar dicho manejo.

<i>Si</i>	<i>Entonces</i>
Es posible optimizar el manejo mediante alguna medida no considerada anteriormente.	Determina medidas preventivas. Establece lineamientos generales de proyecto. Documenta en plan de manejo Continúa punto 51.
No es posible optimizar el manejo fuera de las medidas consideradas anteriormente.	Continúa punto 51.

51. Documenta actividades y proyectos en el plan de manejo. A cada actividad asocia:

- a. Área responsable de ejecución
- b. Participantes
- c. Recursos requeridos
- d. Indicadores medibles y verificables

52. Define indicadores clave para el plan de manejo. Estos deberán reflejar el progreso global de las diferentes actividades u objetivos críticos.

53. Realiza análisis costo beneficio (Anexo 4).

<i>Entradas</i>	<i>Salidas</i>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Borrador del plan de manejo</li> <li>• Estudio de generación</li> <li>• Diagnóstico de manejo de residuos</li> <li>• Información de mercado</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Análisis costo-beneficio</li> </ul>

54. Realiza estudio de mercado.

- a. Calcula la demanda (generación de residuos)
  - i. Producto en el mercado. Todos los residuos generados y usos pretendidos.
  - ii. Área de mercado. Servicios ofrecidos e instalaciones alrededor de la unidad productiva.
  - iii. Comportamiento de la demanda. Tasa de generación de residuos y destino.
  - iv. Estimación de la demanda. Proyección de la generación para el horizonte definido del plan de manejo.

55. Realiza estudio técnico operativo.

- a. Define los recursos requeridos para la puesta en marcha y operación del plan de manejo.



56. Realiza estudio económico.

- a. Calcula:
  - i. Inversiones fijas. Referida a bienes durables, tangibles (terreno, obre civil, maquinaria y equipo, equipo de oficina). El cálculo dependerá si la unidad productiva cuenta o no con estos elementos.
  - ii. Inversiones diferidas (costo de licencias, permisos o bien 1.5 - 2.5% del total de las inversiones fijas).
  - iii. Capital de trabajo:
    - Mano de obra directa e indirecta, conforme a la Comisión Nacional de Salarios Mínimos.
    - Materias primas (residuos). Costo de manejo.
    - Insumos utilizados para acondicionamiento de residuos.
    - Otros (costos de capacitación, mantenimiento, etc).
- b. Tabula resultados de costos obtenidos en estudio económico como tabla general de inversiones.
- c. Elabora calendario de inversiones, a lo largo del horizonte del proyecto.
- d. Considera depreciación y amortización de los bienes.

57. Realiza análisis financiero.

- a. Calcula el presupuesto considerando el ahorro representado por el esquema de manejo propuesto, menos los gastos.
- b. Genera estado de resultados para reflejar la utilidad neta.
- c. Realiza evaluación económica a partir de criterios simples y complejos.

58. Con base en el análisis costo beneficio, determina si las actividades propuestas son factibles.

<i>Si</i>	<i>Entonces</i>
Las actividades propuestas tienen una valoración positiva.	Incorpora actividades a borrador final de plan de manejo. Continúa punto 60.
Las actividades propuestas tienen una valoración negativa.	Continúa punto 59.

59. Verifica si hay algún problema ambiental asociado al manejo del residuo.

<i>Si</i>	<i>Entonces</i>
Se identificó un problema ambiental asociado al manejo del residuo.	Define medidas correcticas, independientemente de la valoración. Documenta en el plan. Continúa punto 60.
No se identificó algún problema ambiental asociado al manejo del residuo.	El manejo del residuos continuará como hasta ahora. Continúa punto 60.

FASE 3: IMPLEMENTACIÓN DEL PLAN DE MANEJO

60. Documenta actividades en el plan de manejo.

*Dirección general de la entidad*

61. Revisa borrador final del plan de manejo.

62. Establece las bases para la creación de grupos de trabajo, incorporando a las áreas de fábrica involucradas en el manejo de RME; así como a personal voluntario.

*Áreas de fábrica*

63. Revisan y discuten las actividades planteadas en el plan de manejo.

64. Proporcionan retroalimentación al responsable de implantar el plan de manejo, sobre las actividades.

*Responsable de medio ambiente unidad*

65. Coordina la recepción de comentarios por parte de las áreas de fábrica.

66. Incorpora los comentarios y resultados de la revisión al plan de manejo.

*Dirección general de la entidad*

67. Establece los canales de comunicación necesarios para oficializar el plan de manejo.

68. En los casos requeridos, gestiona los recursos (humanos, financieros, institucionales) para la ejecución de las actividades definidas en el plan de manejo.

*Áreas de fábrica*

69. Generan programas de trabajo específico para cada actividad incluida en el plan de manejo, indicando tareas particulares.

*Responsable de medio ambiente unidad*

70. Coordina la elaboración de programas de trabajo.

71. Incorpora al plan de manejo los programas calendarizados y el detalle de cada actividad.

*Áreas de fábrica*

72. Ejecuta las actividades definidas en el plan de trabajo.

*Dirección general de la entidad*

73. En su caso, hace del conocimiento de las autoridades estatales el plan de manejo completo y su estado de implementación.

FASE 4: CONTROL

*Responsable de medio ambiente unidad*

74. Coordina la recopilación de información para determinar el estado de los indicadores asociados a cada actividad y, de los indicadores clave.

75. Documenta continuamente los avances, independientemente de si éstos son positivos o negativos.

76. Con base en la experiencia obtenida mediante la implementación de las actividades, se actualiza el plan de manejo (metas, objetivos y actividades).

77. Una vez que se actualiza, se entrega a las áreas de fábrica. El proceso es cíclico a partir del punto 63; mientras dure el horizonte de tiempo definido.

78. Fin

5.2.2.5. *FORMATOS*

En el Anexo 3 se presentan los siguientes formatos, referidos en la descripción narrativa:

<i>Formato A3.1</i>	Información general de la empresa
<i>Formato A3.2</i>	Balance simplificado de materiales
<i>Formato A3.3</i>	Listado de residuos
<i>Formato A3.4</i>	Ficha de registro de sitios de almacenamiento

## CAPÍTULO 6. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

---

A continuación se presentan las conclusiones y recomendaciones, derivadas del estudio de campo, el análisis de los resultados, el desarrollo del plan de manejo y la guía metodológica.

### 6.1. CONCLUSIONES

- Derivado del análisis de la situación actual, se concluye que los planes de manejo deben plantearse como instrumentos efectivos a mediano plazo que garanticen el cumplimiento de las disposiciones legales y un manejo eficiente de residuos, promoviendo el involucramiento del personal al interior de la organización. Lo anterior al margen del requerimiento regulatorio y las expectativas de un mejor aprovechamiento de los residuos.
- De acuerdo a los resultados del estudio de generación, se observó que el mayor volumen de residuos es el representado por los residuos de proceso generados durante Zafra. Dichos residuos deben considerarse prioritarios en la elaboración de planes de manejo, dado que su gestión representa un reto debido al elevado volumen de generación y por su factibilidad de pronta degradación. Esto sin considerar su potencial de aprovechamiento como subproductos valorizables, ya que la visión los ubica aún como residuos y su manejo resulta oneroso para los generadores.
- Conforme al diagnóstico de manejo se identificó que dentro del ingenio existen dos corrientes diferenciadas de residuos no peligrosos. Por su composición, éstas se distinguen como residuos de proceso y sólidos urbanos, aunque clasifican como residuos de manejo especial, de acuerdo a la legislación.
- Con base en el análisis del caso de estudio, se concluye que la guía metodológica debe enfocarse a sistematizar la obtención de datos que proporcionen una perspectiva, a partir de la cual se establezca un proceso de mejora. La recolección de información precisa y actual sobre la generación y gestión de residuos en los ingenios azucareros es fundamental para la elaboración de planes de manejo acordes a la realidad del sector.
- El resultado del análisis costo beneficio planteado debe servir únicamente como indicativo de los costos que determinado plan de manejo represente. Esta herramienta imposibilita la cuantificación monetaria del impacto económico y social de la gestión de residuos. En este marco, la legislación y su efectiva

instrumentación, juegan un papel fundamental al reglamentar los criterios mínimos de desempeño ambiental que deberán observar los generadores.

- Con base en la información obtenida, se concluye que no existe alguna dependencia, autoridades ambientales o Cámara del sector, que mantenga una base de datos centralizada sobre la gestión de residuos en la industria azucarera ni sus correspondientes planes de manejo. El Manual Azucarero, a cargo de la Cámara de la Industria Azucarera y Alcohólica, plantea un acercamiento al tema mediante el reporte de utilización de subproductos. Sin embargo, dado que la información se obtiene de manera particular y no estandarizada, no proporciona parámetros de comparación y análisis.

## 6.2. RECOMENDACIONES

- Dado que la emisión de regulación en materia de residuos de manejo especial ha sido gradual, cabría esperar que las autoridades dispongan medidas para que los generadores que ya cuenten con un plan de manejo puedan adaptarse paulatinamente a la norma prevista en el PROY-NOM-161-SEMARNAT-2011 y futuros requerimientos.
- El proceso de producción de azúcar no está sujeto a variaciones significativas. Aún así, la generación de residuos puede verse afectada por variables tales como la eficiencia de fábrica y el tipo de tecnología empleada. Se recomienda un análisis de la correlación que guardan estas variables con la generación de residuos en una muestra de ingenios, a fin de proponer medidas específicas que optimicen el rendimiento de la industria.
- Se recomienda el fomento efectivo del principio de responsabilidad compartida, principalmente entre la industria y las autoridades locales y estatales. Esto facilitaría la incorporación de residuos valorizables a la cadena productiva y permitiría la planeación a largo plazo de los esquemas de gestión.
- Debido a las condiciones de mercado de la industria azucarera, se prevé la imposibilidad por parte de los ingenios para asignar inversión en proyectos de gestión innovadora de sus residuos. Se recomienda la implementación de apoyos gubernamentales económicos concretos para la diversificación del sector, reconociendo su importancia socioeconómica.
- Considerando el tamaño del sector y su fuerte estructura organizacional, agrupada en corporaciones, sindicatos y asociaciones; la implementación de una norma específica, asociada a incentivos económicos permitiría minimizar efectivamente el impacto que la industria ocasiona sobre el medio ambiente.
- Como parte de los planes de manejo, se recomienda reforzar actividades dirigidas a subsanar posibles deficiencias en educación ambiental del personal y deficiencias de prevención y control en la gestión de residuos. Además, las diferentes corrientes deben considerarse de manera separada.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Basanta, R. García Delgado, M. Cervantes Martínez, J. Mata Vázquez, H. Bustos Vázquez, G. 2007. *Sostenibilidad del reciclaje de residuos de la agroindustria azucarera: una revisión*. Ciencia y Tecnología Alimentaria, julio, 2007, Vol. 5. Reynosa, México. pp 293-305.

CEAA. 2009. *Análisis del Sector Agroazucarero*. Comisión Especial para la Agroindustria Azucarera, Senado de la República LX Legislatura, 2009. México DF

CEAA, 2010. *Informe de Actividades*. Comisión Especial para la Agroindustria Azucarera, Senado de la República LXI Legislatura, 2010. México DF

Cámara de diputados, 2011. *Informe semestral de actividades correspondiente al periodo de 1 de marzo - 31 de agosto de 2011*. Comisión especial de vigilancia y seguimiento de la industria azucarera, México DF

CEAA. 2010. *Leyes del sector*. Comisión Especial de la Agroindustria Azucarera. [En línea] 2010. [http://www.senado.gob.mx/comisiones/LX/agroindustriaazucarera/content/leyes\\_sector/index\\_leyes.htm](http://www.senado.gob.mx/comisiones/LX/agroindustriaazucarera/content/leyes_sector/index_leyes.htm).

Cheesman, O. 2004. *Environmental impacts of sugar production*. CABI Publishing, 2004. Surrey, UK. pp 19, 20, 86, 87, 91-93, 151-167

Chen, J. 1991. *Manual del azúcar de caña*. Limusa, 1991. 11a edición. México DF. pp 27-235, 311-381, 465-499, 565-684, 831-843, 905-913, 985

CMP+L, IPN. 2005. *Producción más limpia en ingenios azucareros*. Centro Mexicano de Producción más Limpia, Instituto Politécnico Nacional, 2005. México DF. pp 14-18, 67

CNIAA. 2010. *Desarrollo agroindustrial de la caña de azúcar*. Cámara Nacional de las Industrias Azucarera y Alcohólica, 2010. México DF. pp A-01 - A-01A, C-34 - C-34A

CNIAA. 2011. *Manual Azucarero Mexicano*. Cámara Nacional de las Industrias Azucarera y Alcohólica, Edición 2011. México DF

CNP+LH. 2009. *Guía de Producción más Limpia para el procesamiento de caña de azúcar*. Centro Nacional de Producción más Limpia de Honduras (CNP+LH), 2009. República de Honduras. pp 6-16, 25, 35

COLPOS, FUNPROVER. 2003. *Azúcar*. Colegio de Posgraduados, Fundación Produce Veracruz A.C., 2003. Veracruz, México. pp 36, 49-57, 73-79, 98-102, 111-117

CEAA. 2006. *Diagnóstico Integral sobre la situación Nacional de la Agroindustria Azucarera*. Senado de la República LX Legislatura, 2006. México DF

---

Cortés García, R. Hernández García, S. Bravo Garzón, R. Enríquez Poy, M. Aguilar Uscanga, G. Tovar Miranda, R. Ortiz Vidal, A. 2007. *El bagazo de la caña de azúcar. Usos y derivados*. Universidad Veracruzana, 2007. Veracruz, México. pp 17-32

Cortinas de Nava, C. 2008. *Bases para integrar planes de manejo de residuos de la industria*. [En línea]. 2008 [Citado el: 17 de enero de 2011.] [http://www.cristinacortinas.net/index.php?option=com\\_content&task=view&id=32&Itemid=27](http://www.cristinacortinas.net/index.php?option=com_content&task=view&id=32&Itemid=27)

Cortinas de Nava, C. 1994. *Bases para una estrategia ambiental para la industria en México: Evaluación ambiental en cinco ramas industriales*. Instituto Nacional de Ecología, 1994. México DF. pp 56-59

Cortinas de Nava, C. 2010. *Observaciones sobre el Anteproyecto de NOM. Observaciones sobre el Anteproyecto de NOM Aprobado el 1º de septiembre 2010, que Establece los Criterios para Clasificar a los Residuos de Manejo Especial y Determinar Cuáles están Sujetos a Plan de Manejo; el Listado de los Mismos Así como los Elementos*. Difundido vía correo electrónico, 7 de septiembre de 2010. México DF

Enríquez Poy, M. 2009. *Caña de azúcar en México, ancestral cultivo del futuro*. Sugar journal. Vol. Mayo 2009.

EPA. 2000. *Project XL*. Environmental Protection Agency, 2000. EUA

Gilpin, A. 2003. *Economía ambiental: un análisis crítico*. Alfa-Omega, 2003. pp 173-195

Grupo PIASA. 2011. Grupo PIASA. [En línea] 2011. [Citado el: 17 de enero de 2011.] <http://www.grupopiasa.com/inicio.html>.

Hernández Hernández, A. Hernández Villalobos, A. Hernández Suárez. A. 2005. *Formulación y evaluación de proyectos de inversión*. Thompson, 2005. México DF

ICIDCA-GEPLACEA-PNUD. 1990. *Manual de los derivados de la caña de azúcar*. ICIDCA, 1990. La Habana, Cuba

INE. 2009. *Diagnóstico ambiental de la situación actual de la Subcuenca de la Laguna el Salado, en el Papaloapan, e implicaciones ambientales por la potencial producción de etanol en ingenios azucareros en la Subcuenca, como medida de mitigación de emisiones de gases*. Instituto Nacional de Ecología, 2009. México DF. pp 103-109

INEGI. 2011. *Encuesta Industrial Anual 2008 - 2009*. Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI), 2011. México DF. pp 83, 84

INEGI. 2010. *Síntesis metodológica del Sistema de Clasificación Industrial de América del Norte, México*. SCIAN 2007. INEGI, 2010. México DF. pág. 38

LDSCA. *Ley de Desarrollo Sustentable de la Caña de Azúcar*. Publicada en el Diario Oficial de la Federación el 22 de agosto de 2005

LGEEPA. *Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente*. Publicado en el Diario Oficial de la Federación el 28 de enero de 1988

LPGGIR. *Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos*. Publicada en el Diario Oficial de la Federación el 8 de octubre de 2003

- LPGGIR Oaxaca. *Ley para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos Sólidos para el Estado de Oaxaca*. 2009
- Manahan, S. 2007. *Introducción a la química medioambiental*. Editorial Reverté - UNAM, 2007. México DF. pp 605-609
- Masters, G. Wendell, E. 2008. *Introducción a la Ingeniería Medioambiental*. Pearson Educación, 2008. Madrid, España. pp 635-641
- ONU. 2009. *Clasificación Industrial Internacional Uniforme de todas las actividades económicas (CIIU)*, ONU, 2009. Revisión 4. Nueva York. pág. 47
- Paturau, J.M. 1989. *By-products of the Cane Sugar Industry - an Introduction to their Industrial Utilization*. Elsevier, 3rd edition. Amsterdam, Holland.
- PVEM. 2003. *Manual 4: Guías para facilitar la interpretación de la LPGGIR*. Grupo Parlamentario del PVEM, 2003. México DF
- PROY-NOM-161-SEMARNAT-2011. *PROYECTO de Norma Oficial Mexicana PROY-NOM-161-SEMARNAT-2011, Que establece los criterios para clasificar a los residuos de manejo especial y determinar cuáles están sujetos a plan de manejo; el listado de los mismos, el procedimiento para la inclusión o exclusión a dicho listado; así como los elementos y procedimientos para la formulación de los planes de manejo*. Publicado en el Diario Oficial de la Federación el 22 de agosto de 2011
- Reglamento de la LPGGIR. *Reglamento de la Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos*. Publicado en el Diario Oficial de la Federación el 30 de noviembre de 2006
- SEDESOL. 1994. *Criterios ecológicos para disminuir los impactos ambientales causados por las actividades productivas del sector industrial en su rama azucarera*. SEDESOL, INE, 1994. México DF
- SHCP. 2008. *Lineamientos para la elaboración y presentación de los análisis costo y beneficio de los programas y proyectos de inversión*. Publicado en el Diario Oficial de la Federación el 18 de marzo de 2008
- Tchobanoglous, G. Theisen, H. Vigil, S. 1993. *Integrated Solid Waste Management - Engineering Principles and Management Issues*. McGraw-Hill International Editions, 1993. United States of America. pp 15-22, 41-46, 137
- UN. 2010. *Solid Waste Management in the world's cities*. United Nations Human Settlements Programme, 2010. London, Washington DC. pp 6-8
- UNAM. 2002. *Gestión de Residuos Peligrosos*. Programa Universitario de Medio Ambiente, 2002. México, DF. pp 197-200
- UNC. 2010. InfoZafra 2009/2010. *Boletín Técnico*. Unión Nacional de Cañeros, A.C. - CNPR, 2010. México DF
- UNEP. 2009. *Developing Integrated Solid Waste Management Plan. Training Manual*. United Nations Environment Programme, 2009. Vol 1-4. Japan



## GLOSARIO

*Azúcar crudo, bruta o mascabada.* Es el producto cristalizado obtenido del cocimiento del jugo de la caña de azúcar. Constituida esencialmente por cristales sueltos de sacarosa cubiertos por una película de su miel madre original.

*Azúcar refinada.* Es el azúcar crudo que ha sido sometida a un proceso de purificación y decoloración por métodos físico-químicos, obteniendo como producto cristales de sacarosa limpios, brillantes y prácticamente puros.

*Bagazo.* Es el residuo fibroso que queda después de extraído el jugo de la caña de azúcar.

*Bagazosis.* Es una enfermedad pulmonar alérgica profesional que se presenta en personas expuestas a la inhalación de polvos de bagazo de caña seco y enmohecido. Forma parte de un conjunto de enfermedades de características clínicas, inmunológicas e histopatológicas semejantes, denominado neumonitis por hipersensibilidad. El agente causal es el moho *Thermoactinomyces vulgaris* o *Thermoactinomiceto Sacchari*.

*Briqueta.* Conglomerado de carbón u otra materia en forma de ladrillo.

*Brix.* Grados Brix (° Brix). Es el por ciento de sólidos disueltos en un producto derivado de las frutas o de un líquido azucarado a 20 °C.

*Cachaza.* Es el material sólido proveniente de la filtración y lavado de los lodos sedimentados en el proceso de clarificación, mezclados con bagacillo.

*Coproductos:* son una variedad de productos intermedios y finales, que tienen como propósito dar un mejor uso a los residuos del proceso agrícola y de la industria de la caña de azúcar.

*Derivado.* Son aquellos productos que se obtienen a partir de los subproductos de la caña.

*Dextrana.* Es un polisacárido polímero de la D-glucosa  $(C_6H_{10}O_5)_n$ , formado por reacciones bioquímicas a partir de la sacarosa, con la intervención, principalmente, del *Leuconostoc mesenteroides*. Ocasiona problemas en los filtros y en la cristalización, por incrementar la viscosidad de las soluciones de azúcar. Estos problemas se presentan con valores superiores a 0.05% (500 ppm) en el azúcar crudo.

*Guarapo.* El jugo que escurre de la caña cuando ésta es molida.

*Imbibición.* Acción y efecto de embeber. Absorción de un cuerpo sólido, en un absorbente líquido. Proceso en el que el agua o jugo se agrega al bagazo para reducir su contenido de sacarosa mediante arrastre, previo mezclado y dilución del jugo presente en el bagazo.

*Ingenio.* La planta industrial o unidad productiva dedicada al procesamiento, transformación e industrialización de la caña de azúcar.

*Lindano.* Insecticida organoclorado que es moderadamente tóxico y ambientalmente persistente.

*Melaza.* Constituye el residuo líquido, separado de los cristales de la masa cocida final. Subproducto obtenido en la fabricación de azúcar, también conocido como miel final o miel incristalizable.

*Tacho.* Equipo que opera bajo el mismo principio que el de un cuerpo evaporador. Su finalidad es llevar hasta el punto de sobre saturación el líquido proveniente de los evaporadores (meladura), para llegar a la cristalización del azúcar.

*Sirope.* Jugo concentrado de la caña, al cual no se le ha extraído el azúcar.

*Subproducto.* Producto útil que se obtiene después de fabricar otro principal. Producto secundario. Son productos colaterales a la producción azucarera.

*Pol.* Valor determinado por polarización directa del peso normal de un producto azucarado en 100 ml. de solución a 293.16 K de acuerdo a la NOM-F-324-1991.

*Puzolanas.* Son materiales silíceos o aluminio-silíceos. Por sí solos poseen poco o ningún valor cementante, pero cuando se han dividido finamente y están en presencia de agua reaccionan químicamente con el hidróxido de calcio a temperatura ambiente para formar compuestos con propiedades cementantes.

*Residuos de Manejo Especial.* Son aquellos generados en los procesos productivos, que no reúnen las características para ser considerados como peligrosos o como sólidos urbanos, o que son producidos por grandes generadores de sólidos urbanos.

*Residuos Sólidos Urbanos.* Los generados en las casas habitación, que resultan de la eliminación de los materiales que utilizan en sus actividades domésticas, de los productos que consumen y de sus envases, embalajes o empaques; los residuos que provienen de cualquier otra actividad dentro de establecimientos o en la vía pública que genere residuos con características domiciliarias, y los resultantes de la limpieza de las vías y lugares públicos, siempre que no sean considerados por la Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos como residuos de otra índole.

*Residuos Peligrosos.* Son aquellos que posean alguna de las características de corrosividad, reactividad, explosividad, toxicidad, inflamabilidad, o que contengan

---

agentes infecciosos que les confieran peligrosidad, así como envases, recipientes, embalajes y suelos que hayan sido contaminados cuando se transfieran a otro sitio, de conformidad con lo que se establece en la Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos.

*Torula*. Es un derivado de la caña de azúcar, producido a partir de la acción de la levadura *Candida utilis* sobre la melaza u otros subproductos.

*Zafra*. Cosecha de la caña dulce. También se le aplica este nombre a la fabricación de azúcar de caña y, por extensión, a la de remolacha.

---

## ANEXO 1. ESTUDIO DE GENERACIÓN - INFORMACIÓN COMPLEMENTARIA

### 1.1 Introducción

#### 1.1.1 Objetivo

Recolectar información referente a los residuos sólidos producidos en el Ingenio Adolfo López Mateos, de acuerdo a la clasificación establecida en la normatividad vigente.

#### 1.1.2 Justificación

La información sobre la cantidad y tipo de residuos producidos en la industria es el requerimiento básico para el desarrollo de un Plan de Manejo de Residuos (PM). Lo anterior en el marco de la Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos (LGPGIR), artículo 30, que obliga a la formulación de PM a los grandes generadores de residuos, tales como el Ingenio Adolfo López Mateos (IALM).

#### 1.1.3 Alcance

La información recolectada se refiere a:

- La unidad productiva del IALM
- Residuos de manejo especial (RME) y sólidos urbanos (RSU), de acuerdo a la clasificación establecida en la LGPGIR, artículos 5 y 19.
- Ciclo productivo completo, dividido en dos periodos de referencia:
  - Reparación
  - Zafra

### 1.2 Información general del IALM

#### 1.2.1 Datos de la empresa

Nombre:	Ingenio Adolfo López Mateos, S.A. de C.V.
Giro industrial:	Industria manufacturera/ Elaboración de azúcar de caña
Dirección:	Domicilio conocido s/n, Congregación San Antonio El Encinal, Tuxtepec, Oaxaca.
Capacidad de molienda:	9,200 ton/día

El IALM se localiza en San Antonio el Encinal, municipio de San Juan Bautista Tuxtepec, Oaxaca, con coordenadas geográficas latitud Norte 18° 03' 09" y longitud Oeste, 96°, 09' 08". Las colindancias son:

- Norte: Fraccionamiento Las Palmas, Unidad habitacional de empleados del propio Ingenio.
- Sur: Terreno propiedad privada
- Este: Colonia de obreros Adolfo López Mateos y Laguna El Fénix
- Oeste: Carretera Federal Tuxtepec-Oaxaca y Río Santo Domingo

El IALM ocupa un predio de 38 hectáreas con una superficie construida de 25,155 m<sup>2</sup> en la que se asientan patios tanques y edificios. En la Figura A1.1 se muestra una vista.



*Figura A1.1 Vista aérea y colindancias del IALM*

Regulación aplicable a los residuos sólidos generados en la unidad productiva

- Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos (LGPGIR)
- Reglamento de la LGPGIR
- Ley para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos Sólidos para el Estado de Oaxaca
  - Guía para la elaboración de planes de manejo de residuos especiales

### *1.2.2 Tipo de residuos sólidos generados en la unidad productiva*

De acuerdo a su clasificación legal:

- Residuos Sólidos Urbanos
- Residuos de Manejo Especial
- Residuos Peligrosos

De acuerdo al tipo de separación:

1. Primaria
  - Orgánica
  - Inorgánica
2. Secundaria
  - Inorgánicos valorizables

Para efecto del presente estudio se considerará la clasificación legal de los residuos.

### 1.2.3 Listado de Residuos Peligrosos generados en la unidad productiva

De acuerdo a la clasificación establecida por el propio Ingenio:

1. Trapo industrial impregnado con aceites o grasas
2. Lodos aceitosos
3. Aceites residuales gastados
4. Lámparas fluorescentes
5. Balastos y capacitores
6. Pilas y baterías
7. Colilla de soldadura

### 1.2.4 Documentación de referencia

El IALM cuenta con la documentación referente a residuos sólidos listada en la Tabla A1.1.

Tabla A1.1 Documentación IALM

Nombre	Publicación		Responsable de elaboración		Disponibilidad
	Última	Periodicidad	Nombre /Puesto	Organización	
Cédula de operación anual	2010	Anual	Ing. Adolfo Comas Hdz/ Promotor de Ecología	Interno	Restringida
Plan de Manejo de Residuos	Mayo 2009	NA	Ing. Adolfo Comas Hdz/ Promotor de Ecología	Interno	Restringida
Informe semestral de las actividades realizadas bajo el Plan Integral de Manejo de Residuos	1er sem. 2010	Semestral	Ing. Adolfo Comas Hdz/ Promotor de Ecología	Interno	Restringida
Informe semestral de las actividades realizadas bajo el Plan Integral de Manejo de Residuos	2o sem. 2010		Ing. Adolfo Comas Hdz/ Promotor de Ecología	Interno	Restringida
Reporte de depósito de RSU en el basurero municipal	Nov. 2011	Mensual	Ing. Adolfo Comas Hdz/ Promotor de Ecología	Interno	Restringida

---

## 2.1 Reparación

Fechas de realización del estudio: 25 al 29 de julio de 2011, fechas correspondientes al periodo de referencia (Reparación)

Personal responsable de la atención: Ing. Adolfo Comas Hernández /Promotor de Ecología

Fecha de inicio del periodo: 6 de junio de 2011

Personal ocupado en la unidad productiva durante el periodo: 456

Días laborales/ semana: 5

### 2.1.1 Residuos de manejo especial

#### 2.1.1.1 Proyección de la generación

Considerando la TG diaria y una duración de 114 días laborales para el periodo de Reparación 2011 se estimó una generación total, desglosada en la Tabla A1.2.

Tabla A1.2 Estimación de generación de RME - Reparación

<i>Material</i>	<i>TG (kg/reparación)</i>
1. Metal	
a. Láminas	986.48
b. Rebaba	
i. Bronce mezclado con acero	4,389.00
ii. Acero	4,417.50
iii. Aluminio	31.92
c. Chatarra	3,526.54
2. Vidrio	
a. Transparente	653.46
3. Papel	
a. Papel de oficina	526.15
b. Cartón	815.54
4. Residuos de construcción y demolición	
a. Escombro	1,409,941.11
b. Lana mineral	1,554.40
5. Llantas	ND
6. Residuos de proceso	
a. Bagacillo mezclado con otros residuos, carbón activo	10,640.00
7. Residuos electrónicos	ND

*ND: No determinado*

---

No se estiman variaciones significativas durante periodos productivos futuros, debido a la estabilidad del proceso y los antecedentes de producción de la unidad, exceptuando los Residuos de Construcción y Demolición (RC&D).

La generación de RC&D está supeditada a la ejecución de proyectos extraordinarios, únicos. Sin embargo, su cuantificación es un componente obligado del proyecto por lo que no hay dificultad en el cálculo de su tasa de generación.

## 2.1.2 Residuos sólidos urbanos

### 2.1.2.1 Listado de material

En la Tabla A1.3 se especifican los subproductos incluidos en algunos de los tipos de plásticos listados en la Tabla 5.10.

*Tabla A1.3 Desglose de subproducto- plásticos*

<i>Tipo de plástico</i>	<i>Número de identificación</i>	<i>Residuos incluidos</i>
PVC	3	Cinta aislante
LDPE	4	Bolsas de plástico
PP	5	Costales, cinta de flejado
PS expandido	6	Unicel

Los datos considerados para el cálculo del peso volumétrico se muestran en la Tabla A1.4.

*Tabla A1.4 Peso Volumétrico RSU - Reparación*

<i>Día</i>	<i>Peso volumétrico (kg/m<sup>3</sup>)</i>
27/07/2011	235.64
28/07/2011	356.73
29/07/2011	149.95
Promedio	247.44

En la Figura A1.2 se grafican los datos de registros del Depósito de RSU en el Basurero Municipal, para 2010, periodo de Reparación.



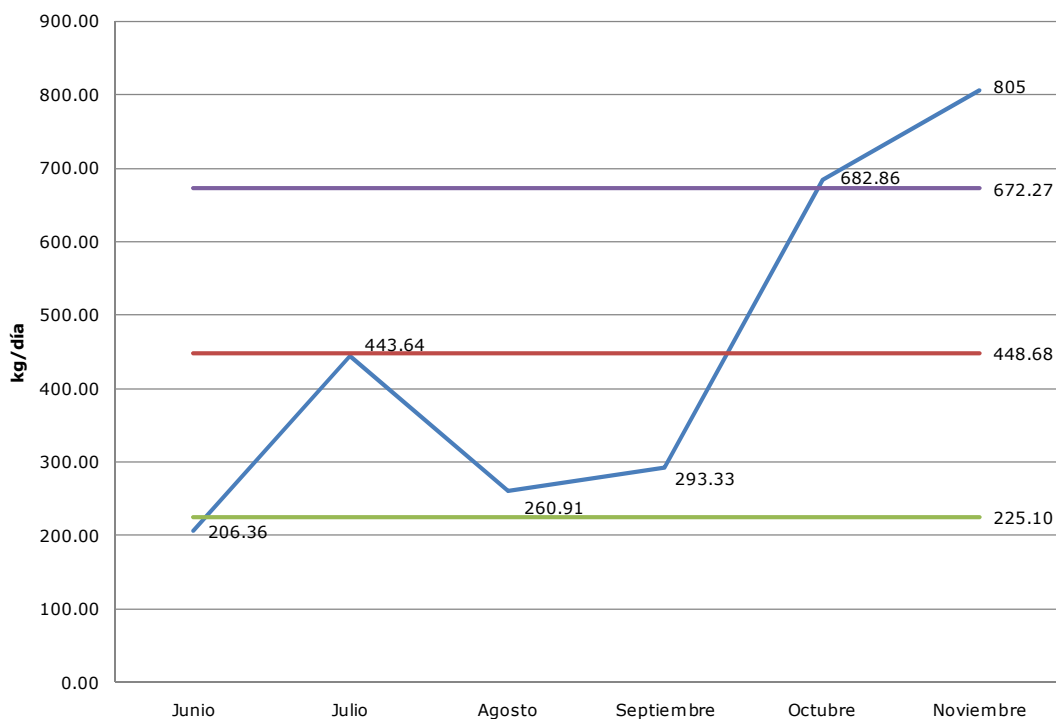


Figura A1.2 Tasa de Generación Diaria RSU - Reparación 2010

### 2.1.2.2 Proyección de la generación

Considerando la TG diaria y una duración de 115 días laborales para el periodo de Reparación 2011 se estimó una generación total, desglosada en la Tabla A1.5.

Tabla A1.5 Estimación de generación de RSU - Reparación

Material	TG (kg/reparación)
1. Papel	
a. Cartón	2,554.83
b. Papel de oficina	483.09
2. Residuos de alimentos	780.38
3. Hule	1,021.93
4. Madera	3,976.24
5. Metal	
a. Ferroso	1,108.64
b. Latas	209.03
c. Aluminio	92.90
d. Empaque metalizado	46.45
6. Residuos sanitarios	4,149.66
7. Plásticos	
a. PET (1)	2,694.18

<i>Material</i>	<i>TG (kg/reparación)</i>
b. HDPE (2)	1,396.64
c. PVC (3)	46.45
d. LDPE (4)	2,288.50
e. PP (5)	2,523.86
f. PS expandido (6)	161.03
8. Residuos de jardinería	541.93
9. Vidrio	
a. Transparente	882.58
10. Residuos de manejo especial	
a. Residuos de construcción y demolición	19,577.71
11. Residuos peligrosos	
a. Trapo impregnado con aceites y grasas	1,424.51
b. Colilla de soldadura	125.42
c. Grasa	696.77
12. Residuos de proceso	15,212.83
13. Residuo fino	102.19
Total	62,097.76

### 3.1 Zafra

Fechas de realización del estudio: 13 al 23 de diciembre de 2011, fechas correspondientes al periodo de referencia (Zafra)

Personal responsable de la atención: Ing. Adolfo Comas Hernández /Promotor de Ecología

Fecha de inicio del periodo de referencia: 20 de noviembre de 2011

Personal ocupado en la unidad productiva durante el periodo de referencia: 536

Días laborales/ semana: 7

#### 3.1.1 Residuos de manejo especial

##### 3.1.1.1 Proyección de la generación

Considerando la TG diaria y una duración de 186 días para el periodo de Zafra, con base en datos de las últimas diez zafras, se estimó una generación total, desglosada en las Tablas A1.5 y A1.6. La proyección contempla una producción constante durante las 24 horas/día para el periodo de referencia.

*Tabla A1.5 Estimación de generación de RME - Zafra*

<i>Material</i>	<i>TG (ton /zafra)</i>
1. Residuos de proceso	
a. Residuos de batey	71,554.20
b. Lodo - conductor caña	3,303.36
c. Insumo	28,621.68
d. Bagazo	368,466.00
e. Bagacillo	7,259.58
f. Cachaza	75,276.06
g. Melaza	40,309.92
h. Derrames de melaza	24.18
i. Sólidos DSM	11.16
j. Ceniza - tolvas	6,742.50
k. Cenizas - calderas	1,846.98
l. Lodos de ceniza	62,775.00
2. Plástico	
a. Súper sacos	7.44
3. Metal	
a. Chatarra	208.32

*Tabla A1.6 Estimación de generación de otros RME - Zafra*

<i>Material</i>	<i>TG (kg/zafra)</i>
1. Residuos de proceso	
a. Residuos electroimán	2.09
2. Papel	
a. Cartón	3.87
b. Papel kraft	4.87
3. Mantenimiento	
a. Lana mineral	13.64
b. Residuos metálicos	0.0091

Cabe señalar que la ocurrencia de lluvia durante el proceso de corte, acarreo y transporte de caña, es un factor que provoca el incremento significativo en la tasa de generación de los siguientes residuos, al menos:

- Residuos de Batey
- Lodos - conductor de caña
- Cachaza
- Ceniza

### 3.2.1 Residuos sólidos urbanos

#### 3.2.1.1 Listado de material

Los datos considerados para el cálculo del peso volumétrico se muestran en la Tabla A1.7.

Tabla A1.7 Peso Volumétrico RSU - Zafra

Día	Peso volumétrico (kg/m <sup>3</sup> )
27/07/2011	96.35
28/07/2011	80.67
29/07/2011	62.74
Promedio	79.92

En la Figura A1.3 se grafican los datos de registros del Depósito de RSU en el Basurero Municipal, para 2010, periodo de Reparación.

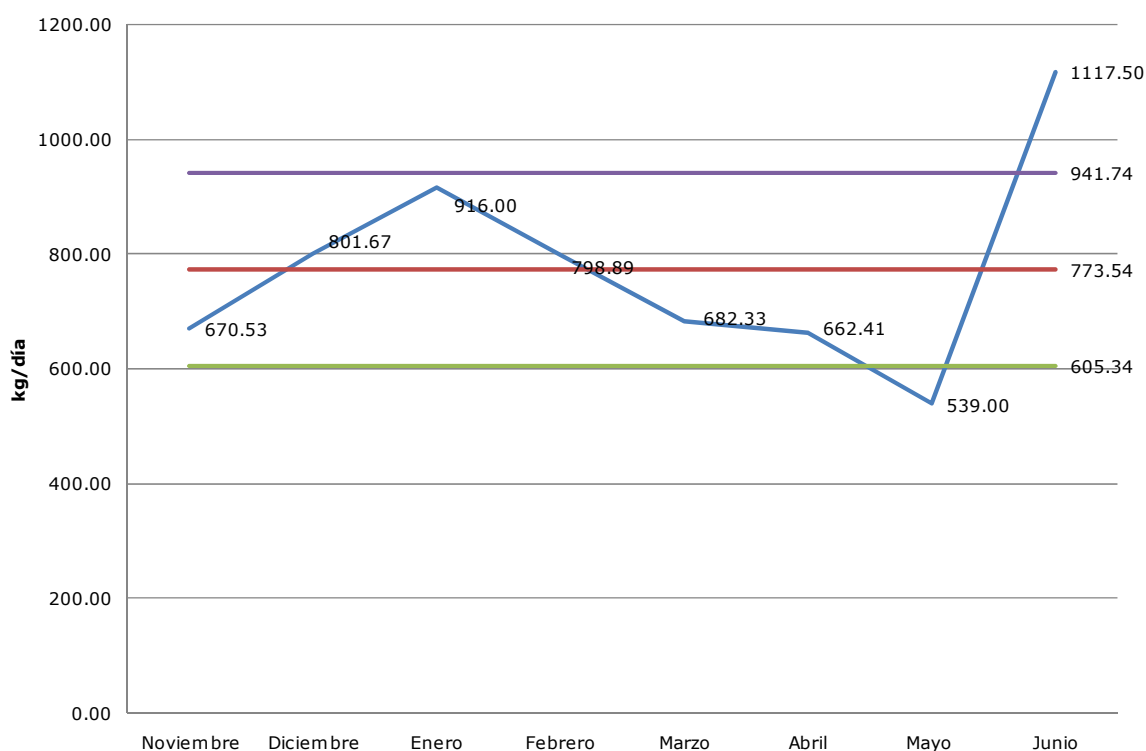


Figura A1.3 Tasa de Generación Diaria RSU - Zafra 2010/2011

#### 3.2.1.2 Proyección de la generación

Considerando la TG diaria y una duración de 186 días para el periodo de Zafra, con base en datos de las últimas diez zafras, se estimó una generación total, desglosada en la Tabla A1.8.

Tabla A1.8 Estimación de generación de RSU - Zafra

<i>Material</i>	<i>TG (kg/ zafra)</i>
1. Papel	
a. Cartón	3,625.55
b. Papel de oficina	10,039.98
c. Papel kraft	10,179.42
2. Residuos de alimentos	11,155.53
4. Madera	14,083.86
5. Metal	
a. Ferroso	3,346.66
b. Latas	139.44
c. Aluminio	2,509.99
d. Empaque metalizado	1,812.77
6. Residuos sanitarios	16,733.29
7. Plásticos	
a. PET (1)	4,322.77
b. HDPE (2)	278.89
c. PVC (3)	139.44
d. LDPE (4)	7,808.87
e. PP (5)	1,506.00
f. PS expandido (6)	557.78
e. Otros (7)	976.11
8. Residuos de jardinería	139.44
9. Vidrio	
a. Transparente	1,952.22
10. Residuos de manejo especial	
a. Residuos de proceso (bagazo, bagacillo)	25,378.83
11. Residuos peligrosos	
a. Trapo impregnado con aceites y grasas	6,135.54
b. Colilla de soldadura	139.44
c. Lámpara fluorescente	1,115.55
13. Residuo fino	11,294.97
16. Estambre	139.44
17. Material eléctrico	1,115.55
18. Tetrapak	278.89
17. Agua	6,972.21
<b>Total</b>	<b>143,878.44</b>

### 3.2.1.2 Comparativa Reparación - Zafra

A partir de los datos presentados en los apartados anteriores, se estima una diferencia en la tasa de generación diaria para los periodos de referencia de  $324.86 \text{ kg/día}$

En la Figura A1.4, se observa la tendencia del incremento de la tasa de generación diaria, conforme avanza el ciclo. Así mismo, en la Figura A1.5 se presenta una comparativa en la composición promedio para los periodos de referencia.

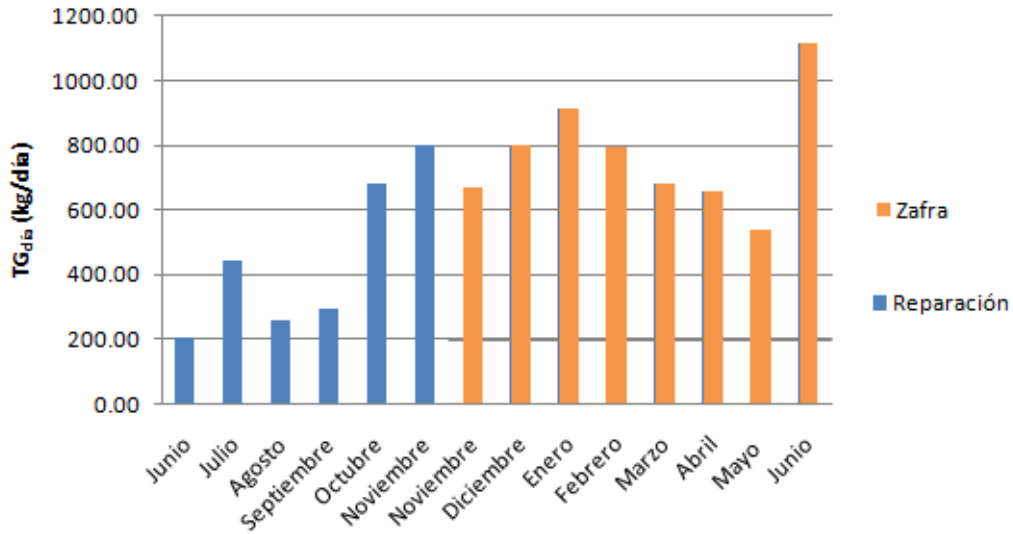


Figura A1.4 Tendencia Tasa de Generación ciclo completo 2010-2011

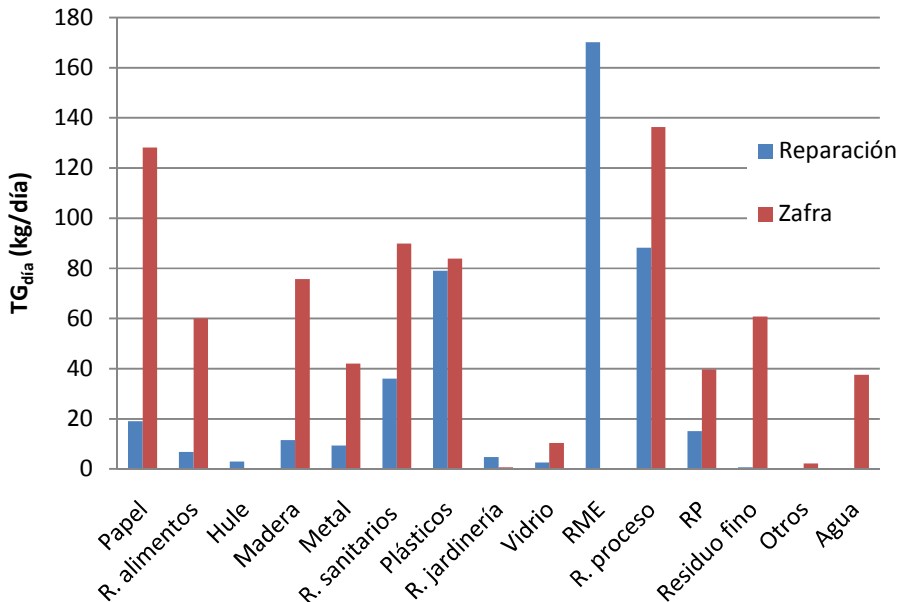


Figura A1.5 Comparativa composición RSU

---

## ANEXO 2. DIAGNÓSTICO DE MANEJO DE RESIDUOS - INFORMACIÓN COMPLEMENTARIA

### 1.1 Introducción

#### 1.1.1 Objetivo

Recolectar y evaluar información referente a las prácticas de manejo de residuos sólidos no peligrosos, generados en el Ingenio Adolfo López Mateos, S.A. de C.V. (IALM).

#### 1.1.2 Justificación

La información sobre las diferentes corrientes de residuos y el sistema de manejo asociado a éstas es uno de los requerimientos básicos para el desarrollo de un Plan de Manejo de Residuos (PM). En este sentido, se entiende por sistema de manejo las prácticas de almacenamiento, recolección, transporte, disposición final y reciclaje o reutilización; realizadas en el sitio de estudio.

Lo anterior en el marco de la Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos (LGPGIR), artículo 30, que obliga a la formulación de PM a los grandes generadores de residuos, tales como el IALM.

#### 1.1.3 Alcance

La información recolectada se refiere a:

- La unidad productiva del IALM
- Residuos de manejo especial (RME) y sólidos urbanos (RSU), de acuerdo a la clasificación establecida en la LGPGIR, artículos 5 y 19.
- Ciclo productivo completo, dividido en dos periodos de referencia:
  - Reparación
  - Zafra

#### 1.1.4 Referencias

Para la elaboración de este documento, se tomaron como base los resultados del Estudio de generación, Reparación 2011 - Zafra 2011/2012.

### 2.1 Sistema de manejo - RME

#### 2.1.1 Administración

##### 2.1.1.1 Políticas aplicables

Las políticas listadas a continuación son aplicables de manera general a todo el proceso de gestión de residuos, cuando no se especifique lo contrario:

---

*Iniciativas voluntarias*

- Industria Limpia

---

### *Legislación*

- Ley General de Equilibrio Ecológico y Protección al Ambiente (LGEEPA)
- Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos (LGPGIR)
- Reglamento de la Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos (Reglamento LGPGIR)
- Ley para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos Sólidos para el Estado de Oaxaca (LPGIRS Oaxaca)

Aplicables a la etapa de disposición final de residuos:

- NOM-004-SEMARNAT-2002
  - NOM-083-SEMARNAT-2003
  - NOM-098-SEMARNAT-2002
- 

A nivel corporativo y particular, el IALM no cuenta con políticas formales sobre la gestión de residuos, ni aún aquellos considerados como subproductos. Tampoco se realizan labores de ingeniería para el desarrollo de nuevos productos. Grupo PIASA, a través del departamento de Compras, únicamente ha emitido lineamientos referentes a la venta de material valorizable que, de forma genérica consisten en:

1. El área de Almacén General del IALM informa periódicamente al departamento de Compras corporativo, el inventario de material valorizable acopiado.
2. La venta de productos recuperables se realiza mediante concurso, organizado por el departamento de Compras corporativo.
3. El corporativo notifica al IALM el ganador del concurso - comprador, así como fechas y datos del personal que retirará el material de las instalaciones.
4. La entrega se realiza previo pago por parte del comprador. El ingreso monetario por la venta del material es para el IALM.

#### *2.1.1.2 Mecanismos de financiamiento*

El IALM no es beneficiario de ningún instrumento financiero público, referido a gestión de residuos, por parte de alguna instancia externa.

Los costos de la totalidad del sistema de gestión son asumidos por el IALM mediante la asignación de un presupuesto anual operativo a las áreas involucradas en el manejo. Dicho presupuesto se ejerce de forma discrecional por el responsable de cada área.

Adicionalmente, el IALM obtiene ingresos por concepto de venta de material valorizable, los cuales son administrados por el grupo ejecutivo y no necesariamente reingresan al sistema de gestión de residuos.

#### *2.1.2 Equipo e infraestructura*

##### *2.1.1.1 Almacenamiento*

En la Tabla A2.1 se presentan una serie de fichas que contienen información referente a las siguientes áreas:



1. Almacén temporal de RME
2. Residuos de Batey
3. Patio de chatarra
4. Patio de bagazo
5. Patio de ceniza
6. Tanques de almacenamiento de melaza

Tabla A2.1 Fichas - Sitios de almacenamiento RME

<i>Área:</i>	<i>Almacén temporal de RME</i>
<i>Características:</i>	Área: 805 m <sup>2</sup> Almacenamiento exterior Responsable: Promotor de Ecología
<i>Condiciones del sitio:</i>	Delimitación perimetral: Malla ciclónica Restricción de ingreso: Puerta con candado Piso: Concreto Techado: No
<i>Residuos almacenados:</i>	Autorizados: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Lámina metálica</li> <li>• Rebaba metálica</li> <li>• Súper sacos</li> <li>• Vidrio</li> <li>• Llantas</li> <li>• Papel kraft</li> <li>• Lana mineral</li> </ul>
<i>Observaciones:</i>	Residuos como la lana mineral, el vidrio y las llantas tienen un periodo de almacenamiento indefinido ya que no se ha especificado su disposición final.
<i>Área:</i>	<i>Residuos de Batey</i>
<i>Características:</i>	Área aproximada: 900 m <sup>2</sup> Almacenamiento exterior Responsable: Molinos
<i>Condiciones del sitio:</i>	Delimitación perimetral: Ninguna Restricción de ingreso: Ninguna, es un área abierta. Piso: Concreto Techado: No
<i>Residuos almacenados:</i>	Autorizados: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Residuos de batey</li> <li>• Insumo</li> <li>• Lodo - conductor de caña</li> </ul> No autorizados: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Carbón granular activado</li> <li>• Bagacillo mezclado con otros residuos</li> </ul>
<i>Observaciones:</i>	Al ser un área abierta, el personal deposita residuos no autorizados, predominantemente orgánicos, para los cuales no se ha definido claramente el flujo de manejo. Sin embargo, los residuos se depositan en bolsas de plástico, lo que provoca contaminación por mezcla. El periodo de almacenamiento de los residuos es variable, siendo retirados conforme la disponibilidad de vehículos y personal un promedio de 23 ton/día. Durante el estudio de campo realizado en el periodo de Reparación 2011, se estimó que aún quedaban almacenados en sitio 160 ton de residuos, correspondientes a la Zafra 10/11.

<b>Área:</b>	<i>Patio de chatarra</i>
<b>Características:</b>	Área aproximada: 380 m <sup>2</sup> Almacenamiento exterior Responsable: Almacén General
<b>Condiciones del sitio:</b>	Delimitación perimetral: Líneas pintadas en el suelo. Restricción de ingreso: Ninguna, es un área abierta. Piso: Concreto Techado: No
<b>Residuos almacenados:</b>	Autorizados: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Chatarra metálica</li> </ul> No autorizados: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Residuos sólidos urbanos</li> <li>• Bagacillo en sacos de PP</li> <li>• Azúcar descartada, en sacos de PP</li> <li>• Tarimas de madera</li> <li>• Trapos impregnados con aceites y grasas</li> <li>• Lana mineral</li> <li>• Tarimas de madera</li> </ul>
<b>Observaciones:</b>	A pesar de tener un letrero, indicando que únicamente deberán depositarse chatarra, el personal deposita residuos no autorizados. Al 28/08/11, se estimó la presencia en sitio de, al menos, 160 sacos de residuos, 10 tarimas y residuos dispersos. Así mismo, al ser un área abierta, el personal deposita la chatarra sin ningún orden por lo que se desaprovecha la capacidad y se dificulta el retiro de los residuos más antiguos. El periodo de almacenamiento es variable, aunque la chatarra se retira, al menos dos veces al año.

<b>Área:</b>	<i>Patio de bagazo</i>
<b>Características:</b>	Área aproximada: 500m <sup>2</sup> Almacenamiento exterior Responsable: Calderas
<b>Condiciones del sitio:</b>	Delimitación perimetral: Ninguna Restricción de ingreso: Ninguna Piso: Suelo natural Techado: No
<b>Residuos almacenados:</b>	Autorizados <ul style="list-style-type: none"> <li>• Bagazo</li> <li>• Bagacillo</li> </ul>
<b>Observaciones:</b>	El bagazo almacenado es aquel que, en un primer momento, no se reutilizó en el área de Calderas. Su cantidad es variable. Se acumula al final del conductor principal de caña, desde donde cae libremente de un altura aproximada de 10 m, lo que provoca la dispersión de partículas livianas y bagacillo. El bagazo permanece almacenado máximo 4 - 5 días , con el objetivo de que disminuya su humedad, lo que facilitaría su combustión, una vez que retorna a Calderas. La cantidad de material manejado en el patio es variable pero oscila entre 2.4 a 36 ton/hr. Al finalizar la zafra se mantiene una cantidad almacenada que, en el caso de la Z10/11 fue de 500- 600 ton, para el arranque de la siguiente zafra. Ésta se cubre con una lona plástica para evitar su dispersión por lluvia y viento.

<i>Área:</i>	<i>Patio de ceniza</i>
<i>Características:</i>	Área aproximada: 131 m <sup>2</sup> Almacenamiento exterior Responsable: Calderas
<i>Condiciones del sitio:</i>	Delimitación perimetral: Ninguna Restricción de ingreso: Ninguna Piso: Suelo natural Techado: No
<i>Residuos almacenados:</i>	Autorizados <ul style="list-style-type: none"> <li>• Ceniza - calderas</li> <li>• Ceniza - tolvas</li> </ul>
<i>Observaciones:</i>	Durante el proceso de recolección la ceniza de calderas se humedece para detener la combustión. Sin embargo, una vez depositada en el patio y al ser mezclada, tiende a encenderse nuevamente.

<i>Área:</i>	<i>Tanques de almacenamiento de melaza</i>
<i>Características:</i>	Almacenamiento exterior Responsable: Control de Calidad, Mantenimiento <ul style="list-style-type: none"> <li>• Tanque 1 Volumen: 2,850 HL Dimensiones: Ø 24 m x 6.3 m</li> <li>• Tanque 2 Volumen: 10,400 HL Dimensiones: Ø 35 m x 10.91 m</li> <li>• Tanque 3 Volumen: 5,150 HL Dimensiones: Ø 27.13 m x 8.9 m</li> </ul>
<i>Condiciones del sitio:</i>	Delimitación perimetral: El área donde se encuentran los tanques se encuentra delimitada mediante cenefas de concreto. Restricción de ingreso: No aplica Construcción: Tanques completos, fabricados de acero inoxidable, techados, con acceso superior.
<i>Residuos almacenados:</i>	Autorizados <ul style="list-style-type: none"> <li>• Melaza</li> </ul>
<i>Observaciones:</i>	La temperatura de almacenamiento de melaza oscila entre los 52°C a 60°C. La temperatura se mide por medio de sensores y se monitorea mediante muestras. Por seguridad, se ha establecido que nunca debe sobrepasar los 60 °C. En 2011 se vendió el 98% de la melaza producida. El área perimetral carece de mantenimiento rutinario por lo que se encontraba azolvada con lodos, maleza y otros materiales.

Además, se identificó RME almacenado en un área no autorizada, descrita en la Tabla A2.2.

*Tabla A2.2 Fichas - Sitio no autorizado para el almacenamiento de RME*

<i>Área:</i>	<i>Almacén de piezas y refacciones (Almacén de recuperables)</i>
<i>Características:</i>	Área: 765 m <sup>2</sup> Almacenamiento exterior Responsable: Ninguno
<i>Condiciones del sitio:</i>	Delimitación perimetral: Incompleta, malla ciclónica. Restricción de ingreso: Ninguna Piso: Concreto Techado: No

<i>Área:</i>	<i>Almacén de piezas y refacciones (Almacén de recuperables)</i>
<i>Residuos almacenados:</i>	<p>Durante el recorrido efectuado por el Almacén de Recuperables se identificaron diversos residuos debido a:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Malas prácticas de disposición de RME <ul style="list-style-type: none"> <li>• Llanta</li> <li>• Buje</li> <li>• Tarimas de madera</li> <li>• Vigas de madera</li> <li>• Escombros</li> <li>• Material impermeabilizante</li> <li>• Refacciones eléctricas varias</li> <li>• Lana mineral</li> </ul> </li> <li>2. Malas prácticas de almacenamiento, lo que deriva en que las refacciones se vuelvan inservibles y se conviertan en residuos. <ul style="list-style-type: none"> <li>• Piezas metálicas varias</li> <li>• Electrónicos</li> <li>• Arandelas de rodajas</li> <li>• Lámina metálica y de asbesto</li> <li>• Vidrio</li> <li>• Cable</li> </ul> </li> </ol> <p>Adicionalmente, se observa presencia de Residuos Sólidos Urbanos.</p>
<i>Observaciones:</i>	<p>La finalidad del Almacén de Recuperables es almacenar piezas y refacciones en espera de uso posterior. Dentro del Almacén, cada área cuenta con un espacio delimitado mediante líneas en el suelo, en el cual depositar sus refacciones.</p> <p>A pesar de que hay material agrupado, de acuerdo a su uso, éste se encuentra en malas condiciones de almacenamiento.</p> <p>Se recolectaron residuos no pertenecientes al Almacén (RSU) en un cuadrante considerado representativo de 7.48m x 1.16 m. La cantidad obtenida fue de 2.55 kg, de material mojado, consistentes en:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Aluminio</li> <li>• Tapas de refresco</li> <li>• Vasos desechables</li> <li>• Bolsas plásticas</li> </ul> <p>Cabe señalar que dentro del Almacén hay áreas considerablemente más sucias que otras. Los pasillos, por ejemplo, se encuentran en un estado relativamente despejado y limpio. Así mismo, se observó acumulación de tierra y ceniza, lo cual es normal en las instalaciones del Ingenio, con la salvedad de que aquí no se realiza ningún tipo de limpieza.</p>

### *3.1 Sistema de manejo - RSU*

#### *3.1.1 Administración*

##### *3.1.1.1 Políticas aplicables*

Las políticas listadas a continuación son aplicables de manera general a todo el proceso de gestión de residuos, cuando no se especifique lo contrario:

<i>Iniciativas voluntarias</i>	• <i>Industria Limpia</i>
<i>Legislación</i>	• <i>Ley General de Equilibrio Ecológico y Protección al Ambiente</i>

- *Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos (LGPGIR)*
- *Reglamento LGPGIR*
- *Ley para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos Sólidos para el Estado de Oaxaca (LPGIRS Oaxaca)*

*Aplicables a la etapa de disposición final de residuos:*

- *NOM-004-SEMARNAT-2002*
- *NOM-083-SEMARNAT-2003*
- *NOM-098-SEMARNAT-2002*

A nivel corporativo, el IALM no cuenta con políticas formales sobre la gestión de residuos.

De forma particular, el IALM, a través del Promotor de Ecología, desarrolla un Programa de Gestión Integral de RSU como parte del Sistema de Administración Ambiental. Sin embargo, no se le ha dado seguimiento y su aplicación no es de carácter obligatorio.

### *3.1.1.2 Mecanismos de financiamiento*

El IALM no es beneficiario de ningún instrumento financiero público, referido a gestión de residuos, por parte de alguna instancia externa. Los costos de la totalidad del sistema de gestión son asumidos por el IALM mediante la asignación de un presupuesto anual operativo a las áreas involucradas en el manejo. Dicho presupuesto se ejerce de forma discrecional por el responsable de cada área.

### *3.1.2 Equipo e infraestructura*

#### *Almacenamiento*

En las Tablas A2.3 - A2.5 se detalla la ubicación y cantidad de contenedores distribuidos en los puntos de acopio.

*Tabla A2.3 Contenedores RSU exteriores*

<i>Punto de acopio exterior</i>	<i>Ubicación</i>	<i>Tipo de contenedor</i>			<i>Observaciones</i>
		<i>MSD-32</i>	<i>MSD-68</i>	<i>Especial</i>	
1	Cargadero de azúcar	3		1	Papel kraft y plásticos
2	Báscula	1			
3	Oficina de sistemas	2			
4	Estacionamiento	2			
5	Laboratorio	2		1	Bagacillo
6	Oficinas técnicas de fábrica	2			
7	Área de envasado	2			
8	Refinería	2			
9	Talleres y almacenes	2			
10	Planta de tratamiento de	1			

Punto de acopio exterior	Ubicación	Tipo de contenedor			Observaciones
		MSD-32	MSD-68	Especial	
	agua				
11	Molinos, calderas	2			
12	Enfermería	2	1		
13	Entrada principal		1		
14	Oficinas técnicas de campo	2	1		
SR*	Tanque de condensados			2	Tierra y barredura
	Total	25	3	4	

\*Sin referencia

Tabla A2.4 Contenedores RSU interiores

Id. interior	Punto de acopio exterior	Ubicación	Tipo de contenedor		
			MSD-32	MSD-68	Especial
1	6	Elaboración Nivel 0		1	
2	6	Elaboración Nivel 1		1	
3	6	Elaboración Nivel 2		1	
4	8	Refinería Nivel 0		1	
5	8	Refinería Nivel 1		1	
6	8	Almacén 2		1	
7	SR*	Planta de fuerza		1	
8	SR*	Taller mecánico		1	
9	9	Almacén 1		1	
10	9	Almacén 1		1	
11	11	Pasillo molinos-calderas		1	
12	11	Calderas		1	
		Total	-	12	-

\*Sin referencia

Tabla A2.5 Contenedores especiales RSU

Ubicación	Cantidad	Capacidad estimada	Descripción
Exterior /Cargadero de azúcar	1		Súper saco o similar para acopio de papel kraft.
Exterior/ Laboratorio	1	200 L	Tambo para recolección de bagacillo.
Exterior/ Tanque de condensados	2	200 L	Tambo para recolección de tierra y barredura.
Total	4		

#### 4.1 Resultados

Derivado de la evaluación de los sistemas de manejo de residuos existentes en el IALM se detectaron los hallazgos señalados en las Tablas A2.6 - A2.9. Lo anterior con base en la normatividad aplicable, indicando cuando existe un incumplimiento, y en las mejores prácticas de la industria.

Tabla A2.6 Hallazgos - Sistema de manejo RME

<i>Id.</i>	<i>Hallazgo</i>	<i>Incumplimiento legal</i>
RME 001	<p>Al 28/08/11 se estimó el depósito de hasta 5.85 ton de los siguientes residuos no autorizados en el Patio de chatarra destinada a reciclaje:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Carbón activado</li> <li>• Bagacillo impregnado con aceite y grasa</li> <li>• Trapos impregnados con aceite</li> <li>• Lana mineral</li> <li>• Residuos de tarimas de madera</li> <li>• Azúcar</li> <li>• Sacos de PP</li> </ul> <p>Lo anterior propicia la contaminación de residuos de manejo especial por el contacto con residuos peligrosos, incrementando la generación de estos últimos sin que se incorporen a un esquema de manejo que minimice los riesgos sobre el ambiente y dificulta el manejo eficiente de la chatarra.</p>	<p>LGEEPA Artículo 134, fracción III</p> <p>Reglamento LGPGIR Artículo 46, fracción II</p> <p>LPGIRS Oaxaca Artículos 82 y 98, fracción IX</p>
RME 002	<p>La empresa utiliza un área de disposición final conocida como "el triángulo" para el depósito ocasional de residuos inorgánicos tales como:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Residuos de construcción y demolición</li> <li>• Lana mineral</li> </ul> <p>Los residuos se depositan sobre suelo natural, sin que el área o la operación se realicen acorde a los controles requeridos por la normatividad. Lo anterior podría provocar la contaminación indebida del suelo.</p>	<p>LGEEPA, Artículo 136</p> <p>NOM-083-SEMARNAT-2003</p>
RME 003	<p>Se observó que el papel de oficina y cartón, destinados a reciclaje, se almacena en el Almacén Temporal de RP para protegerlo de la lluvia. Esto podría derivar en una posible contaminación por el contacto con residuos peligrosos.</p>	<p>Reglamento LGPGIR Artículo 46, fracción II</p> <p>LPGIRS Oaxaca Artículo 82</p>
RME 004	<p>Se observó la acumulación en piso y áreas de tránsito, en el área de Molinos, de bagacillo utilizado como absorbente de aceites, grasa, ácidos y líquidos. Lo anterior, dada la inexistencia de control sobre el empleo de este material. Esto impide el libre tránsito en el área y podría incrementar la generación de residuos peligrosos, propiciando su mezcla con otras corrientes de residuos.</p>	<p>Reglamento LGPGIR Artículo 46, fracción II</p> <p>NOM-006-STPS-2000 Apartado 5.7</p>
RME 005	<p>Se observó la mezcla de residuos de batey en el sitio de almacenamiento temporal, al menos, con los siguientes residuos:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Carbón activado</li> <li>• Bagacillo impregnado</li> <li>• Bolsas plásticas</li> <li>• Sacos de PP</li> </ul> <p>Ya que la disposición final se realiza sobre suelo natural, lo anterior podría provocar la contaminación indebida del suelo.</p>	<p>LGEEPA, Artículo 136</p> <p>LPGIRS Oaxaca Artículo 82</p>
RME 006	<p>La empresa no ha definido un sistema de manejo completo para los siguientes residuos:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Carbón activado</li> <li>• Lana mineral</li> <li>• Llantas</li> <li>• Azúcar de desecho</li> </ul> <p>Lo anterior deriva en prácticas inadecuadas de almacenamiento o disposición final.</p>	<p>LGEEPA Artículo 134, fracción III</p>
RME 007	<p>La empresa carece de controles para evitar la dispersión de</p>	<p>Reglamento de la LGEEPA</p>

<i>Id.</i>	<i>Hallazgo</i>	<i>Incumplimiento legal</i>
	partículas sólidas al ambiente debido a la caída de bagazo desde uno de los extremos del conductor hacia Calderas. Lo anterior provoca la contaminación de las áreas circundantes y representa un riesgo a la salud de los trabajadores.	en materia de prevención y control de la contaminación de la atmósfera Artículo 17, fracción I
RME 008	En el área de calderas, el bagazo se almacena de forma temporal sobre suelo natural, a la intemperie, inclusive durante el periodo de reparación. Lo anterior provoca su dispersión por viento y lluvia, lo que podría derivar en contaminación indebida del suelo.	LGEEPA, Artículo 136
RME 009	La empresa no realiza análisis periódicos del lodo de ceniza resultante del proceso de Lavado de Gases para conocer su composición. Esto impide determinar la clasificación del residuo y tratarlo como corresponda.	Reglamento de la LGPGIR Artículo 38
RME 010	Durante el estudio de campo se observó que el lodo proveniente del Lavado de Gases se derrama alrededor de la unidad de decantación. Lo anterior podría derivar en la contaminación indebida del suelo.	LGEEPA Artículo 134, fracciones II y III
RME 011	En el Almacén de Recuperables se identificaron diversos residuos debido a: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Inadecuadas prácticas de disposición de RME</li> <li>• Inadecuadas prácticas de almacenamiento, lo que deriva en que las refacciones se vuelvan inservibles y se conviertan en residuos.</li> <li>• Inadecuado manejo de RSU.</li> </ul> El Almacén de Recuperables constituye un punto de generación no controlado, debido a las precarias condiciones de almacenamiento y control en el sitio. Esto redundaría en la generación innecesaria de residuos y su inadecuado manejo.	LGEEPA Artículo 134, fracciones I y II
RME 012	Se observó un derrame permanente de melaza en las bombas para despacho a pequeños ganaderos. Éste es diluido con agua y canalizado al drenaje industrial, lo que propicia un incremento de la carga orgánica en el efluente de la empresa.	LPGIRS Oaxaca Artículo 98, fracción VIII
RME 013	La manguera utilizada para la carga de melaza a pequeños ganaderos carece de mecanismos que impidan su derrame al finalizar el proceso. Esto propicia la contaminación del suelo.	LGEEPA Artículo 134, fracciones I y II
RME 014	Se observó la acumulación de bagacillo destinado a los filtros de cachaza en el suelo, en un área de tránsito, debido a la constante falla de los ventiladores utilizados para su suministro. Lo anterior provoca su dispersión en el área.	NOM-001-STPS-2008 Apartado 7.1.1
RME 015	El área de almacenamiento de residuos de Batey no se encuentra delimitada por lo que, estos residuos llegan a mezclarse con la chatarra destinada a reciclaje. Esto entorpece su manejo e impide el libre tránsito de vehículos, en ocasiones.	LPGIRS Oaxaca Artículo 82 NOM-001-STPS-2008 Apartado 7.1.2
RME 016	Se observó la acumulación de cachaza en descomposición alrededor de los filtros. Lo anterior es contrario a los estándares de higiene dentro del área de fábrica.	NOM-001-STPS-2008 Apartado 7.1.2

*Tabla A2.7 Recomendaciones - Sistema de manejo RME*

<i>Id.</i>	<i>Hallazgo</i>
RME 017	La acumulación y retiro de residuos de batey se realiza sin orden. Lo anterior provoca el almacenamiento prolongado y posible descomposición en sitio de una fracción de éstos.
RME 018	Se observaron constantes derrames de melaza en múltiples puntos de fábrica, particularmente



<i>Id.</i>	<i>Hallazgo</i>
	en el área de Elaboración Crudo y en el área para despacho a pequeños ganaderos. Aunque en algunos casos el derrame se recoge y se canaliza para reutilización, constituye subproducto desperdiciado e incrementa la carga orgánica del efluente de la empresa, cuando se dirige al drenaje.
RME 019	No existe control sobre la contaminación en la áreas ocupadas por los subcontratistas. En estos se observaron residuos sólidos urbanos y de manejo especial, almacenados hasta por cinco meses, lapso de tiempo entre los dos estudios de campo realizados. Lo anterior podría generar contaminación indebida en suelo.
RME 020	Se observaron las siguientes deficiencias sobre la administración del Patio de chatarra: <ul style="list-style-type: none"> <li>• El sitio se encuentra desorganizado lo que impide retirar los residuos más antiguos.</li> <li>• A pesar de que el sitio se encuentra delimitado, no se respetan los límites establecidos.</li> <li>• El sitio no recibe mantenimiento periódico por lo que el fondo se encuentra anegado y con maleza.</li> <li>• El personal de la empresa acopia de manera informal y con fines personales, residuos almacenados en este sitio.</li> </ul> Lo anterior dificulta el manejo de los residuos almacenados y propicia el desaprovechamiento de espacio.
RME 021	Se observaron las siguientes deficiencias sobre la infraestructura del Almacén de Recuperables: <ul style="list-style-type: none"> <li>• La delimitación de las áreas internas es inexistente o no se respeta.</li> <li>• El perímetro de malla ciclónica se encuentra deteriorado e incompleto.</li> <li>• Carencia de techado.</li> </ul> Lo anterior redundando en malas prácticas de almacenamiento, la generación incontrolada y depósito no autorizado de residuos.
RME 022	Se observaron las siguientes deficiencias sobre la administración del Almacén de Recuperables: <ul style="list-style-type: none"> <li>• No existe un responsable formal del Almacén.</li> <li>• La puerta permanece abierta de forma permanente.</li> <li>• El personal del IALM consume alimentos en el interior del Almacén, de forma indebida.</li> <li>• La capacidad del Almacén ha sido sobrepasada por lo que se almacenan piezas en el exterior de éste.</li> <li>• El almacenamiento de piezas no obedece ningún orden.</li> <li>• El Almacén se encuentra lleno de tierra y ceniza sin que exista ningún responsable de su limpieza ni ésta se lleve a cabo.</li> </ul> Lo anterior impide la elaboración y seguimiento de un programa de limpieza y reorganización del sitio, propiciando que éste no cumpla con los objetivos para los que se diseñó y constituya un punto de generación no controlado.
RME 023	Los programas de separación de papel de oficina en la fuente no han tenido seguimiento. Adicionalmente, se observó que el papel kraft, desechado en el área de Cargadero, ingresa a la corriente de RSU, enviados a disposición final. El retroceso en los programas de educación ambiental puede dificultar la implantación de nuevas propuestas.
RME 024	La empresa carece de políticas para el aprovechamiento de subproductos. Lo anterior obstaculiza la promoción del manejo adecuado de aquellos que constituyen una fuente de ingresos y, la búsqueda de alternativas viables para el resto.
RME 025	Se observó la acumulación de bagacillo en el área de Elaboración Crudo, por error en el diseño del escape del conductor hacia mingler de bagacillo, lo que propicia la dispersión del material.
RME 026	Aún cuando se realiza acopio en la fuente, la venta de materiales reciclables a terceros, tales como el vidrio con una tasa de generación por periodo de 653 kg, se dificulta porque las cantidades no se consideran significativas y el grupo corporativo requiere la emisión de comprobante fiscal por parte del comprador. Esto entorpece el flujo de los residuos y favorece su degradación dado el largo periodo de almacenamiento.
RME 027	La rampa utilizada por el cargador frontal durante la operación de realimentación a calderas, está constituida por bagazo. A pesar del grado de compactación alcanzado, el residuo es susceptible de dispersión por lluvia o viento.
RME 028	La empresa carece de un programa de mantenimiento periódico alrededor de los tanques de melaza. Esta actividad se realiza de forma extraordinaria. Lo anterior provoca falta de orden y

<i>Id.</i>	<i>Hallazgo</i>
	limpieza en el sitio.

*Tabla A2.8 Hallazgos - Sistema de manejo RSU*

<i>Id.</i>	<i>Hallazgo</i>	<i>Fundamento legal</i>
RSU001	<p>Se observó mezcla de residuos con la corriente de residuos sólidos urbanos (RSU) en las proporciones indicadas a continuación, con respecto a la Tasa de generación diaria :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Reparación: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Manejo especial (RME) (residuos de la construcción, bagacillo empleado como absorbente), hasta en un 58%</li> <li>• Residuos peligrosos (RP) (bagacillo impregnado con grasa) hasta en un 3%</li> </ul> </li> <li>• Zafra: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Manejo especial (residuos de la construcción, bagacillo empleado como absorbente), hasta en un 18%</li> <li>• Residuos peligrosos (bagacillo impregnado con grasa) hasta en un 5%</li> </ul> </li> </ul> <p>Lo anterior propicia la contaminación de RSU, incrementando la generación de RP sin que éstos se incorporen a un esquema de manejo que minimice los riesgos sobre el ambiente. Adicionalmente, es contrario al adecuado manejo de RME</p>	<p>LGEEPA Artículo 134, fracción III</p> <p>Reglamento LGPGIR Artículo 46, fracción II</p> <p>LPGIRS Oaxaca Artículo 98, fracción IX</p>
RSU002	<p>Las áreas de casilleros ubicadas junto a la Enfermería, patio de soldadores y Molinos se encuentran contaminadas con residuos sólidos urbanos. Esto puede propiciar el desarrollo de vectores nocivos.</p>	<p>NOM-001-STPS-2008 Apartado 7.1.1</p>
RSU003	<p>El personal dedicado a la recolección de residuos sólidos urbanos no utiliza cubre bocas aún cuando maneja residuos sanitarios sin bolsa de plástico, sacos vacíos de cal, entre otros. Lo anterior representa un riesgo para la salud de los trabajadores.</p>	<p>NOM-017-STPS-2008 Apartado 5.4</p>

*Tabla A2.9 Recomendaciones - Sistema de manejo RSU*

<i>Id.</i>	<i>Hallazgo</i>
RSU004	<p>Los contenedores ubicados en los puntos de acopio de residuos sólidos urbanos se encuentran sucios y no existe un programa de limpieza periódica. Esto puede propiciar el desarrollo de vectores nocivos.</p>
RSU005	<p>A pesar de que existe un programa de verificación de ubicación de los contenedores de residuos sólidos urbanos en los puntos de acopio señalados, no se le da seguimiento formal. Lo anterior provoca que cuando éstos son movidos y utilizados para otros fines, el personal deposite los residuos en el suelo.</p>
RSU006	<p>La capacidad instalada de los contenedores de residuos sólidos urbanos, 8.9m<sup>3</sup>, es insuficiente para cubrir los requerimientos de generación durante el periodo de zafra que ascienden a 9.68m<sup>3</sup> diarios. Esto puede propiciar el depósito de residuos en sitios inapropiados.</p>
RSU007	<p>Se observó la mezcla de residuos de manejo especial con la corriente de sólidos urbanos, particularmente residuos de la construcción y demolición, lo que eleva el peso volumétrico de los residuos, dificultando o impidiendo la recolección manual. Lo anterior entorpece el servicio de recolección, al requerir el apoyo de una unidad mecánica, y pone en riesgo al personal cuando realiza la operación de forma manual.</p>
RSU008	<p>El vehículo recolector de residuos sólidos urbanos no se cubre con una lona durante el trayecto hacia el sitio de disposición final. De esta manera, se propicia la dispersión por viento</p>

---

<i>Id.</i>	<i>Hallazgo</i>
RSU009	en tanto se realiza el traslado. Durante el periodo de Reparación, se observó que el personal del área de Fábrica utiliza los contenedores ubicados en los sitios de acopio como carretilla. Lo anterior reduce la vida útil de los contenedores y agudiza las condiciones poco higiénicas que presentan.

---

## ANEXO 3. FORMATOS

### Formato A3.1 Información general de la empresa

Nombre o razón social:

Nombre del representante legal:

Domicilio de la empresa:

Teléfono, fax:

Correo electrónico:

Registro Federal de

Contribuyentes:

Nombre y puesto del  
responsable de la aplicación del  
Plan de Manejo:

(Firma)

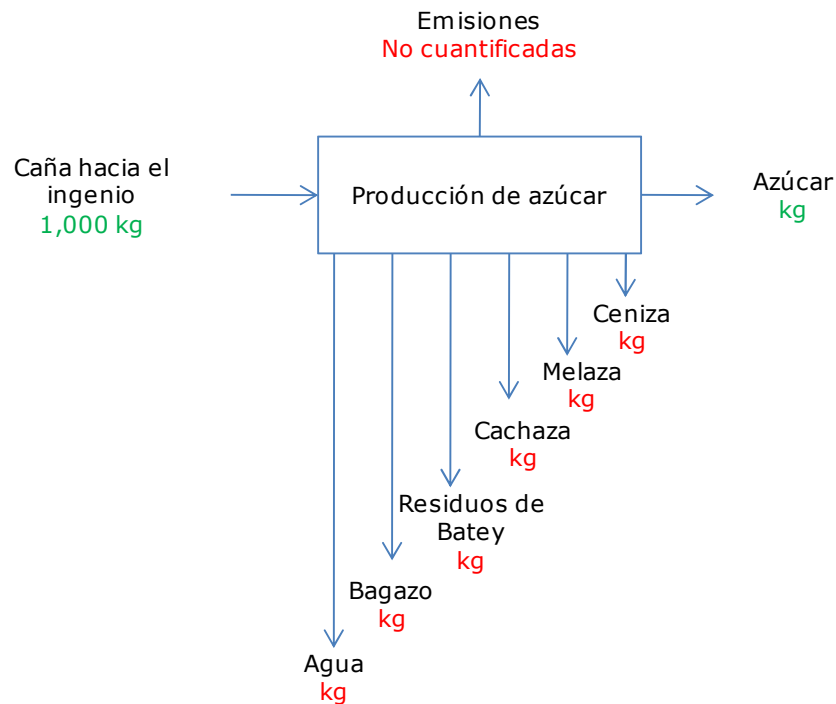
Nombre/ Puesto

Giro o actividad de la empresa: Industria manufacturera → Elaboración de azúcares

Clasificación SCIAN: Clase 311311. Elaboración de azúcar de caña

Domicilio para recibir  
notificaciones:

### Formato A3.2 Balance simplificado de materiales



Formato A3.3 Listado de residuos

REPARACIÓN	
Residuos de Manejo Especial	Residuos Sólidos Urbanos
<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Metal               <ol style="list-style-type: none"> <li>a. Láminas</li> <li>b. Rebaba                   <ol style="list-style-type: none"> <li>i. Bronce mezclada con acero</li> <li>ii. Acero</li> <li>iii. Aluminio</li> </ol> </li> <li>c. Chatarra</li> </ol> </li> <li>2. Vidrio               <ol style="list-style-type: none"> <li>a. Transparente</li> </ol> </li> <li>3. Papel               <ol style="list-style-type: none"> <li>a. Tipo kraft</li> <li>b. Papel de oficina</li> <li>c. Cartón</li> </ol> </li> <li>4. Plástico               <ol style="list-style-type: none"> <li>a. Tarimas</li> <li>b. Súper sacos (polipropileno)</li> <li>c. Tambores</li> </ol> </li> <li>5. Residuos de construcción y demolición               <ol style="list-style-type: none"> <li>a. Escombros</li> <li>b. Lana mineral</li> </ol> </li> <li>6. Llantas</li> <li>7. Residuos de proceso               <ol style="list-style-type: none"> <li>a. Azúcar</li> <li>b. Bagacillo mezclado con otros residuos</li> <li>c. Carbón activo</li> </ol> </li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Papel               <ol style="list-style-type: none"> <li>a. Cartón</li> <li>b. Papel de oficina</li> </ol> </li> <li>2. Residuo fino</li> <li>3. Fibras sintéticas</li> <li>4. Residuos de alimentos</li> <li>5. Hule</li> <li>6. Madera</li> <li>7. Material de construcción</li> <li>8. Metal               <ol style="list-style-type: none"> <li>a. Ferroso</li> <li>b. No ferroso</li> <li>c. Latas</li> <li>d. Latas de aluminio</li> <li>e. Escoria</li> </ol> </li> <li>9. Residuos sanitarios</li> <li>10. Plásticos               <ol style="list-style-type: none"> <li>a. PET (1)</li> <li>b. HDPE (2)</li> <li>c. PP (5)</li> </ol> </li> <li>11. Residuos de jardinería</li> <li>12. Vidrio               <ol style="list-style-type: none"> <li>a. Transparente</li> <li>b. Color</li> </ol> </li> <li>13. Residuos de manejo especial               <ol style="list-style-type: none"> <li>a. Residuos de construcción y demolición</li> </ol> </li> <li>14. Residuos peligrosos               <ol style="list-style-type: none"> <li>a. Trapo impregnado con aceites y grasas</li> <li>b. Colilla de soldadura</li> <li>c. RPBI</li> </ol> </li> </ol>

ZAFRA	
Residuos de Manejo Especial	Residuos Sólidos Urbanos
<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Residuos de proceso               <ol style="list-style-type: none"> <li>a. Residuos de batey</li> <li>b. Lodo - conductor caña</li> <li>c. Insumo</li> <li>d. Bagazo</li> <li>e. Bagacillo</li> <li>f. Cachaza</li> <li>g. Melaza</li> <li>h. Derrames de melaza</li> </ol> </li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Papel               <ol style="list-style-type: none"> <li>a. Cartón</li> <li>b. Papel de oficina</li> </ol> </li> <li>2. Residuo fino</li> <li>3. Fibras sintéticas</li> <li>4. Residuos de alimentos</li> <li>5. Hule</li> <li>6. Madera</li> <li>7. Material de construcción</li> </ol>

---



---

ZAFRA

---

Residuos de Manejo Especial	Residuos Sólidos Urbanos
i. Sólidos DSM	8. Metal
j. Ceniza - tolvas	a. Ferroso
k. Ceniza - calderas	b. No ferroso
l. Lodos de ceniza	c. Latas
2. Plásticos	d. Latas de aluminio
a. Súper sacos	e. Escoria
b. Tarimas	9. Residuos sanitarios
c. Contenedores de 200 L	10. Plásticos
d. Sacos de 50 kg	a. PET (1)
3. Metal	b. HDPE (2)
a. Chatarra	c. PP (5)
b. Láminas	11. Residuos de jardinería
c. Contenedores 200 L	12. Vidrio
d. Rebaba	a. Transparente
4. Madera	b. Color
a. Tarimas	13. Residuos de manejo especial
5. Residuos municipales	a. Residuos de construcción y demolición
a. Lodo - PTAR sanitaria	14. Residuos peligrosos
b. Lodo - PTAR	a. Trapo impregnado con aceites y grasas
6. Llantas	b. Colilla de soldadura
7. Residuos de jardinería	c. RPBI
8. Carbón activo	

---

*Formato A3.4 Ficha de registro de sitios de almacenamiento*

<i>Área:</i>	(Nombre)
<i>Características:</i>	Área: (m <sup>2</sup> ) Almacenamiento (exterior, interior) Responsable:
<i>Condiciones del sitio:</i>	Delimitación perimetral: (Tipo) Restricción de ingreso: (Tipo) Piso: (Tipo) Techado:
<i>Residuos almacenados:</i>	Autorizados: No autorizados:
<i>Observaciones:</i>	

---

---

## ANEXO 4. ANÁLISIS COSTO-BENEFICIO

El análisis costo-beneficio es un procedimiento para comparar posibles decisiones alternas de inversión o acción, con base en los beneficios netos que se pueden obtener (Gilpin, 2003). En este caso, proporciona una comparativa entre el costo actual del sistema de manejo y el costo una vez implementado el plan de manejo. Así mismo, proporciona una estimación de la inversión requerida para el arranque y operación de un proyecto. Incluye los estudios listados en la Tabla A4.1: (Hernández Hernández, 2005):

*Tabla A4.1 Componentes del análisis costo - beneficio*

<i>No</i>	<i>Estudio</i>	<i>Descripción</i>
1	Estudio de mercado	Es un método para conocer la demanda de cierto bien o servicio. La oferta está conformada por los residuos generados en el IALM.
2	Estudio técnico	Es un método para verificar la posibilidad técnica de llevar a cabo el proyecto, el plan de manejo.
3	Estudio económico	Es un método para determinar la cantidad de recursos económicos necesarios para que el plan de manejo se ejecute.
4	Análisis financiero	Es un proceso de selección, relación y evaluación a través del cual se determinan los beneficios o pérdidas económicas. Es decir, es un indicador de la factibilidad del plan de manejo.

Lo anterior nos permite obtener una evaluación del proyecto a un nivel de prefactibilidad, siempre y cuando esté sustentado con información confiable y precisa que permita incorporar una cuantificación en términos monetarios de los beneficios, incluyendo el pago por servicios ambientales o por dejar de contaminar, y costos en forma detallada (SHCP, 2008).

### *1. Estudio de mercado*

#### *a) Producto en el mercado*

Los residuos generados, clasificados (cada corriente de RME, RSU) indicando su destino. El destino puede ser:

- Reutilización *in situ*
- Disponibles para su venta en el mercado
- Disposición final

#### *b) Área de mercado*

Vincula la oferta de un bien, los residuos, los posibles clientes y servicios con base en el área geográfica en la que se ubica la unidad productiva. Por ejemplo, sitios de disposición final, servicios manejo de residuos, terceros que puedan utilizar el residuo como insumo, entre otros.

---

c) *Comportamiento de la demanda*

i. *Situación actual*

Consiste en un diagnóstico de la situación actual, incluyendo la problemática que se pretende resolver. Además incluye una descripción de la situación actual optimizada, indicando las medidas de mejor a lo largo del horizonte de evaluación.

d) *Estimación de la demanda*

Presenta una estimación de la oferta, en este caso consistente con la proyección de la generación de residuos. El periodo de tiempo considerado es el horizonte del plan de manejo.

Su cálculo requiere información sobre:

- Tasa de generación de cada componente de las corrientes de residuos
- Tasa de generación global
- Cantidad de residuos reutilizados *in situ*
- Cantidad de residuos enviados a disposición final
- Cantidad de residuos valorizados (vendidos a terceros)

2. *Estudio técnico-operativo*

Contiene una descripción de los aspectos más relevantes de la evaluación técnica del proyecto, es decir, las estrategias de gestión propuestas en el plan de manejo. considera el tamaño de la unidad productiva, tipo y localización (parámetros fijos por la naturaleza del proyecto); equipo, instalaciones y estructura organizacional requerida para el plan de manejo.

3. *Estudio económico*

El cálculo del monto que representan las inversiones se da por: Adicionalmente, en la situación actual se deberá incluir una descripción del estado de los bienes y equipos de la dependencia o entidad que serán sustituidos, señalando su cantidad, antigüedad y estado actual.

a) *Inversiones fijas*

Costos de bienes durables. Está conformada por los siguientes costos (Tabla A4.2):

i. *Terreno*

Si el plan de manejo se realizará dentro de las instalaciones, no es necesario considerarlo. En todo caso, consiste en el costo por m<sup>2</sup> del terreno requerido.



*b) Obra civil*

Debe incluir una descripción del estado de los bienes señalando su cantidad, antigüedad y estado actual.

*c) Maquinaria y equipo*

Deberá incluir una descripción del estado del equipo requerido para el manejo, indicando aquellos que se propone sustituir conforme a la propuesta del plan de manejo; señalando su cantidad, antigüedad y estado actual

*d) Equipo de oficina*

*Tabla A4.2 Inversiones fijas (miles de pesos)*

<i>Concepto</i>	<i>Unidad</i>	<i>Cantidad</i>	<i>Precio Unitario</i>	<i>Total</i>
<i>Inversiones fijas</i>				<u><i>0.00</i></u>
<i>Terreno</i>				
<i>Obra civil</i>				<u><i>0.00</i></u>
Área de residuos de batey	m <sup>2</sup>			
Área de ceniza de calderas	m <sup>2</sup>			
Área de recepción del bagazo	m <sup>2</sup>			
Área de disposición de lodos de ceniza de LG	m <sup>2</sup>			
Área de partículas desviadas del LG	m <sup>2</sup>			
Área de recepción de cachaza	m <sup>2</sup>			
Área de recepción de bagacillo	m <sup>2</sup>			
Área de melaza	m <sup>2</sup>			
Área de disposición de lodos	m <sup>2</sup>			
Área de disposición de lodos decantador LG	m <sup>2</sup>			
Área de disposición de cachaza a compostaje	m <sup>2</sup>			
Área de disposición de RSU	m <sup>2</sup>			
<i>Herramientas</i>				<u><i>0.00</i></u>
Carretilla	Pza.	10		
Pala	Pza.	20		
Furgón metálico de carga frontal	Pza.	9		
Bolsas de plástico	Lote	1		
Contenedor provisional de 1.5 m <sup>3</sup>	Pza.	1		
Contenedor marca OTTO de 120 L	Pza.	15		
Contenedor marca OTTO de 260 L	Pza.	15		
<i>Maquinaria y equipo</i>				<u><i>0.00</i></u>
Apilador de caña frontal (CAMECO)	Pza.	2		
Camión cargador de 16 ton de capacidad	Pza.	1		
Bobcat CASE 445	Pza.	1		
Trascabo de 1,700 kg de capacidad	Pza.	3		
Banda transportadora metálica	Pza.	1		
Tolva de alimentación de banda de 36 ton de capacidad	Pza.	1		
Trascabo CASE 921C de 1,200 kg de capacidad con cucharón incluido	Pza..	1		

<i>Concepto</i>	<i>Unidad</i>	<i>Cantidad</i>	<i>Precio</i>	<i>Total</i>
Camión de volteo de 6 m <sup>3</sup> de capacidad	Pza.	5		
Camión de volteo de 14 m <sup>3</sup> de capacidad	Pza.	2		
Ventilador de bagacillo	Pza.	2		
Compuerta manual	Pza.	10		
Compuerta automática	Pza.	8		
Ducto de carga manual para pipas	Pza.	1		
Tractor con reductor de velocidad	Pza.	1		
Tractor con velocidad máxima de 200 m/h	Pza.	2		
Composteadora con capacidad de manejo de 100 ton aproximadamente	Pza.	1		
<i>Equipo de oficina</i>				<u>0.00</u>
Equipo de cómputo de escritorio	Lote	1		
Equipo de impresión y fotocopiado	Lote	1		
Radios de comunicación interna	Lote	1		
Mobiliario equipo para oficina	Lote	1		
Mobiliario y equipo servicios médicos	Lote	1		

*i. Inversiones diferidas*

Costos de bienes no tangibles tales como licencias y permisos. En caso de no contar con esta la información, se estima entre 1.5 y 2.5% del total de las inversiones fijas (Tabla A4.3).

*Tabla A4.3 Inversiones diferidas (miles de pesos)*

<i>Concepto</i>	<i>Cantidad</i>	<i>Precio Unitario</i>	<i>Total</i>
<i>Inversiones diferidas</i>			<u>0.00</u>
<i>Licencias y permisos</i>			
Documentación y asuntos administrativos	1		<i>(2.5% sobre las inversiones fijas)</i>
<i>Imprevistos</i>			
Permiso de uso de suelo, etc.	1		<i>(1.5% sobre las inversiones fijas)</i>

*ii. Capital de trabajo*

- *Mano de obra de obra (Tabla A4.4) directa* (relacionada directamente al proceso productivo) e *indirecta* (trabajadores administrativos). Considera los turnos de trabajo, el tiempo de la jornada laboral y salarios (de acuerdo a los establecidos por la Comisión Nacional de Salarios Mínimos de la Secretaría del Trabajo).

Tabla A4.4 Mano de obra directa e indirecta (miles de pesos)

<i>Personal</i>	<i>Turnos/día*</i>	<i>Cantidad</i>	<i>Salario Unitario</i>	<i>Salario Mensual</i>	<i>Total Anual</i>
<i>Directa</i>					
Chófer general	2	5	-	-	
Operado general	2				
Operador de maquinaria	2	1	5,000.00	10.00	
Peones	2	2	3,500.00	14.00	
Encargado de calderas	2	254	3,500.00	1,778.00	
Coordinador de composta	2	257	<u>12,000.00</u>	<u>1,802.00</u>	
Coordinador de cachaza y compostaje	2		-	-	
Personal de refinería	2				
<i>Suma</i>			-	-	
<i>Subtotal</i>					
2% sobre nómina					
2.5 IMSS					
5% INFONAVIT					
Total (incluye impuestos, IMSS, Infonavit)			-		
<i>Indirecta</i>			-	<u>12.70</u>	
Jefe administrativo	1	1	5,000.00	5.00	
Secretaria	1	1	3,700.00	3.70	
Vigilante	2	1	2,000.00	4.00	
<i>Suma</i>			-	-	
<i>Subtotal</i>					
2% sobre nómina					
2.5 IMSS					
5% INFONAVIT					
<i>Total</i>				<u>13.91</u>	<u>166.878</u>

\* Turno completo (8 hrs)

- *Materias primas.* Los residuos generados. Su costo estará dado, entonces, por los gastos que implica su manejo.
- *Insumos (Tabla A4.5).* Materias complementarias para el acondicionamiento o transformación de los residuos. También se consideran los costos de los servicios (luz, gas, agua, teléfono) y materiales que no se emplean directamente en el proceso productivo (aditivos, gas, gasolina, lubricantes, material de limpieza, papelería).

- *Otros:* Los no considerados en los apartados anteriores (capacitación, uniformes, mantenimiento del equipo, seguro de vida, etc.)

*Tabla A4.5 Insumos*

<i>Concepto</i>	<i>Unidad</i>	<i>Cantidad (anual)</i>	<i>Precio Unitario (\$)</i>	<i>Total (miles de \$)</i>
<i>Insumos</i>	-			
Combustible				
Teléfono				
Consumo de agua				
Papelería y artículos de limpieza				
<i>Otros</i>				
Uniformes				
Capacitación				
Mantenimiento de instalaciones				
Seguro de vida				

Así se obtiene el monto total de inversión para el plan de manejo (PM) y se puede conformar la Tabla A4.6

*Tabla A4.6 Inversión inicial (miles de pesos)*

<i>Concepto</i>	<i>Importe</i>
<i>Inversiones totales</i>	
<i>Inversiones fijas</i>	
Terreno	
Obra civil	
Maquinaria y equipo	
Equipo de oficina	
<i>Inversiones diferidas</i>	
Licencias y permisos	
Imprevistos	
<i>Capital de trabajo</i>	
M.O. Directa	
M.O. Indirecta	
Insumos	
Otros	

Con base en las tablas A4.2 - A4.5

a) *Calendario de inversión*

Se detalla de manera anual para el horizonte del PM, identificando los componentes del proyecto o sus principales rubros (Tabla A4.7).

*Tabla A4.7 Calendario de inversiones*

<i>Concepto</i>	<i>Vida útil (años)</i>	<i>Cantidad</i>	<i>Mes 1</i>	<i>Mes 2</i>	<i>Mes 3</i>	<i>Mes 4</i>	<i>Mes 5</i>	<i>Mes 6</i>	<i>Mes 7</i>	<i>Mes 8</i>	<i>Mes 9</i>	<i>Mes 10</i>	<i>Mes 11</i>	<i>Mes 12</i>	<i>Total año 1</i>
<i>Inversiones Totales</i>															
<i>Terreno</i>	-	-													
<i>Obra Civil</i>		<i>m<sup>2</sup></i>													
Área de ceniza de calderas	20	0													
Área de recepción del bagazo	20	0													
Área de disposición de lodos de ceniza de LG	20	0													
Área de partículas desviadas del LG	20	0													
Área de recepción de cachaza	20	0													
Área de melaza															
Área de carbón granular activado	20	0.00													
Área de disposición de lodos	20	0.00													
<i>Maquinaria y equipo</i>		<i>Pza.</i>													
Carretilla															
Pala	10	20													
Furgón metálico de carga frontal	10	9													
Bolsas de plástico	10	1													
Contenedor provisional de 1.5 m <sup>3</sup>	10	1													
<i>Equipo de oficina</i>		<i>Pza.</i>													
Equipo de cómputo	5	1													
Equipo de impresión y fotocopiado	5	1													
Radios de comunicación interna	5	6													
Mobiliario equipo para oficina	5	1													
Mobiliario y equipo servicios médicos	10	1													

- *Depreciación y amortización*

Las *depreciaciones* son los costo por el desgaste la maquinaria y equipo, considerando la vida útil. Las *amortizaciones* son los costos por concepto de renovación de licencias y permisos de forma anual.

#### 4. Análisis financiero

##### a) Presupuesto

Ingresos:

- Presupuesto que la empresa destina a la gestión de los residuos.
- Ingresos por venta de residuos valorizables.
- Ahorro debido a la implementación del plan de manejo.

Egresos:

- Insumos, materias primas y mano de obra directa con relación al manejo de residuos.

Es de esperarse que el resultante consista en fuertes inversiones sobre infraestructura y maquinaria y bajos ingresos o ahorros.

##### b) Estado de resultados

Utilidad neta dada por ingresos, egresos, costos de operación e impuestos (Tabla A4.7).

##### c) Criterios de evaluación

Los cuatro criterios más importantes para una evaluación simple de proyecto de inversión se listan en la Tabla A4.8.

*Tabla A4.8 Criterios de evaluación simple*

<i>Método Simple</i>	<i>Fórmula</i>	<i>Interpretación</i>
Tasa promedio de rentabilidad	$TPR = \frac{UNP}{IP}$	Indica si la tasa de ganancias o de rentabilidad del proyecto es positiva o negativa.
Rentabilidad sobre la inversión	$RSI = \frac{UNDE}{IT}$	Indica la eficiencia o viabilidad del proyecto. Parte de un punto de comparación (tasa promedio del mercado), si el proyecto reporta una rentabilidad mayor a éste, entonces se acepta. De lo contrario se deberá replantear el diseño y los costos del proyecto.
Rentabilidad sobre activo fijo	$RAF = \frac{UNDE}{AF}$	Indica el valor de los activos fijos desde el inicio de proyecto. Indica el valor de las depreciaciones.

Método Simple	Fórmula	Interpretación
Periodo de recuperación de la inversión	$PRI = N - 1 + \left[ \frac{FA_{n-1}}{F_n} \right]$	Indica el tiempo necesario para que los beneficios netos del proyecto amorticen el capital vendido, es decir, el tiempo que tardará en recuperarse las inversiones iniciales de acuerdo con el monto de las ganancias estimadas del proyecto.

En caso de que los criterios anteriores arrojen resultado negativos, es preciso revisar los cálculos previos. Estos criterios sirven como parámetro para la toma de decisiones al momento de estructurar las áreas, determinar la cantidad de maquinaria y equipo a adquirir y la variedad de costos unitarios que hay en el mercado.

Si aún después de reducir costos de inversión se obtienen resultados negativos, es posible plantear la reestructura del diseño de turnos, posibilidad de sustitución de mano de obra por maquinaria o a la inversa, según convenga. Es posible así se puedan obtener resultados positivos. No hay que perder de vista que este tipo de inversiones proporciona pocas o nulas ganancias por lo que deben diversificarse las fuentes de recursos (apoyos gubernamentales).

Por su parte, los criterios de evaluación compleja proporcionan mayor certeza sobre el análisis. En la Tabla A4.9 se listan los criterios utilizados para este efecto.

Tabla A4.9 Criterios de evaluación compleja

Método Complejo	Fórmula	Interpretación
Valor actual	$VA = \frac{F_1}{(1+K)^1} + \frac{F_2}{(1+K)^2} + \dots + \frac{F_n}{(1+K)^n}$	Mide el valor del dinero futuro.
Valor actual neto	$VA = \left[ \frac{F_1}{(1+K)^1} + \frac{F_2}{(1+K)^2} + \dots + \frac{F_n}{(1+K)^n} \right] - IT$	Mide la rentabilidad deseada después de recuperar toda la inversión. Si el resultado es <u>mayor a cero</u> , mostrará cuánto se gana con el proyecto, después de la recuperación. Si el resultado es <u>negativo</u> , muestra el monto que falta para ganar la tasa que se desea obtener después de recuperar la inversión. Si el resultado de este ejercicio es mayor a cero, entonces el proyecto es aceptable.
Relación costo-beneficio	$RBC = \frac{VA}{I_0}$	Mide si el proyecto registra ganancias o pérdidas. Es un criterio decisivo pues con él podemos darnos una idea inmediata de las ganancias o beneficios que tendrá el proyecto.

Las fórmulas para el cálculo de los indicadores de rentabilidad a que se hace referencia son:

Rentabilidad Sobre Inversión (RSI)

$$RSI = \frac{UNDE}{IT}$$

Donde:

UNDE: Utilidad del ejercicio  
IT: Inversión total

Ec. A4.1

Rentabilidad Sobre el Activo Fijo (RAF)

$$RAF = \frac{UNDE}{AF}$$

Donde:

AF: Activo fijo

Ec. A4.2

---

*Periodo de recuperación de la Inversión (PRI)*

$$PRI = N - 1 + \left[ \frac{FA_{n-1}}{F_n} \right]$$

Donde:

N: Año en que el flujo de efectivo acumulado cambia de signo

FA<sub>n-1</sub>: Flujo neto de efectivo acumulado en el año n-1

Ec. A4.3

---

*Valor Actual (VA) o Valor Presente (VP)*

$$VA = \frac{F_1}{(1+K)^1} + \frac{F_2}{(1+K)^2} + \dots + \frac{F_n}{(1+K)^n}$$

Donde:

F: Flujo de efectivo

K: costo de capital

Ec. A4.4

---

*Valor Actual Neto (VAN)*

$$VA = \left[ \frac{F_1}{(1+K)^1} + \frac{F_2}{(1+K)^2} + \dots + \frac{F_n}{(1+K)^n} \right] - I_0$$

Donde:

F: Flujo de efectivo

K: costo de capital

I<sub>0</sub>: Inversión inicial

Ec. A4.5

---

*Relación Costo-Beneficio (RCB)*

$$RBC = \frac{VA}{I_0}$$

Donde:

I<sub>0</sub>: Inversión inicial

Ec. A4.6



---

ANEXO 5. ANEXO FOTOGRÁFICO



*Fotografía A5.1 Vista del IALM*



*Fotografía A5.2 Detalle - lodo debajo del conductor principal de caña*



*Fotografía A5.3 Ceniza proveniente de caldera - Patio de ceniza*



*Fotografía A5.4 Melaza (derrame)*



*Fotografía A5.5 Residuos de batey - Patio de batey*



*Fotografía A5.6 Bagazo enviado a calderas*



*Fotografía A5.7 Cachaza - vista de filtros*



*Fotografía A5.8 RSU generados durante un día en el ingenio*



*Fotografía A5.9 Composición de una muestra de RSU*



*Fotografía A5.10 Patio de chatarra, otros residuos*



*Fotografía A5.11 Patio de bagazo, cargador frontal*



*Fotografía A5.12 Tanque de almacenamiento de melaza*



*Fotografía A5.13 Almacén de piezas y refacciones*



*Fotografía A5.14 Bagacillo - contención de derrames*



*Fotografía A5.15 Campo de composta*



*Fotografía A5.16 Área de disposición final, "El triángulo"*



*Fotografía A5.17 Contenedores de RSU*



*Fotografía A5.18 Hallazgo - Chatarra contaminada*



*Fotografía A5.19 Hallazgo - Descarga de melaza al drenaje*



*Fotografía A5.20 Hallazgo - Falta de limpieza en áreas comunes*



*Fotografía A5.21 Hallazgo - Falta de control sobre subcontratistas*



*Fotografía A5.22 Hallazgo - Falta de limpieza contenedores RSU*



*Fotografía A5.23 Bagacillo destinado a ventiladores para cachaza*



*Fotografía A5.24 Derrame de decantador de lodos de ceniza*

## ANEXO 6. PLAN DE MANEJO - INFORMACIÓN COMPLEMENTARIA

En el presente anexo se incluye información complementaria a lo descrito en el Capítulo 5, apartado 5.1. El orden es el mismo utilizado en el cuerpo del trabajo.

### 6.1 Información general

#### 6.1.1 Insumos de proceso

Tabla A6.1 Insumos directos

Nombre del insumo		Forma de almacenamiento
Comercial	Químico	
Ácido fosfórico	Ácido Ortofosfórico	Tanque metálico
Alcohol etílico 96 grados	Etanol	Contenedor plástico
Biocida DT EQ-501	N/A	Contenedor plástico
Carbón granular	N/A	Bolsa de papel
Carbonato de Sodio	Carbonato de Sodio	Bolsa de papel
Clarifloc EQ. 550	N/A	Contenedor plástico
Decolorante EQ-561	N/A	Contenedor plástico
Envase de polipropileno laminado de 5 x 106 cm	N/A	Empacado bajo techo
Óxido de Calcio	Óxido de Calcio	Granel en silo metálico
Polifloc Z-3	N/A	Contenedor plástico
Sosa Caústica al 50%	Hidróxido de Sodio	Tanque metálico
Tensoactivo EQ. 540	N/A	Contenedor plástico
Súper saco	N/A	Empacado bajo techo

Tabla A6.2 Insumos indirectos

Nombre del insumo		Forma de almacenamiento
Comercial	Químico	
Aceite Dylon Sugar Glide	N/A	Contenedor metálico
Aceite Esself 330	N/A	Contenedor metálico
Aceite Linaza	N/A	Contenedor metálico
Aceite Mobil DTE - 26	N/A	Contenedor metálico
Aceite Mobil DTE Ligth	N/A	Contenedor metálico
Aceite Mobil Gear 632	N/A	Contenedor metálico
Aceite Mobil Gear 634	N/A	Contenedor metálico
Aceite Mobil Heavy Medium	N/A	Contenedor metálico
Anti Espumante EQ-650	N/A	Contenedor plástico
Biocida EQ -509	N/A	Contenedor plástico
Biredox EQ-601	N/A	Contenedor plástico
Diesel	Hidrocarburo ligero	Contenedor metálico
Disperan EQ. 620	N/A	Contenedor plástico
Disperan EQ. 624	N/A	Contenedor plástico
Fosfato EQ-610	N/A	Contenedor plástico
Gasolina	Hidrocarburo ligero	Contenedor metálico
Grasa Dylon GR-424-1	N/A	Contenedor metálico
Grasa Mobilux EP 2	N/A	Contenedor metálico
Grasa Multiform Gua 500	N/A	Contenedor metálico
Grasa SKF AT-3	N/A	Contenedor metálico
Sal lavada en grano	Cloruro de Sodio	Saco de Polipropileno
Sosa en escamas	Hidróxido de Sodio	Bolsa de papel

Nombre del insumo		Forma de almacenamiento
Comercial	Químico	
Sulfato de Aluminio	Sulfato de Aluminio	Saco de Polipropileno

#### 6.1.4. Programa para la prevención y gestión integral de los residuos

##### 6.1.4.4 Estrategias de gestión

#### 1. PREVENCIÓN DE DESPERDICIO DE RECURSOS DESDE LA FUENTE

La estrategia considerará las acciones propuestas en la Tabla A6.3.

Tabla A6.3 Acciones para prevención de desperdicio de recursos desde la fuente

<i>Actividad No. 1.1</i>	<i>Retiro de residuos no autorizados del Patio de chatarra.</i>
<i>Tipo</i>	Acción correctiva
<i>Área responsable</i>	Almacén General
<i>Participantes</i>	Ecología Servicios Generales
<i>Recursos financieros</i>	Pago por disposición final de residuos retirados.
<i>Recursos institucionales</i>	Personal y maquinaria para limpieza del sitio.
<i>Plazo estimado</i>	20 días
<i>Indicador</i>	Evaluación de limpieza en área, cantidad de residuos no autorizados depositados.
<i>Descripción</i>	Retiro de residuos ajenos al Patio de chatarra y limpieza del sitio. Se requiere evaluación sobre material almacenado que ya no sea recuperable, para su retiro.
<i>Posibles obstáculos</i>	Alternativas para disposición final de residuos retirados.
<i>Beneficios</i>	Evitar contaminación de residuos valorizables, eliminar foco de contaminación.
<i>Referencia</i>	1.2
<i>Actividad No. 1.2</i>	<i>Rehabilitación del Patio de chatarra.</i>
<i>Tipo</i>	Acción correctiva
<i>Área responsable</i>	Almacén General
<i>Participantes</i>	Ecología Servicios Generales Corporativo - Compradores de chatarra.
<i>Recursos financieros</i>	Material para mantenimiento de piso, repintado de líneas divisoras, instalación de cercado perimetral, en su caso.
<i>Recursos institucionales</i>	Personal y maquinaria para mantenimiento del sitio.
<i>Plazo estimado</i>	20 días
<i>Indicador</i>	Evaluación de limpieza en área. Proporción: superficie total, superficie disponible para almacenamiento de residuos.
<i>Descripción</i>	Retiro de maleza, lodo y tierra acumulada. Reparación del piso y repintado de división perimetral. Se requiere despejar el área, en la medida de lo posible, de material almacenado que impida la operación.
<i>Posibles obstáculos</i>	Presencia de material reciclable en cantidades que impidan la operación.
<i>Beneficios</i>	Evitar contaminación y almacenamiento deficiente de residuos valorizables.
<i>Referencia</i>	1.1, 2.1

<i>Actividad No. 1.3</i>	<i>Acondicionamiento de sitio para almacenar papel y cartón</i>
<i>Tipo</i>	Acción preventiva
<i>Área responsable</i>	Ecología
<i>Participantes</i>	-
<i>Recursos financieros</i>	Presupuesto para contenedor que impida la entrada de agua o lona para acondicionar alguno de los contenedores existentes.
<i>Recursos institucionales</i>	En su caso, personal para reubicar el papel.
<i>Plazo estimado</i>	5 días
<i>Indicador</i>	Papel y cartón en condiciones de humedad aceptables al momento de entrega para reciclaje.
<i>Descripción</i>	Definir y acondicionar un nuevo sitio o contenedor para almacenamiento de papel y cartón, fuera del Almacén temporal de residuos peligrosos.
<i>Posibles obstáculos</i>	-
<i>Beneficios</i>	Evitar la generación de nuevos residuos por contaminación.
<i>Referencia</i>	1.8

<i>Actividad No. 1.4</i>	<i>Fortalecimiento de programas de mantenimiento preventivo y correctivo</i>
<i>Tipo</i>	Proyecto
<i>Área responsable</i>	Mantenimiento
<i>Participantes</i>	Áreas de fábrica Gerencia de Fábrica
<i>Recursos financieros</i>	Presupuesto para inventario de reposición de piezas y equipo.
<i>Recursos institucionales</i>	-
<i>Plazo estimado</i>	Implementación permanente
<i>Indicador</i>	Registro de derrames
<i>Descripción</i>	Elaborar programa de mantenimiento preventivo en conjunto con áreas de fábrica. En la elaboración del programa, dar prioridad a equipo susceptible de derramar mieles, aceites u otro material. Evaluar obsolescencia de equipo y programar remplazo. Evaluar suficiencia de personal asignado a Mantenimiento. Crear registro de derrames y establecer rutina de supervisión de fugas.
<i>Posibles obstáculos</i>	Insuficiencia de presupuesto
<i>Beneficios</i>	Minimizar generación de residuos.
<i>Referencia</i>	-

<i>Actividad No. 1.5</i>	<i>Esquema de manejo de residuos de carbón activado</i>
<i>Tipo</i>	Acción preventiva
<i>Área responsable</i>	Refinación Ecología
<i>Participantes</i>	Por definirse
<i>Recursos financieros</i>	Pago por disposición final
<i>Recursos institucionales</i>	Personal para manejo de material, contenedor
<i>Plazo estimado</i>	6 meses
<i>Indicador</i>	Tasa de generación de carbón activado. Cantidad de residuo enviado a disposición final.
<i>Descripción</i>	Crear registro sobre periodicidad y cantidad de carbón activado desechado. Definir sitio de almacenamiento temporal, cumpliendo las especificaciones de la hoja de seguridad del producto. Seleccionar alternativas de disposición final: devolución al proveedor o disposición final en relleno sanitario.
<i>Posibles obstáculos</i>	-
<i>Beneficios</i>	Definir el ciclo de manejo completo. Evitar contaminación de otras corrientes de residuos, debida a mezcla.
<i>Referencia</i>	1.6, 5.2

<i>Actividad No. 1.6</i>	<i>Acondicionamiento de Almacén Temporal de RME</i>
<i>Tipo</i>	Proyecto
<i>Área responsable</i>	Ecología
<i>Participantes</i>	-
<i>Recursos financieros</i>	Presupuesto para material y mano de obra.
<i>Recursos institucionales</i>	Personal para obras en almacén.
<i>Plazo estimado</i>	6 meses
<i>Indicador</i>	Obra concluida.
<i>Descripción</i>	Instalar techado en, al menos, un área parcial del Almacén Temporal de RME.
<i>Posibles obstáculos</i>	Insuficiencia presupuestal
<i>Beneficios</i>	Evitar degradación de material almacenado.
<i>Referencia</i>	-

<i>Actividad No. 1.7</i>	<i>Control sobre dispersión de bagacillo</i>
<i>Tipo</i>	Acción correctiva
<i>Área responsable</i>	Calderas
<i>Participantes</i>	Ecología
<i>Recursos financieros</i>	Presupuesto para material y mano de obra.
<i>Recursos institucionales</i>	Personal para instalación de material.
<i>Plazo estimado</i>	20 días
<i>Indicador</i>	Control implementado en sitio
<i>Descripción</i>	Instalar conductor de lona, u otro material, al final del conductor principal de bagazo. Prever requerimientos de mantenimiento y posibles problemas técnicos durante la operación.
<i>Posibles obstáculos</i>	Modificación de método de operación en Patio de Bagazo.
<i>Beneficios</i>	Minimizar riesgos sobre la salud de los trabajadores.
<i>Referencia</i>	-

<i>Actividad No. 1.8</i>	<i>Evaluación de condiciones de Patio de Bagazo</i>
<i>Tipo</i>	Proyecto
<i>Área responsable</i>	Calderas
<i>Participantes</i>	Ecología
<i>Recursos financieros</i>	En su caso, presupuesto para material y mano de obra.
<i>Recursos institucionales</i>	En su caso, personal para reacondicionamiento.
<i>Plazo estimado</i>	20 días
<i>Indicador</i>	Evaluación de condiciones de patio de bagazo
<i>Descripción</i>	Evaluar las condiciones del piso del Patio de bagazo, previendo la dispersión del material; considerar pendiente, estado del piso, grado de compactación, entre otros. Definir sitio de almacenamiento de material durante el periodo de Reparación.
<i>Posibles obstáculos</i>	-
<i>Beneficios</i>	Minimizar pérdidas de material valorizable.
<i>Referencia</i>	-

<i>Actividad No. 1.9</i>	<i>Monitoreo de composición de lodos de ceniza</i>
<i>Tipo</i>	Proyecto
<i>Área responsable</i>	Control de calidad
<i>Participantes</i>	Ecología Tratamiento de aguas
<i>Recursos financieros</i>	-



<i>Actividad No. 1.9</i>	<i>Monitoreo de composición de lodos de ceniza</i>
<i>Recursos institucionales</i>	Personal y equipo para muestreo y análisis de lodos de ceniza.
<i>Plazo estimado</i>	Implementación permanente
<i>Indicador</i>	Registro de composición de lodo de ceniza.
<i>Descripción</i>	Realizar monitoreo periódico (e.g. mensual) de la composición del lodo de ceniza. En caso de detectar compuestos que rebasen los límites establecidos en NOM-052-SEMARNAT-2005, verificar condiciones de operación y manejar como residuo peligros.
<i>Posibles obstáculos</i>	-
<i>Beneficios</i>	Minimizar riesgos por manejo inadecuado de residuos.
<i>Referencia</i>	-

<i>Actividad No. 1.10</i>	<i>Control para evitar derrames durante despacho de melaza a pequeños ganaderos</i>
<i>Tipo</i>	Acción correctiva
<i>Área responsable</i>	Control de calidad
<i>Participantes</i>	-
<i>Recursos financieros</i>	Presupuesto para equipo
<i>Recursos institucionales</i>	Personal para instalación
<i>Plazo estimado</i>	10 días
<i>Indicador</i>	Control instalado
<i>Descripción</i>	Instalar válvula de paso, con candado para apertura, en manguera despachadora de melaza a pequeños ganaderos.
<i>Posibles obstáculos</i>	-
<i>Beneficios</i>	Maximizar valorización de melaza. Evitar contaminación de suelo.
<i>Referencia</i>	-

<i>Actividad No. 1.11</i>	<i>Emisión de políticas para valorización de subproductos</i>
<i>Tipo</i>	Acción preventiva
<i>Área responsable</i>	Gerencia general
<i>Participantes</i>	Corporativo
<i>Recursos financieros</i>	-
<i>Recursos institucionales</i>	-
<i>Plazo estimado</i>	3 meses
<i>Indicador</i>	Políticas publicadas
<i>Descripción</i>	Generar políticas referentes a la valorización de subproductos. En el caso de venta a terceros, adoptar enfoque de servicio al cliente. Implementar políticas.
<i>Posibles obstáculos</i>	Falta de seguimiento.
<i>Beneficios</i>	Maximizar valorización de subproductos.
<i>Referencia</i>	-

<i>Actividad No. 1.12</i>	<i>Automatización de apertura de compuertas para suministro de bagacillo</i>
<i>Tipo</i>	Acción preventiva
<i>Área responsable</i>	Instrumentación
<i>Participantes</i>	-
<i>Recursos financieros</i>	Presupuesto para equipo.
<i>Recursos institucionales</i>	-
<i>Plazo estimado</i>	2 meses
<i>Indicador</i>	Control instalado
<i>Descripción</i>	Automatizar la apertura de todas las compuertas para suministro de bagazo a los filtros de cachaza. Entregar control a Elaboración Crudo.

<i>Actividad No. 1.12</i>	<i>Automatización de apertura de compuertas para suministro de bagacillo</i>
<i>Posibles obstáculos</i>	-
<i>Beneficios</i>	Optimizar proceso de producción de cachaza.
<i>Referencia</i>	-
<i>Actividad No. 1.13</i>	<i>Sustitución de ventiladores para suministro de bagacillo</i>
<i>Tipo</i>	Acción preventiva
<i>Área responsable</i>	Mantenimiento
<i>Participantes</i>	-
<i>Recursos financieros</i>	Presupuesto para equipo.
<i>Recursos institucionales</i>	-
<i>Plazo estimado</i>	1 mes
<i>Indicador</i>	Equipo instalado. Frecuencia de falla en suministro.
<i>Descripción</i>	Analizar tipo de equipo requerido. Sustituir ventiladores para suministro de bagazo.
<i>Posibles obstáculos</i>	Insuficiencia presupuestal
<i>Beneficios</i>	Optimizar proceso de producción de cachaza.
<i>Referencia</i>	1.12, 1.4
<i>Actividad No. 1.14</i>	<i>Evaluación de funcionalidad de bombas de despacho de mieles a pequeños ganaderos</i>
<i>Tipo</i>	Acción correctiva
<i>Área responsable</i>	Mantenimiento
<i>Participantes</i>	-
<i>Recursos financieros</i>	En su caso, presupuesto para equipo.
<i>Recursos institucionales</i>	-
<i>Plazo estimado</i>	1 mes
<i>Indicador</i>	Cantidad de melaza derramada en bombas.
<i>Descripción</i>	Evaluar funcionalidad de bomba. Sustituir o reparar.
<i>Posibles obstáculos</i>	Insuficiencia presupuestal
<i>Beneficios</i>	Minimizar desperdicio de subproducto valorizable.
<i>Referencia</i>	1.4
<i>Actividad No. 1.15</i>	<i>Rehabilitación de área de almacenamiento de Residuos de batey</i>
<i>Tipo</i>	Acción preventiva
<i>Área responsable</i>	Molinos
<i>Participantes</i>	Servicios generales
<i>Recursos financieros</i>	Material para pintado de líneas divisoras.
<i>Recursos institucionales</i>	Personal para mantenimiento del sitio.
<i>Plazo estimado</i>	1 mes
<i>Indicador</i>	Evaluación visual.
<i>Descripción</i>	Retiro de maleza y tierra acumulada. Limpieza de sitio. Repintado de división perimetral.
<i>Posibles obstáculos</i>	-
<i>Beneficios</i>	Optimizar sistema de manejo de Residuos de batey.
<i>Referencia</i>	-
<i>Actividad No. 1.16</i>	<i>Limpieza de área alrededor de filtros de cachaza</i>
<i>Tipo</i>	Proyecto cíclico
<i>Área responsable</i>	Elaboración crudo

<i>Actividad No. 1.16</i>	<i>Limpieza de área alrededor de filtros de cachaza</i>
<i>Participantes</i>	-
<i>Recursos financieros</i>	-
<i>Recursos institucionales</i>	Personal para mantenimiento del sitio.
<i>Plazo estimado</i>	2 días
<i>Indicador</i>	Limpieza de área, evaluación visual
<i>Descripción</i>	Analizar y corregir causas de depósito de cachaza fuera del área de filtros. Incluir este aspecto como parámetro de evaluación de limpieza de área, realizar recorridos de cumplimiento.
<i>Posibles obstáculos</i>	-
<i>Beneficios</i>	Maximizar aprovechamiento de residuos.
<i>Referencia</i>	6.2

<i>Actividad No. 1.17</i>	<i>Separación en la fuente de papel kraft</i>
<i>Tipo</i>	Proyecto
<i>Área responsable</i>	Ecología
<i>Participantes</i>	Envasado
<i>Recursos financieros</i>	-
<i>Recursos institucionales</i>	Contenedor especial, personal para recolección.
<i>Plazo estimado</i>	Implementación permanente
<i>Indicador</i>	Porcentaje de papel kraft en corriente de RSU. Cantidad de papel kraft enviado a reciclaje.
<i>Descripción</i>	Instalar contenedor especial en cargadero de azúcar para depósito de papel kraft. Seguimiento por parte del responsable de área. Definir responsable y frecuencia de recolección.
<i>Posibles obstáculos</i>	Falta de seguimiento por parte del personal.
<i>Beneficios</i>	Maximizar aprovechamiento de residuos.
<i>Referencia</i>	6.1

<i>Actividad No. 1.18</i>	<i>Proyectos para valorización de corrientes específicas de residuos</i>
<i>Tipo</i>	Proyecto
<i>Área responsable</i>	Gerencia de fábrica
<i>Participantes</i>	Áreas de fábrica Personal externo
<i>Recursos financieros</i>	En su caso, presupuesto para contratación de servicios externos
<i>Recursos institucionales</i>	-
<i>Plazo estimado</i>	1 año
<i>Indicador</i>	2 proyectos concluidos
<i>Descripción</i>	Para un residuo en particular (e.g. residuos de batey, cachaza), crear grupos de trabajo con participantes de todas las áreas. En su caso, invitar personal externo subcontratado o perteneciente a otros ingenios. Analizar factores que intervienen en la generación y composición. Proponer opciones alternativas de manejo y disposición final. Documentar los resultados, aún cuando no difieran del manejo actual. Implantar nuevas soluciones y cerrar proyecto con evaluación del seguimiento.
<i>Posibles obstáculos</i>	Falta de seguimiento
<i>Beneficios</i>	Involucrar al personal en la gestión de residuos. Optimizar el manejo.
<i>Referencia</i>	1.11

<i>Actividad No. 1.19</i>	<i>Control para evitar dispersión de bagacillo en Elaboración crudo.</i>
<i>Tipo</i>	Acción correctiva
<i>Área responsable</i>	Elaboración crudo

---

<i>Actividad No. 1.19</i>	<i>Control para evitar dispersión de bagacillo en Elaboración crudo.</i>
<i>Participantes</i>	-
<i>Recursos financieros</i>	En su caso, presupuesto para material
<i>Recursos institucionales</i>	En su caso, mano de obra
<i>Plazo estimado</i>	1 mes
<i>Indicador</i>	Control implantado
<i>Descripción</i>	Analizar causas de desperdicio de bagacillo. En caso de que se requieran cambio mayores en el en el diseño del conductor de bagacillo, programar sustitución a mediano plazo. Diseñar e implantar controles para evitar su dispersión en el área de Elaboración Crudo.
<i>Posibles obstáculos</i>	Dificultad de implementación de cambios en el diseño.
<i>Beneficios</i>	Minimizar desperdicio de material valorizable.
<i>Referencia</i>	-

<i>Actividad No. 1.20</i>	<i>Control para evitar sobrecarga de camiones transportistas</i>
<i>Tipo</i>	Acción preventiva
<i>Área responsable</i>	Campo Molinos
<i>Participantes</i>	Organizaciones cañeras
<i>Recursos financieros</i>	-
<i>Recursos institucionales</i>	-
<i>Plazo estimado</i>	6 meses
<i>Indicador</i>	Control implantado
<i>Descripción</i>	Negociar con organizaciones cañeras la implementación de un rasero para evitar sobrecarga de camiones que descargan en batey.
<i>Posibles obstáculos</i>	Oposición por parte de organizaciones cañeras.
<i>Beneficios</i>	Minimizar desperdicio de material prima. Minimizar generación de residuos.
<i>Referencia</i>	-

<i>Actividad No. 1.21</i>	<i>Automatización de alimentación de caña a molinos</i>
<i>Tipo</i>	Proyecto
<i>Área responsable</i>	Instrumentación
<i>Participantes</i>	Molinos
<i>Recursos financieros</i>	Presupuesto para equipo, en su caso
<i>Recursos institucionales</i>	-
<i>Plazo estimado</i>	6 meses
<i>Indicador</i>	Control implantado
<i>Descripción</i>	Automatizar la alimentación de caña a molinos.
<i>Posibles obstáculos</i>	Oposición por parte de personal sindicalizado.
<i>Beneficios</i>	Optimizar flujo de material, con objeto de garantizar suministro consistente a Calderas.
<i>Referencia</i>	-

## 2. MINIMIZACIÓN DE GENERACIÓN DE RESIDUOS

La estrategia considerará las acciones propuestas en la Tabla A6.4.

*Tabla A6.4 Acciones para minimización de generación de residuos*

<i>Actividad No. 2.1</i>	<i>Reorganización del Patio de chatarra.</i>
<i>Tipo</i>	Proyecto, acción preventiva
<i>Área responsable</i>	Almacén General
<i>Participantes</i>	Servicios generales Áreas usuarias de Patio de chatarra Corporativo - Compradores de chatarra
<i>Recursos financieros</i>	-
<i>Recursos institucionales</i>	Personal y maquinaria para reacondicionamiento de material almacenado.
<i>Plazo estimado</i>	Implementación permanente
<i>Indicador</i>	Porcentaje de superficie ocupada. Proporción: tasa de generación de chatarra, tasa de retiro de chatarra(cantidad/frecuencia).
<i>Descripción</i>	Por única ocasión, reacondicionamiento de material almacenado. Desarrollo de estrategia para almacenamiento y ubicación de residuos en sitio bajo el enfoque Primeras Entradas, Primeras Salidas. Desarrollar un programa de retiro planificado de chatarra por área. Definición de cuotas máximas de almacenamiento (i.e. porcentaje máximo de ocupación de superficie) y procedimiento conjunto con Corporativo para garantizar pronto retiro del material. Desarrollo de estrategia para la desocupación total de la superficie, en función de la generación de material, con miras a la reducción permanente del área utilizada.
<i>Posibles obstáculos</i>	Desinterés de áreas usuarias por acomodar correctamente el material. Demora en proceso de venta de material, por parte del Corporativo.
<i>Beneficios</i>	Evitar degradación de material por periodos de almacenamiento demasiado largos. Optimizar espacio y flujo de revalorización.
<i>Referencia</i>	1.2
<i>Actividad No. 2.2</i>	<i>Control sobre uso de bagacillo para contención de derrames.</i>
<i>Tipo</i>	Proyecto
<i>Área responsable</i>	Ecología
<i>Participantes</i>	Áreas usuarias Seguridad e higiene
<i>Recursos financieros</i>	-
<i>Recursos institucionales</i>	-
<i>Plazo estimado</i>	Implementación permanente
<i>Indicador</i>	Porcentaje bagacillo en corriente de RSU
<i>Descripción</i>	Restringir el empleo de bagacillo como absorbente de derrames, al menos, durante zafra. Incluir la restricción como parámetro de evaluación de limpieza de área, realizar recorridos de cumplimiento. Establecer procedimiento para el uso controlado de bagacillo con este fin.
<i>Posibles obstáculos</i>	-
<i>Beneficios</i>	Evitar contaminación de RSU. Disminuir la cantidad de residuos que se envían a disposición final.
<i>Referencia</i>	1.4, 6.2
<i>Actividad No. 2.3</i>	<i>Minimización de azúcar de desecho</i>
<i>Tipo</i>	Proyecto
<i>Área responsable</i>	Refinación
<i>Participantes</i>	Ecología

---

<i>Actividad No. 2.3</i>	<i>Minimización de azúcar de desecho</i>
<i>Recursos financieros</i>	-
<i>Recursos institucionales</i>	-
<i>Plazo estimado</i>	2 años
<i>Indicador</i>	Análisis de causas de desecho de azúcar. Acciones correctivas correspondientes.
<i>Descripción</i>	Identificar y evaluar causas de desecho de azúcar. Definir criterios de desecho, en su caso. Generar acciones correctivas para las causas identificadas. En caso de desecho de este material, registrar el evento y definir procedimiento de disposición final.
<i>Posibles obstáculos</i>	Falta de seguimiento y control sobre producto desechado.
<i>Beneficios</i>	Evitar generación de residuos, optimizar proceso productivo.
<i>Referencia</i>	-

<i>Actividad No. 2.4</i>	<i>Asignación de responsable Almacén de Recuperables</i>
<i>Tipo</i>	Acción preventiva
<i>Área responsable</i>	Gerencia de Fábrica
<i>Participantes</i>	Áreas usuarias
<i>Recursos financieros</i>	-
<i>Recursos institucionales</i>	Personal y maquinaria para reacomodo de material almacenado.
<i>Plazo estimado</i>	10 días
<i>Indicador</i>	Asignación de responsable de Almacén de Recuperables. Plano de sitio con áreas asignadas.
<i>Descripción</i>	Asignación de responsable de Almacén de Recuperables. Reorganización y mapeo de áreas dentro del Almacén. Evaluar requerimientos de espacio para evitar el almacenamiento de piezas en el exterior.
<i>Posibles obstáculos</i>	-
<i>Beneficios</i>	Eliminar punto de generación de residuos.
<i>Referencia</i>	2.4, 2.5

<i>Actividad No. 2.5</i>	<i>Evaluación de material almacenado en Almacén de Recuperables</i>
<i>Tipo</i>	Acción correctiva
<i>Área responsable</i>	Responsable Almacén General
<i>Participantes</i>	Áreas usuarias Ecología
<i>Recursos financieros</i>	-
<i>Recursos institucionales</i>	Personal y maquinaria para limpieza del sitio.
<i>Plazo estimado</i>	3 meses
<i>Indicador</i>	Programa de evaluación periódica de material almacenado.
<i>Descripción</i>	Retiro de residuos ajenos al Almacén de recuperables y limpieza del sitio. Evaluación sobre material almacenado que ya no sea recuperable, para su retiro. Programar desmantelamiento y retiro de piezas mayores. Programar inspecciones periódicas (e.g. cada temporada de Reparación).
<i>Posibles obstáculos</i>	Alternativas para disposición final de residuos retirados.
<i>Beneficios</i>	Evitar contaminación de material útil, eliminar punto de generación de residuos
<i>Referencia</i>	2.3, 2.5

<i>Actividad No. 2.6</i>	<i>Rehabilitación del Almacén de Recuperables</i>
<i>Tipo</i>	Acción correctiva
<i>Área responsable</i>	Responsable de Almacén de Recuperables
<i>Participantes</i>	Áreas usuarias

<i>Actividad No. 2.6</i>	<i>Rehabilitación del Almacén de Recuperables</i>
<i>Recursos financieros</i>	Material para mantenimiento de piso, repintado de líneas divisoras, instalación de cercado perimetral o techado, en su caso.
<i>Recursos institucionales</i>	Personal y maquinaria para mantenimiento del sitio.
<i>Plazo estimado</i>	1 mes
<i>Indicador</i>	Evaluación visual.
<i>Descripción</i>	Retiro de maleza y tierra acumulada. Reparación cercado perimetral y repintado de división interna. Restricción de acceso. Evaluar conveniencia de instalar techado.
<i>Posibles obstáculos</i>	Presencia de material en cantidades que impidan la operación.
<i>Beneficios</i>	Eliminar punto de generación de residuos.
<i>Referencia</i>	2.3, 2.4, 2.5

<i>Actividad No. 2.7</i>	<i>Optimizar operación de sistema de decantación de lodos de ceniza</i>
<i>Tipo</i>	Proyecto
<i>Área responsable</i>	Calderas
<i>Participantes</i>	Tratamiento de aguas
<i>Recursos financieros</i>	-
<i>Recursos institucionales</i>	-
<i>Plazo estimado</i>	3 años
<i>Indicador</i>	Registro de problemas operativos del decantador.
<i>Descripción</i>	Crear registro de problemas operativos del decantador. Realizar análisis de causas raíz de problemática más frecuente. Proponer acciones correctivas y realizar seguimiento.
<i>Posibles obstáculos</i>	-
<i>Beneficios</i>	Maximizar beneficios de equipo en operación. Minimizar derrames de la unidad de decantación.
<i>Referencia</i>	-

<i>Actividad No. 2.8</i>	<i>Control sobre limpieza en áreas ocupadas por subcontratistas</i>
<i>Tipo</i>	Proyecto
<i>Área responsable</i>	Área responsable de contratar el servicio
<i>Participantes</i>	-
<i>Recursos financieros</i>	-
<i>Recursos institucionales</i>	-
<i>Plazo estimado</i>	Implementación permanente
<i>Indicador</i>	Evaluación visual de limpieza en sitio, previa y posterior a la ocupación.
<i>Descripción</i>	Acordar desde el inicio de la prestación de servicio el método de limpieza en sitio (ya sea que ésta se realiza por parte del contratista o por personal interno del IALM), la instalación y tipo de contenedores temporales, posible inclusión a los sistemas de recolección del ingenio. Previo al retiro del contratista, realizar inspección de cumplimiento. Incluir estas áreas en recorridos de evaluación periódica de limpieza de área.
<i>Posibles obstáculos</i>	Carencia de mecanismos para garantizar el cumplimiento. Falta de seguimiento por parte de áreas responsables.
<i>Beneficios</i>	Minimizar generación de residuos.
<i>Referencia</i>	6.2

<i>Actividad No. 2.9</i>	<i>Asignación de responsable de mantenimiento al área exterior de tanques de melaza</i>
<i>Tipo</i>	Acción preventiva
<i>Área responsable</i>	Gerencia de fábrica
<i>Participantes</i>	-
<i>Recursos financieros</i>	-

<i>Actividad No. 2.9</i>	<i>Asignación de responsable de mantenimiento al área exterior de tanques de melaza</i>
<i>Recursos institucionales</i>	-
<i>Plazo estimado</i>	5 días
<i>Indicador</i>	Asignación de responsable de mantenimiento.
<i>Descripción</i>	Asignación de responsable de mantenimiento al área exterior de tanques de melaza. Elaborar programa de mantenimiento periódico. Incluir como área de revisión en programa de evaluación de limpieza de áreas.
<i>Posibles obstáculos</i>	-
<i>Beneficios</i>	Eliminar punto de generación de residuos.
<i>Referencia</i>	6.2

### 3. FORTALECIMIENTO DE SISTEMAS DE RECOLECCIÓN

La estrategia considerará las acciones propuestas en la Tabla A6.5.

*Tabla A6.5 Acciones para fortalecimiento de sistemas de recolección*

<i>Actividad No. 3.1</i>	<i>Optimizar recolección de Residuos de Batey</i>
<i>Tipo</i>	Proyecto
<i>Área responsable</i>	Molinos
<i>Participantes</i>	Servicios Generales
<i>Recursos financieros</i>	-
<i>Recursos institucionales</i>	Personal y equipo para recolección de residuos de Batey.
<i>Plazo estimado</i>	Implementación permanente.
<i>Indicador</i>	Porcentaje de área ocupada para almacenamiento de Residuos de Batey.
<i>Descripción</i>	Implementar programa de retiro periódico de residuos de Batey (e.g. tres días por semana). Definición de cuotas máximas de almacenamiento (i.e. porcentaje máximo de ocupación de superficie).
<i>Posibles obstáculos</i>	Disponibilidad de equipo
<i>Beneficios</i>	Evitar degradación de residuos en sitio.
<i>Referencia</i>	-
<i>Actividad No. 3.2</i>	<i>Retiro programado de residuos de la construcción y demolición durante Reparación</i>
<i>Tipo</i>	Proyecto cíclico
<i>Área responsable</i>	Ecología
<i>Participantes</i>	Áreas de fábrica
<i>Recursos financieros</i>	-
<i>Recursos institucionales</i>	Personal y equipo para recolección de residuos de la construcción y demolición. Suministro de sacos u otro tipo de contenedor para los residuos generados.
<i>Plazo estimado</i>	Implementación permanente.
<i>Indicador</i>	Porcentaje de residuos de la construcción y demolición en corriente de RSU.
<i>Descripción</i>	Implementar programa de retiro periódico de residuos de construcción y demolición en puntos de generación, previamente notificados a Ecología (e.g. dos veces por semana). Apoyar la recolección con maquinaria para evitar que el personal realice la recolección manual. Definición de sitio de almacenamiento temporal.
<i>Posibles obstáculos</i>	Disponibilidad de equipo
<i>Beneficios</i>	Minimizar residuos enviados a disposición final en tiradero municipal.
<i>Referencia</i>	5.3



---

<i>Actividad No. 3.3</i>	<i>Limpieza periódica de contenedores de RSU</i>
<i>Tipo</i>	Acción correctiva
<i>Área responsable</i>	Ecología
<i>Participantes</i>	-
<i>Recursos financieros</i>	-
<i>Recursos institucionales</i>	Personal para limpieza de contenedores.
<i>Plazo estimado</i>	1 mes
<i>Indicador</i>	Evaluación visual.
<i>Descripción</i>	Implementar programa de limpieza periódica, interna y externa, de contenedores de RSU ubicados en puntos de acopio (e.g. mensual). Incluir este parámetro en la rutina de revisión de los contenedores.
<i>Posibles obstáculos</i>	-
<i>Beneficios</i>	Minimizar riesgos a la salud del personal que realiza la recolección.
<i>Referencia</i>	-

<i>Actividad No. 3.4</i>	<i>Incremento de cantidad de contenedores de RSU durante Zafra</i>
<i>Tipo</i>	Acción correctiva
<i>Área responsable</i>	Ecología
<i>Participantes</i>	-
<i>Recursos financieros</i>	Presupuesto para adquisición de contenedores.
<i>Recursos institucionales</i>	-
<i>Plazo estimado</i>	10 días
<i>Indicador</i>	Registro de contenedores en área de fábrica.
<i>Descripción</i>	Determinar puntos en fábrica que requieren la instalación de contenedores adicionales (e.g. cargadero de azúcar, oficinas agrotécnicas, envase de azúcar). Instalar contenedores.
<i>Posibles obstáculos</i>	-
<i>Beneficios</i>	Minimizar riesgos a la salud del personal que realiza la recolección.
<i>Referencia</i>	-

<i>Actividad No. 3.5</i>	<i>Cobertura de vehículo de RSU durante traslado a tiradero municipal</i>
<i>Tipo</i>	Acción preventiva
<i>Área responsable</i>	Servicios generales
<i>Participantes</i>	-
<i>Recursos financieros</i>	Presupuesto para adquisición de lona
<i>Recursos institucionales</i>	-
<i>Plazo estimado</i>	1 mes
<i>Indicador</i>	Control implementado
<i>Descripción</i>	Al finalizar el recorrido de recolección, cubrir el vehículo con una lona para evitar la dispersión de RSU durante el traslado.
<i>Posibles obstáculos</i>	-
<i>Beneficios</i>	Eliminar posibilidad de dispersión de residuos en la etapa de transporte.
<i>Referencia</i>	-

---

#### 4. RECICLAJE Y REUTILIZACIÓN DE MATERIAL

La estrategia considerará las acciones propuestas en la Tabla A6.6.

*Tabla A6.6 Acciones para reciclaje y reutilización de material*

<i>Actividad No. 4.1</i>	<i>Procedimiento de venta de residuos a terceros, participantes del sector informal</i>
<i>Tipo</i>	Acción preventiva
<i>Área responsable</i>	Ecología
<i>Participantes</i>	Corporativo
<i>Recursos financieros</i>	-
<i>Recursos institucionales</i>	-
<i>Plazo estimado</i>	6 meses
<i>Indicador</i>	Cantidad de residuos enviados a reutilización o reciclaje
<i>Descripción</i>	Definir residuos que podrán ajustarse a nuevo esquema (e.g. aquellos cuya tasa de generación sea menor a 15 kg/día). Establecer procedimiento para la venta de material valorizable a terceros que omita requerimiento de emisión de comprobante fiscal por parte del comprador. Generar listado y contactar posibles compradores locales.
<i>Posibles obstáculos</i>	Inflexibilidad en políticas de venta de material, por parte del Corporativo.
<i>Beneficios</i>	Maximizar valorización de residuos reciclables.
<i>Referencia</i>	-

#### 5. DISPOSICIÓN FINAL AMBIENTALMENTE SEGURA

La estrategia considerará las acciones propuestas en la Tabla A6.7.

*Tabla A6.7 Acciones para disposición final ambientalmente segura*

<i>Actividad No. 5.1</i>	<i>Monitoreo de RME enviados a disposición final</i>
<i>Tipo</i>	Proyecto
<i>Área responsable</i>	Ecología
<i>Participantes</i>	Servicios Generales
<i>Recursos financieros</i>	-
<i>Recursos institucionales</i>	-
<i>Plazo estimado</i>	Implementación permanente
<i>Indicador</i>	Registro de monitoreo periódico
<i>Descripción</i>	Realizar inspección visual al azar, durante la etapa de recolección de residuos sujetos a manejo diferenciado, para verificar que no exista mezcla. Enfatizar en residuos de batey, ceniza, chatarra y otro que se almacene en áreas abiertas. Crear bitácora para registrar monitoreo y generar acciones correctivas pertinentes.
<i>Posibles obstáculos</i>	-
<i>Beneficios</i>	Minimizar contaminación de corrientes de residuos.
<i>Referencia</i>	-

<i>Actividad No. 5.2</i>	<i>Programación de envío de residuos a relleno sanitario</i>
<i>Tipo</i>	Proyecto
<i>Área responsable</i>	Ecología
<i>Participantes</i>	-

<i>Actividad No. 5.2</i>	<i>Programación de envío de residuos a relleno sanitario</i>
<i>Recursos financieros</i>	Presupuesto para transporte y disposición final de residuos en relleno sanitario.
<i>Recursos institucionales</i>	-
<i>Plazo estimado</i>	Implementación permanente
<i>Indicador</i>	Pago por envío de residuos a disposición final en relleno sanitario.
<i>Descripción</i>	Con base en la tasa de generación esperada para, al menos, los residuos de lana mineral, llantas, carbón activado; programar envío semestral a relleno sanitario.
<i>Posibles obstáculos</i>	Restricciones presupuestales
<i>Beneficios</i>	Evitar degradación de material debido a periodos prolongados de almacenamiento en sitio. Disposición ambientalmente segura de residuos.
<i>Referencia</i>	3.1

<i>Actividad No. 5.3</i>	<i>Definir disposición final de residuos de construcción y demolición</i>
<i>Tipo</i>	Acción preventiva
<i>Área responsable</i>	Ecología
<i>Participantes</i>	-
<i>Recursos financieros</i>	En su caso, presupuesto para transporte y disposición final de residuos en relleno sanitario.
<i>Recursos institucionales</i>	En su caso, personal y maquinaria para disposición final de residuos en sitio.
<i>Plazo estimado</i>	6 meses
<i>Indicador</i>	Pago por envío de residuos a disposición final en relleno sanitario o permiso para reutilización en sitio.
<i>Descripción</i>	Definir el destino de los residuos de construcción y demolición. Considerar: envío a relleno sanitario, obtención de permiso legal para disponer en sitio.
<i>Posibles obstáculos</i>	Restricciones presupuestales, falta de apoyo por parte de autoridades.
<i>Beneficios</i>	Regularizar método de manejo.
<i>Referencia</i>	3.2

<i>Actividad No. 5.4</i>	<i>Evaluar conveniencia de construcción de celda de disposición final propia</i>
<i>Tipo</i>	Proyecto
<i>Área responsable</i>	Ecología
<i>Participantes</i>	Gerencia general
<i>Recursos financieros</i>	En su caso, presupuesto para construcción de celda y contratación de personal externo.
<i>Recursos institucionales</i>	-
<i>Plazo estimado</i>	3 años
<i>Indicador</i>	Documentación del proyecto.
<i>Descripción</i>	Investigar requerimientos legales para construcción de relleno sanitario. Determinar si se cuenta con capacidad institucional para realizar los estudios requeridos. Determinar el volumen requerido, considerando únicamente RME no valorizables tales como llantas, lana mineral, carbón activado y otros residuos no peligrosos, cuya disposición en el tiradero municipal sea restringida. Evaluar la conveniencia de construir una celda de disposición final propia.
<i>Posibles obstáculos</i>	Restricciones presupuestales, falta de apoyo por parte de autoridades.
<i>Beneficios</i>	Disponer los residuos de forma ambientalmente segura. Evitar degradación de residuos en sitio, debida a periodos prolongados de almacenamiento.
<i>Referencia</i>	-

## 6. EDUCACIÓN AMBIENTAL Y SISTEMA DE INFORMACIÓN

La estrategia considerará las acciones propuestas en la Tabla A6.8.

*Tabla A6.8 Acciones para la educación ambiental y sistema de información*

<i>Actividad No. 6.1</i>	<i>Capacitación en materia de gestión de residuos</i>
<i>Tipo</i>	Proyecto
<i>Área responsable</i>	Ecología
<i>Participantes</i>	Áreas de fábrica
<i>Recursos financieros</i>	-
<i>Recursos institucionales</i>	Material e instalaciones para capacitación
<i>Plazo estimado</i>	Implementación permanente
<i>Indicador</i>	Constancia de capacitación
<i>Descripción</i>	Capacitar periódicamente al personal de fábrica en materia de gestión de residuos. Enfatizar en la importancia de separación en la fuente y limpieza de áreas.
<i>Posibles obstáculos</i>	Rotación de personal temporal
<i>Beneficios</i>	Optimizar programas de separación en la fuente
<i>Referencia</i>	-
<i>Actividad No. 6.2</i>	<i>Evaluación periódica de limpieza de área</i>
<i>Tipo</i>	Proyecto
<i>Área responsable</i>	Seguridad e higiene
<i>Participantes</i>	Áreas de fábrica
<i>Recursos financieros</i>	-
<i>Recursos institucionales</i>	-
<i>Plazo estimado</i>	Implementación permanente
<i>Indicador</i>	Control de evaluación de limpieza de áreas
<i>Descripción</i>	Elaborar programa de evaluación de limpieza en áreas de fábrica. Definir parámetros de evaluación en conjunto con áreas de fábrica. En la elaboración del programa, dar prioridad a minimizar desperdicio de material ( <i>i.e.</i> evitar derrames de miel, aceite, agua, etc.) y limpieza de áreas comunes (casilleros, comedor). Establecer rutina de supervisión cruzada entre las propias áreas ( <i>e.g.</i> cada dos semanas), considerar participación de personal sindicalizado. Generar acciones correctivas a partir de las observaciones.
<i>Posibles obstáculos</i>	Falta de seguimiento al programa.
<i>Beneficios</i>	Minimizar generación de residuos.
<i>Referencia</i>	6.1
<i>Actividad No. 6.3</i>	<i>Esquema de acopio de residuos por parte del personal</i>
<i>Tipo</i>	Proyecto
<i>Área responsable</i>	Ecología
<i>Participantes</i>	-
<i>Recursos financieros</i>	-
<i>Recursos institucionales</i>	-
<i>Plazo estimado</i>	Implementación permanente
<i>Indicador</i>	Registro de retiro de residuos reciclables con <i>VoBo</i> del Promotor de Ecología
<i>Descripción</i>	Incentivar el acopio de residuos valorizables (PET, aluminio, otros) por parte del

<i>Actividad No. 6.3</i>	<i>Esquema de acopio de residuos por parte del personal</i>
	personal del IALM, otorgar tiempo para esta actividad. Proponer esquema tipo cooperativa. Determinar puntos de generación relevantes (e.g. cafetería, tienda exterior, etc.) e instalar contenedores especiales.
<i>Posibles obstáculos</i>	-
<i>Beneficios</i>	Maximizar aprovechamiento de residuos valorizables.
<i>Referencia</i>	6.1
<i>Actividad No. 6.4</i>	<i>Limpieza de área alrededor de filtros de cachaza</i>
<i>Tipo</i>	Proyecto
<i>Área responsable</i>	Elaboración crudo
<i>Participantes</i>	-
<i>Recursos financieros</i>	-
<i>Recursos institucionales</i>	Personal para mantenimiento del sitio.
<i>Plazo estimado</i>	Implementación permanente
<i>Indicador</i>	Limpieza de área, evaluación visual
<i>Descripción</i>	Analizar y corregir causas de depósito de cachaza fuera del área de filtros. Incluir este aspecto como parámetro de evaluación de limpieza de área, realizar recorridos de cumplimiento.
<i>Posibles obstáculos</i>	-
<i>Beneficios</i>	Maximizar aprovechamiento de residuos.
<i>Referencia</i>	6.2
<i>Actividad No. 6.5</i>	<i>Fortalecimiento de programa de reciclaje de papel de oficina</i>
<i>Tipo</i>	Proyecto
<i>Área responsable</i>	Ecología
<i>Participantes</i>	Áreas administrativas
<i>Recursos financieros</i>	-
<i>Recursos institucionales</i>	-
<i>Plazo estimado</i>	Implementación permanente
<i>Indicador</i>	Cantidad de papel consumido. Cantidad de papel enviado a reciclaje.
<i>Descripción</i>	Dar seguimiento a programa de separación de papel, implementación y condiciones de contenedores utilizados. Solicitar retroalimentación sobre el programa a las áreas participantes. Definir e implantar nuevas acciones para minimizar consumo de papel (e.g. uso por ambas caras, manejo de documentos en formato digital).
<i>Posibles obstáculos</i>	-
<i>Beneficios</i>	Maximizar aprovechamiento de residuos.
<i>Referencia</i>	6.1
<i>Actividad No. 6.6</i>	<i>Seguimiento al programa de revisión de contenedores de RSU</i>
<i>Tipo</i>	Acción preventiva
<i>Área responsable</i>	Ecología
<i>Participantes</i>	-
<i>Recursos financieros</i>	-
<i>Recursos institucionales</i>	-
<i>Plazo estimado</i>	1 mes
<i>Indicador</i>	Control de revisión de contenedores.
<i>Descripción</i>	Dar seguimiento a programa de revisión de ubicación y estado de contenedores en los puntos de acopio definidos.
<i>Posibles obstáculos</i>	-
<i>Beneficios</i>	Optimizar sistema de manejo de RSU.

<i>Actividad No. 6.6</i>	<i>Seguimiento al programa de revisión de contenedores de RSU</i>
<i>Referencia</i>	-
<i>Actividad No. 6.7</i>	<i>Capacitación a transportistas cañeros</i>
<i>Tipo</i>	Acción preventiva
<i>Área responsable</i>	Campo
<i>Participantes</i>	Organizaciones cañeras
<i>Recursos financieros</i>	-
<i>Recursos institucionales</i>	Personal para capacitación
<i>Plazo estimado</i>	5 meses
<i>Indicador</i>	Constancia de capacitación
<i>Descripción</i>	Capacitar a transportistas cañeros sobre método de estiba de caña en campo, con objeto de evitar desperdicio durante descarga a mesas alimentadoras.
<i>Posibles obstáculos</i>	-
<i>Beneficios</i>	Minimizar generación de residuos. Optimizar proceso.
<i>Referencia</i>	-
<i>Actividad No. 6.8</i>	<i>Actualizar información sobre gestión de residuos</i>
<i>Tipo</i>	Proyecto cíclico
<i>Área responsable</i>	Ecología
<i>Participantes</i>	Áreas de fábrica
<i>Recursos financieros</i>	-
<i>Recursos institucionales</i>	-
<i>Plazo estimado</i>	5 años
<i>Indicador</i>	Base con información sobre gestión de residuos con una antigüedad no mayor a 5 años
<i>Descripción</i>	Actualizar periódicamente la información contenida en el estudio de generación y diagnóstico de manejo de residuos. Difundir la información, una vez actualizada, entre las partes interesadas.
<i>Posibles obstáculos</i>	-
<i>Beneficios</i>	Establecer base para la mejora continua y medición de desempeño.
<i>Referencia</i>	-
<i>Actividad No. 6.9</i>	<i>Revisión periódica del plan de manejo</i>
<i>Tipo</i>	Proyecto cíclico
<i>Área responsable</i>	Gerencia de fábrica
<i>Participantes</i>	Ecología Áreas de fábrica
<i>Recursos financieros</i>	-
<i>Recursos institucionales</i>	-
<i>Plazo estimado</i>	1 año
<i>Indicador</i>	Plan de manejo actualizado
<i>Descripción</i>	Crear grupos de apoyo para la atención de las actividades contenidas en el plan de manejo
<i>Posibles obstáculos</i>	-
<i>Beneficios</i>	Establecer base para la mejora continua y medición de desempeño.
<i>Referencia</i>	-