



Universidad de San Carlos de Guatemala  
Facultad de Agronomía

**DISEÑO DEL SISTEMA DE GESTIÓN PARA EL MANEJO DE LOS  
RESIDUOS SÓLIDOS QUE SON GENERADOS EN LA PLANTA DE  
PRODUCCIÓN DE AZÚCAR DEL INGENIO SANTA ANA**

**José Luis Leonel Rodríguez Gómez**

Asesorado por la Inga. Norma Ileana Sarmiento Zeceña

Guatemala, septiembre de 2015



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE AGRONOMÍA

**DISEÑO DEL SISTEMA DE GESTIÓN PARA EL MANEJO DE LOS  
RESIDUOS SÓLIDOS QUE SON GENERADOS EN LA PLANTA DE  
PRODUCCIÓN DE AZÚCAR DEL INGENIO SANTA ANA**

TRABAJO DE GRADUACIÓN

PRESENTADO A LA JUNTA DIRECTIVA DE LA  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
POR

**JOSÉ LUIS LEONEL RODRÍGUEZ GÓMEZ**

ASESORADO POR LA INGA. NORMA ILEANA SARMIENTO ZECEÑA

AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE

**INGENIERO EN INDUSTRIAS AGROPECUARIAS Y FORESTALES**

GUATEMALA, SEPTIEMBRE DE 2015



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
FACULTAD DE INGENIERÍA



**NÓMINA DE JUNTA DIRECTIVA**

DECANO en funciones	Dr. Tomas Antonio Padilla Cambara
VOCAL I	Dr. Tomas Antonio Padilla Cambara
VOCAL II	Ing. Agr. Cesar Linneo García Contreras
VOCAL III	Ing. Agr. Erberto Raúl Alfaro Ortiz
VOCAL IV	Per. Agr. Josué Benjamín Boche López
VOCAL V	Maestra de Educación para el Hogar Rut Raquel Curruchic Cumez
SECRETARIO ACEDÉMICO	Ing. Agr. Juan Alberto Herrera Ardón



## HONORABLE TRIBUNAL EXAMINADOR

En cumplimiento con los preceptos que establece la ley de la Universidad de San Carlos de Guatemala, presento a su consideración mi trabajo de graduación titulado:

### DISEÑO DEL SISTEMA DE GESTIÓN PARA EL MANEJO DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS QUE SON GENERADOS EN LA PLANTA DE PRODUCCIÓN DE AZÚCAR DEL INGENIO SANTA ANA

Tema que me fuera asignado por la Dirección de la Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial, con fecha 6 de marzo de 2014.

  
José Luis Leonel Rodríguez Gómez



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS  
DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA  
UNIDAD DE EPS

Guatemala, 21 de julio de 2015.  
REF.EPS.DOC.463.07.15

Doctor  
Ariel Ortíz  
Coordinador de la Carrera Ingeniería en  
Industrias Agropecuarias y Forestales  
Facultad de Agronomía.

Ing. Ortiz.

Por este medio atentamente le informo que como Asesora-Supervisora de la Práctica del Ejercicio Profesional Supervisado, (E.P.S) del estudiante universitario de la Carrera de Ingeniería en Industrias Agropecuarias y Forestales, **José Luis Leonel Rodríguez Gómez**, Carné No. **200916114** procedí a revisar el informe final, cuyo título es **DISEÑO DEL SISTEMA DE GESTIÓN PARA EL MANEJO DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS QUE SON GENERADOS EN LA PLANTA DE PRODUCCIÓN DE AZÚCAR DEL INGENIO SANTA ANA.**

En tal virtud, **LO DOY POR APROBADO**, solicitándole darle el trámite respectivo.

Sin otro particular, me es grato suscribirme.

Atentamente,

"Id y Enseñad a Todos"

Inga. Norma Ileana Hernández de Serrano  
Asesora-Supervisora de EPS  
Área de Ingeniería Industrial



NISZdS/ra



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS  
DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA  
UNIDAD DE EPS

Guatemala, 21 de julio de 2015.  
REF.EPS.D.338.07.15

Ingeniero  
César Ernesto Urquizú Rodas  
Director  
Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial  
Facultad de Ingeniería  
Presente

Estimado Ing.Urquizú Rodas.

Por este medio atentamente le envío el informe final correspondiente a la práctica del Ejercicio Profesional Supervisado, (E.P.S) titulado **“DISEÑO DEL SISTEMA DE GESTIÓN PARA EL MANEJO DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS QUE SON GENERADOS EN LA PLANTA DE PRODUCCIÓN DE AZÚCAR DEL INGENIO SANTA ANA”** que fue desarrollado por el estudiante universitario, **José Luis Leonel Rodríguez Gómez** quien fue debidamente asesorado y supervisado por la Inga. Norma Ileana Sarmiento Zeceña de Serrano.

Por lo que habiendo cumplido con los objetivos y requisitos de ley del referido trabajo y existiendo la aprobación del mismo por parte de la Asesora-Supervisora de EPS, en mi calidad Director, apruebo su contenido solicitándole darle el trámite respectivo.

Sin otro particular, me es grato suscribirme.

Atentamente,  
“Id y Enseñad a Todos”

Ing. Silvio José Rodríguez Serrano  
Director Unidad de EPS

SJRS/ra



---

Edificio de EPS, Facultad de Ingeniería, Ciudad Universitaria, zona 12.

Teléfono directo: 2442-3509



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS  
DE GUATEMALA

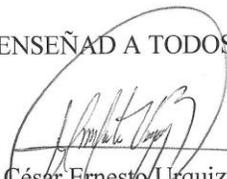


FACULTAD DE INGENIERIA

REF.REV.EMI.103.015

Como Catedrático Revisor del Trabajo de Graduación titulado **DISEÑO DEL SISTEMA DE GESTIÓN PARA EL MANEJO DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS QUE SON GENERADOS EN LA PLANTA DE PRODUCCIÓN DE AZÚCAR DEL INGENIO SANTA ANA**, presentado por el estudiante universitario **José Luis Leonel Rodríguez Gómez**, apruebo el presente trabajo y recomiendo la autorización del mismo.

“ID Y ENSEÑAD A TODOS”

  
Ing. César Ernesto Urquizú Rodas  
Catedrático Revisor de Trabajos de Graduación  
Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial



Guatemala, julio de 2015.

/mgp



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS  
DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERIA

REF.DIR.EMI.165.015

El Director de la Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer el dictamen del Asesor, el Visto Bueno del Revisor y la aprobación del Área de Lingüística del trabajo de graduación **DISEÑO DEL SISTEMA DE GESTIÓN PARA EL MANEJO DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS QUE SON GENERADOS EN LA PLANTA DE PRODUCCIÓN DE AZÚCAR DEL INGENIO SANTA ANA**, presentado por el estudiante universitario **José Luis Leonel Rodríguez Gómez**, aprueba el presente trabajo y solicita la autorización del mismo.

“ID Y ENSEÑAR A TODOS”

  
Ing. César Ernesto Urquizú Rodas  
DIRECTOR  
Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial



Guatemala, septiembre de 2015.

/mgp



Universidad de San Carlos  
de Guatemala



Facultad de Ingeniería  
Decanato

DTG. 478.2015

El Decano de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer la aprobación por parte del Director de la Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial, al Trabajo de Graduación titulado: **DISEÑO DEL SISTEMA DE GESTIÓN PARA EL MANEJO DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS QUE SON GENERADOS EN LA PLANTA DE PRODUCCIÓN DE AZÚCAR DEL INGENIO SANTA ANA**, presentado por el estudiante universitario: **José Luis Leonel Rodríguez Gómez**, y después de haber culminado las revisiones previas bajo la responsabilidad de las instancias correspondientes, autoriza la impresión del mismo.

IMPRÍMASE:

  
Ing. Pedro Antonio Aguilar Polanco  
Decano

Guatemala, septiembre de 2015

/gdech







UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
FACULTAD DE AGRONOMÍA



No.64.2015

Trabajo de Graduación:	“DISEÑO DEL SISTEMA DE GESTIÓN PARA EL MANEJO DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS QUE SON GENERADOS EN LA PLANTA DE PRODUCCIÓN DE AZÚCAR DEL INGENIO SANTA ANA”
Estudiante:	José Luis Leonel Rodríguez Gómez
Carné:	200916114

**"IMPRIMASE"**

A handwritten signature in black ink, appearing to read "Tomás Antonio Padilla Cámara".

**Dr. Tomás Antonio Padilla Cámara  
DECANO EN FUNCIONES**



Edificio T-9, Segundo Nivel, Ciudad Universitaria, Zona 12, Guatemala, Centro América 01012  
Apartado Postal 1545, Teléfonos:(502) 2418-9302 Extensiones 86001 • 86002 • Fax: (502) 2418-9321



## **ACTO QUE DEDICO A:**

<b>Dios</b>	Por ser el guía en todo momento de mi vida.
<b>Mi papá</b>	Leonel Rodríguez, por ser siempre mi ejemplo a seguir.
<b>Mi mamá</b>	Yvonne Gómez, por ser la persona que más amo de este mundo.
<b>Mis hermanas</b>	Nancy y Delia Rodríguez Gómez, por apoyarme en todo momento.
<b>Mis amigos</b>	Por ser las personas con las cuales he vivido los mejores momentos de mi vida.
<b>Mi novia</b>	Por darme su amor y apoyo en los momentos que más lo necesito.



## **AGRADECIMIENTOS A:**

<b>Universidad de San Carlos de Guatemala</b>	Por convertirse en mi segundo hogar.
<b>Facultad de Agronomía</b>	Por acoger mi carrera universitaria.
<b>Facultad de Ingeniería</b>	Por brindarme su apoyo en todo momento.
<b>Escuela Nacional Central de Agricultura</b>	Por ser la casa de estudios que contribuyó en mi crecimiento profesional.
<b>Ingenio Santa Ana</b>	Por permitirme realizar mi Ejercicio Profesional Supervisado.
<b>Lic. Alfredo Lemus</b>	Por ser el guía en el Ingenio Santa Ana.
<b>Inga. Norma Sarmiento</b>	Por darme asesoramiento y acompañamiento en todo momento.



## ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES.....	VII
LISTA DE SÍMBOLOS .....	XI
GLOSARIO .....	XIII
RESUMEN.....	XV
OBJETIVOS.....	XVII
INTRODUCCIÓN.....	XIX
1. GENERALIDADES DEL INGENIO SANTA ANA.....	1
1.1. Descripción.....	1
1.2. Visión.....	1
1.3. Misión .....	2
1.4. Objetivos.....	2
1.5. Estructura organizacional .....	2
2. FASE DE SERVICIO TÉCNICO PROFESIONAL. DISEÑO DEL SISTEMA DE GESTIÓN PARA EL MANEJO DE RESIDUOS SÓLIDOS .....	7
2.1. Diagnóstico de la situación actual .....	7
2.1.1. Identificación del problema .....	7
2.1.1.1. Síntomas o manifestaciones del problema.....	7
2.1.1.2. Magnitud del problema .....	8
2.1.1.3. Posibles causas que generan el problema.....	9
2.1.1.4. Efectos que generan el problema .....	9

	2.1.1.5.	Diagrama de árbol de problemas .....	10
2.1.2.		Planteamiento del problema.....	11
	2.1.2.1.	Descripción del problema .....	11
	2.1.2.2.	Delimitación del problema .....	11
2.2.		Línea base del manejo de residuos sólidos .....	12
2.2.1.		Proceso de manejo residuos sólidos .....	12
	2.2.1.1.	Generación de residuos .....	12
	2.2.1.2.	Almacenamiento temporal.....	12
	2.2.1.3.	Recolección.....	12
	2.2.1.4.	Separación de residuos.....	13
		2.2.1.4.1. Incineración de residuos.....	13
		2.2.1.4.2. Extracción de cenizas ...	13
		2.2.1.4.3. Recolección externa.....	13
	2.2.1.5.	Diagrama del proceso de manejo de residuos sólidos.....	14
2.2.2.		Generación.....	16
	2.2.2.1.	Áreas generadoras de residuos .....	16
	2.2.2.2.	Depósitos de almacenamiento temporal .....	17
	2.2.2.3.	Cuantificación de residuos .....	18
	2.2.2.4.	Composición de los residuos.....	24
	2.2.2.5.	Determinación de residuos.....	26
2.2.3.		Recolección.....	29
	2.2.3.1.	Recorrido de recolección.....	29
	2.2.3.2.	Método de recolección .....	30
	2.2.3.3.	Equipo de recolección .....	30
	2.2.3.4.	Tiempo de recolección .....	31
2.2.4.		Tratamiento .....	31

	2.2.4.1.	Incineración .....	32
	2.2.4.2.	Capacidad instalada .....	32
	2.2.4.3.	Rendimiento.....	32
2.2.5.		Disposición final.....	33
	2.2.5.1.	Contaminación de agua.....	33
	2.2.5.2.	Contaminación de aire.....	33
	2.2.5.3.	Contaminación de suelo .....	33
2.3.		Sistema de gestión de residuos sólidos.....	34
2.3.1.		Proceso de manejo residuos sólidos propuesto .....	34
2.3.2.		Generación .....	36
	2.3.2.1.	Prevención de residuos .....	36
		2.3.2.1.1. Reducir .....	37
		2.3.2.1.2. Reusar .....	37
		2.3.2.1.3. Reciclar .....	37
	2.3.2.2.	Clasificación general.....	37
		2.3.2.2.1. Residuos recuperables.....	37
		2.3.2.2.2. Residuos inertes.....	38
2.3.3.		Recolección .....	38
	2.3.3.1.	Recolección selectiva .....	39
	2.3.3.2.	Volumen máximo de recolección .....	41
	2.3.3.3.	Frecuencia de recolección .....	41
2.3.4.		Tratamiento.....	44
	2.3.4.1.	Identificación de residuos recuperables .....	44
	2.3.4.2.	Identificación de residuos inertes.....	45
	2.3.4.3.	Valorización de residuos recuperables .....	45
2.3.5.		Disposición final.....	47

2.3.5.1.	Eliminación de residuos inertes.....	47
2.3.5.2.	Diseño de espacio físico controlado.....	47
2.3.5.3.	Tratamiento de gases y lixiviados .....	49
2.4.	Costos de la propuesta .....	49
3.	FASE DE INVESTIGACIÓN. PROPUESTA PARA LA ELABORACIÓN DE COMPOST .....	53
3.1.	Diagnóstico de la situación actual .....	53
3.1.1.	Identificación del problema.....	53
3.1.2.	Planteamiento del problema.....	53
3.2.	Metodología para la elaboración de compost.....	54
3.3.	Materiales y equipo para la elaboración de compost .....	56
3.3.1.	Materiales.....	56
3.3.2.	Equipo .....	56
3.4.	Resultados y discusión de resultados .....	56
3.4.1.	Análisis físico.....	57
3.4.1.1.	Temperatura.....	57
3.4.1.2.	Contenido de humedad .....	58
3.4.1.3.	pH.....	59
3.4.1.4.	Rendimiento .....	60
3.4.2.	Discusión análisis físico.....	60
3.4.3.	Análisis químico .....	62
3.4.3.1.	Macro y microelementos .....	62
3.4.3.2.	Materia orgánica.....	63
3.4.3.3.	Relación CN .....	63
3.4.4.	Discusión análisis químico .....	64
3.4.5.	Análisis organoléptico .....	65
3.4.5.1.	Olor .....	65
3.4.5.2.	Color.....	65

3.4.5.3.	Textura .....	66
3.4.6.	Discusión análisis organoléptico.....	66
3.5.	Costos de la propuesta.....	67
4.	FASE DE DOCENCIA. PLAN DE CAPACITACIÓN .....	69
4.1.	Diagnóstico de necesidades de capacitación .....	69
4.1.1.	Identificación del problema .....	69
4.1.2.	Planteamiento del problema .....	69
4.2.	Plan de capacitación .....	70
4.3.	Costos del plan de capacitación .....	75
	CONCLUSIONES .....	79
	RECOMENDACIONES.....	81
	BIBLIOGRAFÍA.....	83
	APÉNDICES .....	85



## ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

### FIGURAS

1.	Organigrama del Ingenio Santa Ana .....	5
2.	Diagrama de árbol de problemas .....	10
3.	Flujograma del proceso de manejo de residuos sólidos y la división como sistema .....	15
4.	Áreas generadoras de residuos sólidos .....	17
5.	Depósitos de almacenamiento temporal .....	18
6.	Medición de residuos sólidos .....	19
7.	Promedio en kilogramos de residuos solidos que se generan al día ...	20
8.	Promedio en metros cúbicos de residuos solidos que se generan al día .....	21
9.	Kilogramos de residuos sólidos generados en cada área .....	23
10.	Metros cúbicos de residuos sólidos generados en cada área .....	23
11.	Clasificación de residuos sólidos .....	24
12.	Composición de residuos sólidos en cada área .....	26
13.	Kilogramos de cada material que se generan al día .....	27
14.	Generación, en porcentaje de materiales por día, basada en la masa .....	28
15.	Metros cúbicos de cada material que se generan al día .....	28
16.	Generación, en porcentaje de materiales por día, basado en el volumen.....	29
17.	Mapa de recorrido de recolección. ....	30
18.	Vehículo de recolección. ....	31

19.	Flujograma del proceso de manejo de residuos sólidos propuesto.....	35
20.	Clasificación de los residuos recuperables e inertes .....	39
21.	Depósitos para la recolección selectiva .....	40
22.	Porcentaje de residuos recuperables.....	45
23.	Extracción de muestras .....	57
24.	Curva de temperatura .....	58
25.	Curva de contenido de humedad esperada .....	59
26.	Curva de pH.....	60
27.	Análisis organoléptico .....	67

## TABLAS

I.	Valores de masa y volumen que se generan en cada área .....	22
II.	Composición de los residuos sólidos que son generados en cada área.....	25
III.	Volumen que en promedio contiene cada depósito, el 50 % de capacidad los depósitos y la relación de la capacidad mínima con el volumen promedio que contiene .....	42
IV.	Listado de precios de mercado de residuos sólidos (quetzales por kilogramos) .....	46
V.	Posibles ingresos obtenidos por la venta de residuos sólidos .....	46
VI.	Costos del sistema de gestión de residuos sólidos.....	51
VII.	Macro y microelementos del compost.....	62
VIII.	Contenido de materia orgánica y carbono orgánico.....	63
IX.	Resultados de la relación CN .....	63
X.	Costo para la elaboración de compost.....	68
XI.	Plan de capacitación.....	71

XII.	Talle I: introducir al personal sobre algunos conceptos y definiciones sobre el manejo de resiguos sólidos para que adquieran algunos conceptos necesarios .....	72
XIII.	Taller II: es la etapa de reducción de residuos, en la cual se busca concientizar al personal para que haga un uso racional y responsable de los recursos que utiliza para disminuir el volumen de residuos que se generan.....	73
XIV.	Taller III: se da a conocer la manera correcta de clasificar los residuos según su utilidad, es decir, distinguir si es un residuo recuperable o es un residuo inerte, para que luego se pueda realizar una valoración de los residuos recuperables e identificar algun beneficio para la empresa .....	74
XV.	Taller IV: se introdujo las actividades que involucran el tratamiento exclusivo de los residuos orgánicos, con los cuales se desea elaborar un abono orgánico que se convierta en unproducto útil para la empresa .....	75
XVI.	Costo de los talleres a impartir.....	77



## LISTA DE SÍMBOLOS

<b>Símbolo</b>	<b>Significado</b>
°C	Grado centígrado
kg	Kilogramos
>	Mayor que
Mw	Mega watt
m	Metro
m <sup>3</sup>	Metros cúbicos
Q	Quetzales



## GLOSARIO

<b>Bagazo</b>	Se denomina bagazo al residuo de materia después de extraído su jugo.
<b>Cachaza</b>	Es un residuo que se obtiene a partir de la destilación del jugo de la caña de azúcar.
<b>Línea base</b>	Es la primera medición de todos los indicadores contemplados en el diseño de un proyecto.
<b>Melaza</b>	Es un residuo líquido y espeso derivado de la caña de azúcar.
<b>Proceso</b>	Conjunto de actividades mutuamente relacionadas o que al interactuar transforman elementos de entrada y los convierten en resultados.
<b>Residuo</b>	Aquellos elementos o componentes que pierden su utilidad principal, pero se convierten en materias primas para otra utilidad.
<b>Sistema de gestión</b>	Es un conjunto de etapas unidas a un proceso continuo que permite trabajar ordenadamente hasta lograr alguna mejora en dicho proceso.



## RESUMEN

El diseño del sistema de gestión para el manejo de residuos sólidos consiste en identificar todo el proceso, desde la generación de residuos hasta la eliminación de los mismos. Luego se divide en cuatro etapas generales que incluyen todas las actividades y operaciones del proceso, estas etapas son: generación, recolección, tratamiento y eliminación.

Después de identificar el proceso y las etapas generales del mismo, fue necesario dividir en dos fases el diseño del sistema, la primera parte se considera como la generación de información, la cual fue nombrada línea base del estudio, la misma consiste en identificar las condiciones iniciales en el tema del manejo de residuos. Además para esta fase fue necesario realizar mediciones para encontrar la generación en kilogramos y metros cúbicos de residuos sólidos y, con base en estos valores, realizar las propuestas de mejora.

Posterior a la fase de generación de información, se continuó con la segunda fase, la cual fue la de propuestas de mejora, entre las que está la técnica de valorización de residuos para la obtención de beneficios económicos, por la comercialización de residuos recuperables.

En el tercer capítulo se realizó una investigación para el aprovechamiento de los residuos orgánicos, y se detallan los resultados obtenidos al realizar el experimento.



## **OBJETIVOS**

### **General**

Diseñar el sistema de gestión para el manejo adecuado de los residuos sólidos que se generan en el Ingenio Santa Ana.

### **Específicos**

1. Identificar la problemática y la situación actual, así como las causas y efectos que genera esta.
2. Determinar la cantidad de residuos sólidos generados en la planta de producción de azúcar del Ingenio.
3. Proponer medidas para disminuir la existencia de problemas provocados por los residuos en las instalaciones del Ingenio Santa Ana.
4. Optimizar los recursos disponibles que se utilizan actualmente para el manejo de residuos sólidos.
5. Proponer medidas efectivas para mejorar el método actual.
6. Elaborar una investigación que busque el aprovechamiento de residuos orgánicos por medio del compostaje, para el uso en jardinería.

7. Diseñar un plan de capacitación en función de las necesidades de la empresa.

## INTRODUCCIÓN

Una de las mayores amenazas a nivel mundial es el cambio climático, el cual genera desequilibrios ambientales, fenómenos ambientales con más frecuencia y mayores impactos.

Estos impactos son usados por diversos tipos de contaminación generados por las industrias, empresas y personas. Todas las empresas agroindustriales son vulnerables a dichos impactos y luego de identificar que contribuyen a estos problemas, muchas han tomado la decisión de tomar medidas para el cuidado del medio ambiente.

El Grupo Corporativo Santa Ana es una agroindustria que se dedica a la producción de azúcar, tanto para consumo nacional como exportación. Sin embargo para lograr tal fin, ha dejado a un lado el tema del cuidado ambiental, por ello, en la actualidad ha iniciado programas para considerar mejoras en esta área.

Uno de los temas al que más énfasis se le ha puesto, en relación a la contaminación, es el manejo de los residuos sólidos producidos como consecuencia de las diversas actividades que necesarias para la elaboración de azúcar. Debido a lo anterior, se propone el diseño del sistema de gestión para el manejo de los residuos sólidos, como medida para contrarrestar los impactos negativos que actualmente se ocasionan al medio ambiente.



# **1. GENERALIDADES DEL INGENIO SANTA ANA**

## **1.1. Descripción**

Ingenio Santa Ana es una corporación con desempeño sobresaliente que en sus 35 años se ha convertido en uno de los líderes de la agroindustria azucarera. Además, constituye un complejo agroindustrial que produce una diversidad de productos reconocidos a nivel mundial por sus altos estándares de calidad, entre los que están: caña de azúcar, azúcar, energía eléctrica y otros subproductos que también son comercializados como melaza, bagazo, cachaza, además de diversos productos y servicios conexos.

El Ingenio Santa Ana también contribuye con el desarrollo de Guatemala, produciendo cerca de 6 millones de quintales (equivalente a 270 000 Ton) de azúcar por año, generando 53 Mw de diciembre a marzo y 25 Mw de abril a noviembre. Esta energía eléctrica se vende al Sistema Nacional Interconectado.

## **1.2. Visión**

“Ser una de las organizaciones líderes en la agroindustria azucarera, comprometida con la sociedad y el medio ambiente, cuya eficiencia operativa y financiera genera bienestar para nuestros accionistas, colaboradores, clientes y proveedores”.<sup>1</sup>

---

<sup>1</sup> Visión proporcionada por Ingenio Sata Ana.

### **1.3. Misión**

“Producir y comercializar azúcar, melaza y energía eléctrica a través del uso eficiente de nuestros recursos, generando desarrollo para mantenernos como una empresa comprometida y rentable en el mercado nacional e internacional”.<sup>2</sup>

### **1.4. Objetivos**

- Cumplir con el 100 % de las especificaciones de los clientes de azúcar, melaza y energía eléctrica, sin poner en riesgo la calidad e inocuidad del producto.
- Alcanzar el 98 % en la medición de los indicadores del sistema de gestión.
- Lograr la confiabilidad de los proveedores de bienes y servicios críticos.
- Atender al 100 % de quejas y reclamos procedentes sobre azúcar, melaza y energía eléctrica.<sup>3</sup>

### **1.5. Estructura organizacional**

El Ingenio Santa Ana tiene una estructura organizacional de tipo *staff*, la cual se adoptó luego de identificar la necesidad de contar con una gran cantidad de especialistas capaces de proporcionar información experta y asesoría en los departamentos de la empresa.

Además, este tipo de organización no requiere de autoridad en línea o poder para imponer sus decisiones, razón por la cual, periódicamente, los

---

<sup>2</sup> Misión proporcionada por Ingenio Santa Ana.

<sup>3</sup> Objetivos proporcionados por Ingenio Santa Ana.

gerentes de cada división se reúnen para tomar decisiones que lleven a la empresa a alcanzar sus objetivos. Las divisiones de la empresa se detallan a continuación.

- Gerencia General

El gerente general es responsable de dirigir, planificar, coordinar, supervisar, controlar y evaluar las actividades de la gestión técnica y administrativa de las gerencias de división e impartir las instrucciones para la ejecución de las funciones correspondientes, además de definir e interpretar las políticas establecidas por la Dirección. El desempeño correcto de estas obligaciones requiere de un conocimiento funcional de todas las fases de la operación de la empresa y una buena comunicación con sus subordinados.

- División de Recursos Humanos

Su misión es satisfacer de forma eficaz los requerimientos del recurso humano adecuado, mediante técnicas y procedimientos actualizados, propiciando las condiciones óptimas para su desarrollo personal y dentro de la empresa, con el propósito de lograr la mayor eficiencia del Grupo Corporativo.

- División Agrícola y Servicios

Es un equipo multidisciplinario, cuyo compromiso fundamental es el aprovechamiento integral y sostenible de los recursos naturales, para producir caña de azúcar, otros productos agrícolas, servicios de cosecha, taller y transporte.

- División Administrativa

Es una División completamente de servicio, comprometida con todas las divisiones de la Corporación, a quienes asiste en sus necesidades en forma eficiente y oportuna, a través de una organización adecuada, utilizando recurso humano capacitado y tecnología para satisfacer a sus clientes.

- División Industrial

Se ocupa de la transformación de la caña de azúcar y otros insumos en productos de óptima calidad, administrando los recursos humanos, físicos y tecnológicos para satisfacer las necesidades de los clientes nacionales e internacionales.

- División de Informática

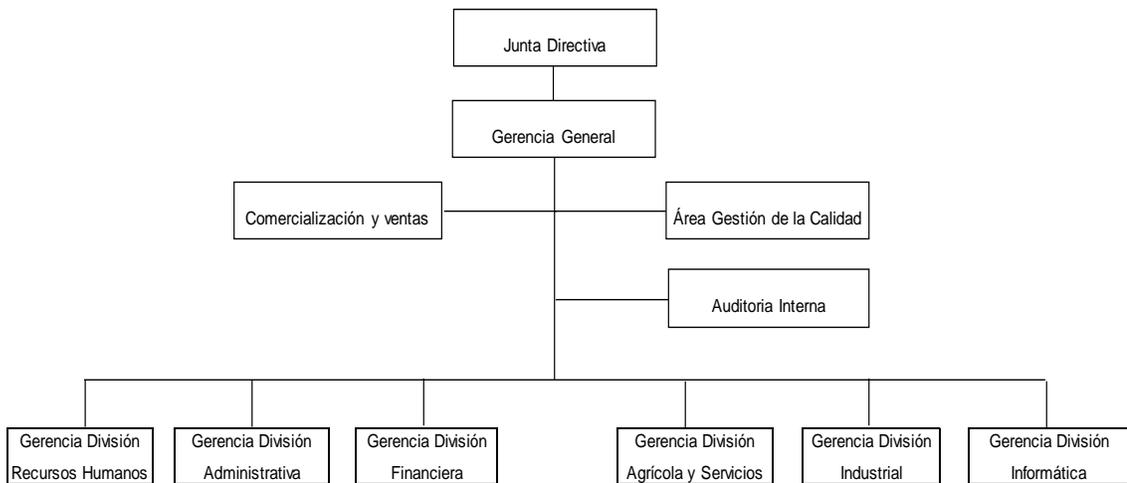
Es una organización que proporciona soluciones relacionadas con la tecnología de la información, comunicaciones, automatización industrial y control de procesos, para optimizar la producción y administración, mejorando la competitividad de sus clientes, desarrollando la cultura de cambio permanente y la utilización eficaz y eficiente de tecnología.

- División Financiera

Se ocupa de mantener la solvencia de la empresa, obteniendo los flujos de caja necesarios para satisfacer las obligaciones y adquirir los activos fijos y circulantes necesarios para lograr los objetivos de la empresa.

En la figura 1 se observa gráficamente como está compuesta la estructura organizacional del Ingenio Santa Ana.

Figura 1. **Organigrama del Ingenio Santa Ana**



Fuente: División de Recursos Humanos, Ingenio Santa Ana.



## **2. FASE DE SERVICIO TÉCNICO PROFESIONAL. DISEÑO DEL SISTEMA DE GESTIÓN PARA EL MANEJO DE RESIDUOS SÓLIDOS**

### **2.1. Diagnóstico de la situación actual**

El primer paso para diseñar el sistema de gestión para el manejo de residuos sólidos es realizar el diagnóstico de la situación actual de las condiciones del Ingenio Santa Ana. El diagnóstico se basa en una serie de pasos, el primero es la identificación del problema, el cual incluye los síntomas, manifestaciones, magnitud, causas y efectos. Posteriormente se realiza el planteamiento, en el cual se describe y delimita el problema.

#### **2.1.1. Identificación del problema**

Consiste en reconocer los síntomas o manifestaciones del problema, además de cuantificar la magnitud del mismo y, por último identificar las causas y los efectos de este.

##### **2.1.1.1. Síntomas o manifestaciones del problema**

El Ingenio Santa Ana está conformada por seis divisiones, las cuales son: Agrícola y Servicios, Industrial, Recursos Humanos, Administrativa, Informática y Financiera. En todas ellas se llevan a cabo varios procesos y operaciones que son indispensables para la producción de azúcar y demás productos.

Actualmente, en las divisiones se produce una gran cantidad y variedad de residuos como consecuencia de los procesos y operaciones. Dichos residuos son recolectados por dos operarios y transportados en un vehículo destinado únicamente para esta operación. Posteriormente son introducidos en dos incineradores, donde se realiza el proceso de combustión, produciendo emisiones de monóxido de carbono, dióxido de carbono y otros gases, los cuales son expulsados provocando varios tipos de contaminación que afectan a la población cercana al Ingenio.

Además, se tiene destinada un área donde se depositan los residuos orgánicos, los cuales son recolectados por camiones externos que prestan el servicio y cuyo destino final se desconoce.

Estos procesos contaminan el medio ambiente y dañan los diversos recursos naturales y ecosistemas de los alrededores. Sin embargo, se desea diseñar un método para gestionar de mejor manera los residuos sólidos y obtener algún beneficio o una eliminación más segura de ellos.

#### **2.1.1.2. Magnitud del problema**

En la División Industrial se localiza la mayor producción de residuos sólidos, los cuales no están identificados ni cuantificados. Sin embargo, a diario se realizan dos recorridos dentro de dicha división, con el objetivo de extraer todos los materiales generados.

La extracción se realiza por medio de un vehículo con capacidad de aproximadamente 5,00 m<sup>3</sup>, en algunos recorridos excede su capacidad y en otros únicamente transporta un 50 % de su capacidad.

### **2.1.1.3. Posibles causas que generan el problema**

- Generación y producción no controlada de residuos.
- Variedad de residuos generados.
- Métodos poco eficientes para la recolección de los residuos.
- Poca importancia en temas como la responsabilidad social y la producción más limpia.
- Falta de aprovechamiento de residuos para obtener productos que minimicen los impactos negativos hacia el ambiente.
- Falta de planificación estratégica para identificar soluciones preventivas a las dificultades futuras.
- Falta de un manejo adecuado de los residuos sólidos generados.
- No cuenta con los recursos y elementos necesarios para administrar de mejor forma los residuos que generan.

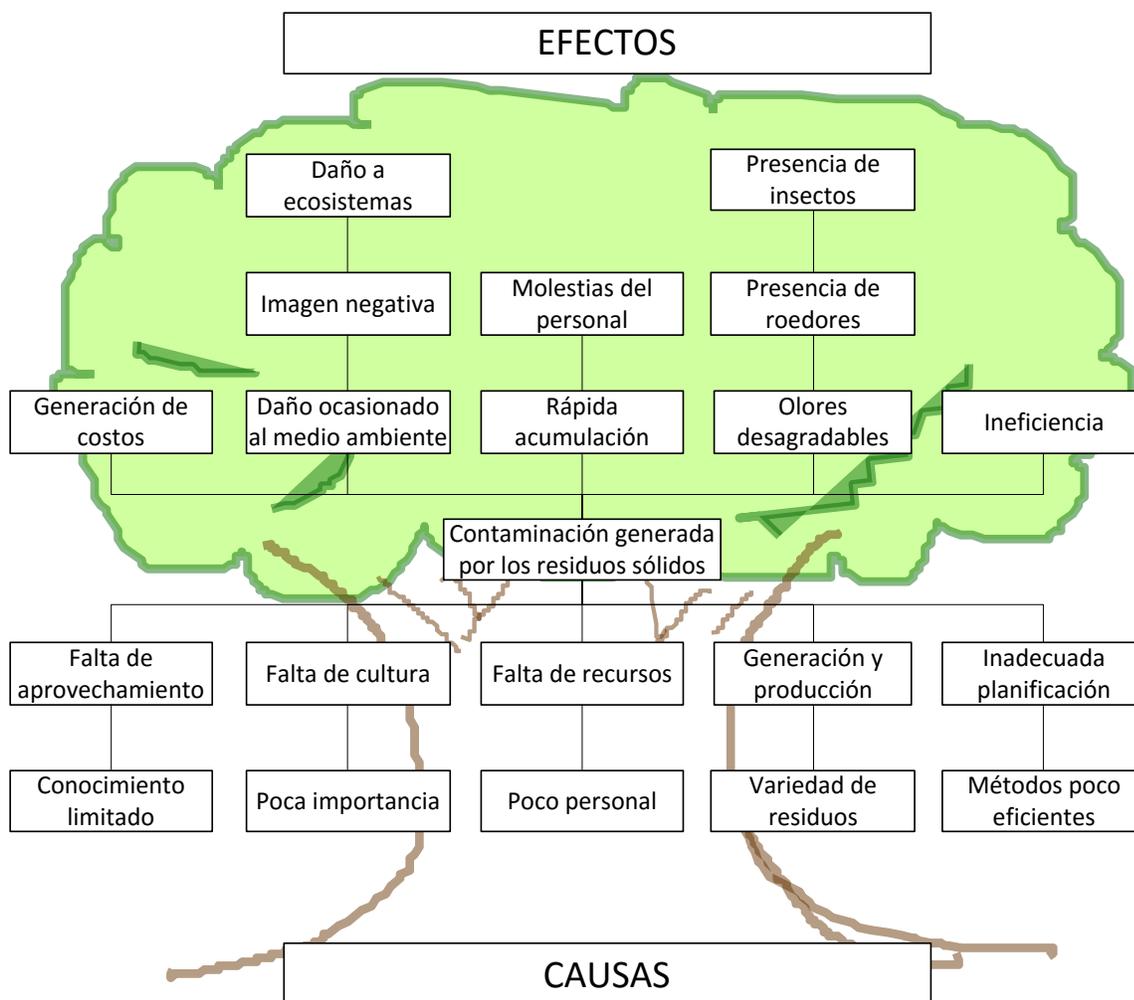
### **2.1.1.4. Efectos que generan el problema**

- Contaminación del medio ambiente.
- Olores desagradables.
- Presencia de insectos y roedores.
- Imagen negativa en materia ambiental.
- Costos innecesarios.
- Rápida acumulación de residuos en los lugares de recolección.
- Molestia por parte del personal encargado de recolectar.
- Ineficiencia en la recolección los residuos.
- Contribución en la acumulación de residuos sólidos en los rellenos sanitarios municipales de la región.

### 2.1.1.5. Diagrama de árbol de problemas

Como herramienta gráfica del diagnóstico se utiliza un diagrama de árbol de problemas en el cual se ilustran las causas, los efectos y el problema central que se identificó (ver figura 2).

Figura 2. Diagrama de árbol de problemas



Fuente: elaboración propia, con Microsoft Visio.

## **2.1.2. Planteamiento del problema**

Luego de identificar los síntomas, manifestaciones, magnitud, causas y efectos del problema, se continúa describiéndolo detenidamente y delimitándolo.

### **2.1.2.1. Descripción del problema**

En la planta de producción del Ingenio Santa Ana se produce una gran cantidad y variedad de residuos, como consecuencia del proceso de producción de azúcar y demás actividades complementarias.

Dichos residuos son recolectados por dos operarios y son transportados en un vehículo para luego ser introducidos en dos incineradores que realizan la combustión de los mismos, produciendo y expulsando emisiones tóxicas, monóxido de carbono, dióxido de carbono y otros gases, hacia la atmósfera. Esto provoca varios tipos de contaminación del medio ambiente, afectando a la población de los alrededores y alterando los ecosistemas cercanos al Ingenio.

### **2.1.2.2. Delimitación del problema**

La existencia y el manejo inadecuado de los residuos sólidos provoca que se deban utilizar alternativas de tratamiento de residuos que dañan y contaminan el medio ambiente.

## **2.2. Línea base del manejo de residuos sólidos**

Para el diseño del sistema de gestión de residuos sólidos, se parte del diagnóstico de la situación actual del problema que se busca reducir. Es necesario realizar una línea base que sirva como parámetro comparativo de las condiciones iniciales del proceso de manejo de residuos sólidos, para luego diseñar las propuestas de mejora.

### **2.2.1. Proceso de manejo residuos sólidos**

El proceso de manejo de residuos sólidos identificado en la línea base consiste en una serie de actividades que se describen a continuación.

#### **2.2.1.1. Generación de residuos**

En las instalaciones del Ingenio se produce una gran variedad y cantidad de residuos sólidos como consecuencia de los procesos de elaboración de azúcar, melaza y energía eléctrica.

#### **2.2.1.2. Almacenamiento temporal**

Dentro del Ingenio se localizan depósitos para almacenar temporalmente los residuos sólidos, los mismos se encuentran distribuidos por áreas para agilizar la operación de recolección.

#### **2.2.1.3. Recolección**

Comprende la labor de carga y transporte de los residuos desde las aéreas de aportación o almacenamiento temporal hasta el lugar de eliminación.

La actividad de carga se realiza manualmente por dos operarios destinados para dicha labor y la actividad de transporte se realiza con un tractor que anexa un carretón.

#### **2.2.1.4. Separación de residuos**

Luego de recolectar los residuos, se clasifican en los que pueden ser incinerados y los que no poseen propiedad de combustión. Los primeros son incinerados y los segundos son trasladados al área donde el servicio externo realizará su recolección y su posterior eliminación.

##### **2.2.1.4.1. Incineración de residuos**

Los residuos que poseen la propiedad de combustionar son incinerados para de reducir su tamaño y eliminarlos.

##### **2.2.1.4.2. Extracción de cenizas**

Las cenizas que genera la incineración de los residuos son extraídas aproximadamente cada dos semanas y se llevan al depósito de recolección externa o hacia otro lugar.

##### **2.2.1.4.3. Recolección externa**

La recolección externa es realizada por medio del servicio externo de recolección de residuos. Dicha actividad se realiza en el lugar destinado para almacenar los residuos que no poseen la propiedad de combustionar.

### **2.2.1.5. Diagrama del proceso de manejo de residuos sólidos**

El proceso de manejo de residuos sólidos, como se detalló anteriormente, se compone por una serie de actividades ordenadas que inician desde la generación de residuos hasta la disposición final de los mismos.

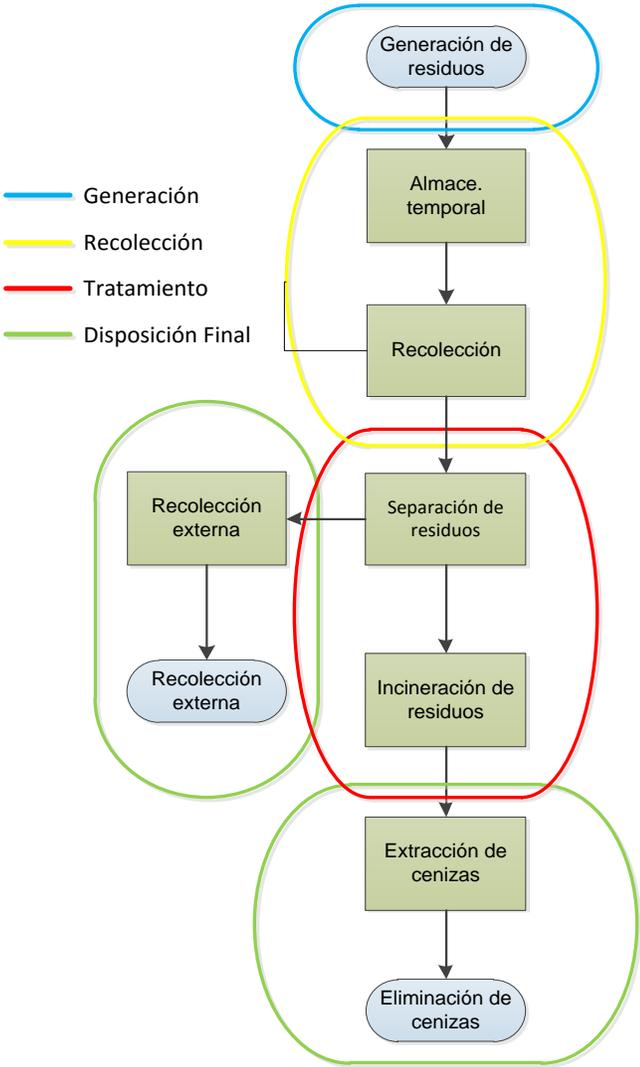
Con base en el concepto del sistema de gestión, es necesario analizar el proceso de manejo de residuos sólidos como un sistema, en el cual se identifican todos aquellos elementos y actividades relacionados entre sí.

Para el caso del Ingenio, luego de identificar todas las actividades, se vio la necesidad de dividir el sistema en cuatro subsistemas asociados a la gestión de residuos sólidos, los cuales son: generación, recolección, tratamiento y disposición final; se incluyen todas las actividades que componen el proceso de manejo de residuos sólidos.

Con base en estos cuatro subsistemas, se desea recolectar y generar información que sirva como punto de partida para diseñar las propuestas de mejora y optimización del proceso cuando sea oportuno.

En la figura 3 se esquematiza en un flujograma el proceso de manejo de residuos sólidos identificado en la línea base. En el diagrama se incluyen todas las actividades que componen el proceso y se identifican los cuatro subsistemas de la siguiente manera: de color celeste la generación, de color amarillo la recolección, de color rojo el tratamiento y de color verde la disposición final de los residuos sólidos.

Figura 3. **Flujograma del proceso de manejo de residuos sólidos y la división como sistema**



Fuente: elaboración propia, con Microsoft Visio.

## **2.2.2. Generación**

Es la etapa inicial de la gestión de residuos, en la cual se identifica el problema de la gestión según las cantidades generadas, la composición, las variaciones temporales, las clases de materiales, entre otras. Además, con estos datos se podrá afrontar el diseño de las etapas posteriores.

### **2.2.2.1. Áreas generadoras de residuos**

Las instalaciones del Ingenio Santa Ana se subdividen en varias áreas, las cuales son consideradas como áreas generadoras de residuos, lo que significa que en cada una de estas se producen estos como consecuencia de las actividades que se realizan.

Las áreas son diez: fábrica, cogeneración, patio de caña, bodegas, administrativa, purificadora de agua, agrícola, actividades varias, almacén de materiales y cocinas (ver figura 4).

Figura 4. **Áreas generadoras de residuos sólidos**



Fuente: elaboración propia, con programa visio.

### 2.2.2.2. **Depósitos de almacenamiento temporal**

Dentro de cada área están distribuidos varios depósitos para almacenar temporalmente los residuos que se generan. Al sumarlos, se contabilizan aproximadamente 35 depósitos, cada uno tiene un código o nombre, y fue necesario realizar un mapa para ubicarlos e identificar el nombre y el área a la que pertenecen (ver figura 5).

Figura 5. **Depósitos de almacenamiento temporal**



Fuente: Ingenio Santa Ana.

### **2.2.2.3. Cuantificación de residuos**

Luego de identificar las áreas generadoras de residuos y de ubicar los depósitos de almacenamiento temporal, se definió la población a analizar, constituida por los mismos 35 depósitos de almacenamiento. También se eligieron las variables de medición, las cuales son kilogramos y metros cúbicos de residuos de cada depósito al día.

Posteriormente, se midieron los valores de masa en kilogramos y de volumen en metros cúbicos de los depósitos, durante una semana para determinar un promedio de generación diario de residuos sólidos (ver figura 6).

Según los resultados obtenidos, y como se aprecia en la figura 7, en promedio al día son generados de 0,6 kg hasta 441,4 kg de residuos sólidos en los 35 depósitos de almacenamiento temporal que se encuentran distribuidos dentro del Ingenio Santa Ana.

Asimismo, en la figura 8 se observa la cantidad de metros cúbicos de residuos sólidos que equivalen a los 35 depósitos de almacenamiento temporal.

**Figura 6. Medición de residuos sólidos**

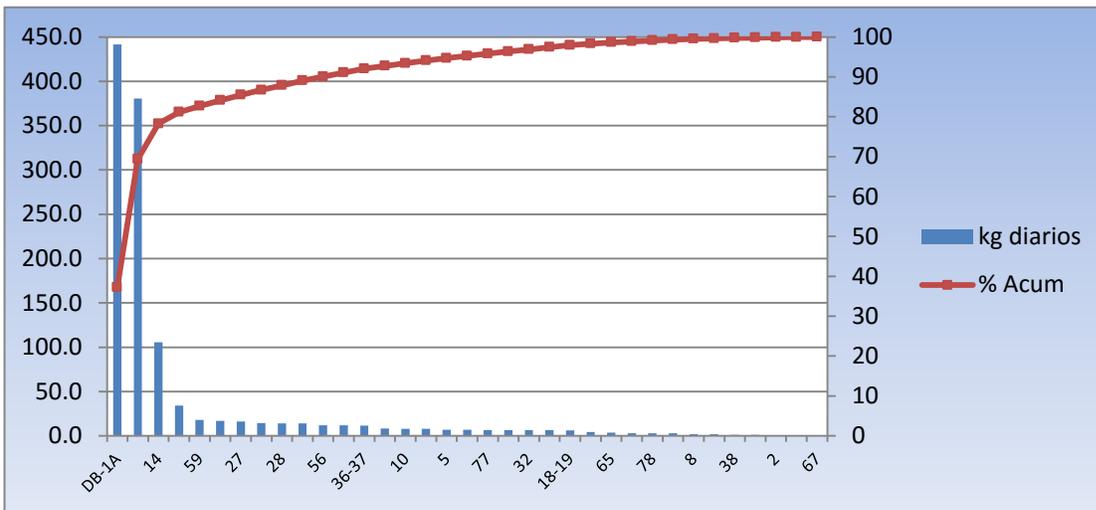


Fuente: Ingenio Santa Ana.

En la figura 7, se grafica la generación promedio de kilogramos de residuos sólidos al día, es decir, los valores de masa de cada depósito de almacenamiento temporal que fue analizado. Sin embargo, la generación promedio diaria no es proporcional en cada depósito, es mayor la generación en los depósitos que se indican de izquierda a derecha.

Además de analizar la generación promedio de cada depósito, se logra estimar que el 80 % del total de residuos que se generan al día corresponden únicamente a cuatro depósitos de almacenamiento temporal, lo que significa que en la ubicación de dichos depósitos es donde existe mayor generación, en términos de masa (ver figura 7).

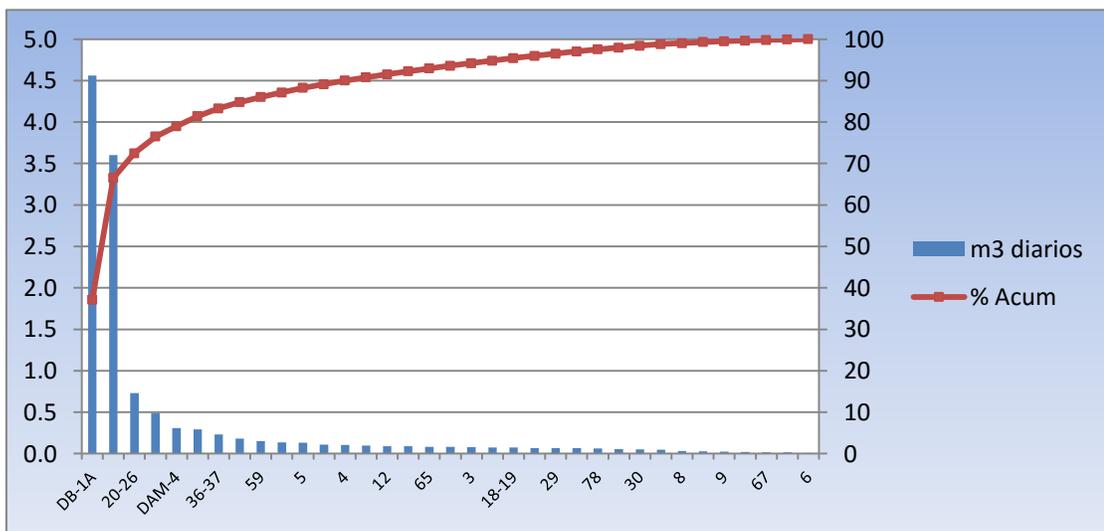
Figura 7. **Promedio en kilogramos de residuos sólidos que se generan al día**



Fuente: elaboración propia.

El mismo análisis que se realizó con la figura 7 se llevó a cabo con la figura 8, con la diferencia que en esta última se grafican los valores de generación promedio en metros cúbicos al día. En este gráfico, el 80 % del volumen total de generación corresponde a cinco depósitos, a diferencia de la generación en masa donde únicamente corresponde a cuatro depósitos. La razón de este fenómeno se debe a que existen residuos con mayores valores de densidad en ciertas áreas o lugares de generación.

Figura 8. **Promedio en metros cúbicos de residuos sólidos que se generan al día**



Fuente: elaboración propia.

Luego de identificar las áreas generadoras y determinar la producción diaria de residuos por depósito, se concentraron los valores de masa y volumen por área generadora, es decir, se sumaron los valores de los depósitos que pertenecen a una misma área. Dicha actividad se realizó con la finalidad de facilitar el análisis.

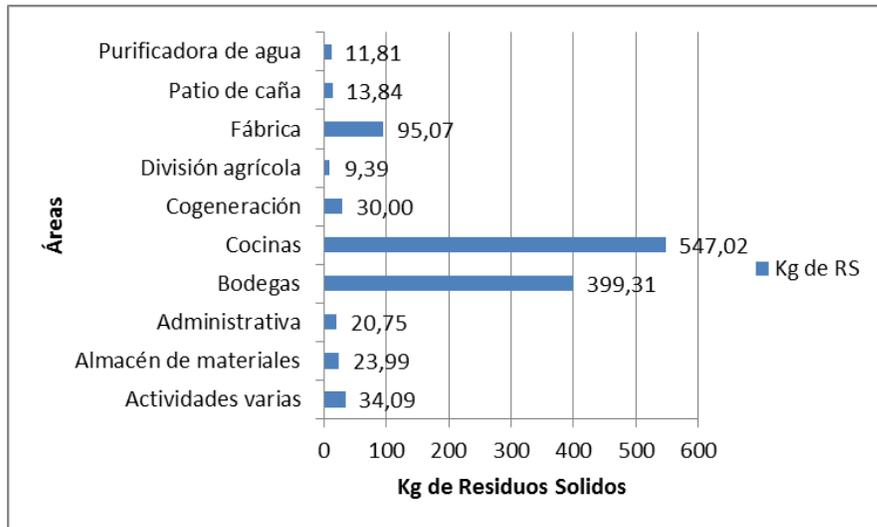
En la tabla I se observan que las áreas de cocinas y bodegas son las que generan mayor cantidad de residuos sólidos, en términos de masa y volumen.

Tabla I. **Valores de masa y volumen que se generan en cada área**

<b>Áreas</b>	<b>Peso (kg)</b>	<b>Volumen ( m<sup>3</sup>)</b>
<b>Actividades varias</b>	34,09	0,316
<b>Almacén de materiales</b>	23,99	0,444
<b>Administrativa</b>	20,75	0,384
<b>Bodegas</b>	399,31	4,770
<b>Cocinas</b>	547,02	4,091
<b>Cogeneración</b>	30,00	0,301
<b>División Agrícola</b>	9,39	0,136
<b>Fábrica</b>	95,07	1,458
<b>Patio de caña</b>	13,84	0,271
<b>Purificadora de agua</b>	11,81	0,096

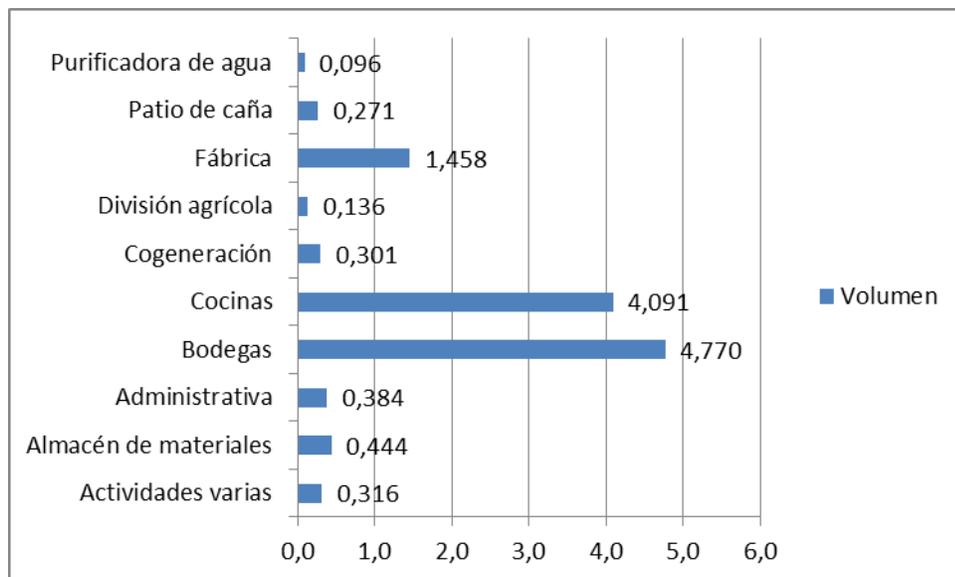
Fuente: elaboración propia.

Figura 9. **Kilogramos de residuos sólidos generados en cada área**



Fuente: elaboración propia.

Figura 10. **Metros cúbicos de residuos sólidos generados en cada área**



Fuente: elaboración propia.

En las figuras 9 y 10 se observa el comportamiento de generación de residuos sólidos por cada una de las diez áreas identificadas en unidades de masa (kg) y volumen (m<sup>3</sup>) respectivamente.

#### **2.2.2.4. Composición de los residuos**

Debido a que es necesario conocer qué materiales conforman a los residuos sólidos, se tomó una muestra al azar de cada área generadora y se analizaron los materiales. Con estos datos se puede asumir que la composición de residuos sólidos de cada área es la que se presenta en la tabla II.

La composición que se determinó se basa en una clasificación de cinco materiales: papel y cartón, plástico, metales, materia orgánica y otros residuos (ver figura 11).

Figura 11. **Clasificación de residuos sólidos**



Fuente: Ingenio Santa Ana.

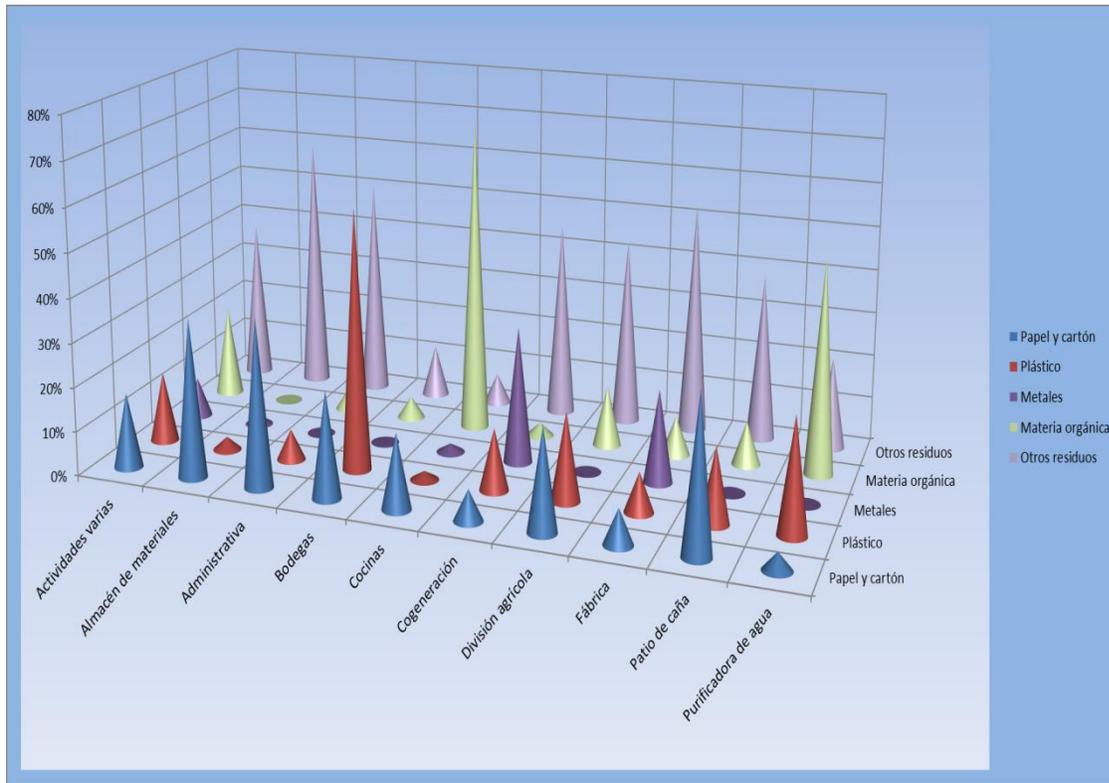
**Tabla II. Composición de los residuos sólidos que son generados en cada área**

No.	Áreas	Papel y Cartón	Plástico	Metales	Materia orgánica	Otros residuos
1	Actividades varias	21 %	19 %	0 %	24 %	37 %
2	Almacén de materiales	36 %	3 %	2 %	0 %	59 %
3	Administrativa	38 %	7 %	0 %	5 %	50 %
4	Bodegas	24 %	59 %	0 %	0 %	12 %
5	Cocinas	17 %	2 %	2 %	72 %	7 %
6	Cogeneración	7 %	14 %	31 %	0 %	45 %
7	División Agrícola	23 %	20 %	0 %	11 %	43 %
8	Fábrica	8 %	9 %	21 %	0 %	53 %
9	Patio de caña	35 %	17 %	0 %	6 %	38 %
10	Purificadora de agua	4 %	26 %	0 %	49 %	21 %

Fuente: elaboración propia.

Además, en la figura 12 se presenta gráficamente la composición de los residuos. Se observa que los materiales con mayor incidencia son los otros residuos y los demás residuos (papel y cartón, plástico y materia orgánica) aparecen pero en cantidades inferiores a los anteriores.

Figura 12. **Composición de residuos sólidos en cada área**



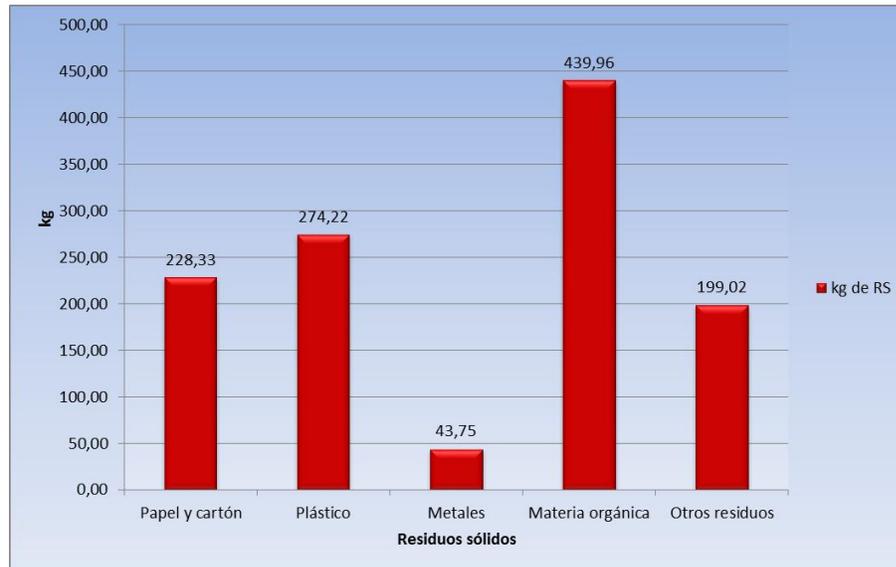
Fuente: elaboración propia.

### 2.2.2.5. **Determinación de residuos**

Con base en la determinación de la cantidad de residuos generados y la identificación de la composición de los residuos se midió cuánto de cada material se genera al día, es decir, cuántos kilogramos y metros cúbicos de los cinco materiales se generan en promedio al día.

En la figura 13 se observan los kilogramos que se generan de cada material al día.

Figura 13. **Kilogramos de cada material que se generan al día**



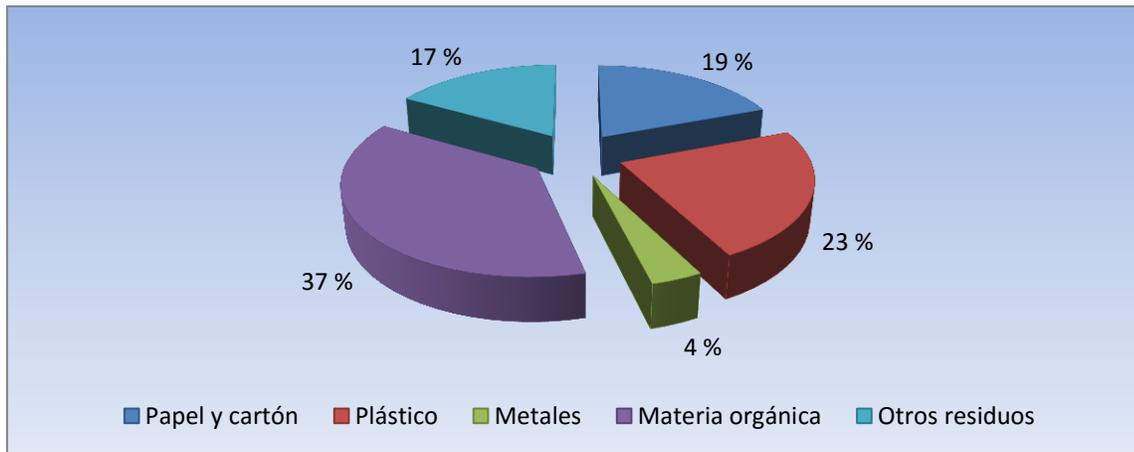
Fuente: elaboración propia.

Además de calcular los kilogramos de cada material que se generan, también se representan cada uno en términos de porcentaje y se descomponen en las proporciones que se observan en la figura 14.

También se calculó en unidad de volumen la cantidad de generación de cada uno de los 5 materiales en los cuales se clasificaron los residuos sólidos, dicho cálculo se observa en la figura 15.

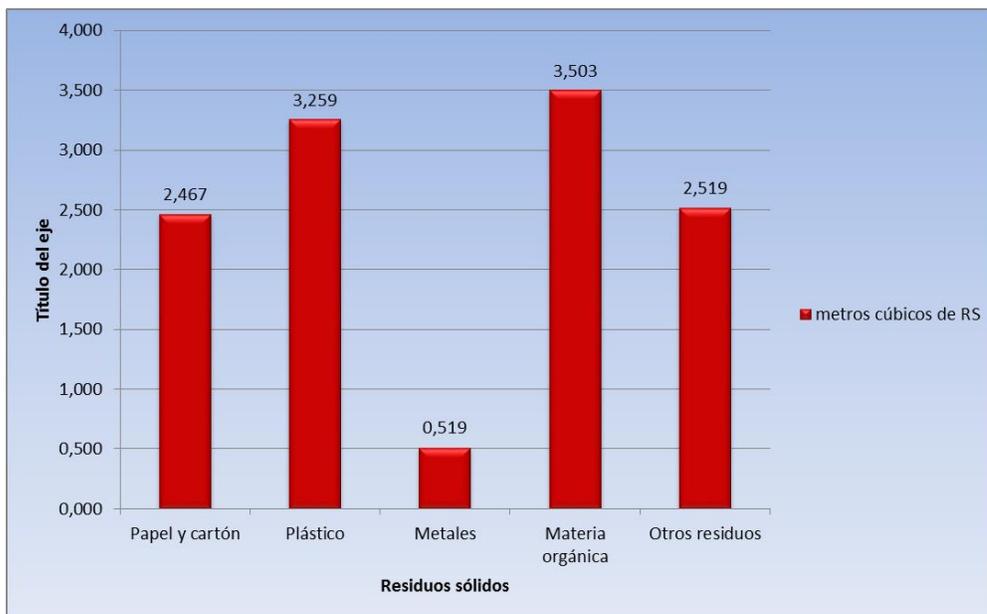
Luego de calcular los metros cúbicos de generación por cada material, se determinó la generación de cada uno al día en porcentaje como se muestra en la figura 16.

Figura 14. **Generación, en porcentaje de materiales por día, basado en la masa**



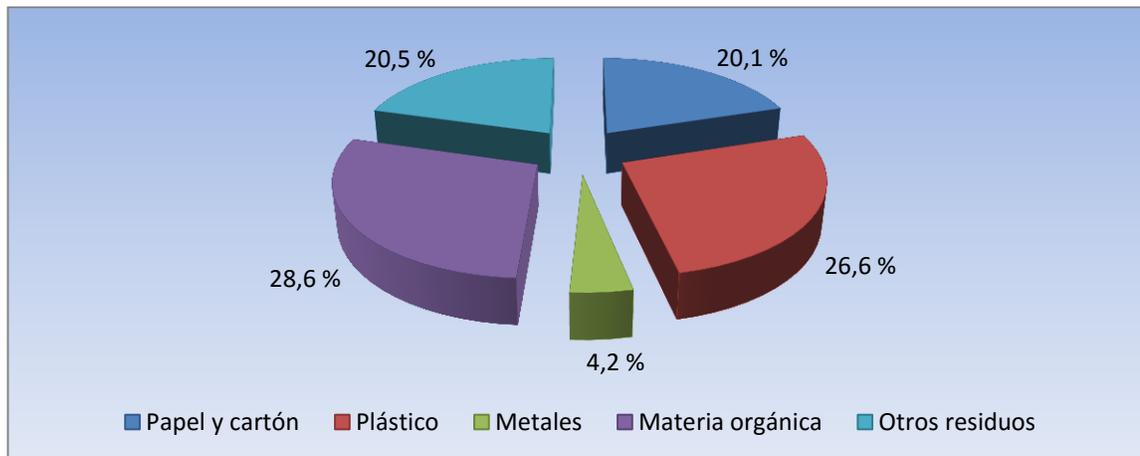
Fuente: elaboración propia.

Figura 15. **Metros cúbicos de cada material que se generan al día**



Fuente: elaboración propia.

Figura 16. **Generación, en porcentaje de materiales por día, basado en el volumen**



Fuente: elaboración propia.

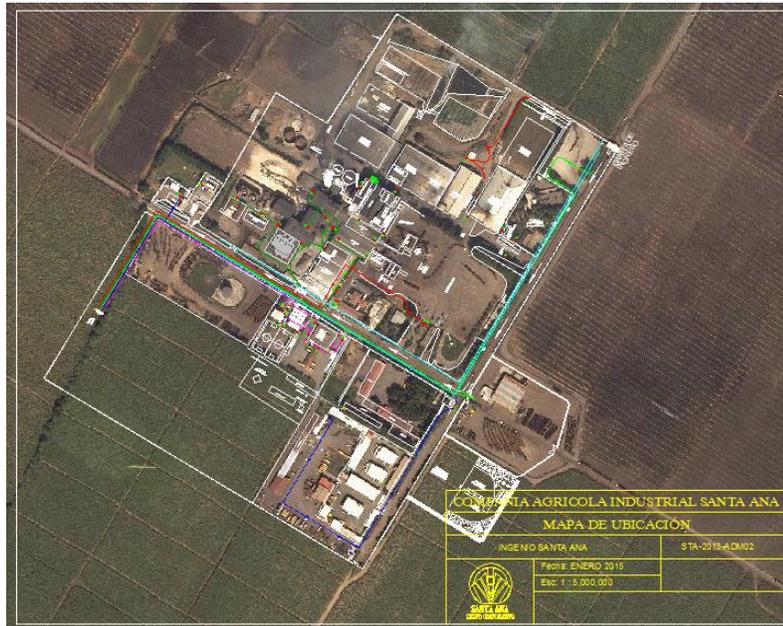
### 2.2.3. Recolección

Para esta etapa se identificó el recorrido de recolección, el método y el equipo utilizado, y el tiempo que tarda. A continuación se detallan estas actividades.

#### 2.2.3.1. Recorrido de recolección

Debido a que los depósitos se encuentran ubicados en diferentes puntos y áreas, se realizó un mapa para identificar las rutas y la secuencia de recolección (ver figura 17).

Figura 17. **Mapa de recorrido de recolección**



Fuente: elaboración propia.

### **2.2.3.2. Método de recolección**

La recolección de los residuos sólidos que se generan dentro de las instalaciones del Ingenio se realiza todos los días de forma manual. El transporte se hace con un vehículo enganchando un carretón. Estas actividades son llevadas a cabo por dos operarios que son los encargados de recolectar, transportar y además de eliminar los residuos.

### **2.2.3.3. Equipo de recolección**

Los operarios cuentan con materiales y equipos para llevar a cabo la recolección de los residuos, entre estos están: bolsas de basura, costales, desinfectante, equipo de seguridad industrial, una escoba y una pala.

Además, también está el vehículo con el que trasladan los residuos de los lugares de generación hasta el lugar de eliminación (ver figura 18).

Figura 18. **Vehículo de recolección**



Fuente: Ingenio Santa Ana.

#### **2.2.3.4. Tiempo de recolección**

Para llevar a cabo la recolección de los residuos es necesario disponer de tiempo, el cual es el recurso más importante para los trabajadores, debido a que se realiza en función de la cantidad de residuos y del lugar donde se generan.

#### **2.2.4. Tratamiento**

El tratamiento de residuos sólidos es llevado a cabo por medio del proceso de incineración que se detalla a continuación.

#### **2.2.4.1. Incineración**

El método de tratamiento o de eliminación de residuos que se utiliza en la actualidad es la incineración, el cual es un tratamiento térmico en el que se tratan los residuos con altas temperaturas, transformándolos en gases y cenizas.

Actualmente no se tiene ningún control sobre este método de eliminación de residuos, lo que significa que los residuos generados son los mismos que se introducen a los incineradores para eliminarlos.

#### **2.2.4.2. Capacidad instalada**

En la empresa tienen dos incineradores para eliminar los residuos, uno de ellos tiene una forma cilíndrica y una capacidad de 16,34 m<sup>3</sup>.

El segundo incinerador es rectangular y posee una capacidad de 16,00 m<sup>3</sup>. Ambos poseen una chimenea para expulsar los gases, además de dos compuertas, una para introducir los residuos y otra para extraer las cenizas que se generan como consecuencia a la combustión de estos.

#### **2.2.4.3. Rendimiento**

No todos los residuos tienen la propiedad de combustión, por ello es que los que no pueden introducirse al incinerador son depositados en el depósito de servicio externo.

Sin embargo, los materiales que sí pueden quemarse son introducidos a los incineradores, convirtiéndolos en cenizas en una relación aproximada de

5,82 %, es decir que, por cada 100 kg de residuos que se introduzcan a un incinerador, el mismo generará 5,82 kg de cenizas y la diferencia se transforma en gases.

## **2.2.5. Disposición final**

Debido a que no se tiene ningún método para la disposición final de los residuos sólidos, se contribuye ya sea directamente o indirectamente a causar daño al medio ambiente y a los recursos naturales como el agua, el aire y el suelo.

### **2.2.5.1. Contaminación de agua**

En términos generales, en muchas ocasiones el destino final de los residuos sólidos son los ríos, lagos y océanos, dañando la flora y fauna acuática. Además, provoca que ya no se pueda hacer uso del agua.

### **2.2.5.2. Contaminación de aire**

La actividad más común en el país como medida de eliminación de residuos es el uso de la incineración, sin embargo, esta genera una gran cantidad de gases que contribuyen a disminuir la calidad del aire que se respira en los alrededores.

### **2.2.5.3. Contaminación de suelo**

Además de la contaminación generada al agua y al aire, también se contribuye a dañar los suelos, debido que muchas veces los residuos no son

depositados en lugares adecuados, sino que son simplemente eliminados en cualquier lugar.

### **2.3. Sistema de gestión de residuos sólidos**

Consiste en proponer mejoras en el proceso de manejo de residuos sólidos del Ingenio Santa Ana, con la finalidad de minimizar los impactos negativos que los residuos provocan al medio ambiente.

Para lograrlo se propone el proceso que se observa en la figura 19, el cual, al igual que el diagrama de flujo de la línea base, se divide en cuatro subsistemas que abarcan todas las actividades del proceso.

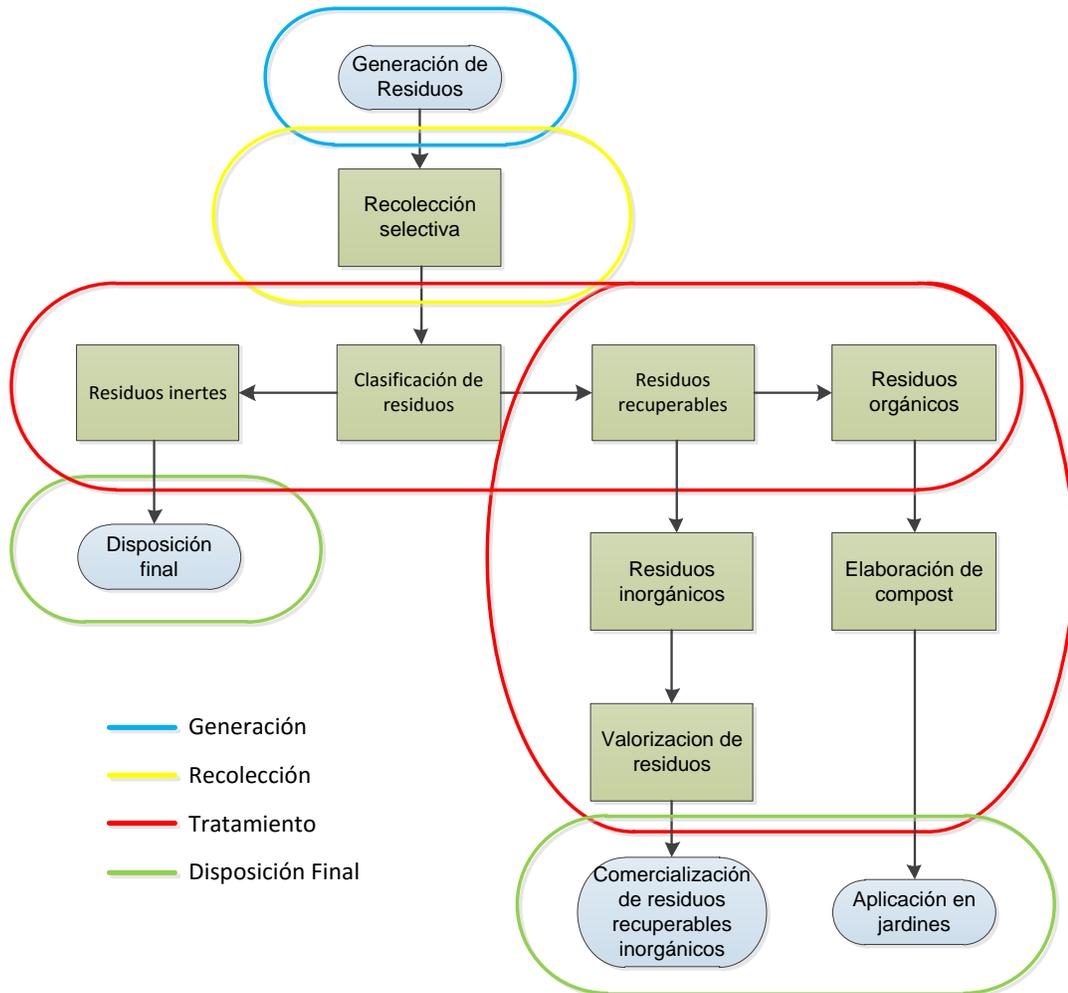
#### **2.3.1. Proceso de manejo residuos sólidos propuesto**

Las mejoras propuestas para el proceso de manejo de residuos sólidos se concentran en los cuatro subsistemas identificados, los cuales son: generación, recolección, tratamiento y disposición final.

La etapa de la generación es en la cual, un material que era destinado para una finalidad, pierde su función principal y se convierte en un residuo. Razón por la cual se propone la reducción de la generación, mediante una política empresarial.

Luego de buscar alternativas para reducir la generación de residuos, se desea modificar la metodología de la recolección, realizándola de una manera selectiva. Esto se realiza ubicando depósitos de almacenamiento temporal de residuos, donde se hará una preclasificación de los residuos para su posterior tratamiento.

Figura 19. **Flujograma del proceso de manejo de residuos sólidos propuesto**



Fuente: elaboración propia, con Microsoft Visio.

En el flujograma de la figura 19 se observan los cuatro subsistemas identificados por la siguiente coloración: generación color celeste, recolección color amarillo, tratamiento color rojo y disposición final color verde.

Como se mencionó anteriormente, el tratamiento utilizado actualmente para la eliminación de residuos es la incineración, sin embargo, este método causa efectos negativos en el medio ambiente. Por esta razón, se propone realizar una clasificación de residuos inertes y recuperables, con la finalidad de asignar un valor comercial a los mismos, convirtiéndolos en materias primas para algún tipo de proceso, como de reciclaje.

Por último, los residuos inertes que no posean ningún valor comercial se trasladarán hacia un lugar exclusivo para el depósito de los mismos. A continuación se detalla aún más sobre las alternativas de solución propuestas para cada subsistema que abarca el proceso de manejo de residuos sólidos.

### **2.3.2. Generación**

El mejor residuo es aquel que no se produce, por lo tanto, se debe prevenir la existencia de los mismos, haciéndose necesario la creación de una política empresarial que consiste en buscar el compromiso de todos los empleados de la empresa.

#### **2.3.2.1. Prevención de residuos**

Como parte de la estrategia para la prevención de residuos sólidos, el Ingenio Santa Ana opta por la filosofía conocida como las 3R que consiste en la reducción de los residuos generados, la reutilización de los que aún tienen la capacidad de hacerlo y reciclar los que se puedan.

#### **2.3.2.1.1. Reducir**

La reducción consiste en utilizar menos recursos, por lo que se deben realizar acciones para minimizar lo más posible la producción de objetos susceptibles de convertirse en residuos.

#### **2.3.2.1.2. Reusar**

Para la reutilización se busca alargar la vida del producto o recurso, por lo que se deben realizar acciones que permitan volver a emplear un producto para darle una segunda vida, con el mismo uso u otro diferente.

#### **2.3.2.1.3. Reciclar**

Rescatar lo posible de un material y convertirlo en un producto nuevo, es decir, el conjunto de acciones para recolectar y tratar los residuos, lo cual permite reintroducirlos en un nuevo ciclo vida.

### **2.3.2.2. Clasificación general**

Los residuos sólidos generados se clasificaron en dos grandes grupos para contribuir a facilitar su manejo, el primer grupo fue denominado como los residuos potencialmente recuperables y el segundo grupo como residuos inertes, también llamados no recuperables.

#### **2.3.2.2.1. Residuos recuperables**

Los residuos denominados potencialmente recuperables son todos aquellos que pueden ser aprovechados o reciclados con la finalidad de obtener

algún tipo de beneficio. Entre estos se encuentran los de carácter inorgánico y los de carácter orgánico.

- Residuos inorgánicos

Los residuos potencialmente recuperables de carácter inorgánico son aquellos que pueden sufrir un proceso de transformación para crear nuevos productos, con la característica que para su degradación tienen que pasar muchos años.

- Residuos orgánicos

Los residuos potencialmente recuperables de carácter orgánico son aquellos con los que también se pueden producir otros productos pero por medio de la degradación aeróbica o anaeróbica, con la diferencia que la descomposición es mucho más rápida.

#### **2.3.2.2. Residuos inertes**

Los residuos denominados inertes o no recuperables son todos aquellos materiales que no pueden sufrir ningún proceso de transformación y no se puede obtener ningún beneficio de ellos.

#### **2.3.3. Recolección**

En esta etapa se busca realizar una recolección selectiva, en la cual inicialmente se haya elaborado una clasificación de los residuos recuperables e inertes, para su posterior recolección.

### 2.3.3.1. Recolección selectiva

Posteriormente a implementar la filosofía de las 3R y de realizar una clasificación general de residuos, fue necesario asignar una coloración a cada material que tiene la capacidad de ser recuperado, como papel y cartón, plástico, metales como el aluminio, algunos vidrios y los materiales orgánicos. También se asignó un color para los residuos inertes, los cuales fueron denominados como otros residuos.

Figura 20. Clasificación de los residuos recuperables e inertes



Fuente: Departamento de Gestión de Calidad del Ingenio Santa Ana.

En la figura 20 se observan los diseños donde se le asignó un color a cada material recuperable e inerte, estos fueron elaborados en el Departamento de Gestión de Calidad del Ingenio Santa Ana. Para identificar al papel y cartón, se usó color azul; para los plásticos, color verde; para los metales, en especial el aluminio, color amarillo; para los residuos orgánicos, color gris; para algunos vidrios, color rojo y, por último, para los residuos inertes u otros residuos color negro.

Dicha actividad se realizó con la finalidad de facilitar la operación de recolección de los residuos sólidos, debido a que, al momento de hacerlo, existirá una clasificación previa que reduciría el tiempo para la clasificación y valorización en la etapa de tratamiento.

Luego de asignar la coloración para la recolección selectiva de cada tipo de residuo, fueron ubicados depósitos de almacenamiento temporal con esos colores en todos los lugares donde anteriormente se ubicaban los depósitos iniciales. En la figura 21 se observa la ubicación de un grupo de depósitos para la recolección selectiva.

Figura 21. **Depósitos para la recolección selectiva**



Fuente: Ingenio Santa Ana.

### **2.3.3.2. Volumen máximo de recolección**

Para la recolección de los residuos hay un carretón que los transporta, el cual tiene las siguientes dimensiones:

Ancho = 1,80 m

Largo = 3,00 m

Altura = 1,00 m

Por medio de la ecuación del volumen de un rectángulo, se determina que el carretón tiene una capacidad de 5,40 metros cúbicos.

$$V = 1,80 * 3,00 * 1,00$$

$$V = 5,40 \text{ m}^3$$

Este valor de volumen encontrado indica la cantidad máxima que se puede recolectar en una sola ruta.

### **2.3.3.3. Frecuencia de recolección**

Actualmente la recolección de residuos se realiza en todos los depósitos todos los días, sin importar si alguno contiene residuos o no. Esto significa que existen muchos casos en los que se visitan los depósitos que no contienen residuos, provocando pérdida de tiempo y de recursos.

Para contrarrestar este inconveniente, se estimó, como parámetro para realizar la recolección, el 50 % de capacidad de los depósitos de almacenamiento temporal para los residuos de carácter inorgánico (para residuos orgánicos la frecuencia es diaria). Es decir que, cuando cada uno de

los depósitos contenga como mínimo la mitad de su capacidad, se debe realizar la recolección en ellos.

La capacidad máxima que puede almacenar cada uno de los depósitos es de aproximadamente 0,212 m<sup>3</sup> y su capacidad mínima es de 0,106 m<sup>3</sup>, que es el 50 % definido como parámetro para realizar la recolección.

Al momento de determinar ambos valores y el valor de generación diario determinado en la línea base, se hace una relación que los involucre y se logre determinar cuánto tiempo debe esperarse para que se alcance el 50 % de capacidad de cada depósito (ver tabla III).

Tabla III. **Volumen que en promedio contiene cada depósito, el 50 % de capacidad los depósitos y la relación de la capacidad mínima con el volumen promedio que contienen**

Depósito	Volumen de generación diario (m <sup>3</sup> )	50 % de capacidad	Frecuencia (días)
6	0,009	0,106	11
35	0,017	0,106	6
67	0,017	0,106	6
38	0,02	0,106	5
9	0,025	0,106	4
2	0,029	0,106	4
8	0,032	0,106	3
31	0,047	0,106	2
30	0,053	0,106	2
7	0,055	0,106	2
78	0,062	0,106	2

Continuación de la tabla III.

29	0,066	0,106	2
10	0,066	0,106	2
56	0,066	0,106	2
18-19	0,074	0,106	1
77	0,074	0,106	1
3	0,076	0,106	1
28	0,081	0,106	1
65	0,083	0,106	1
1	0,089	0,106	1
12	0,091	0,106	1
33	0,096	0,106	1
4	0,106	0,106	1
32	0,11	0,106	1
5	0,134	0,106	1
11	0,136	0,106	1
59	0,151	0,106	1
27	0,183	0,106	1
36-37	0,234	0,106	0
16	0,293	0,106	0
DAM-4	0,31	0,106	0
14	0,491	0,106	0
20-26	0,731	0,106	0
DB-5	3,6	0,106	0
DB-1 <sup>a</sup>	4,56	0,106	0

Fuente: elaboración propia.

Con base en los resultados mostrados en la tabla III se logra hacer una clasificación en función de la prioridad de frecuencia, como se muestra a continuación:

Volúmenes 0 – 1	Frecuencia alta
Volúmenes > 1	Frecuencia baja

Lo que significa que los depósitos que generen el 50 % de su capacidad en un día o menos tendrán una frecuencia de recolección alta y los depósitos que lo hagan en más de un día, tendrán una frecuencia de recolección baja.

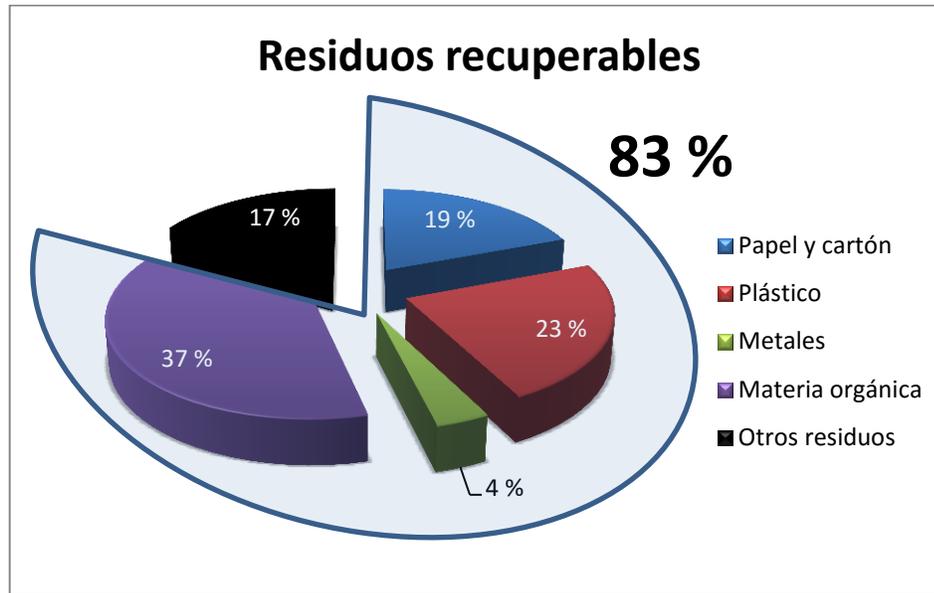
#### **2.3.4. Tratamiento**

Como medida de tratamiento para el manejo de residuos sólidos se propone realizar una separación entre los residuos denominados recuperables (RR) y los residuos inertes (RI), para luego comercializar los RR a empresas que se dediquen a reciclar y darle un uso productivo a dichos materiales. Además, con esta actividad se busca reducir el uso de los incineradores y minimizar los impactos negativos hacia el medio ambiente.

##### **2.3.4.1. Identificación de residuos recuperables**

Con base en los resultados obtenidos en las mediciones de residuos sólidos y de identificar los materiales que pueden ser recuperables, se realiza una suma de dichos valores, logrando determinar que aproximadamente el 83 % de los residuos generados son potencialmente recuperables, (ver figura 22).

Figura 22. **Porcentaje de residuos recuperables**



Fuente: elaboración propia.

#### **2.3.4.2. Identificación de residuos inertes**

De igual forma que en los residuos recuperables, se suma los valores de cada residuo denominado inerte (residuos que no se pueden recuperar) y se logró determinar que aproximadamente un 17 % de los residuos generados corresponden a dicha clasificación (ver figura 22).

#### **2.3.4.3. Valorización de residuos recuperables**

La valorización de los residuos sólidos consiste en asignarles un precio de mercado a cada residuo recuperable y determinar el beneficio que se puede obtener de cada uno, si se realizara la actividad de clasificación y comercialización (ver tabla IV).

Tabla IV. **Listado de precios de mercado de residuos sólidos (quetzales por kilogramos)**

Residuos	Precios		Precio promedio
	Bajos	Altos	
Plástico	Q0,58	Q1,05	Q0,60
Papel y cartón	Q0,12	Q0,18	Q0,15
Metales	Q1,08	Q2,06	Q1,57
Materia orgánica	Q1,50	Q2,00	Q1,75

Fuente: EXPRORE, S. A.

Los precios de los residuos sólidos se observan en la tabla IV, dichos valores están dados en un rango desde los más bajos hasta los más altos, calculados con base en las negociaciones que se realizaron con empresas dedicadas a la compra de residuos sólidos. Además, con dichos valores se calcula un precio promedio, este último es el que se utiliza para realizar el cálculo de ingresos por la venta de residuos sólidos (ver tabla V).

Tabla V. **Posibles ingresos obtenidos por la venta de residuos sólidos**

Residuos	Cálculo	Ingreso
Plástico	$1\ 185,27 * 0,23 * 0,60$	Q 164.53
Papel y cartón	$1\ 185,27 * 0,19 * 0,15$	Q 34,25
Metales	$1\ 185,27 * 0,04 * 1,57$	Q 68,69
Materia orgánica	$1\ 185,27 * 0,37 * 1,75$	Q 334.92
	Ingreso diario	Q 602.39
	Ingreso anual	Q144 573.69

Fuente: elaboración propia.

Luego de determinar los residuos que son recuperables, el porcentaje que le corresponde a cada uno y calcular el precio de cada uno de los residuos, se realiza el cálculo del ingreso promedio diario y anual que se puede obtener al comercializar los residuos recuperables, dichos valores se observan en la tabla V.

### **2.3.5. Disposición final**

Como ya se ha descrito anteriormente el modelo del sistema de gestión de residuos sólidos, consiste en buscar alternativas como la reducción en la etapa de generación, mejoras en el método de recolección, aprovechar el porcentaje de residuos que son considerados como recuperables y obtener algún beneficio de ellos, pero por último es necesario considerar el porcentaje de residuos inertes pero buscando la manera que cause menores daños al medio ambiente.

#### **2.3.5.1. Eliminación de residuos inertes**

La opción propuesta para la eliminación de los residuos inertes es el diseño de un espacio físico controlado, en el cual se puedan depositar todos aquellos materiales de los que no se obtenga ningún beneficio y evitar que se encuentren expuestos al aire libre, disminuyendo los impactos negativos al medio ambiente.

#### **2.3.5.2. Diseño de espacio físico controlado**

Para el diseño de un espacio físico controlado, es necesario realizar un análisis del volumen de residuos que se generan para que, con base en este, se determine el espacio que se requiere para depositar los residuos y el material de cobertura.

Para el primer caso, que es analizar el volumen de residuos inertes, se utilizan los valores calculados en la línea base. El volumen total generado en todas las áreas asciende a 12,266 m<sup>3</sup>, de los cuales aproximadamente un 20 % equivale a los residuos no recuperables que son los que deben ser depositados en el espacio físico controlado. El cálculo de la unidad diaria generada en metros cúbicos se observa a continuación:

$$Ud = 12,266 * 0,20 * 1,20 = 2,23 \text{ m}^3$$

Aplicando un factor de corrección del 20 % se logra calcular que el volumen de la unidad diaria generada es de aproximadamente 2,23 m<sup>3</sup>.

Luego de calcular la unidad diaria generada, se determina el volumen del material de cobertura, dicho valor es recomendado en un 35 % del valor de la celda unitaria (Peñaloza, 1998). Por lo que es necesario estimarlo con la siguiente ecuación:

$$Mc = 2,23 * 0,35 = 0,78 \text{ m}^3$$

Al sumar el valor de la unidad diaria generada con el valor del material de cobertura, da un volumen diario de 3,01 m<sup>3</sup>. Por lo tanto, es necesario elegir un área donde se pueda ocupar este volumen o en el mejor de los casos, realizar un pronóstico de cuánto espacio se necesita para unos 20 años, que es un tiempo prudencial. Para este caso se determina un área necesaria de:

$$V = \frac{3,01 \text{ m}^3}{\text{dia}} * \frac{30 \text{ dias}}{\text{mes}} * \frac{12 \text{ meses}}{\text{año}} * 20 \text{ años} = 21\,672,00 \text{ m}^3$$

### **2.3.5.3. Tratamiento de gases y lixiviados**

Paralelamente al diseño del espacio físico controlado, se deben considerar dos aspectos muy importantes: el tratamiento de gases y el tratamiento de lixiviados.

Para el caso del tratamiento de gases, es necesaria la construcción de pozos verticales que sirvan para la liberación de los gases generados como consecuencia a la degradación de los residuos depositados en este lugar. Dichos pozos deben estar cimentados en la superficie inicial y elevarse más alto que la cobertura final.

Al igual que al considerar los gases generados, también es necesario realizar un tratamiento a los lixiviados que son generados como producto de la descomposición y de la precipitación del sector, por ello es necesario tener una red de drenajes en la parte inferior del espacio físico controlado que sirvan para captar y transportar los líquidos hacia un lugar seguro.

## **2.4. Costos de la propuesta**

Como toda propuesta de mejora, es necesario estimar costos para desarrollar el proyecto y para que los mismos sirvan de parámetro para tomar decisiones. En la tabla VI se observan los costos anuales en los que hay que incurrir para desarrollar el sistema de gestión de residuos sólidos.

En la etapa de generación, es necesario desarrollar la filosofía para la reducción de residuos, razón por la cual se calcula un costo para la filosofía de reducir, de reusar y de reciclar de Q 2 000,00 cada una. Además, en esta etapa

es necesario contar con metodologías para dar a conocer el proyecto, por ello es indispensable incurrir en costos por concepto de publicidad.

En la etapa de recolección es necesario invertir en la implementación de los depósitos de almacenamiento temporal de residuos y su coloración respectiva, cada uno de estos depósitos tiene un valor de Q 50,00 y se requieren 35 unidades para cada clasificación de residuo. Sin embargo, no es el único costo, en este rubro también se incluyen los costos de mano de obra no calificada asignando un salario de Q 2 060,00 mensual, con prestaciones de ley. Además, otros costos como el combustible del vehículo y equipo de recolección.

En la etapa de tratamiento de residuos, se asignó un costo para las actividades de clasificación de residuos, almacenamiento y comercialización, debido a que estas tres actividades demandan tiempo de los operarios, quienes dejan de cumplir otras funciones para realizarlas. Además, el equipo utilizado por el personal también representa un costo.

Por último, la etapa de disposición representa un costo para las actividades de eliminación segura de los residuos sólidos, para realizar investigaciones para el tratamiento de lixiviados y la eliminación de otros residuos, también para el control y la supervisión de la disposición final.

Luego de realizar el cálculo y el análisis de los costos que involucran tanto el diseño como el desarrollo del proyecto del sistema de gestión de residuos, se identificó que el costo total del proyecto asciende a la cantidad de doscientos noventa y nueve mil trescientos treinta quetzales exactos.

Tabla VI. Costos del sistema de gestión de residuos sólidos

No.	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	UNIDAD	PRECIO UNITARIO	PRECIO TOTAL
<b>1</b>	<b>GENERACIÓN</b>				
1.1	Filosofía de reducir	1	ud	Q 2 000,00	Q 2 000,00
1.2	Filosofía de reusar	1	ud	Q 2 000,00	Q 2 000,00
1.3	Filosofía de reciclar	1	ud	Q 2 000,00	Q 2 000,00
1.4	Publicidad para implementación	1	ud	Q 2 500,00	Q 2 500,00
<b>COSTO TOTAL DE GENERACIÓN</b>					<b>Q 8 500,00</b>
<b>2</b>	<b>RECOLECCIÓN</b>				
2.1	Depósitos papel y cartón	35	ud	Q 50,00	Q 1 750,00
2.2	Depósitos plástico	35	ud	Q 50,00	Q 1 750,00
2.3	Depósitos aluminio	35	ud	Q 50,00	Q 1 750,00
2.4	Depósitos orgánico	35	ud	Q 50,00	Q 1 750,00
2.5	Depósitos vidrio	35	ud	Q 50,00	Q 1 750,00
2.6	Depósitos otros residuos	35	ud	Q 50,00	Q 1 750,00
2.7	Stiguers para depósitos	210	ud	Q 3,00	Q 630,00
2.8	Mano de obra no calificada	5	ud	Q 28 840,00	Q 144 200,00
2.9	Combustible	2500	gal	Q 30,00	Q 75 000,00
2.10	Equipo de recolección	5	ud	Q 500,00	Q 2 500,00
2.11	Gastos sobre vehículo de recolección	1	ud	Q 1 500,00	Q 1 500,00
<b>COSTO TOTAL DE RECOLECCIÓN</b>					<b>Q 234 330,00</b>
<b>3</b>	<b>TRATAMIENTO</b>				
3.1	Actividad de clasificación RS	1	ud	Q 1 000,00	Q 1 000,00
3.2	Equipo para clasificación RS	1	ud	Q 1 000,00	Q 1 000,00
3.3	Almacenamiento RS	1	ud	Q 6 000,00	Q 6 000,00
3.4	Actividad de comercialización RS	1	ud	Q 2 500,00	Q 2 500,00
<b>COSTO TOTAL DE TRATAMIENTO</b>					<b>Q 10 500,00</b>
<b>4</b>	<b>DISPOSICIÓN FINAL</b>				
4.1	Eliminación residuos inertes	1	ud	Q 10 000,00	Q 10 000,00
4.2	Diseño de espacio controlado	1	ud	Q 15 000,00	Q 15 000,00
4.3	Tratamiento de gases y lixiviados	1	ud	Q 16 000,00	Q 16 000,00
4.4	Gastos de operación y control	1	ud	Q 5 000,00	Q 5 000,00
<b>COSTO TOTAL DE DISPOSICIÓN FINAL</b>					<b>Q 46 000,00</b>
<b>COSTO TOTAL DE LA PROPUESTA</b>					<b>Q 299 330,00</b>

Fuente: elaboración propia.



### **3. FASE DE INVESTIGACIÓN. PROPUESTA PARA LA ELABORACIÓN DE COMPOST**

#### **3.1. Diagnóstico de la situación actual**

Con base en el análisis desarrollado para la elaboración del sistema de gestión de residuos sólidos generados en el Ingenio Santa Ana, se identificó la necesidad de desarrollar una investigación que abarcara exclusivamente el tratamiento de los residuos sólidos de carácter orgánico. Dichos residuos provocan complicaciones a la empresa debido a que generan olores desagradables y la atracción de roedores e insectos que pueden transmitir enfermedades al personal de la empresa o causar algún daño al producto terminado ubicado en bodegas.

##### **3.1.1. Identificación del problema**

Diariamente se generan aproximadamente 1 185,27 kg de residuos sólidos, de los cuales el 37 % corresponde a los residuos de carácter orgánico, dando como equivalente 438,55 kilogramos de residuos orgánicos. Por esta razón es necesario realizar un tratamiento para la eliminación segura y responsable de estos materiales.

##### **3.1.2. Planteamiento del problema**

La generación de residuos orgánicos generados en la planta de producción del Ingenio Santa Ana provoca olores desagradables, atracción de

roedores e insectos, enfermedades y una imagen negativa en materia ambiental para la empresa.

Por todo lo anterior, se desea realizar una investigación donde se elabore compost a partir de los residuos orgánicos que se generan dentro de la planta de producción de azúcar del Ingenio Santa Ana. A continuación se detalla cual fue la metodología utilizada, los recursos necesarios y los resultados obtenidos luego de realizar la investigación.

### **3.2. Metodología para la elaboración de compost**

- Selección de residuos: para realizar el experimento es necesario seleccionar los residuos únicamente de carácter orgánico, los cuales sufren una descomposición biológica y dan origen al material denominado compost.
- Selección de áreas generadoras de residuos: dentro de las instalaciones del ingenio, se identificaron cuatro áreas generadoras de residuos orgánicos, las cuales son: cocina administrativa, cocina industrial, jardinería y ASTISA.
- Clasificación: cada área generadora deberá realizar la clasificación adecuada de los residuos orgánicos, es decir, separarlos de los demás tipos de residuos que se generan y depositarlos en recipientes destinados exclusivamente para estos materiales.
- Recolección: para el área de cocina administrativa, el lugar de recolección se realizará en el mismo lugar de generación; para el caso de las otras tres áreas, los residuos que generen los deben trasladar al

depósito número 5, en el cual se realizará su recolección. La frecuencia de recolección debe ser diaria para evitar la presencia de vectores y olores desagradables.

- Área de experimentación: luego de la recolección de los residuos orgánicos, estos deben ser transportados a los campos de cachaza donde se realizará el experimento. El área destinada para la investigación es de dos superficies de aproximadamente 500 m<sup>2</sup> cada una, con dimensiones de 5 \* 100 m de ancho y largo respectivamente.
- Apilado: consiste en combinar los residuos orgánicos con cachaza en una proporción de 1:1 es decir, 50 % de material orgánico y 50 % de cachaza, cubriendo en su totalidad el área destinada para la experimentación.
- Aireación o volteo: para que se desarrolle el experimento es necesario introducir oxígeno en el interior de la pila, razón por la cual se deben realizar volteos con una frecuencia en función de la humedad que posea el material y el grado de descomposición.
- Mediciones: como parte del experimento es necesario realizar mediciones de algunas propiedades y analizar el comportamiento del material. Estas mediciones se realizarán semanalmente. Entre las mediciones a realizarse se encuentran: temperatura, pH, olor, coloración y textura.
- Tiempo de experimentación: el experimento se realizará en aproximadamente 6 meses, durante los cuales realizarán todas las actividades necesarias para la obtención del compost.

### **3.3. Materiales y equipo para la elaboración de compost**

Para llevar a cabo la metodología propuesta para la elaboración de abono orgánico a partir de los residuos orgánicos producidos en el Ingenio Santa Ana, es necesario contar con los materiales y equipos siguientes.

#### **3.3.1. Materiales**

Como materia prima se utilizarán los residuos orgánicos que provienen de la cocina industrial, concina administrativa, cocina de ASTISA y los residuos provenientes del mantenimiento de los jardines.

Ademas se usará cachaza, la cual proviene del proceso industrial de fabricación de azúcar, dicho material se mezclará con los residuos orgánicos.

#### **3.3.2. Equipo**

Se cuenta con un tractor, el cual tiene un implemento que es utilizado para voltear la cachaza y también servirá para voltear y aerear los materiales a compostar.

También se cuenta con el equipo para realizar las mediciones de temperatura, pH y las variables organolépticas.

### **3.4. Resultados y discusión de resultados**

En un período de aproximadamente 6 meses se realizó un análisis del comportamiento de la descomposición de los residuos orgánicos mezclados con cachaza, a los mismos se le realizaron análisis tanto físicos, como químicos y

organolépticos, con la finalidad de identificar sus propiedades y sus características.

### **3.4.1. Análisis físico**

Al inicio, en el desarrollo y al final del experimento se realizaron varios análisis físicos, entre los que se encuentran: la medición de la temperatura, el contenido de humedad, el pH y el rendimiento obtenido (ver figura 23).

Figura 23. **Extracción de muestras**



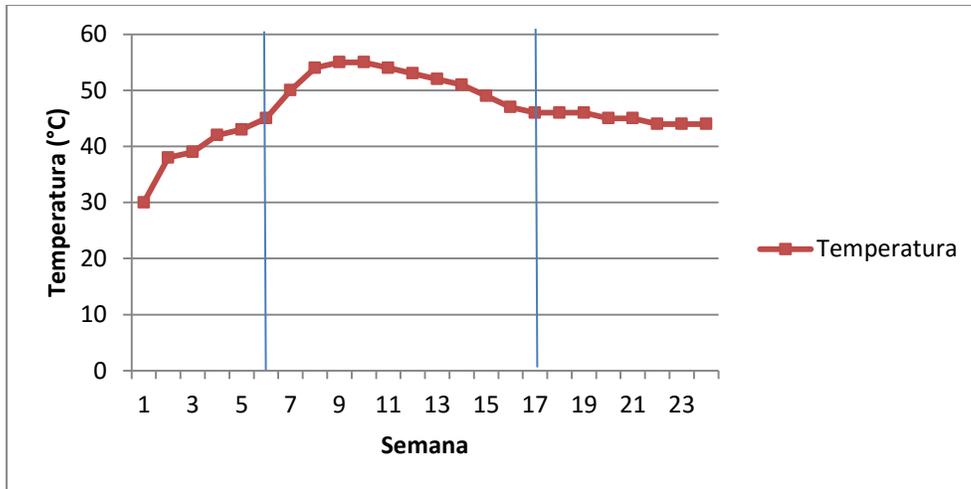
Fuente: Ingenio Santa Ana .

#### **3.4.1.1. Temperatura**

La toma de temperatura se realizó dos veces por semana, con la finalidad de calcular una temperatura promedio por semana y determinar el comportamiento que tuvo la misma en los seis meses. En la figura 24 se

muestra el comportamiento de la curva de temperatura en el tiempo en el que fue evaluada dicha propiedad.

Figura 24. **Curva de temperatura**



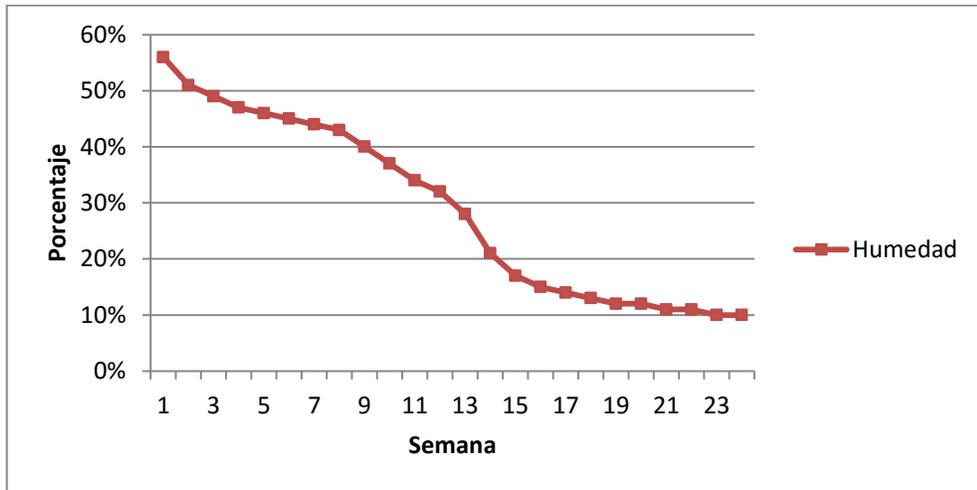
Fuente: elaboración propia.

### 3.4.1.2. **Contenido de humedad**

De igual forma que en la toma de temperatura, se inició a tomar muestras de contenido de humedad dos veces por semana, para determinar un promedio semanal de contenido de humedad.

Sin embargo, no se pudo continuar con dicha medición debido a que la precipitación de la región es muy cambiante y hubo lluvias inesperadas, razón por la cual no se logró tener una curva específica para dicha variable. En la figura 25 se observa la curva de contenido de humedad esperada para el experimento.

Figura 25. **Curva de contenido de humedad esperada**

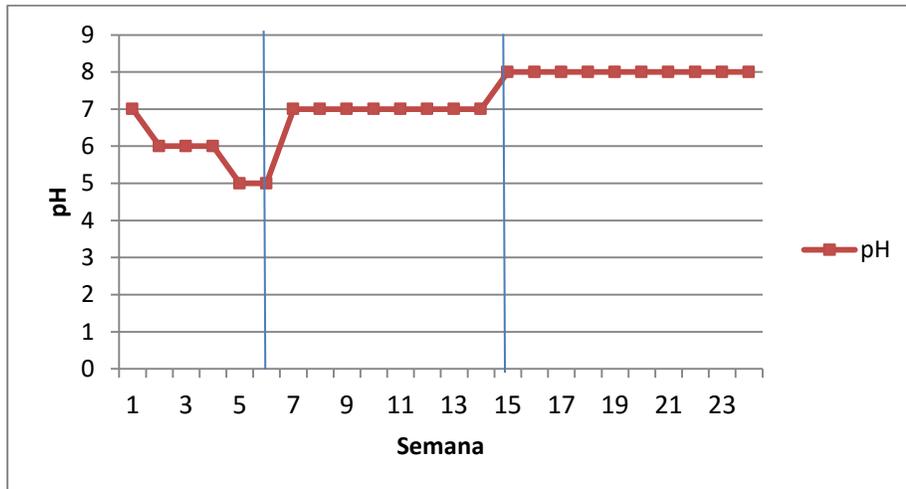


Fuente: elaboración propia.

### 3.4.1.3. pH

La medición de pH se realizó directamente en el campo de experimentación, sin embargo, no se contaba con el equipo óptimo para obtener dicha información. Por esta razón la medición se realizó de manera cualitativa con papel tornasol, que cuando entra en contacto con el material cambia de color, el cual se asocia a un valor pH. Como se muestra en la figura 26, la curva tiene quiebres muy marcados producto de la falta de precisión.

Figura 26. Curva de pH



Fuente: elaboración propia.

#### 3.4.1.4. Rendimiento

Al momento de analizar la relación de volumen inicial y el volumen final, se logra determinar un rendimiento de aproximadamente 43,5 %. Valor con el que se puede inferir que más de la mitad del material inicial se pierde en el proceso de descomposición.

#### 3.4.2. Discusión análisis físico

La variable física más importante en el desarrollo del experimento es la temperatura, debido a que en función de esta depende la actividad microbiana que es la encargada de la descomposición de los residuos orgánicos. En la primera fase, actúan los microorganismos mesófilos que son aquellos que se encargan de la nitrificación y oxidación de compuestos reducidos de azufre y fósforo.

El rango de temperatura en que oscilan los microorganismos mesófilos es desde temperatura ambiente hasta 45 °C. Para el caso del material experimental, como se logra apreciar en la figura 15, al inicio hubo un cambio acelerado de temperatura ocasionado por los microorganismos mesófilos hasta llegar a una temperatura superior a los 45 °C, que es donde se da origen a la actividad microbiana termófila, la cual es debida a la acción de bacilos y actinomicetos termófilos. Normalmente, en esta etapa se eliminan todos los mesófilos patógenos, hongos, esporas, semillas y elementos biológicos indeseables.

La temperatura máxima alcanzada fue de aproximadamente 60 °C, luego descendió lentamente hasta en un punto donde se logró estabilizar a unos 42 °C. Con estos valores se identifica que existió una actividad termófila que poco a poco fue desapareciendo, dando origen a una segunda actividad mesófila o mejor conocida como la etapa de maduración.

El contenido de humedad fue una variable física que no se logró medir debido a las precipitaciones que se dan en la región. Sin embargo, en la figura 16 se observa la tendencia que debería tener el material de experimentación, valores que significan que la humedad debe perderse proporcionalmente a medida que la carga microbiana también disminuye.

El potencial de hidrógeno, mejor conocido como pH, es el indicador que sirve para determinar la acidez del material de experimentación y el mismo se encuentra en función de la carga microbiana que actúa. Para este caso, el pH descendió de forma muy acelerada en las primeras semanas, lo que demuestra que la carga microbiana mesófila fue elevada, sin embargo, al pasar a la etapa termófila, la carga microbiana disminuyó y el pH se estabilizó lentamente en valores neutros. En la etapa de maduración se elevó aún más a un pH alcalino.

El último análisis físico que se realizó fue el del rendimiento obtenido, el cual consistió en determinar una relación entre el material inicial que se preparó para que compostara y el material final que se obtuvo, dando como resultado 43,5 %, valor que indica que en el proceso de descomposición se pierde más de la mitad del material inicial.

### 3.4.3. Análisis químico

Además de los análisis físicos realizados al material, también se le realizaron análisis químicos, los cuales consistieron en extraer muestras del área de experimentación y llevarlas al Laboratorio de Suelos de la Escuela Nacional Central de Agricultura (ENCA).

#### 3.4.3.1. Macro y microelementos

En el Laboratorio de Suelos de la ENCA se realizó un análisis químico para determinar los macro y microelementos que contiene el compost. Para esto se realizaron dos pruebas, una al inicio del experimento y otra a los 6 meses, cuando se concluyó el experimento, los resultados se observan en la tabla VII.

Tabla VII. **Macro y microelementos del compost**

Muestra	Porcentajes					Partes por millón			
	N	P	K	Ca	Mg	Cu	Zn	Fe	Mn
Inicial	0,33	0,43	0,40	3,19	0,20	21	42	1 315	152
Final	0,36	0,42	0,16	1,32	0,06	10	11	819	136

Fuente: Laboratorio de Suelos de la ENCA.

### 3.4.3.2. Materia orgánica

Conjuntamente con el análisis de macro y microelementos, se analiza el porcentaje de materia orgánica y de carbono orgánico (ver tabla VIII).

Tabla VIII. **Contenido de materia orgánica y carbono orgánico**

Muestra	Materia orgánica (%)	Carbono orgánico (%)
Inicial	24,41	14,19
Final	20,41	11,87

Fuente: Laboratorio de Suelos de la ENCA.

### 3.4.3.3. Relación CN

Con base en los valores de carbono orgánico y nitrógeno que contiene el compost, se puede estimar la relación carbono/nitrógeno que existe entre ambos elementos, dicha relación indica la madurez del compost (ver tabla IX).

Tabla IX. **Resultados de la relación CN**

Inicio	43
Final	32

Fuente: elaboración propia.

#### **3.4.4. Discusión análisis químico**

Para el análisis químico se extrajo una muestra del material de experimentación al inicio del proceso de descomposición, es decir material que tenía aproximadamente 2 semanas en tratamiento (muestra inicial), y también se extrajo una segunda muestra de aproximadamente 6 meses en descomposición (muestra final). Ambas muestras fueron examinadas en el Laboratorio de Suelos de la ENCA, los resultados fueron el porcentaje que corresponde a cada macroelemento y las partes por millón de los microelementos. Además, también se determinó el porcentaje de materia orgánica y el carbono orgánico.

Los macroelementos más importantes son el nitrógeno (N), el fósforo (P) y potasio (K), estos tres elementos son los que contribuyen en gran parte en el desarrollo y crecimiento de las plantas.

Los valores de los elementos son comparados con la muestra inicial y la muestra final y se observa que existieron cambios positivos y negativos. Los responsables de estos cambios son los microorganismos que actúan en la descomposición. Por ejemplo, en el caso del nitrógeno, que fue uno de los elementos que tuvo un cambio positivo, es debido a que los microorganismos mesófilos cuando realizan su trabajo descomponen otros nutrientes y generan que aumente la concentración del nitrógeno.

El indicador más importante en el análisis químico es la relación C/N que es la que indica el grado de madurez del compost. Además de indicar la madurez, indica cómo reaccionó el experimento, es decir, demuestra si fue un proceso de mineralización o de inmovilización.

Debido a que la relación inicial era de 43 y luego descendió a 32, significa que fue un proceso de mineralización. Se concluye que, en caso de ser aplicado como abono a una planta, provocará que los nutrientes que del suelo como del abono estarán más disponibles para que la planta los absorba rápidamente y de forma más fácil.

### **3.4.5. Análisis organoléptico**

Además de realizar los análisis cuantitativos físicos y químicos, también se realizó un análisis de carácter cualitativo, en el cual se identificó el comportamiento de variables organolépticas como olor, color y textura.

#### **3.4.5.1. Olor**

En el desarrollo del experimento se pudo determinar que el compost no posee un olor específico, sin embargo, los lixiviados que genera y que se encuentran en la parte inferior de las pilas sí poseen olores desagradables, razón por la cual al momento de realizar una supervisión en el campo de experimentación se perciben malos olores.

#### **3.4.5.2. Color**

El color del material es cambiante a medida que transcurre el tiempo y la fase de descomposición. Al inicio del experimento se observa una heterogeneidad de color debido a la materia orgánica está fresca. Sin embargo, al momento de iniciar la descomposición, se genera un producto que tiene un color café claro que posteriormente va cambiando y se va tornando en un color café oscuro.

### **3.4.5.3. Textura**

La textura está directamente relacionada con el color y el contenido de humedad. Cuando el material es de color café claro, se logra apreciar una textura pastosa con un alto contenido de humedad. Sin embargo, a medida que desciende el contenido de humedad y avanza el proceso de descomposición, la textura tiende a ser muy parecida a la tierra común.

### **3.4.6. Discusión análisis organoléptico**

El último análisis realizado fue el organoléptico, que es aquel que se hace usando los sentidos y por ello se analizó el comportamiento del color, olor y textura que se obtuvo en el desarrollo del experimento.

Tanto el color como la textura cambiaron a medida que la descomposición del material avanzaba, al momento de finalizar el experimento el color del material fue café oscuro y la textura fue parecida a la de tierra.

Durante el desarrollo del experimento el material no tenía olor, únicamente los lixiviados que filtraba, estos últimos generaban olores desagradables (ver figura 27).

Figura 27. **Análisis organoléptico**



Fuente: Ingenio Santa Ana.

### **3.5. Costos de la propuesta**

Para la elaboración de compost es necesario incurrir en ciertos costos que permitan cumplir con la metodología de elaboración de abono orgánico, realizando varias actividades como clasificación, recolección, apilado, aireación y mediciones o extracciones de muestras. Cada una de estas actividades representa un costo para la empresa, como se detalla en la tabla X.

Además de realizar varias actividades para elaborar el abono orgánico, es necesario contar con maquinaria, equipo e implementos para lograr el objetivo, para este caso se estiman los costos que se observan en la tabla X.

Al finalizar la elaboración de compost, se deben realizar análisis físicos, químicos y organolépticos los cuales poseen un costo de Q 2 000,00, Q 2 000,00 y Q1 000,00 respectivamente.

Tabla X. Costo para la elaboración de compost

No.	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	UNIDAD	PRECIO UNITARIO	PRECIO TOTAL
<b>1</b>	<b>METODOLOGÍA PARA LA ELABORACIÓN DE COMPOST</b>				
1.1	Clasificación de residuos	2	ud	Q 2 500,00	Q 5 000,00
1.2	Recolección de residuos	1	ud	Q 15 000,00	Q 15 000,00
1.4	Apilado	1	ud	Q 5 000,00	Q 5 000,00
1.5	Aireación	1	ud	Q 3 500,00	Q 3 500,00
1.6	Mediciones	1	ud	Q 1 000,00	Q 1 000,00
<b>COSTO TOTAL DE METODOLOGÍA</b>					<b>Q 29 500,00</b>
<b>2</b>	<b>MATERIALES Y EQUIPO</b>				
2.3	Maquinaria	1	ud	Q 65 000,00	Q 65 000,00
2.4	Implementos	2	ud	Q 4 000,00	Q 8 000,00
2.5	Equipo de muestreo	1	ud	Q 1 200,00	Q 1 200,00
<b>COSTO TOTAL DE MATERIALES Y EQUIPO</b>					<b>Q 74,200,00</b>
<b>3</b>	<b>ANÁLISIS DE LABORATORIO</b>				
3.1	Análisis físico	1	ud	Q 2 000,00	Q 2 000,00
3.2	Análisis químico	1	ud	Q 2 000,00	Q 2 000,00
3.3	Análisis organoléptico	1	ud	Q 1 000,00	Q 1 000,00
3.4	Actividad de comercialización	1	ud	Q 2 500,00	Q 2 500,00
<b>COSTO TOTAL DE ANÁLISIS DE LABORATORIO</b>					<b>Q 7 500,00</b>
<b>COSTO TOTAL DE LA PROPUESTA</b>					<b>Q 111 200,00</b>

Fuente: elaboración propia.

El costo total de la propuesta de elaboración de compost, asciende a ciento once mil doscientos quetzales exactos.

## **4. FASE DE DOCENCIA. PLAN DE CAPACITACIÓN**

### **4.1. Diagnóstico de necesidades de capacitación**

Con la finalidad de consolidar el sistema de gestión de residuos sólidos propuesto en la fase de servicio técnico profesional y los conceptos y técnicas de la fase de investigación, se identificó la necesidad de diseñar un plan de capacitación en el cual se introdujeran los temas más importantes de dichas fases.

#### **4.1.1. Identificación del problema**

Se pueden realizar muchos esfuerzos para proveer de recursos, materiales y equipo, tanto al sistema de gestión para el manejo de residuos sólidos como para el tratamiento de residuos orgánicos. Sin embargo, todos estos esfuerzos sirven de muy poco si el personal encargado de todas las actividades de ambos proyectos desconoce sus labores y la manera correcta de realizarlas.

#### **4.1.2. Planteamiento del problema**

Es necesario diseñar un plan de capacitación en el que se incluya información destinada al personal de la empresa encargado de elaborar y desarrollar los proyectos para el manejo de residuos sólidos generados en el Ingenio Santa Ana.

## **4.2. Plan de capacitación**

El plan de capacitación se diseñó en función de los requerimientos encontrados en el diagnóstico y de las necesidades involucradas en el diseño del sistema de gestión para el manejo de residuos sólidos.

El plan se dividió en cuatro etapas, partiendo desde los conceptos de residuos sólidos, siguiendo las técnicas para minimizar los residuos sólidos, la forma adecuada de clasificar los residuos y, por último, la elaboración de abono orgánico a partir de los residuos orgánicos.

La primera etapa consiste en introducir al personal sobre algunos conceptos y definiciones sobre el manejo de residuos sólidos con la finalidad de contextualizarlos para que adquirieran algunos conceptos necesarios.

Luego de la conceptualización, se inicia con la etapa de reducción de residuos, en la cual se busca concientizar al personal para que haga un uso racional y responsable de los recursos que utiliza para disminuir el volumen de residuos que se generan.

La tercera etapa consiste en dar a conocer la manera correcta de clasificar los residuos según su utilidad, es decir, distinguir si es un residuo recuperable o es un residuo inerte, para que luego se pueda realizar una valorización de los residuos recuperables e identificar algún beneficio para la empresa.

Por último, se introdujo las actividades que involucran el tratamiento exclusivo de los residuos orgánicos, con los cuales se desea elaborar un abono orgánico que se convierta en un producto útil para la empresa.

En la tabla XI se observa el plan de capacitación en el que se identifican las etapas de la capacitación, los objetivos de cada etapa, la manera de implementar la capacitación, los resultados estimados y por último el departamento responsable de la capacitación.

Tabla XI. **Plan de capacitación**

Capacitaciones de mejoramiento	Objetivos	Medidas para mejorar la situación	Resultados estimados	Responsable
Conceptualización de residuos sólidos	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Dar a conocer conceptos.</li> <li>- Informar al personal sobre el proyecto.</li> <li>- Concientizar sobre las consecuencias o daños ocasionados por los residuos.</li> </ul>	Realizar talleres	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Conceptualizar al personal.</li> <li>- Contextualizar al personal.</li> <li>- Concientizar al personal.</li> </ul>	Departamento de RR.HH.
Reducción de residuos	<ul style="list-style-type: none"> <li>-Trasladar conocimiento en el uso racional de recursos.</li> <li>-Minimizar residuos.</li> <li>-Proponer alternativas para reducir la generación.</li> </ul>	Realizar talleres	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Transmitir conciencia al personal para el uso responsable de recursos.</li> <li>- Disminuir la generación de residuos.</li> </ul>	Departamento de RR.HH.
Clasificar residuos sólidos	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Identificar los residuos recuperables.</li> <li>- Identificar los residuos inertes.</li> <li>- Valorizar los residuos aprovechables.</li> </ul>	Realizar talleres	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Lograr diferenciar los tipos de residuos.</li> <li>- Clasificar adecuadamente los residuos.</li> <li>- Estimar los beneficios que se pueden obtener.</li> </ul>	Departamento de RR.HH.
Tratamiento de residuos orgánicos	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Elaborar abono orgánico.</li> <li>- Realizar análisis físicos</li> <li>- Realizar análisis químicos.</li> <li>- Realizar análisis organolépticos.</li> </ul>	Realizar talleres	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Reducción de olores desagradables.</li> <li>- Aprovechamiento de residuos orgánicos.</li> </ul>	Departamento de RR.HH.

Fuente: elaboración propia.

Luego de diseñar el plan de capacitación se detalla cada uno de los talleres que involucran las etapas propuestas en el plan.

Tabla XII. **Taller I: introducir al personal sobre algunos conceptos y definiciones sobre el manejo de residuos sólidos para que adquirieran algunos conceptos necesarios**

<b>Nombre:</b>	Residuos sólidos
<b>Contenido:</b>	Definiciones de residuos sólidos; tipos de residuos sólidos que existen; daños que ocasionan los residuos sólidos al ambiente y a las personas; composición de algunos residuos sólidos.
<b>Dirigido a:</b>	Personal de la empresa
<b>Horas necesarias:</b>	1 hora
<b>Encargado de impartirlo:</b>	Departamento de Recursos Humanos

Fuente: elaboración propia.

Tabla XIII. **Taller II: es la etapa de reducción de residuos, en la cual se busca concientizar al personal para que haga un uso racional y responsable de los recursos que utiliza para disminuir el volumen de residuos que se generan**

<b>Nombre:</b>	Reducción de residuos sólidos.
<b>Contenido:</b>	Conceptos de gestión de residuos; técnicas para la minimización de residuos sólidos; alternativas de 3R (reducir, reutilizar, reciclar); cuidado al medio ambiente y recursos no renovables.
<b>Dirigido a:</b>	Personal de la empresa
<b>Horas necesarias:</b>	1 hora
<b>Encargado de impartirlo:</b>	Departamento de Recursos Humanos

Fuente: elaboración propia.

Tabla XIV. **Taller III: se da a conocer la manera correcta de clasificar los residuos según su utilidad, es decir, distinguir si es un residuo recuperable o es un residuo inerte, para que luego se pueda realizar una valorización de los residuos recuperables e identificar algún beneficio para la empresa**

<b>Nombre:</b>	Clasificación de residuos sólidos
<b>Contenido:</b>	Tipos de residuos sólidos; residuos sólidos recuperables, residuos sólidos inertes, código de colores; valorización de residuos recuperables.
<b>Dirigido a:</b>	Personal de la empresa
<b>Horas necesarias:</b>	1 hora
<b>Encargado de impartirlo:</b>	Departamento de Recursos Humanos

Fuente: elaboración propia.

Tabla XV. **Taller IV: se introdujo las actividades que involucran el tratamiento exclusivo de los residuos orgánicos, con los cuales se desea elaborar un abono orgánico que se convierta en un producto útil para la empresa**

<b>Nombre:</b>	Abono orgánico
<b>Contenido:</b>	Residuos orgánicos; clasificación de residuos orgánicos; descomposición de residuos orgánicos, premezclado y mezclado, variables a considerar; análisis físicos, químicos y organolépticos.
<b>Dirigido a:</b>	Personal de la empresa
<b>Horas necesarias:</b>	1 hora
<b>Encargado de impartirlo:</b>	Departamento de Recursos Humanos

Fuente: elaboración propia.

#### **4.3. Costos del plan de capacitación**

Para desarrollar el plan de capacitación es necesario incurrir en algunos costos, los mismos son independientes para la elaboración de cada taller de capacitación. Sin embargo, los rubros de costos para cada taller son los mismos, como se observa en la tabla XII. Para cada taller es necesario elaborar el programa en el que se incluya el contenido a comunicar, por lo que dicho programa tiene un costo que asciende a una cantidad de Q 1 000,00.

Luego de elaborar el programa es necesario considerar los recursos audiovisuales y el salón de audiovisuales, los cuales tienen un costo aproximado de Q 2 500,00 y Q 1 500,00 respectivamente, para cada taller.

Por último, es necesario el recurso humano que es el encargado de impartir la capacitación, por lo que los honorarios del facilitador de la capacitación tienen un costo de Q 5 000,00 por cada capacitación o taller.

Tabla XVI. Costo de los talleres a impartir

No.	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	UNIDAD	PRECIO UNITARIO	PRECIO TOTAL
<b>1</b>	<b>TALLER I</b>				
1.1	Elaboración del programa	1	ud	Q 1 000,00	Q 1 000,00
1.2	Recursos audiovisuales	1	ud	Q 2 500,00	Q 2 500,00
1.3	Salón de audiovisuales	1	ud	Q 1 500,00	Q 1 500,00
1.4	Personal capacitador	1	ud	Q 5 000,00	Q 5 000,00
<b>COSTO TOTAL DE TALLER I</b>					<b>Q 10 000,00</b>
<b>2</b>	<b>TALLER II</b>				
2.1	Elaboración del programa	1	ud	Q1 000,00	Q1 000,00
2.2	Recursos audiovisuales	1	ud	Q2 500,00	Q2 500,00
2.3	Salón de audiovisuales	1	ud	Q1 500,00	Q1 500,00
2.4	Personal capacitador	1	ud	Q5 000,00	Q5 000,00
<b>COSTO TOTAL DE TALLER II</b>					<b>Q10 000,00</b>
<b>3</b>	<b>TALLER III</b>				
3.1	Elaboración del programa	1	ud	Q 1 000,00	Q 1 000,00
3.2	Recursos audiovisuales	1	ud	Q 2 500,00	Q 2 500,00
3.3	Salón de audiovisuales	1	ud	Q 1 500,00	Q 1 500,00
3.4	Personal capacitador	1	ud	Q 5 000,00	Q 5 000,00
<b>COSTO TOTAL DE TALLER III</b>					<b>Q 10 000,00</b>
<b>4</b>	<b>TALLER IV</b>				
4.1.	Elaboración del programa	1	ud	Q 1 000,00	Q 1 000,00
4.2	Recursos audiovisuales	1	ud	Q 2 500,00	Q 2 500,00
4.3	Salón de audiovisuales	1	ud	Q 1 500,00	Q 1 500,00
4.4	Personal capacitador	1	ud	Q 5 000,00	Q 5 000,00
<b>COSTO TOTAL DE TALLER IV</b>					<b>Q 10 000,00</b>
<b>COSTO TOTAL DE LA PROPUESTA</b>					<b>Q 40 000,00</b>

Fuente: elaboración propia.



## CONCLUSIONES

1. El sistema de gestión para el manejo de residuos sólidos se compone de dos etapas, la primera es la de generación de información que sirva de parámetro para la toma de decisiones y la segunda es la de propuestas, donde se exponen medidas para mejorar la situación actual.
2. Se logró determinar, con base en las mediciones realizadas, que en promedio se generan al día 1 185,27 kg de residuos sólidos distribuidos en los 35 depósitos de almacenamiento analizados.
3. Aproximadamente el 83 % de los residuos totales que se generan tienen un potencial de ser recuperados y comercializados para obtener un beneficio de ellos.
4. Si se mejora la clasificación y se continúa con la comercialización de los residuos considerados como recuperables, se proyecta un ingreso aproximado de Q 145 000,00 al año.
5. El diseño de un espacio para el tratamiento de los residuos inertes es una alternativa de solución para disminuir la incidencia en el uso de los incineradores, los cuales son considerados como un método no recomendado de eliminación de residuos.

6. Al mezclar residuos orgánicos con cachaza, se obtiene como producto final un compost que tiene la capacidad de contribuir a la mineralización de los nutrientes del suelo, permitiendo que los mismos estén más disponibles para las plantas de jardinería.

## RECOMENDACIONES

1. Como medida de apoyo para el manejo de residuos sólidos, se podría considerar el diseño de una planta de tratamiento de residuos sólidos.
2. Para contribuir a facilitar la elaboración de compost, se podría adquirir una trituradora de residuos para que esta reduzca el tamaño de las partículas y las mismas puedan tener mayor contacto con los microorganismos encargados de su descomposición.
3. Se debe insistir en la concientización de las personas para la clasificación de los residuos y así contribuir a facilitar la recolección realizada por los operarios.
4. Para tener mayor certeza de la magnitud de generación de residuos, se deben realizar varias repeticiones periódicas, para contrastar e identificar cambios significativos.



## BIBLIOGRAFÍA

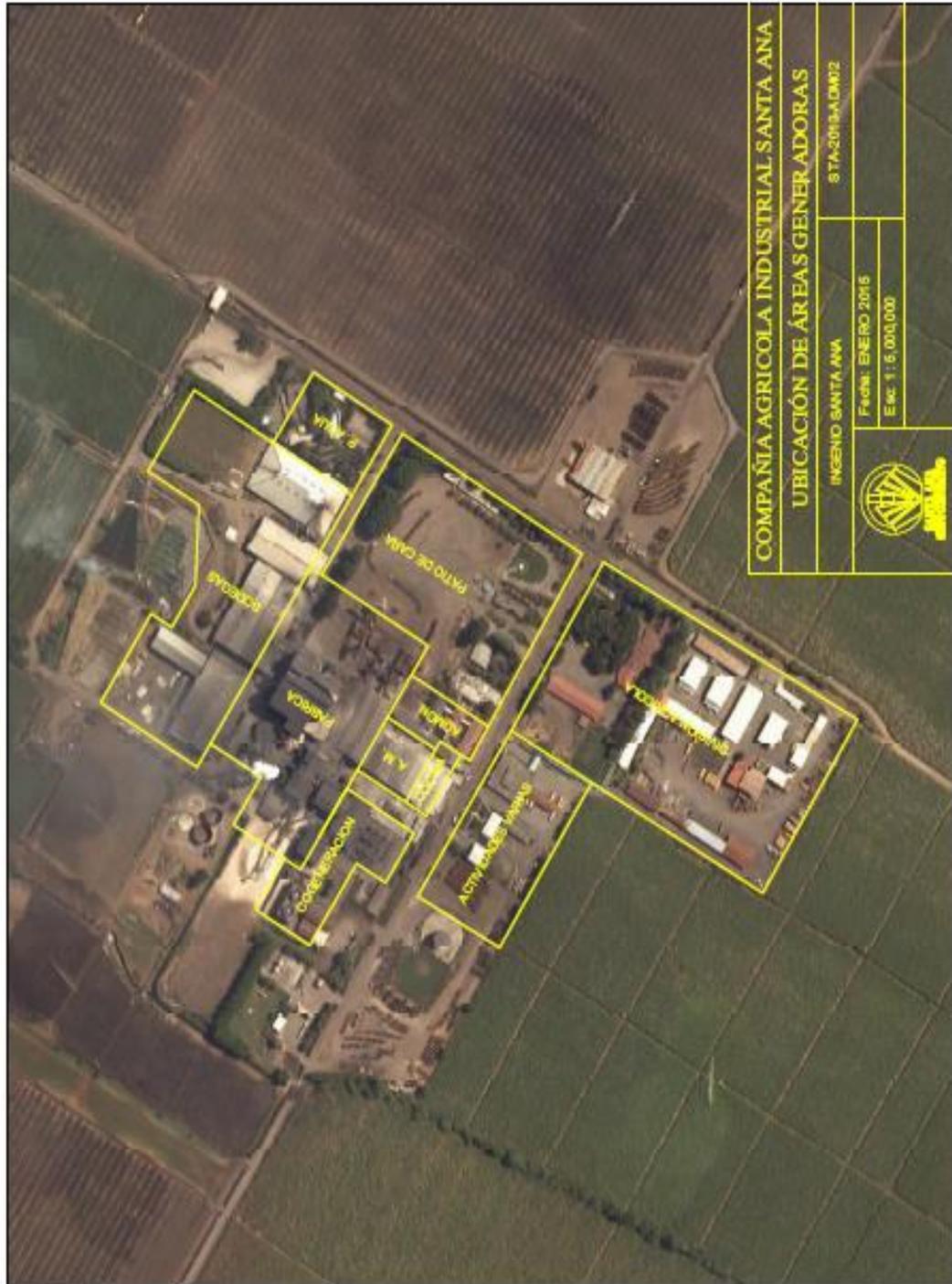
1. ALVAREZ DE LA PUENTE, José. *Manual de compostaje para la agricultura ecológica*. España: Consejería de Agricultura, Pesca y Medio Ambiente de la Junta de Andalucía, 2013. 46 p.
2. AVANZINI DE ROJAS, Juan M. *Concepto y clasificación de los residuos* España: Comunidad Europea, 2003. 558 p.
3. Centro de Producción más Limpia. *Guías y manuales para la gestión de residuos*. Guatemala: CP+L, 2013. 78 p.
4. COLOMER, Francisco José. 2007. *Tratamiento y gestión de residuos sólidos*. Valencia: Limusa, 2007 310 p.
5. *Gestión de residuos en industrias agroalimentarias*. Consejería de Industria, Energía y Medio Ambiente. Cooperativas Agroalimentarias, 2009. 87 p.
6. PEÑALOZA, Héctor Collazos. *Residuos sólidos*. Bogotá: ACODAL, 1998. 143 p.
7. Programa de las Mejores Prácticas. *Reducción de residuos*. Brasil: Sociedad Pública Gestión Ambiental, 2006. 98 p.

8. SALAZAR, Doreen. *Guía para la gestión del manejo de residuos sólidos*. Costa Rica: Programa Ambiental Regional para Centroamérica, 2003.130 p.

## **APÉNDICES**

- Mapa de ubicación del Ingenio Santa Ana
- Mapa de ubicación de áreas generadoras
- Mapa de localización de depósitos de almacenamiento
- Mapa de recorrido de recolección







COMPANÍA AGRÍCOLA INDUSTRIAL SANTA ANA

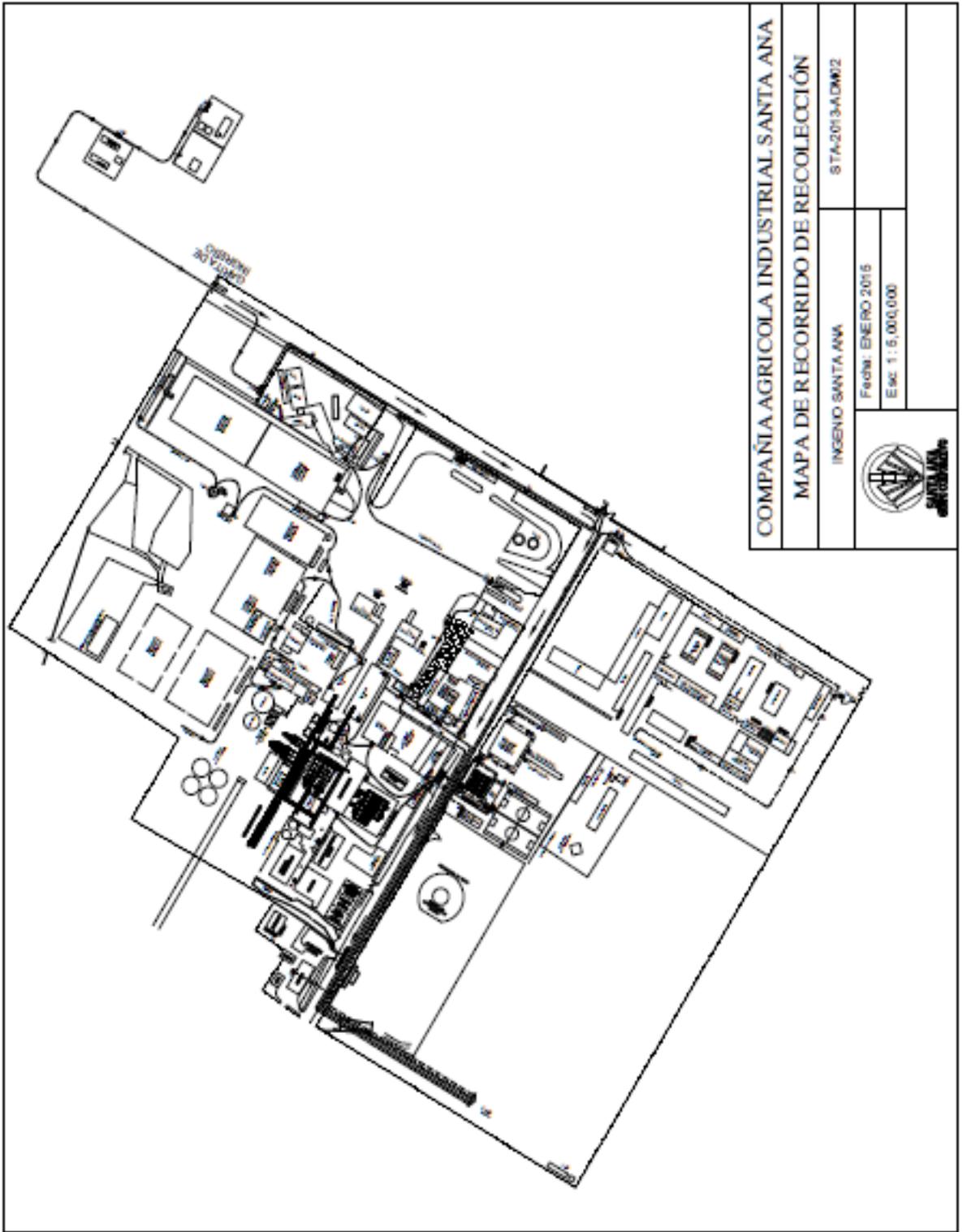
LOCALIZACIÓN DE DEPOSITOS

INGENIO SANTA ANA STA-2019-ADM02

Fecha: ENERO 2015

Escala: 1 : 5,000,000





<b>COMPAÑIA AGRICOLA INDUSTRIAL SANTA ANA</b> <b>MAPA DE RECORRIDO DE RECOLECCIÓN</b>	
INGENIO SANTA ANA	STA-2013A/DM/2
Fecha: ENERO 2016 Esc: 1:5,000,000	

