

**FORMULACIÓN DEL PLAN DE GESTIÓN INTEGRAL DE RESIDUOS GENERADOS EN LA  
PLANTA DE BIOETANOL – CORPOICA – EN BARBOSA SANTANDER**

**NARLY VIVIANA BAYONA CAMPEROS  
PABLO ANDRES FUQUEN VARGAS**

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER  
FACULTAD DE CIENCIAS  
ESCUELA DE QUÍMICA  
ESPECIALIZACION EN QUIMICA AMBIENTAL  
BUCARAMANGA  
2010**

**FORMULACIÓN DEL PLAN DE GESTIÓN INTEGRAL DE RESIDUOS GENERADOS EN LA  
PLANTA DE BIOETANOL – CORPOICA – EN BARBOSA SANTANDER**

**NARLY VIVIANA BAYONA CAMPEEROS  
PABLO ANDRES FUQUEN VARGAS**

**Trabajo de Grado para optar  
Al título de Especialista en Química Ambiental**

**Director  
JULIO CESAR CALVO CORREDOR  
Ingeniero Químico, Esp. en Química Ambiental**

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER  
FACULTAD DE CIENCIAS  
ESCUELA DE QUIMICA  
ESPÈCIALIZACION EN QUIMICA AMBIENTAL  
BUCARAMANGA  
2010**

Título:  
FORMULACIÓN DEL PLAN DE GESTIÓN INTEGRAL DE RESIDUOS GENERADOS EN LA PLANTA DE BIOETANOL – CORPOICA – EN BARBOSA SANTANDER\*

Autores  
NARLY VIVIANA BAYONA CAMPEROS y PABLO ANDRES FUQUEN VARGAS<sup>1</sup>

Palabras Clave  
Plan, residuos, bioetanol, caracterización

#### Resumen

La obtención de bioetanol a partir de la biomasa genera residuos provenientes de la materia prima y de otros insumos propios del proceso productivo, sobre los cuales es necesaria la planificación de su manejo y disposición final tal como lo exige la legislación colombiana. De esta manera, se formula el plan de gestión integral a partir de la caracterización de los residuos producidos en la planta de bioetanol de CORPOICA en Barbosa Santander, este parte de la caracterización para luego formular alternativas que conlleven a la disminución del impacto ambiental.

Para su desarrollo se tienen en cuenta los principios básicos de la gestión integral de residuos como son los criterios de clasificación, las fases del plan, la priorización de actividades y el marco legal vigente a nivel nacional, además del convenio de Basilea a nivel internacional. El desarrollo del trabajo partió de la caracterización que consistió en clasificar los residuos por su origen y destinación, de acuerdo a características de peligrosidad teniendo en cuenta el decreto 2676 de 2000 y los anexos del decreto 4741 de 2005. A partir de esta información se cuantificaron estos residuos y se identificaron como zonas de mayor producción la molienda y la destilería, y los más abundantes como los biodegradables y los reciclables.

Al disponer esta caracterización se definieron nueve aspectos como partes incluyentes del plan como: el programa de formación y educación ambiental, segregación en la fuente, movimiento interno de los residuos, el almacenamiento, el etiquetado, el transporte interno, el reciclaje y la recuperación, la disposición final, el seguimiento y evaluación. Esto permite a recomendar la necesidad de establecer un sistema de gestión ambiental que incluya el plan de gestión, así como gestionar ante la autoridad ambiental como tipo de generador y disponer constantemente de información actualizada.

---

\* Trabajo de Grado

<sup>1</sup> Facultad de Ciencias, Programa Especialización en Química ambiental, Director Especialista Julio Cesar Calvo Corredor.

Title:

FORMULATION OF THE PLAN OF INTEGRAL MANAGEMENT OF RESIDUES GENERATED IN THE PLANT OF BIOETHANOL - CORPOICA - IN BARBOSA SANTANDER\*

Authors:

NARLY VIVIANA BAYONA CAMPEROS y PABLO ANDRES FUQUEN VARGAS<sup>2</sup>

Keywords:

Plan, Residues, Bioethanol, Characterization

Abstract

The obtaining of bioethanol from the biomass generates residues from the raw material and other own inputs of the productive process, on which there is necessary the planning of his managing and final disposition such as the Colombian legislation demands it. Hereby, it is formulated the plan of integral management from the characterization of the residues produced in the plant of bioethanol of CORPOICA in Barbosa Santander, this part of the characterization then to formulate alternatives that carry out to the decrease of the environmental impact.

For its development is kept in mind the basic principles of the integral management of residues such as the criteria of classification, the phases of the plan, the prioritization of activities and the national legal frame, besides the agreement of Basilea. The development of the work began with the characterization that consisted of classifying the residues for their origin and destination, in accordance to characteristics of dangerousness keeping in mind the decree 2676 of 2000 and the annexes of the decree 4741 of 2005. From this information, these residues were quantified and the grinding and the distillery were identified as zones of major production, and the most abundant like the biodegradable ones and the recyclable ones.

On having arranged this characterization, nine aspects were defined as enclosing parts of the plan as: the program of formation and environmental education, segregation in the source, internal movement of the residues, the storage, the labelling, the internal transport, the recycling and the recovery, the final disposition, the monitoring and evaluation. This allows recommending the need to establish a system of environmental management that includes the plan of management, as well as to manage before the environmental authority as type of generator and to have constant updated information.

---

\*Final Project for graduation

\*\*Faculty of Sciences, Specialization in environmental Chemistry, Director Specialist Julio Cesar Calvo Corredor

## INTRODUCCION

En Colombia, el manejo y disposición final de los Residuos cobra importancia debido a la preocupación por la calidad del ambiente, tanto en su protección y conservación como en la remediación cuando este se encuentra alterado; es así que a partir de la Política Colombiana para la Gestión Integral de los Residuos Sólidos, el Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial comienza a promover procesos de minimización, aprovechamiento, tratamiento y disposición final controlada de los residuos sólidos; de esta manera los efectos nocivos al medio ambiente se mitigarán mediante la implementación de un Sistema Integral de Gestión de los Residuos Sólidos.

Como producto de esta intencionalidad, se genera una legislación funcional y acorde a las realidades de las regiones y de las poblaciones como es el decreto 1713 de 2002 en el cual se asigna a las empresas la responsabilidad en el manejo de los residuos sólidos y la obligación de implementar el Plan de gestión de Residuos Sólidos PGIRS; de la misma manera, la resolución 1045 de 2003 establece la metodología para su formulación e implementación. Por otra parte, la Política Ambiental para la gestión integral de residuos o desechos peligrosos establecida por el MAVDT, a través del decreto 4741 de 2005 permite identificar, clasificar, codificar los residuos, además facilita otras herramientas para que todo ente generador de residuos peligrosos asuma la responsabilidad de su gestión integral.

En este sentido, y con miras a establecer un manejo adecuado de los residuos en cumplimiento a las exigencias legales, institucionales, técnicas, ambientales sobre la Gestión Integral de Residuos sólidos, se realiza este trabajo que contiene la estructura del estudio tendiente a la formulación del Plan de Gestión Integral de Residuos generados en la planta de Bioetanol de Barbosa Santander.

La estructura del trabajo realizado, partió de una evaluación diagnóstica de la situación actual de los residuos generados en la planta, permitiendo desarrollar el planteamiento del problema y la formulación de los objetivos. A continuación se encuentra el marco de referencia que soporta el desarrollo del presente trabajo, seguido del diseño metodológico y la descripción de los recursos, así como también los resultados obtenidos al ejecutar dicha metodología, de la misma manera, se presenta la discusión de resultados como aporte importante de los autores del presente trabajo.

## Tabla de Contenido

INTRODUCCION.....	8
1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	14
2. JUSTIFICACIÓN .....	15
3. OBJETIVOS.....	16
3.1 OBJETIVO GENERAL .....	16
3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	16
4. MARCO REFERENCIAL .....	17
4.1 . MARCO TEÓRICO .....	17
4.1.1 Gestión integral de residuos. ....	17
4.1.1.1. Clasificación por su estado.....	17
4.1.1.2. Clasificación por su característica.....	17
4.1.2 Contenido básico del plan de gestión integral de residuos para la planta.....	21
4.2 MARCO CIENTÍFICO Y TECNOLÓGICO.....	26
4.3 MARCO INSTITUCIONAL .....	27
4.3.1 Organización de la corporación. ....	28
4.3.2 Historia. ....	29
4.3.3 Descripción de la planta de producción de bioetanol. ....	29
4.3.3.1. Localización.....	29
4.3.3.2. Infraestructura.....	29
4.4 ANTECEDENTES DEL MANEJO DE RESIDUOS EN LA PLANTA DE BIOETANOL.....	32
4.5 MARCO LEGAL .....	32
5. DISEÑO METODOLÓGICO.....	34
5.1 DIAGNÓSTICO PRELIMINAR.....	34
5.1.1 Estrategias para la realización del diagnóstico.....	35
5.2 IDENTIFICACIÓN Y CLASIFICACIÓN DE RESIDUOS .....	35
6. RESULTADOS .....	36
6.1 DIAGNÓSTICO PRELIMINAR.....	36
6.1.1 En el área de Molienda. ....	36

6.1.2	Fermentación.....	38
6.1.3	Destilería.....	40
6.1.4	Invernadero y piscinas de almacenamiento de vinazas.....	41
6.1.5	Zona de cargue.....	43
6.1.6	Área administrativa.....	43
6.1.7	Zonas verdes.....	44
6.2	IDENTIFICACIÓN Y CLASIFICACIÓN.....	45
6.2.2	Clasificación de acuerdo al decreto 4741.....	46
6.2.3	Clasificación residuos generados en la planta de bioetanol.....	48
6.2.4	Cuantificación de residuos generados por áreas y según clasificación.....	52
6.3	DISCUSIÓN DE RESULTADOS.....	55
6.4	FORMULACIÓN DEL PLAN.....	58
6.4.1	Programa de formación y Educación ambiental.:	59
6.4.2	Segregación en la fuente.....	59
6.4.3	. Movimiento interno de los residuos.....	61
6.4.4	Almacenamiento.....	61
6.4.4.1	Almacenamiento de residuos químicos.....	61
6.4.5	Etiquetado.....	63
6.4.6	Transporte externo.....	63
6.4.7	Reciclaje y recuperación.....	64
6.4.8	Disposición Final.....	64
6.4.9	Seguimiento y evaluación del PGIR.....	65
7.	CONCLUSIONES.....	66
8.	RECOMENDACIONES.....	67
	BIBLIOGRAFIA.....	68
	ANEXO A.....	69
	ANEXO B.....	70

## Listado de Figuras

Figura 1. Clasificación de residuos hospitalarios y similares .....	18
Figura 2. Fases del plan de gestión integral de residuos .....	23
Figura 3. Esquema de priorización de gestión según estrategias jerarquizadas .....	24
Figura 4. Localización de la hoya del rio Suárez.....	30
Figura 5. Ubicación de las diferentes áreas de la planta .....	32
Figura 6. Entradas y salidas en área de molienda.....	38
Figura 7. Entradas y salidas en área de fermentación .....	39
Figura 8. Entrada y salida en laboratorios .....	40
Figura 9 Entrada y salida en área de destilación.....	41
Figura 10. Entradas y salidas en invernadero y piscinas para vinazas .....	42
Figura 11. Entradas y salidas en zona de cargue .....	43
Figura 12. Entradas y salidas área administrativa.....	43
Figura 13. Entradas y salidas Zonas verdes.....	44
Figura 14. Modelo de identificación y clasificación .....	46
Figura 15. Diagrama decisión para la identificación y clasificación de residuos según decreto 4741 de 2005 .....	47
Figura 16. Balance de materia del proceso de obtención de alcohol Carburante .....	54
Figura 17. Generación de residuos por áreas de producción .....	55
Figura 18. Tipos de residuos generados en la planta de bioetanol .....	56

## **Listado de Ilustraciones**

Ilustración 1. Área de molienda .....	37
Ilustración 2. Área de Fermentación.....	39
Ilustración 3. Invernadero .....	42
Ilustración 4. Piscina para Vinazas .....	42
Ilustración 5. Recipientes utilizados para almacenar los residuos .....	44
Ilustración 6. Jornadas de actividades para la clasificación y cuantificación de residuos.....	52
Ilustración 7. Cenizas provenientes de la caldera.....	57

### **Listado de Tablas**

Tabla 1. Clasificación de residuos no peligrosos.....	19
Tabla 2. Clasificación de residuos peligrosos .....	20
Tabla 3. Clasificación de los residuos generados en la planta de Bioetanol.....	48
Tabla 4 Matriz de identificación y clasificación integrada de residuos .....	49
Tabla 5 . Cuantificación de residuos generados de acuerdo a su clasificación y por áreas de producción.....	53

## **1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA**

Desde que Colombia entra en el compromiso mundial con el protocolo de Kioto sobre la disminución de los gases efecto invernadero a la atmósfera y al acrecentarse la preocupación de la humanidad por tener a su disposición fuentes de energía alternas a las convencionales obtenidas por los combustibles fósiles, se gestionan y promueven investigaciones en torno a la búsqueda de estas energías alternativas que causen menos impacto al medio ambiente y que cumplan con los compromisos mundiales antes mencionados.

Una de estas tecnologías es la producción de Bioetanol a partir de caña de azúcar, definido como un proceso en el cual se muele la caña de azúcar, los jugos obtenidos se fermentan por medio de microorganismos especializados obteniendo como producto etanol y dióxido de carbono, el cual en su proceso productivo, genera una serie de residuos que es necesario ordenarlos, organizarlos y disponerlos adecuadamente para que su impacto al medio ambiente no sea mayor que el beneficio que se busca como fuente de energía alterna a las convencionales, y en cumplimiento de la legislación ambiental, técnica, operativa e institucional vigente en Colombia para estos asuntos.

## 2. JUSTIFICACIÓN

En la Planta Experimental de Bioetanol-CORPOICA, en Barbosa, con capacidad de producción diaria de 5000 L/día, se generan diferentes tipos de residuos, como consecuencia del desarrollo de sus procesos de producción y de investigación, estos residuos provienen del uso continuo de materias primas como la Caña de azúcar (bagazo, vinazas, flemazas, cenizas, cachazas, lodos de fermentación), e insumos de origen químico (ácido sulfúrico, ácido fosfórico, biocidas, inhibidor de incrustación, hidróxido de sodio, residuos de yodo-metanol, mezclas de colorantes), residuos de tipo biológico como cultivos microbianos y residuos de medios de cultivos esterilizados, y otros residuos como son: envases vacíos de sustancias peligrosas, aceites usados y residuos no peligrosos, cartón y papel. Generalmente, todo insumo presenta por sí solo o en mezcla características de peligrosidad en el bienestar del hombre y de los ecosistemas, estos impactos se presentan en diferentes grados de complejidad, dependiendo de factores como: grado de toxicidad, la concentración del contaminante, la sensibilidad del ecosistema y otros factores ambientales.

Por otro lado, todo ente generador de residuos es responsable de su manejo y disposición, y si es peligroso con mayor razón, ya que la legislación Colombiana así lo establece a través de la Política Ambiental para la Gestión Integral de Residuos y Desechos Peligrosos reglamentada por el MAVDT en el Decreto 4741 de 2005, por esto, la Planta Experimental de Bioetanol, CORPOICA, en Barbosa, Santander, tiene la urgente necesidad de ordenar los Residuos generados en sus procesos.

Desde el punto de vista económico, algunos residuos no peligrosos, incluso, pueden ser utilizados en la actividad económica, ya sea por su recuperación, tratamiento o venta, y esto se puede determinar mediante su caracterización y evaluación de las alternativas de aprovechamiento.

### **3. OBJETIVOS**

#### **3.1 OBJETIVO GENERAL**

Formular el Plan de Gestión Integral de Residuos generados para la Planta Experimental de Bioetanol- CORPOICA, en Barbosa Santander, a partir de la caracterización de los residuos producidos y de la formulación de alternativas para mitigar el impacto ambiental generado actualmente en cumplimiento de la legislación actual en Colombia.

#### **3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

- Realizar un diagnóstico a partir de una evaluación preliminar sobre el estado actual de la disposición y manejo de los residuos generados en la planta Experimental de Bioetanol –CORPOICA- en Barbosa Santander.
- Identificar los Residuos generados en la Planta Experimental de Bioetanol-CORPOICA, en Barbosa Santander de acuerdo a su clasificación y su cuantificación.
- Formular el Plan de Gestión Integral de Residuos generados para la planta Experimental de Bioetanol-CORPOICA en Barbosa Santander.

## 4. MARCO REFERENCIAL

### 4.1 . MARCO TEÓRICO

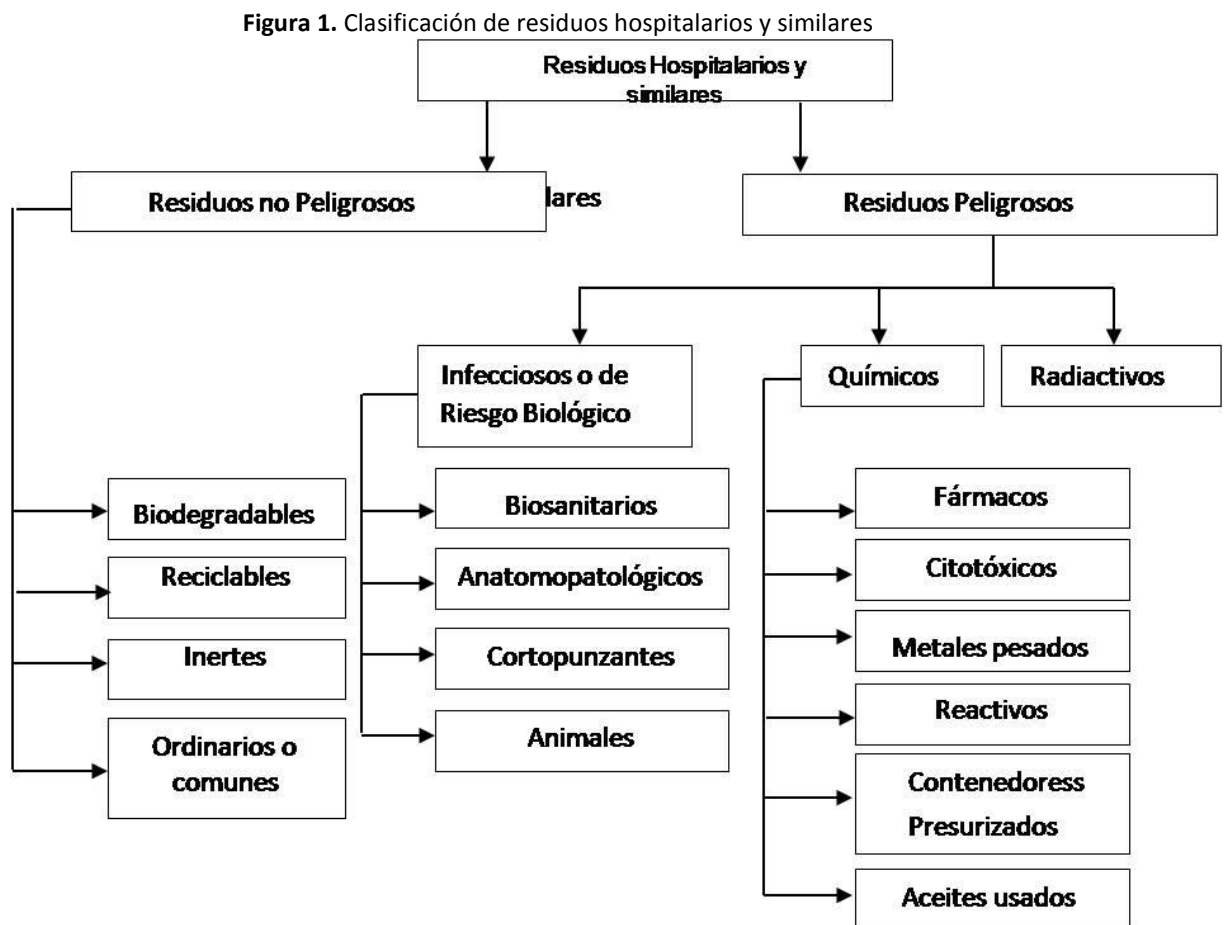
4.1.1 Gestión integral de residuos. La gestión integral de residuos, es parte fundamental de la protección al medio ambiente y comprende varios principios, que de forma crítica, denotan un amplio fundamento para proponer diferentes mecanismos de prevención en su generación, manejo, recuperación, reciclado y aprovechamiento. La producción de estos residuos puede ser minimizada pero no eliminada en su totalidad; por lo anterior, existe la posibilidad de valorar las líneas y métodos de producción, en todos sus ámbitos, a fin de prevenir y disminuir el impacto ejercido sobre la naturaleza por el inadecuado manejo de los residuos y evitar riesgos sobre la salud pública, el desarrollo económico y social.

En este sentido, la gestión integral de residuos se define como conjunto de procedimientos y políticas que conforman el sistema de gestión integral de residuos, la meta es realizar una gestión que sea ambiental y económicamente adecuada y factible. El objetivo de la gestión de residuos es minimizar los volúmenes de residuos generados durante el proceso productivo, investigativo y administrativo, gestionándolos de una forma compatible con el medio ambiente y la salud pública. Este tiene como fin comprometer a las empresas con el desarrollo sostenible y producción más limpia, permitiendo conservar recursos, reducir costos y generar valor agregado, aprovechando de forma eficiente la materia prima, los recursos naturales y la energía.

Los residuos son materiales o sustancias que no representan ningún valor económico para el generador y que está obligado a eliminar, estos residuos se pueden clasificar de tres formas, por su estado, origen o característica; los parámetros para clasificar los residuos están en los Estatutos Nacionales e Internacionales legales vigentes; por lo general éstos establecen listas, características y códigos generales de clasificación de los residuos según la actividad de la que provengan. A continuación se describe tres criterios de clasificación de los residuos.

4.1.1.1. Clasificación por su estado. Un residuo es definido según el estado físico en que se encuentre, por lo tanto, existen tres tipos de residuos: sólidos, líquidos y gaseosos; el alcance real de esta clasificación puede fijarse en términos puramente descriptivos o, como es realizado en la práctica, según la forma asociada de manejo de los mismos.

4.1.1.2. Clasificación por su característica. Esta clasificación permite separar los residuos en dos grupos; residuos peligrosos y no peligrosos; la planta de Bioetanol – CORPOICA- desarrolla proyectos productivos y de investigación, entre los cuales hay procesos biotecnológicos, agrícolas y pecuarios, por lo que ésta facilita la clasificación de los residuos generales, con base en el Decreto 1669 de 2002, tal como se presenta en la figura 1.



**Fuente:** Manual de Procedimientos para la gestión integral de residuos hospitalarios y similares en Colombia. Ministerios del Medio Ambiente. P. 17

- Residuos no peligrosos.

Son aquellos producidos por el generador en cualquier lugar y en desarrollo de su actividad, que no presentan riesgo para la salud humana y el medio ambiente. Cualquier residuo hospitalario que haya tenido contacto con otro peligroso debe ser tratado como residuo peligroso. Los residuos no peligrosos se clasifican como se indica a continuación en el tabla 1:

**Tabla 1.** Clasificación de residuos no peligrosos

Clasificación	Definición	Ejemplos
Biodegradables	Restos químicos o naturales que se descomponen fácilmente, pueden ser transformados en materia orgánica.	Los vegetales, residuos alimenticios no infectados, papel, papeles no aptos para reciclaje, madera, detergentes biodegradables.
Inertes	No se descomponen ni se transforman en materia prima y su degradación natural requiere grandes períodos de tiempo.	El icopor, algunos tipos de papel, como papel carbón y algunos plásticos.
Reciclables	Se descomponen fácilmente y pueden volver a ser utilizados en procesos productivos de materia prima	Papeles y plásticos, chatarra, vidrio, telas, radiografías, partes y equipos obsoletos o en desuso.
Ordinarios	Generados por el desempeño normal de las actividades.	Se generan e oficinas pasillos, áreas comunes, cafeterías, salas de espera, auditorios.

**Fuente:** Manual de procedimientos para la gestión integral de residuos hospitalarios y similares en Colombia. MAVDT.

- Residuos peligrosos.

Son aquellos residuos producidos por el generador con alguna de las siguientes características: infecciosos, combustibles, inflamables, explosivos, reactivos, inflamables, volátiles, corrosivos y/o tóxicos; los cuales pueden causar daño a la salud humana y/o al medio ambiente. Así mismo se consideran peligrosos los envases, empaques y embalajes que hayan estado en contacto con ellos. Se clasifican en el tabla 2:

**Tabla 2.** Clasificación de residuos peligrosos

	<b>CLASIFICACIÓN</b>	<b>DEFINICIÓN</b>	<b>EJEMPLOS</b>
<b>RESIDUOS BIOLÓGICOS INFECCIOSOS O DE TIPO BIOLÓGICO</b>	Biosanitarios	Elementos o instrumentos utilizados durante la ejecución de los procedimientos asistenciales que tienen contacto con materia orgánica, sangre o fluidos corporales del paciente humano o animal	Gasas, medios de cultivo, apósitos, aplicadores, laminillas, o cualquier otro elemento desechable que la tecnología médica.
	Anatomo-patológicos	Provenientes de restos humanos, muestras para análisis que se remueven durante necropsias, cirugías u otros procedimientos.	Biopsias, tejidos orgánicos amputados, partes y fluidos corporales, placentas, restos de exhumaciones entre otros.
	Cortopunzantes	Sus características punzantes o cortantes pueden dar origen a un accidente percutáneo infeccioso.	Limas, cuchillas, agujas, restos de ampollas, pipetas, láminas de bisturí o vidrio, y otros.
	De animales	Provenientes de animales de experimentación y trabajo agropecuario.	Provenientes de animales portadores de enfermedades infectocontagiosas
<b>RESIDUOS DE TIPO QUÍMICO</b>	<b>CLASIFICACIÓN</b>	<b>DEFINICIÓN</b>	
	Fármacos parcialmente consumidos, vencidos y/o deteriorados	Medicamentos vencidos, deteriorados y/o excedentes de sustancias que han sido empleadas en cualquier tipo de procedimiento. Los empaques si no cumplen con el estándar de calidad. Se pueden tratar incinerándolos.	
	Corrosivo	Característica que hace que un residuo o desecho por acción química, pueda causar daños graves en los tejidos vivos que estén en contacto o en caso de fuga puede dañar gravemente otros materiales.	
	Explosivo	Residuos o mezcla de residuos que cuando en estado sólido o líquido de manera espontánea, por reacción química, puede desprender gases a una temperatura, presión y velocidad tales que puedan ocasionar daño a la salud humana y/o al ambiente.	
	Infeccioso	Se considera peligroso cuando contiene agentes patógenos; los agentes patógenos son microorganismos con suficiente virulencia y concentración como para causar enfermedades	

		en los seres humanos o en los animales.
	Inflamable	Característica que presenta un residuo o desecho cuando en presencia de una fuente de ignición, puede arder bajo ciertas condiciones de presión y temperatura. Característica que presenta un residuo o desecho cuando en presencia de una fuente de ignición, puede arder bajo ciertas condiciones de presión y temperatura. Ser un sólido con la capacidad bajo condiciones de temperatura de 25 °C y presión de 1.0 atmósfera, de producir fuego por fricción, absorción de humedad o alteraciones químicas espontáneas y quema vigorosa y persistentemente dificultando la extinción del fuego.
	Residuos citotóxicos	Aquel que en virtud de su capacidad de provocar efectos biológicos indeseables o adversos puede causar daño a la salud humana y/o al ambiente. Se clasifican de acuerdo con los criterios de toxicidad (efectos agudos, retardados o crónicos y ecotóxicos)
	reactivos	Por si solos y en condiciones normales, al mezclarse o al entrar en contacto con otros elementos, compuestos, sustancias o residuos, ponen en riesgo la salud humana o el medio ambiente.
	Aceites usados	Aceites con base mineral o sintética que se han convertido o tornado inadecuados para el uso asignado o previsto inicialmente.

**Fuente:** Manual de Procedimientos para la gestión integral de residuos hospitalarios y similares en Colombia. MAVDT.

#### 4.1.2 Contenido básico del plan de gestión integral de residuos para la planta.

La gestión integral de residuos se rige por los principios básicos de bioseguridad, la capacitación del generador y de todo el personal que manipula los residuos, el compromiso y actitud de todas las personas involucradas en estos procesos; de igual manera, acciones concretas como: la minimización en su generación, cultura de la no basura, precaución, prevención, aprovechamiento, planificación, tratamiento y disposición final.

El plan también involucra la documentación adecuada para el seguimiento y mejora del manejo de los residuos, los registros necesarios para la implementación y el ciclo de vida de un producto, que por el proceso y demás, termina siendo un residuo.

La adopción de un sistema de gestión integral por parte de la empresa es favorable para su economía y propende por la conservación y el sostenimiento de los recursos naturales y la salud pública. En este sistema los aspectos de planificación, diseño, ejecución, operación, mantenimiento, análisis químico, físico y biológico, administración, vigilancia, control e información, se inicia con un diagnóstico de la situacional y un real compromiso de los generadores y prestadores de servicio. Además, incluye la gestión de los residuos en todas y cada una de las diferentes etapas de manejo: generación, transporte, comercialización, distribución, consumo, almacenamiento, aprovechamiento, tratamiento, disposición final, importación y exportación.

El tratamiento de los Residuos peligrosos ya sea interno o externo debe permitir la reducción de su volumen y peligrosidad, mediante la aplicación a un costo razonable de las mejores técnicas disponibles y las mejores prácticas ambientales. La disposición final de estos residuos debe, en la medida de lo posible, limitarse a aquellos que no sean aprovechables o cuyo reciclado por el momento no sea económico o técnicamente factible. Además, jerarquiza las opciones de gestión.

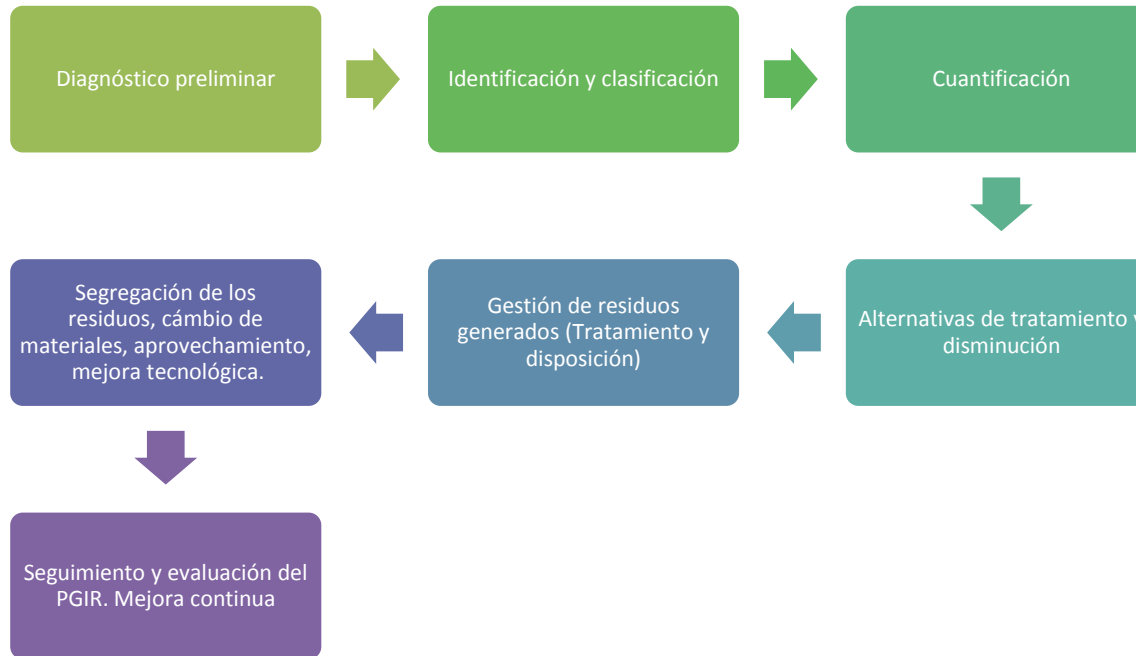
La empresa o institución que elabora el Plan de Gestión Integral de Residuos debe determinar el universo de todos los residuos que se generan en su instalación y clasificarlos de acuerdo a los listados presentados como anexos en el Decreto 4741/05 y teniendo en cuenta también el decreto 2676/2000;

De acuerdo al decreto 4741 de 2005, la identificación de un residuo como peligroso o no, requiere el siguiente procedimiento:

- Con base en el conocimiento técnico sobre las características de los insumos y procesos asociados con el residuo generado, se puede identificar si el residuo posee una o varias de las características que le otorgarían la calidad de peligroso.
- Utilizando las listas de residuos o desechos peligrosos contenidas en el Anexo I y II del decreto 4741 de 2005.
- A través de la caracterización físico-química de los residuos o desechos generados.

Los elementos del PGIR contienen la descripción general de las fases que se desarrollan, la cuantificación de los residuos generados, las alternativas de minimización, los procedimientos de manejo interno y externo, actualizado, de los residuos generados y los mecanismos de seguimiento, evaluación y mejora, tal como se muestra en la figura 2

**Figura 2.** Fases del plan de gestión integral de residuos



*Fuente. Autores*

Las metas que debe plantear un plan de gestión integral de residuos contemplan:

- Reducir la cantidad de residuos peligrosos generados.
- Reducir la compra de productos peligrosos.
- Incrementar la cantidad de residuos reutilizados internamente.
- Retornar envases vacíos de productos químicos a proveedores.
- Manejar de forma segura los diferentes residuos generados para favorecer la integridad humana y laboral.
- Generar cultura de reciclaje y manejo de basuras.
- Concienciar al personal sobre la responsabilidad de asumir el plan de gestión integral de residuos.

El PGIR exige el compromiso por parte de la Dirección, en cuanto a la estructura y responsabilidad clara, personal competente (capacitado), planificación, control y monitoreo, procedimientos y mejora, control de contaminación, reducción de residuos, ahorro y uso eficiente de energía, materiales, cero emergencias y cumplimiento legal. Este permite gozar de un ambiente sano y jerarquizar estrategias de operación y producción así como se presentan en la figura 3.

El contenido del plan de gestión integral de residuos se compone de opciones jerarquizadas tales como:

- Prevención y minimización de la generación en la fuente
- Aprovechamiento y valorización
- Tratamiento y Transformación

- Disposición final

**Figura 3.** Esquema de priorización de gestión según estrategias jerarquizadas



*Fuente. Política Ambiental para la Gestión Integral de Residuos o Desechos Peligrosos. Dirección de Desarrollo Sectorial Sostenible. Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial. 5*

Una vez dispuesto el plan los indicadores de desempeño para evaluarlo son:

- Kilogramos de residuos generadores
- Porcentaje de residuos reutilizados
- Porcentaje Residuos peligrosos manejados externamente
- Dinero en ahorros de manejo externo

Las actividades a desarrollar en la ejecución del plan son:

- a. generación y almacenamiento: La fuente de generación determina el tipo de residuo y sus características, dependiendo de esto se desarrollan diferentes tipos de almacenamiento. La generación también resulta ser un factor trascendental a la hora de tomar decisiones para el manejo de residuos, pues por medio de la capacitación y concienciación se logra disminuir gradualmente su generación.
- b. Segregación en la fuente: Es el depósito selectivo inicial de los residuos en cada una de las áreas generadoras (laboratorio, zonas verdes, áreas comunes, destilería, etc.), dando comienzo al manejo, tratamiento y disposición. El éxito de esta actividad depende de la correcta separación y clasificación en el origen, pues de no ser así los esfuerzos que se realicen en el resto del proceso alterarían los resultados.

- c. **Recolección:** Es el proceso de recoger y retirar los residuos de uno o varios generadores, efectuada por la persona o entidad prestadora del servicio. Refleja la importancia económica en la metodología y organización del plan, se puede ahorrar un 60% de los costos totales de separación de residuos en la fuente y la frecuencia de la recolección. Todo esto afecta el tamaño y tipo de recipiente para el almacenamiento, además de los costos de incineración, reciclaje, disposición final, transporte y demás. En todo caso, al interior de la empresa se deben generar estrategias y planes de recolección y acopio de residuos para que se coordine con la empresa los momentos de recolección.
- d. **Prevención:** La prevención comprende estrategias orientadas a lograr la optimización del consumo de materias primas, la sustitución de insumos peligrosos, la adopción de prácticas, procesos y tecnologías más limpias, entre otros.
- e. **Minimización:** Comprende la adopción de medidas organizativas y operativas que permiten disminuir (hasta niveles económicos y técnicamente factibles) la cantidad y peligrosidad de los residuos generados que precisan un tratamiento o disposición final.
- f. **Prevención y minimización:** Evitar la generación de residuos peligrosos requiere un cambio en la actitud y percepción hacia la gestión de residuos, en cuanto a la modificación de hábitos de consumo, para lo cual juega un papel importante un programa de educación y sensibilización ambiental; de igual manera identificar operaciones y alternativas de productos, procedencia de la materia prima, cambios tecnológicos; todo esto hasta lograr alcanzar niveles económica y técnicamente viables, es decir integralmente sostenibles.
- g. **Aprovechamiento y valorización:** Consiste en la utilización de residuos mediante actividades tales como separación en la fuente, recuperación, transformación y reutilización de los mismos. El aprovechamiento permite la valorización de los residuos y permite involucrarlos dentro del ciclo económico de la empresa; es importante para conservar y reducir la demanda de recursos naturales, disminuir el consumo de energía, alargar la vida útil de los sitios de disposición final y reducir la contaminación ambiental.

Permite la reincorporación en el ciclo económico y productivo con el fin de generar un beneficio económico, social y de reducir los impactos ambientales y los riesgos a la salud humana. Es un paso económicamente importante pues el aprovechamiento de los materiales por medio del reciclaje y reutilización de los

residuos en otros procesos, como fuente de energía e incineración, significa recuperar dinero o sacar “provecho” de los que ya no parece servir.

Ejemplo: recuperación de algunos solventes que se utilizan nuevamente en otros laboratorios o dependencias, según su manejo y peligrosidad.

- h. Tratamiento y transformación: El tratamiento es el componente de gestión que puede ser desarrollado en forma exclusiva o en combinación con las anteriores alternativas. Tiene como objetivos principales separar y concentrar los residuos con el fin de:
- recuperar materias primas para su incorporación al ciclo económico productivo, ya sea en el mismo proceso o en otro.
  - reducir la cantidad, volumen y peligrosidad como actividad previa a una disposición final.

Los métodos de tratamiento pueden ser físicos, químicos, biológicos y térmicos.

- i. Disposición final: Finalmente existirá una fracción de residuos peligrosos que debe ser dispuesta de manera ambientalmente adecuada y controlada, no obstante a la aplicación técnicas de gestión de como la reducción en el origen, el reciclado y el tratamiento.

La disposición final de RESPEL por lo general, se realiza en celdas de seguridad diseñadas técnicamente para tal fin, ubicadas dentro o fuera de rellenos sanitarios o en rellenos de seguridad.

## **4.2 MARCO CIENTÍFICO Y TECNOLÓGICO**

La normatividad legal vigente antes del año 2005 no era clara, ni concreta, para establecer con exactitud quiénes eran los generadores de residuos, su localización, contribución en términos de cantidad y peligrosidad, de tal forma que se pudiese establecer a partir del conocimiento del problema, una estrategia apropiada a las condiciones socio económicas del país, que tuviese en cuenta los factores de riesgo asociado.

Durante el transcurso del año 2005 el gobierno Colombiano realizó un diagnóstico sobre la gestión integral de residuos, haciendo especial énfasis en aquellos que presentaban características de tipo peligroso. A partir de este diagnóstico se conoce la disponibilidad de información sobre la gestión de residuos, ésta no era

sistematizada, ni de cubrimiento nacional, por lo que se hizo público el documento de Política Ambiental para la Gestión Integral de Residuos o Desechos Peligrosos por el MAVDT. En este documento se presentan los objetivos y metas de largo plazo (hasta el año 2018) y un Plan de Acción inicial (2006 - 2010), como solución a la problemática ocasionada por estos residuos. En seis capítulos presenta el Diagnóstico Nacional de la situación actual sobre la generación y manejo de los residuos o desechos peligrosos; recoge elementos conceptuales, legales e institucionales básicos para fundamentar los planteamientos y estrategias de esta política.

En Colombia el desconocimiento de la magnitud de los problemas, consecuencia, de la falta de gestión de los residuos peligrosos, por parte de los generadores y los gestores, se refleja en el poco interés por generar prácticas de producción limpia y sistemas actualizados de prevención en su producción y minimización en la fuente. Se suma que en la mayoría de los casos, en cualquier tipo de producción o actividad, se desconoce que se generan o se manejan residuos de tipo peligroso.

#### **4.3 MARCO INSTITUCIONAL**

La Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria, CORPOICA, es una Entidad dedicada a la investigación y transferencia de tecnología que opera a nivel nacional a través de una red de Centros de Investigación especializados en diferentes áreas temáticas del sector agropecuario. Es una entidad de participación mixta, de carácter científico y técnico sin ánimo de lucro, cuyo objeto es el desarrollo y ejecución de la investigación y la transferencia de tecnología agropecuaria, y la promoción de los procesos de innovación tecnológica, convirtiéndose así en la más grande e importante institución de ciencia y tecnología de Colombia. CORPOICA se encuentra conformada por diferentes Centros de Investigación, Estaciones Experimentales y Unidades Locales distribuidas a lo largo y ancho del territorio nacional, incorporando cada vez más en sus actividades los conceptos de gestión de calidad y servicio al cliente.

CORPOICA cuenta con una Junta Directiva, una estructura y un organigrama administrativo que emite la normatividad para el funcionamiento y orienta las directrices que se deben seguir a nivel de los Centros. La Corporación desarrolla trabajos de Investigación básica y aplicada en alianza con universidades nacionales e internacionales, Corporaciones, Centros de investigación, Secretarías de Agricultura, SENA, ONG's, Asociados gremiales principalmente, y obtiene los recursos

económicos a través de concurso ante financiadores como el MADR, COLCIENCIAS, FONTAGRO, SENA entre otros.

La investigación que realiza la Corporación se fundamenta en las demandas tecnológicas que se generan en las cadenas productivas, que son canalizadas por los actores hacia el MADR; el cual procesa la información y ofrece las áreas y líneas temáticas a financiar en las convocatorias que concurre no solo CORPOICA, sino también las universidades y otras Corporaciones. En transferencia de tecnología y socialización de resultados la Corporación realiza periódicamente eventos, cuenta con venta de publicaciones, librería virtual, oferta de productos y servicios tecnológicos, y una amplia opción de consulta en diversos temas agropecuarios.

#### 4.3.1 Organización de la corporación.

##### **Misión.**

La Misión de CORPOICA es generar y transferir conocimientos científicos y tecnológicos en agricultura con énfasis en la condiciones del trópico. El compromiso es contribuir a satisfacer las necesidades tecnológicas de los productores y de las cadenas productivas y mejorar la competitividad del sector agropecuario, dentro de una estrategia de producción sostenible, que cree oportunidades para el desarrollo social, económico, científico y tecnológico de los diferentes actores del sector. El accionar se realiza a través de una agenda de investigación y transferencia priorizada y concertada con los usuarios acorde con las políticas sectoriales y corporativas y en alianza con otras instituciones.

##### **Visión.**

Las características de la organización en su estado ideal de éxito son: ser la Institución eje del Sistema Nacional de Ciencia y Tecnología Agropecuaria y líder en el desarrollo de tecnología apropiada a las condiciones del trópico. Ser una institución reconocida a nivel nacional e internacional por la comunidad científica, el sector productivo, el Estado y la sociedad en general, por sus aportes al conocimiento científico y tecnológico y por la calidad de sus productos y servicios. Además, ser uno de los organismos asesores en el diseño de políticas e instrumentos para el desarrollo tecnológico de la agricultura y de la ganadería colombianas. Haber consolidado la capacidad de gestionar y asignar recursos para atender las demandas de investigación bajo los criterios de racionalidad y eficiencia. Ser una organización en la que todos sus miembros y sus procesos están comprometidos con

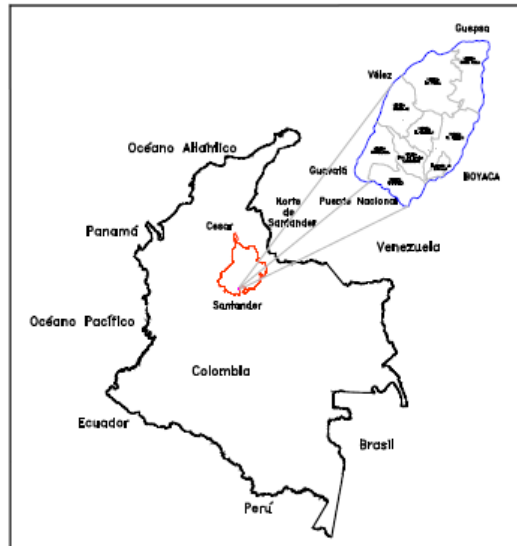
las prioridades y metas establecidas, para mantener una cultura institucional basada en Excelencia, Motivación y Compromiso. Ser una entidad integrada mediante procesos eficientes de Planificación, Seguimiento y Evaluación y con capacidad para adaptarse a los cambios del entorno.

4.3.2 Historia. La historia de CORPOICA se remonta a la década de 1990, cuando el país asumió el reto de la apertura e internacionalización de la economía. Hasta ese momento, tanto la investigación como el control sanitario animal y vegetal estaban a cargo del ICA. A partir de entonces, ese Instituto se encarga de las funciones relacionadas con sanidad, prevención, control y supervisión de insumos y registro de nuevos productos, en tanto que CORPOICA tiene la responsabilidad de la investigación y la transferencia de tecnología agropecuaria. La Corporación fue creada mediante acta de la Asamblea de Fundadores, en un evento efectuado en el Palacio de Nariño el 25 de enero de 1993, y comenzó a funcionar en enero de 1994.

4.3.3 Descripción de la planta de producción de bioetanol a partir de Caña. La planta de producción de alcohol carburante a pequeña escala, está localizada en Barbosa, Santander en la vereda Santa Rosa, corregimiento de Cite, creada desde el 14 de febrero de 2008 e inaugurada el 17 de octubre de 2008, realiza procesos de investigación para la producción de Bioetanol a partir de caña de azúcar, la planta de alcohol carburante está diseñada para procesar 65-80 ton/día de caña de azúcar, materia prima de la cual se obtienen 5000 L/día de bioetanol, cuenta con un recurso humano de 18 personas entre las cuales están ingenieros, microbiólogos, tecnólogos químicos, técnicos electromecánicos y operarios, en quienes recae la responsabilidad del funcionamiento de la misma, este proceso a su vez genera en cada una de las áreas de trabajo residuos sólidos y líquidos tales como bagazo, cachaza, ceniza, vinaza, flemazas, natas generadas de pozo séptico, aceite usado (por cambio de aceite en el mantenimiento de motores) y recipientes vacíos que contienen sustancias tóxicas (inhibidor de incrustación, biocidas, ácido sulfúrico al 98%, ácido fosfórico al 85%, tambores de monoetilenglicol), residuos de laboratorio de microbiología y fisicoquímica (residuos de medios de cultivo, guantes, tapabocas, residuos de colorantes, hidróxido de sodio, Sulfato de cobre, mezcla yodo-metanol, subacetato de plomo, desechos domésticos y de oficina, entre otros; en la actualidad se realiza tratamiento para algunos residuos líquidos como es el caso de la vinaza y cachaza para producir abonos y suplementos alimenticios, los residuos sólidos no tienen una disposición adecuada, se necesita establecer el manejo integral de ellas.

4.3.3.1 Localización. El proyecto de investigación para la obtención de alcohol carburante a pequeña escala está localizado en Colombia, Hoya del Río Suárez, departamentos de Santander y Boyacá. Esta zona se ubica, entre las coordenadas 73° 35' y 73° 52' de longitud oeste y los 5° 51' y 6° 7' de latitud norte, a 200 Km, al nororiente de la ciudad de Bogotá, en Barbosa Santander en la vereda Santa Rosa, corregimiento de Cite. Figura 4 Localización de la planta de alcohol.

**Figura 4.** Localización de la hoya del río Suárez



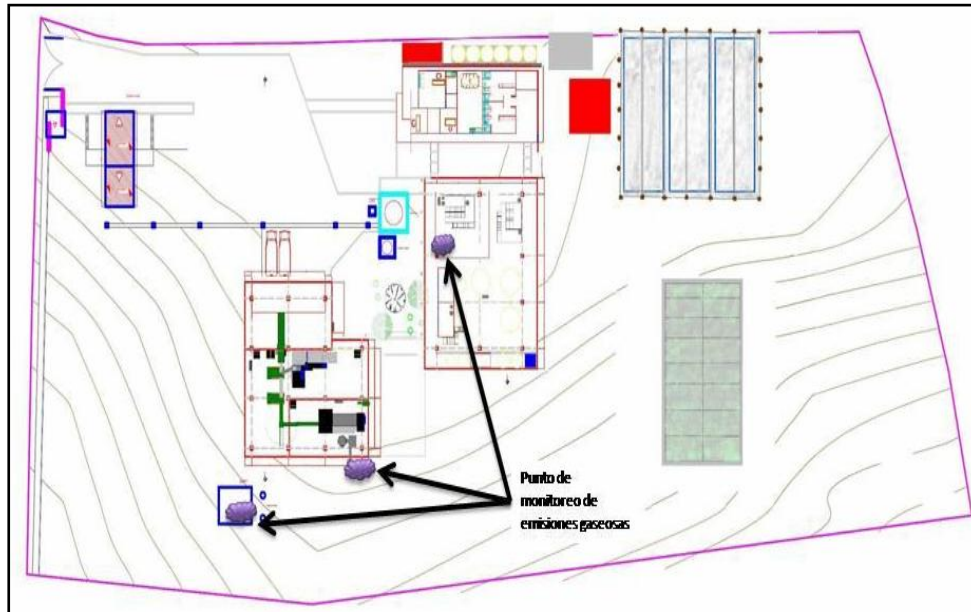
Fuente. Plan de Ordenamiento Territorial Barbosa Santander 2008.

4.3.3.2 Infraestructura. La planta de bioetanol cuenta con las siguientes áreas:

- **Molienda:** en esta área se encuentran el patio de recepción de caña, el sistema de molinos que cuenta con una picadora, dos molinos de masas, un sistema de clarificación, patio de almacenamiento de bagazo, y la caldera. En esta área se obtiene como residuos de la extracción del jugo, el bagazo, bagacillo, cachaza, ceniza, rusque y aceites usados generados por el cambio de aceite en los motores.
- **Fermentación:** En esta área se lleva a cabo la fermentación de los jugos para la obtención de alcohol, cuenta con los siguientes equipos: tanques de recepción, tanques propagadores, Biorreactores, sistema de enfriamiento, compresor de aire filtrado y centrifuga. Los residuos que se generan para este proceso son: Lodos en biorreactores, Soluciones acuosas de los químicos para el tratamiento del sistema de enfriamiento.
- **Destilería:** Compuesta por cinco torres de destilación, tanque de almacenamiento y la oficina de PLC. En esta zona se generan residuos tales como: vinazas, flemazas, y mezclas de etanol-monoetilenglicol y agua.

- Invernadero y piscinas de almacenamiento de vinazas: En esta zona se almacena la vinaza proveniente de la torre mostera, y el invernadero es el sitio en donde se realiza las pruebas de generación de compostaje
- Zona de cargue: es el área en donde se realiza la desnaturalización del alcohol, mezclando el agente desnaturalizante (gasolina) y el alcohol deshidratado.
- Área administrativa: Se encuentra la secretaría y tesorería, oficina de Gerencia, laboratorio de físico-química, área de preparación de muestras microbiológicas, baterías de baños, bodega. Los residuos generados en la zona administrativa son básicamente no peligrosos; en los laboratorios se producen residuos peligrosos de sustancias químicas, elementos cortopunzantes, y material contaminado con microorganismos. El área de bodega almacena fertilizantes y los reactivos para el tratamiento de la caldera y el sistema de enfriamiento.
- Zonas verdes. Durante el recorrido en la planta se puede observar que la parte estructural de la planta se encuentra rodeada de zonas verdes, además según prescripción de la Corporación Autónoma de Santander se deben tener árboles sembrados que soporten y transformen la cantidad de CO<sub>2</sub> que se produce en la zona de fermentación y eso a su vez sirva de colchón. Los residuos que se generan en estas áreas básicamente se debe a las podas que se realizan para mantener esas zonas en excelente estado.
- Planta eléctrica de emergencia: se cuenta con una planta de energía y usa como combustible para la generación de energía Diesel, la cual está preparada y lista a entrar en acción cuando se requiera, debido a que el proceso no se puede detener pues esto significa pérdidas económicas y de tiempo para la empresa, los residuos que se generan en esta área son en su mayoría cambio de filtros y envases vacíos de combustible.
- Zona de Laboratorios: dentro del área administrativa se encuentra el un lugar destinado a los ensayos de laboratorio de físico-química y de microbiología; allí se realizan actividades de control para el proceso.

**Figura 5.** Ubicación de las diferentes áreas de la planta



*Fuente: Plan de manejo ambiental para el proyecto de instalación, puesta en marcha de planta de alcohol carburante en la hoya del Río Suárez.*

#### **4.4 ANTECEDENTES DEL MANEJO DE RESIDUOS EN LA PLANTA DE BIOETANOL.**

Se realizó el plan de manejo ambiental para el proyecto de instalación, puesta en marcha y ajuste tecnológico de un sistema piloto de obtención de alcohol carburante a pequeña escala a partir de la caña de azúcar en la hoya del río Suárez por la Ingeniera Química Luz Esperanza Prada, este documento se presentó a la Corporación Autónoma de Santander-CAS para su respectiva revisión y aprobación viéndose representada en una resolución.

#### **4.5 MARCO LEGAL**

La Política Ambiental en Colombia relacionada con la gestión integral de los residuos generados por toda actividad humana es amplia, sin embargo, en lo que a la parte industrial se refiere, aún es muy escasa, por esto, se referencia las disposiciones legales más cercanas como es el decreto 1713 de 2002, el cual reglamenta entre otras, la ley 99 de 1993 en relación con la Gestión Integral de Residuos Sólidos.

El decreto 4741 de 2005 por su parte reglamenta parcialmente la prevención y el manejo de los residuos o desechos peligrosos generados en el marco de la gestión integral antes mencionada; este tiene por objeto prevenir la generación de residuos o desechos peligrosos, así como regular el manejo de los residuos o desechos generados con el fin de proteger la salud humana y el ambiente.

Por otro lado se encuentra la resolución 1164 de 2002 (septiembre 6) por la cual adopta el Manual de Procedimientos para la Gestión Integral de los residuos hospitalarios y similares, de acuerdo a lo determinado en los artículos 4º y 21º del decreto 2676 de 2000.

## **5. DISEÑO METODOLÓGICO**

La metodología general que se implementó para formular el plan de gestión integral de residuos generados en la planta de Bioetanol en cumplimiento de los objetivos formulados comprende tres fases, a saber: Recolección de información y diagnóstico del estado actual de generación de residuos producidos; con la información recolectada sobre criterios y procedimientos de clasificación se realizó la identificación de los residuos generados clasificando y cuantificando dichos residuos según lo propuesto en el decreto 4741 de 2005 y el decreto 2676 de 2000, así como la política ambiental para la gestión integral de residuos o desechos peligrosos de 2005; finalmente, a partir de esta caracterización y teniendo en cuenta la legislación vigente, la literatura sobre el estado del arte y el diagnóstico preliminar, se formuló el plan de gestión integral de residuos y desechos generados en esta planta.

### **5.1 DIAGNÓSTICO PRELIMINAR**

En esta fase se pudo conocer a fondo el funcionamiento de la planta, sus áreas de producción, los insumos que se utilizan en cada una de estas áreas, así como los residuos generados; de igual manera, se recopiló información primaria y secundaria sobre el manejo y disposición actual de estos residuos. Para esto, se tuvieron en cuenta los siguientes elementos y criterios para elaborar el diagnóstico básico.

- Tipos y volúmenes de residuos generados.
- Áreas y procesos en los que se generan los distintos tipos de residuos.
- Forma en que se acopian los residuos.
- Lugares en los que se suelen almacenar.
- Tiempo que dura el almacenamiento de los residuos.
- Empresas que se ocupan del manejo de los distintos tipos de residuos.
- Porcentaje de los distintos tipos de residuos que se generan.
- Tipos de tecnologías empleadas internamente para el tratamiento de los residuos.
- Ubicación de las áreas de tratamiento de residuos.
- Personal interno que se ocupa del manejo de los distintos tipos de residuos.
- Problemas identificados en el manejo interno y externo de los residuos a lo largo de su ciclo de vida integral

5.1.1 Estrategias para la realización del diagnóstico. Consultar al encargado del área administrativa del establecimiento para conocer los volúmenes de los distintos tipos de residuos que se entregan a las empresas de servicios (públicos o privados) para su manejo y los costos por tonelada que se pagan por ello mensualmente.

- Entrevistar al personal clave en cada área generadora de residuos en el establecimiento y aplicar un cuestionario para recabar datos sobre el número de bolsas y contenedores donde se depositan los distintos tipos de residuos que se encuentran en ellas y la frecuencia con la que se llenan.

## **5.2 IDENTIFICACIÓN Y CLASIFICACIÓN DE RESIDUOS**

La identificación y clasificación como parte fundamental del estudio, contempla elementos estructurantes que parten del diagnóstico básico descrito en el aparte anterior; y requiere de la formulación de un sistema de identificación y clasificación de acuerdo a criterios establecidos por la ley. Esta fase comprenderá las siguientes actividades:

1. Identificar los residuos de acuerdo a la clasificación propuesta. Revisar la actividad de la cual provienen, estudiar el inventario de los insumos utilizados y los registros históricos mensuales de los productos y residuos generados.
2. Revisar los listados de los residuos (actividades, componentes, características) oficiales en los anexos del Decreto 4741, de las organizaciones y entidades reconocidas internacionalmente para verificar si el residuo está explícitamente considerado dentro de la categoría de peligroso.

## 6. RESULTADOS

Este capítulo consta de tres partes según lo plasmado en el diseño metodológico planteado en el capítulo anterior, estas son: diagnóstico, caracterización y la formulación del plan de gestión de los residuos generados en la planta de bioetanol.

### 6.1 DIAGNÓSTICO PRELIMINAR

A continuación se presenta la descripción general del manejo actual de los diferentes residuos generados en la Planta de producción de bioetanol a pequeña escala-CORPOICA en Barbosa Santander. Esta descripción se realizó de acuerdo a los residuos generados por áreas de trabajo en la planta, las cuales están definidas desde su creación y para beneficio de esta investigación se conservaron tal y como estaban establecidas, se realizaron visitas donde hubo observación directa de la generación y de su manejo actual, estas visitas se apoyaron con entrevistas tanto al encargado del área administrativa como a los operarios de las diferentes áreas. Se desarrollo un modelo de entradas y salidas para visualizar los insumos que se requieren y los residuos que salen de cada una de ellas.

La planta tiene una capacidad de producir 5000 L/día de alcohol carburante para lo cual cuenta con varias áreas de trabajo donde se desarrollan diversas actividades que están entrelazadas en forma de cadena productiva, para conseguir un bien común, cabe aclarar que la materia prima necesaria para dicha producción es la caña de azúcar, este sustrato tiene una excelente oferta, la hoya del río Suárez cuenta con más de 45000 hectáreas sembradas en caña, debido a que el microclima que tiene la zona es apto para este tipo de cultivos. La descripción del proceso se divide en las siguientes áreas de producción:

6.1.1 En el área de Molienda. Se encuentran el patio de recepción de caña, aquí se recibe diariamente entre 65 y 80 toneladas de caña que son transportadas a la empresa a través de volquetas, ya que este medio de transporte es el más adecuado para acceder a las vías terciarias con las que cuenta la región de la hoya del río Suarez.

En los patios de caña se acumulan residuos de tipo orgánico producto del deshoje de la caña llamado rusque, el sistema de molinos cuenta con una banda

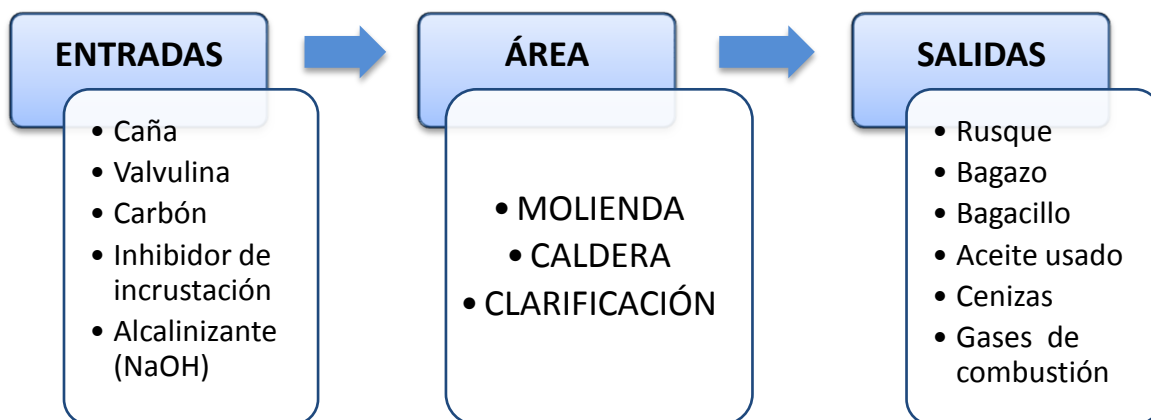
transportadora, una picadora/desfibradora, dos molinos de masas, estos molinos tienen la capacidad de extracción entre 60%. y 70 %, en ese punto se obtiene el primer residuo sólido importante por su volumen llamado bagazo, este bagazo contiene entre un 48 a 55% de humedad, es almacenado en el patio destinado para tal fin, que posteriormente va a ser utilizado como combustible para el funcionamiento de la caldera, durante el mantenimiento realizado a esta área aparece otro residuo aceite usado debido al cambio de aceite (valvulinas), el sistema de clarificación, está compuesto por prelimpiadores en serie, filtro DSM, tanque de almacenamiento de jugo y un tanque clarificador, donde se maneja un volumen promedio de jugos de 2000 a 2600 L/h, la función de este sistema es disminuir en lo posible sólidos suspendidos y sedimentables, al igual que tierra y microorganismos con que trae consigo la caña, esta labor se hace a través de medios físicos y químicos, los residuos generados en esta zona comprenden residuos de tipo orgánico como lo son el bagacillo y la cachaza (floc que se forma cuando se adiciona un floculante de tipo sintético - Profloc® para que atrape las moléculas suspendidas, limpiando y clarificando el jugo); estos residuos se reutilizan en el proceso o tienen un tratamiento interno, el bagacillo es llevado de forma manual a los molinos donde se une con el bagazo y tiene como destino final la caldera, la cachaza es deshidratada por medio de vapor en una batea melotera especial convirtiéndola en melaza integral, de este melotero se genera, residuos propios de la melaza quemada, el sistema de caldera es la encargada de generar vapor para las áreas de clarificación, fermentación y destilería, su combustible es el bagazo, y en algunas ocasiones carbón mineral, la caldera recibe tratamiento químico, alcalinizantes e inhibidores de incrustación como parte del mantenimiento de la misma, los residuos que se generan en este sistema son: cenizas y gases, productos de la combustión, los cuales salen por el ciclón y por la chimenea, respectivamente, envases de los reactivos químicos que se adicionan, ver ilustración 1.

**Ilustración 1.** Área de molienda



*Fuente. Autores*

Figura 6. Entradas y salidas en área de molienda

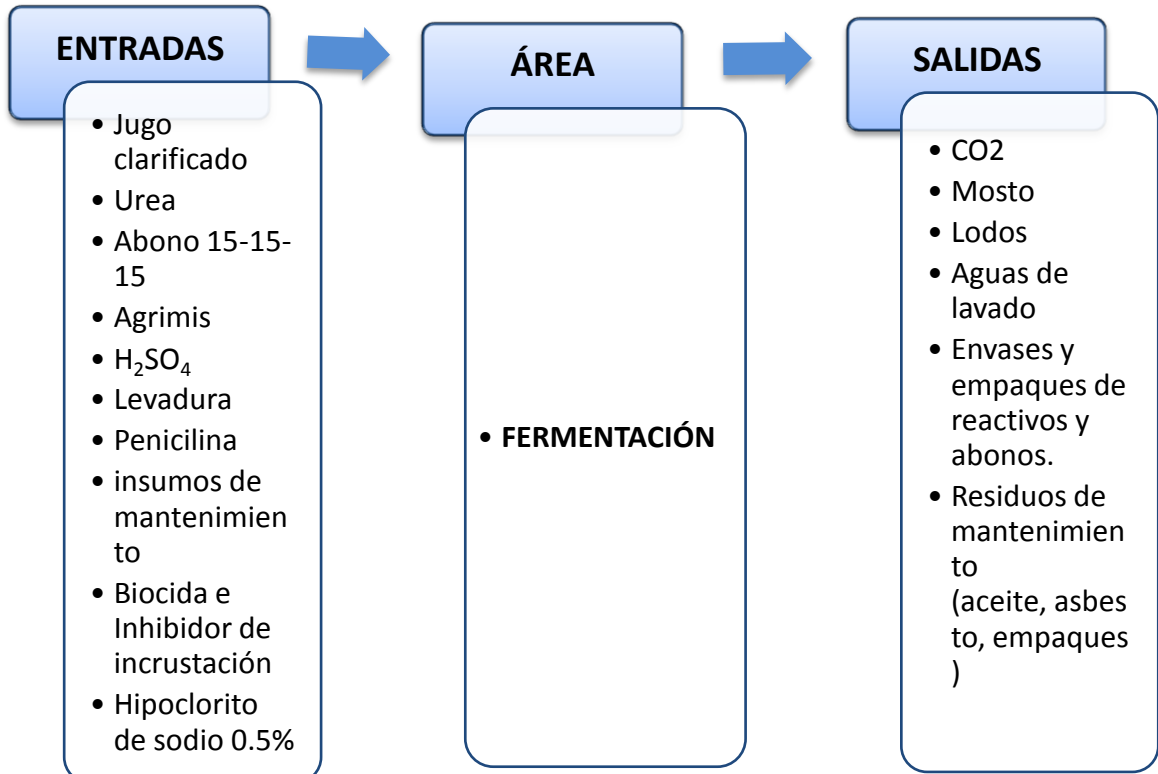


Fuente. Autores

6.1.2 Fermentación. A esta área llegan los jugos provenientes del sistema de clarificación, los reciben los tanques receptores, donde se lleva el proceso de acondicionamiento, se le adicionan nutrientes (urea, Triple 15, agrimis), ácidos (ácido sulfúrico y fosfórico) para disminuir el pH, haciendo un medio de cultivo apropiado para las levaduras, en los tanques propagadores se realiza la fase de reproducción de la levadura *Saccharomyces cerevisiae*, en los tanques fermentadores o biorreactores se lleva a cabo el proceso de fermentación por el sistema de Batch alimentado, transcurrido este tiempo, el mosto está listo para pasar a la destilería, durante este proceso el mosto debe pasar por la centrifuga que es la encargada de recuperar parte de las levaduras que se encuentran suspendidas en el mosto y llevarlas a un tanque para su tratamiento químico, y así poderlas devolver a los tanques de fermentación acortando tiempos de producción; en esta área se encuentra el sistema de enfriamiento, y compresor de aire filtrado.

Los residuos que se generan para este proceso son: Lodos en biorreactores, envases de reactivos químicos (Biocidas e inhibidores de incrustación, ácido sulfúrico y fosfórico), empaques provenientes de levaduras/ antibiótico y fertilizantes, cambio de aceite generado cuando el compresor y la centrifuga tienen mantenimiento, sellos desgastados de silicona y asbesto que pertenecen a las bridas y tuberías de los tanques y sistema de enfriamiento. Esta área está enlazada con los laboratorios de fisicoquímica y microbiología, en estos laboratorios se realizan pruebas de control al mosto y alcohol proveniente de la destilería, se realiza medición de parámetros tales como % sacarosa, % de ATR, cuantificación de microorganismos contaminantes, recuento de levaduras, coloraciones, pH, densidad, conductividad, % de alcohol y % Humedad), Se generan residuos de mezclas de reactivos, guantes contaminados, jeringas usadas, envases de reactivos químicos.

Figura 7. Entradas y salidas en área de fermentación



Fuente. Autores

Ilustración 2. Área de Fermentación



Fuente. Autores

Figura 8. Entrada y salida en laboratorios

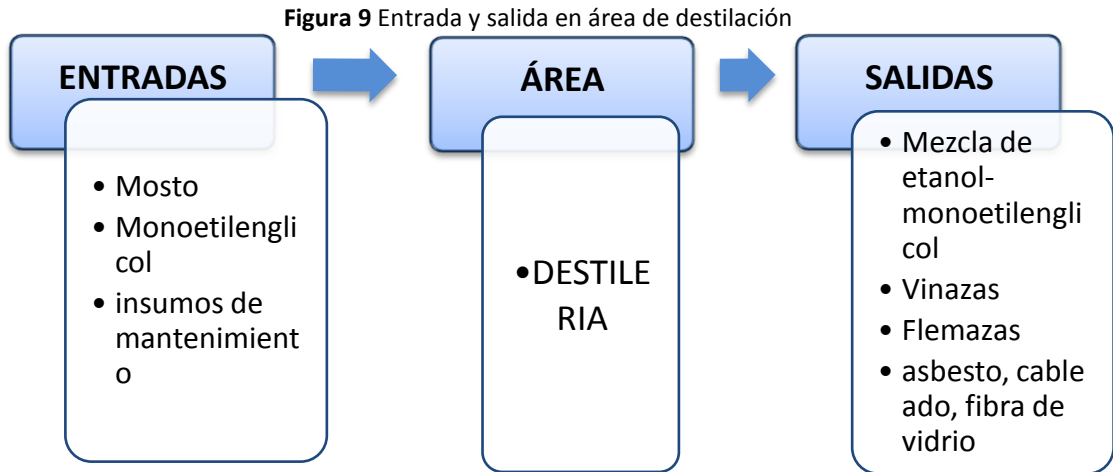


Fuente. Autores

6.1.3 Destilería. Se encuentra distribuida en cinco torres de destilación, (mostera, concentradora, rectificadora, deshidratadora y recuperadora de glicol), tanque de almacenamiento de producto final, tanque de almacenamiento de desnaturizante, oficina de PLC y cuarto de controles eléctricos

Durante el proceso se generan residuos de tipo líquido tales como vinaza que se genera de la torre mostera por la separación que se produce entre el mosto y el etanol obtenido durante el proceso de fermentación, su producción tiene una relación de 1:10, por cada litro de alcohol se obtienen 10 litros de vinaza; las flemazas salen de la torre rectificadora, en esta columna realiza la máxima deshidratación que se pueda obtener a través de medios físicos, llevando el alcohol de 65% v/v a 95% v/v de concentración, y por último se generan residuos de mezclas de etanol-monoetilenglicol y agua en la columna deshidratadora ya que esta parte

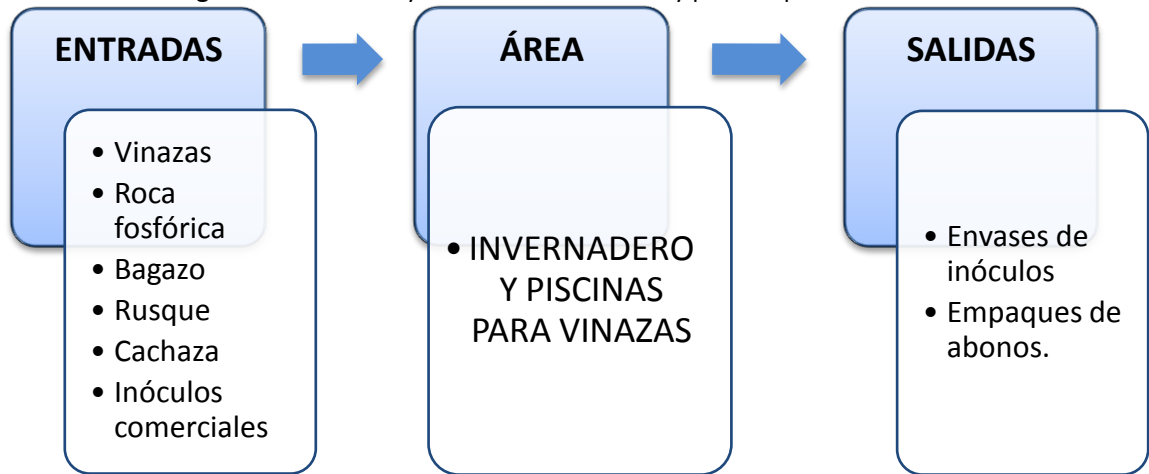
maneja un sistema de deshidratación extractiva, lo que significa que para llevar el alcohol a la concentración requerida debe interactuar el alcohol al 95%v/v con el monoetilenglicol, que es una sustancia que captura moléculas de agua que están fuertemente enlazadas con las moléculas de etanol, así es que el alcohol alcanza una concentración de alcohol de 99,5% como lo exige la norma. En esta área también hay residuos de sellos mecánicos, cableado obsoleto, asbesto, chatarra, fibra de vidrio y envases vacíos de glicol



Fuente. Autores

6.1.4 Invernadero y piscinas de almacenamiento de vinazas. En esta zona llegan algunos residuos líquidos para ser tratados, se almacena la vinaza proveniente de la torre mostera, una parte del bagazo y la cachaza, el invernadero es el sitio en donde se realiza las pruebas de generación de compostaje con los residuos anteriormente nombrados.

**Figura 10.** Entradas y salidas en invernadero y piscinas para vinazas



*Fuente. Autores*

**Ilustración 3.** Invernadero



*Fuente. Autores*

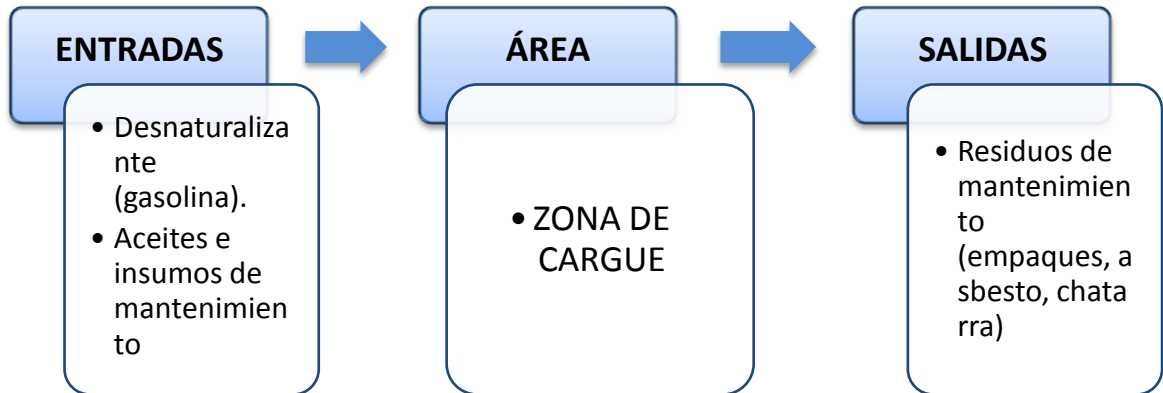
**Ilustración 4.** Piscina para Vinazas



*Fuente. Autores*

6.1.5 Zona de cargue. Es el área en donde se realiza la desnaturalización del alcohol, mezclando el agente desnaturalizante (gasolina) y el alcohol deshidratado. La generación de residuos se da principalmente por actividades de mantenimiento en las tuberías, sellos, empaques de asbesto. Retazos de tuberías.

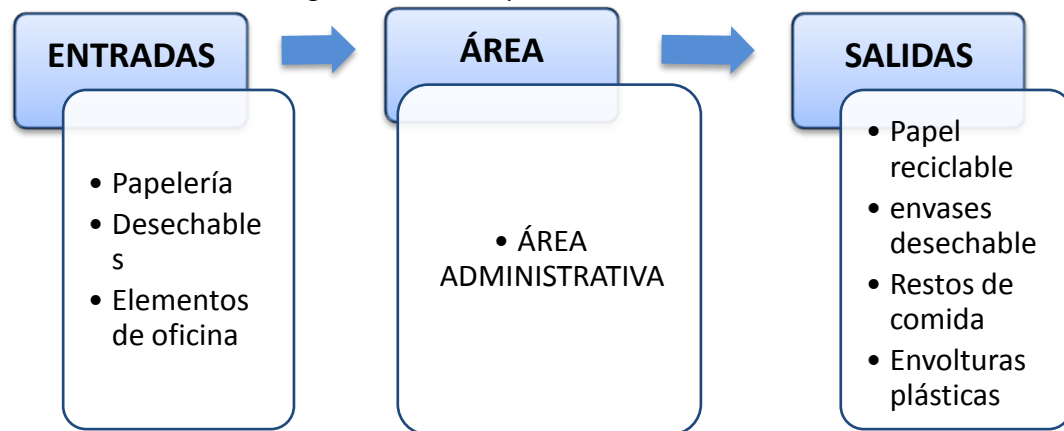
Figura 11. Entradas y salidas en zona de cargue



Fuente. Autores

6.1.6 Área administrativa. Se encuentra la secretaría, tesorería, oficina de Gerencia, garita de los vigilantes, baterías de baños, almacén. Los residuos generados en las oficinas son básicamente domésticos y papelería reciclable; El área de almacén acopia fertilizantes y los reactivos para el tratamiento de la caldera y el sistema de enfriamiento. También sirve de punto de acopio para almacenar algunos envases vacíos de sustancias y aceites usados.

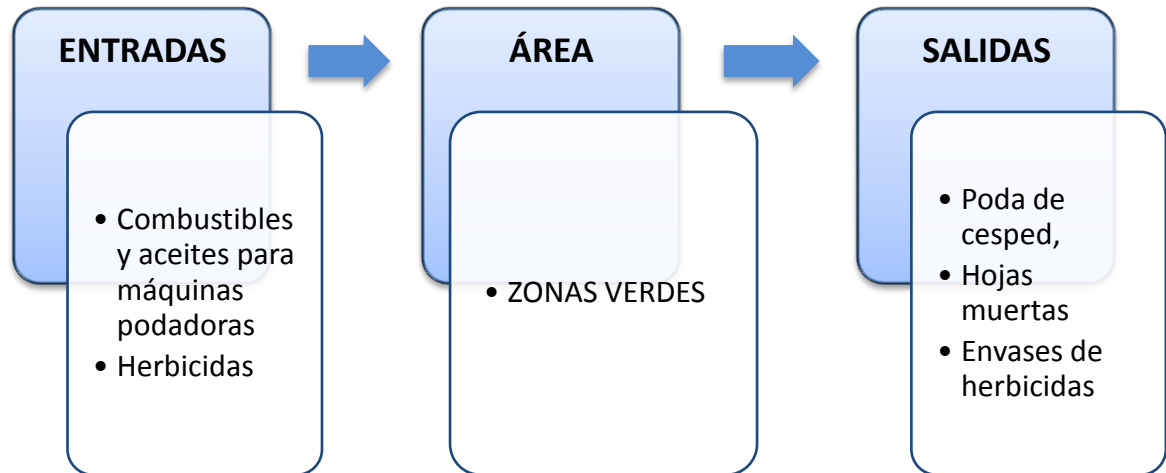
Figura 12. Entradas y salidas área administrativa



Fuente. Autores

6.1.7 Zonas verdes. Los residuos generados son del mantenimiento de jardinería, poda de árboles, plantas y pasto, en algunas ocasiones se ha utilizado herbicidas, y por tanto se genera envases vacíos contaminados.

Figura 13. Entradas y salidas Zonas verdes



Fuente. Autores

Con respecto a las áreas de almacenamiento, la planta no cuenta con una edificación o lugar adecuado para las actividades de acopio, tampoco con normas técnicas y sanitarias, al igual que carece de un sistema de almacenamiento; los recipientes de almacenamiento son canecas retornables metálicas sin tapa, las cuales presentan corrosión por exposición directa al agua y al sol, el área de la caneca es igual en su parte superior e inferior lo que dificulta su vaciado y manejo en la recolección, así como evidencia en la ilustración 5.

Ilustración 5. Recipientes utilizados para almacenar los residuos



Fuente. Autores

## 6.2 IDENTIFICACIÓN Y CLASIFICACIÓN

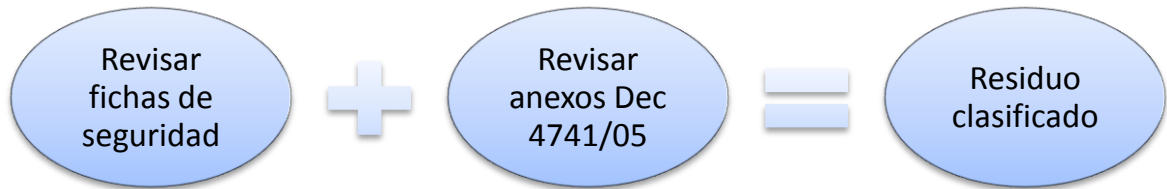
La identificación se realizó gracias a la información obtenida en el diagnóstico preliminar sobre el estado actual de la generación de residuos en la planta descrito la sección anterior. A partir de la identificación de residuos y la descripción de los procesos en las áreas ya señaladas junto de las normas actuales, se establecieron los criterios de identificación de las características de peligrosidad de los residuos generados y su clasificación. Esta clasificación e identificación se realizó mediante herramientas teórico – prácticas.

6.2.1 Sistema de clasificación de residuos. En la formulación del sistema de identificación y clasificación de los residuos generados se tuvieron en cuenta criterios de clasificación establecidos en el decreto 2676 de 2000 y en los anexos I,II y lista B contenidos en el decreto 4741 de 2005 por el cual se reglamenta parcialmente la prevención y manejo de los residuos y desechos peligrosos generados en el marco de la gestión integral y en el convenio de Basilea sobre el control de movimientos transfronterizos de los desechos peligrosos y su eliminación adoptado por la conferencia de plenipotenciarios del 22 de marzo de 1989; además se basa en las siguientes actividades:

1. Identificar los residuos de acuerdo a los constituyentes que poseen y al balance de materia del proceso. Revisar la actividad de la cual provienen, estudiar el inventario de los insumos utilizados y sus respectivas fichas de seguridad, ver figura 14. Hacer revisión de las fichas de seguridad sobre las características de los insumos y los procesos asociados en la generación de los residuos, para identificar si el residuo posee o no alguna de las características que le otorgarían la calidad de peligroso.
2. Revisar los listados de los residuos (actividades, componentes y características) en los anexos del Decreto 4741 y del convenio de Basilea para verificar si el residuo está explícitamente considerado dentro de la categoría de peligroso. Se considera peligroso al residuo que: es una mezcla que contiene algunos de los residuos o sustancias indicadas en estas listas, corresponde a uno o más de los residuos incluidos en las listas, para la gestión posterior. Hay que tener en cuenta que si un residuo no aparece en las listas no es señal que no sea peligroso, por tanto a este residuo se le debería realizar un análisis fisicoquímico.
3. Considerar las siete características de peligrosidad definidas en el anexo III del decreto 4741, tales como inflamable, corrosivo, reactivo, explosivo, toxico, infeccioso y radiactivas. Si el residuo presenta alguna de las características se

considera peligroso, y no peligroso si definitivamente no presenta ninguna de estas características señaladas. La clasificación consiste en codificarlos para que sea posible su trazabilidad y establecer posteriormente su tratamiento y disposición final.

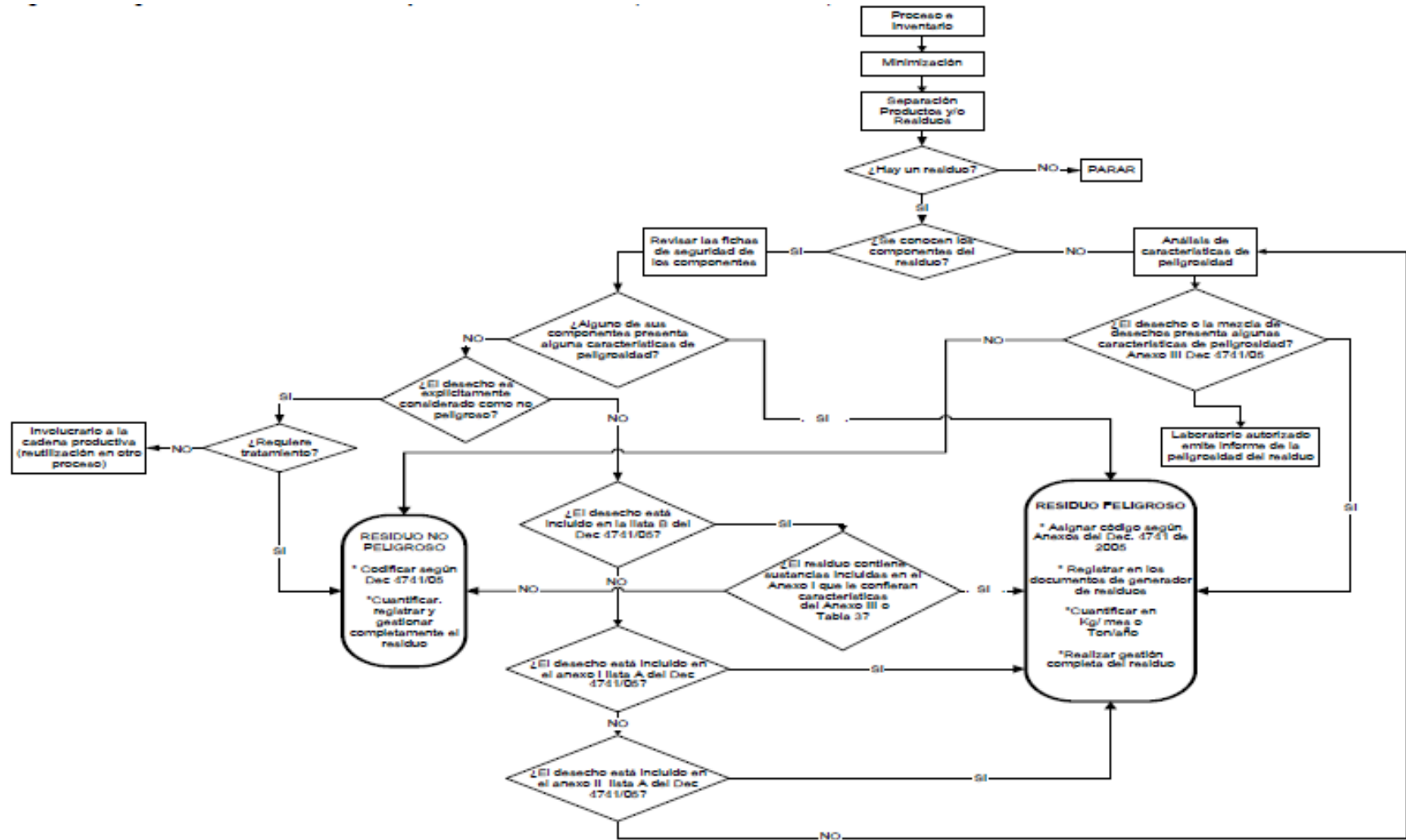
**Figura 14.** Modelo de identificación y clasificación



*Fuente: Autores*

6.2.2 Clasificación de acuerdo al decreto 4741. De acuerdo al diagnóstico realizado en el aparte anterior, la planta de bioetanol de CORPOICA no disponen del flujo de residuos según la codificación del Decreto 4741 de 2005, por lo que es necesario realizar una homologación con sus códigos. La figura 15 indica el árbol de decisiones para codificar cualquier residuo generado según los Anexos del Decreto. Se inicia con el proceso o actividad donde se generan los residuos hasta su clasificación como residuo peligroso o no peligroso. Una vez determinada esta categoría se procede a realizar la codificación, su registro y gestión integral completa.

Figura 15. Diagrama decisión para la identificación y clasificación de residuos según decreto 4741 de 2005



Fuente. Ministerio de Medio ambiente. Política para la gestión de residuos. Bogotá, D.C. Modificado por autores.

6.2.3 Clasificación residuos generados en la planta de bioetanol. Para facilitar el manejo y la interpretación del plan de gestión de residuos es conveniente generar internamente un sistema de clasificación de acuerdo al lugar o área de procedencia del residuo y de igual manera el destino que se tiene para el mismo. La matriz de identificación y clasificación integrada de los diferentes residuos generados facilita reconocer los mecanismos de minimización, transporte, tratamiento y disposición final. Es así, como se puede formular el Plan de Gestión Integral de Residuos asegurando la trazabilidad de los mismos y las mejores elecciones para su gestión, asegurando el menor impacto para los seres humano, el medio ambiente y la economía de la planta.

La tabla 3 muestra la matriz de identificación y clasificación integrada para los diferentes residuos generados en la planta, en forma tal que se adicionó el manejo actual y su origen para disponer posteriormente los métodos de gestión integral.

**Tabla 3.** Clasificación de los residuos generados en la planta de Bioetanol

NÚMERO	CÓDIGO	ORIGEN DEL RESIDUO	CÓDIGO	DESTINO
1	M	Molienda	A	Almacén
2	F	Fermentación	R	Reciclaje interno
3	D	Destilería	TI	Tratamiento interno
4	AC	Áreas comunes	TE	Tratamiento externo
5	ZC	Zona de Cargue	SD	Sin disponer
6	ADM	Área administrativa	IP	Invernadero y piscinas
7	ZV	Zonas verdes	RP	Reutilización en un proceso
8	PE	Panta eléctrica de emergencia.	RS	Relleno sanitario
9	L	Laboratorios		

Fuente. Autores

**Tabla 4** Matriz de identificación y clasificación integrada de residuos

No.	NOMBRE DEL RESIDUO	ORIGEN	DESTINO	ANEXO I Dec. 4147 /05	ANEXO II Dec. 4147 /05 LISTA B	Dec. 2676/2000 - Cap. III (Residuos peligrosos)	Dec. 2676/2000 - Cap. III (Residuos No peligrosos)
1	aceite usado (mantenimiento equipos)	M,F	AL	Y9	A4060	QUÍMICOS	
2	bagacillo	M	RP	-	-		BIODEGRADABLE
3	bagazo	M	RP,IP	-	-		BIODEGRADABLE
4	baterías alcalinas	L	RS	Y46	B1090	QUÍMICOS	
5	cableado obsoleto (mantenimiento equipos)	M,D,ZC	SD	-	B1110	QUÍMICOS	
6	cachaza	M	TI,IP	-	-		BIODEGRADABLE
7	cartón contaminado de grasa	AC	RS	-	-		ORDINARIO
8	cartón limpio	L,ADM	R	-	-		BIODEGRADABLE
9	cartuchos de tinta para impresión	ADM	SD	Y12	A4070	QUÍMICOS	
10	ceniza	M	SD	-	-		INERTE
11	chatarra (soldadura, discos de corte, tubos metálicos)	D,F,ZC	R	-	B1010		RECICLABLE
12	Dióxido de carbono	F	SD	-	-		INERTE
13	envases de plástico	AC	RS	-	-		RECICLABLE
14	envases de vidrio vacíos de reactivos químicos	L	AL	Y2	A4130	QUÍMICOS	
15	envases plásticos de plaguicidas, biocidas	ZV	RS	Y4	A4030	QUÍMICOS	
16	envases plásticos vacíos de reactivos químicos	F,D,L	AL	Y2	A4130	QUÍMICOS	
17	envases vacíos de insumos de limpieza	AC	RS	-	B3010	QUÍMICOS	

Tabla 4. (Continuación)

No.	NOMBRE DEL RESIDUO	ORIGEN	DESTINO	ANEXO I Dec. 4147 /05	ANEXO II Dec. 4147 /05 LISTA B	Dec. 2676/2000 - Cap. III (Residuos peligrosos)	Dec. 2676/2000 - Cap. III (Residuos No peligrosos)
18	Escombros	AC	SD	-	-		INERTE
19	fibra de vidrio	D	RS	-	-		INERTE
20	filtros de papel impregnado con reactivos químicos	L	RS	Y2		QUÍMICOS	
21	filtros de planta de energía	PE	AL	Y9	A4060	QUÍMICOS	
22	Flemezazas	D	SD	-			RECICLABLE
23	Guantes contaminados de microorganismos	L	RS	Y1	A4020	BIOLÓGICOS	
24	guantes de carnaza	M,ZV	RS	-	-		ORDINARIOS
25	guantes de nitrilo contaminados con reactivos químicos	L	RS	Y1	A4020	QUÍMICOS	
26	Icopor	AC	RS	-	-	QUÍMICOS	
27	jeringas contaminadas de reactivos químicos	L	SD	Y1	A4020	QUÍMICOS	
28	laminas de asbesto (mantenimiento)	M,F,D,ZC	RS	Y36	-	QUÍMICOS	
29	latas de pinturas de interior y exterior	AC	AL	Y12	A4070	QUÍMICOS	
30	llantas o neumáticos viejos de carretilla	AC	SD	-	B3040	QUÍMICOS	
31	lodos de fermentación	F	RP,IP	-	-		BIODEGRADABLE
32	lonas de nutrientes	F	RS,R				INERTE
33	material biodegradable (restos de alimentos, servilletas)	AC	RS	-	-		BIODEGRADABLE
34	material de barrido áreas comunes	AC	RS	-	-		BIODEGRADABLE

Tabla 4. (Continuación)

No.	NOMBRE DEL RESIDUO	ORIGEN	DESTINO	ANEXO I Dec. 4147 /05	ANEXO II Dec. 4147 /05 LISTA B	Dec. 2676/2000 - Cap. III (Residuos peligrosos)	Dec. 2676/2000 - Cap. III (Residuos No peligrosos)
35	material vegetal: hojas de caña de azúcar (rusque)	M	IP	-	-		BIODEGRADABLE
36	material vegetal: poda de jardines	ZV	R	-	-		BIODEGRADABLE
37	Medios de cultivo esterilizados(agares)	L	TI,RS	Y1	A4020	BIOLÓGICOS	
38	medios de cultivo líquidos	L	TI	Y1	A4020	BIOLÓGICOS	
39	mezcla coloración de gram	L	SD	Y42	A3140	QUÍMICOS	
40	Mezcla de yodo/metanol	L	AL	Y14	A4150	QUÍMICOS	
41	mezcla glicol-agua-etanol	D	D,RP	Y9	A4060	QUÍMICOS	
42	mezcla subacetato de plomo al 56%-muestra	L	TI	Y31	A1020	QUÍMICOS	
43	mezclas soluciones de felhing	L	SD	Y35	B2120	QUÍMICOS	
44	papel aluminio	L	RS	-	-		RECICLABLE
45	papel craft húmedo o usado	L	R		B3020		BIODEGRADABLE
46	papel de oficina (cartón, papel impreso)	ADM	R	-	-		RECICLABLE
47	papel higiénico	AC	RS				ORDINARIO
48	papel vinipel contaminado con microorganismos	L	RS	Y1	A4020	BIOLÓGICOS	
49	plástico	AC	R	-	B3010		RECICLABLE
50	plástico no recuperable	AC	RS	-		QUÍMICOS	
51	vidriería no contaminada	L	R	-	B2020		RECICLABLE
52	Vinaza	D	TE,IP	-	-		RECICLABLE

6.2.4 Cuantificación de residuos generados por áreas y según clasificación. Para realizar la cuantificación de residuos generados en la planta de bioetanol, se contó con la colaboración de todos los operarios y equipos necesarios para esta función, se llevaron a cabo visitas en un día específico a la semana por cuatro semanas consecutivas, para completar el consolidado del mes, cabe aclarar que algunos datos propios del proceso de obtención de alcohol no se tomaron de esa manera debido a que la planta todavía estaba realizando algunos ajustes para poder llevar un proceso continuo. Para cuantificar estos residuos se tuvo en cuenta el balance de materia del proceso figura 16, este balance de materia, se presenta en Kg/h, teniendo en cuenta que en el área de molienda se trabajan 20 h/día y al mes se preparan 22 lotes de mosto de 33000 L. De esta manera, los resultados de residuos generados por mes se presentan a continuación en la tabla 5.

**Ilustración 6.** Jornadas de actividades para la clasificación y cuantificación de residuos



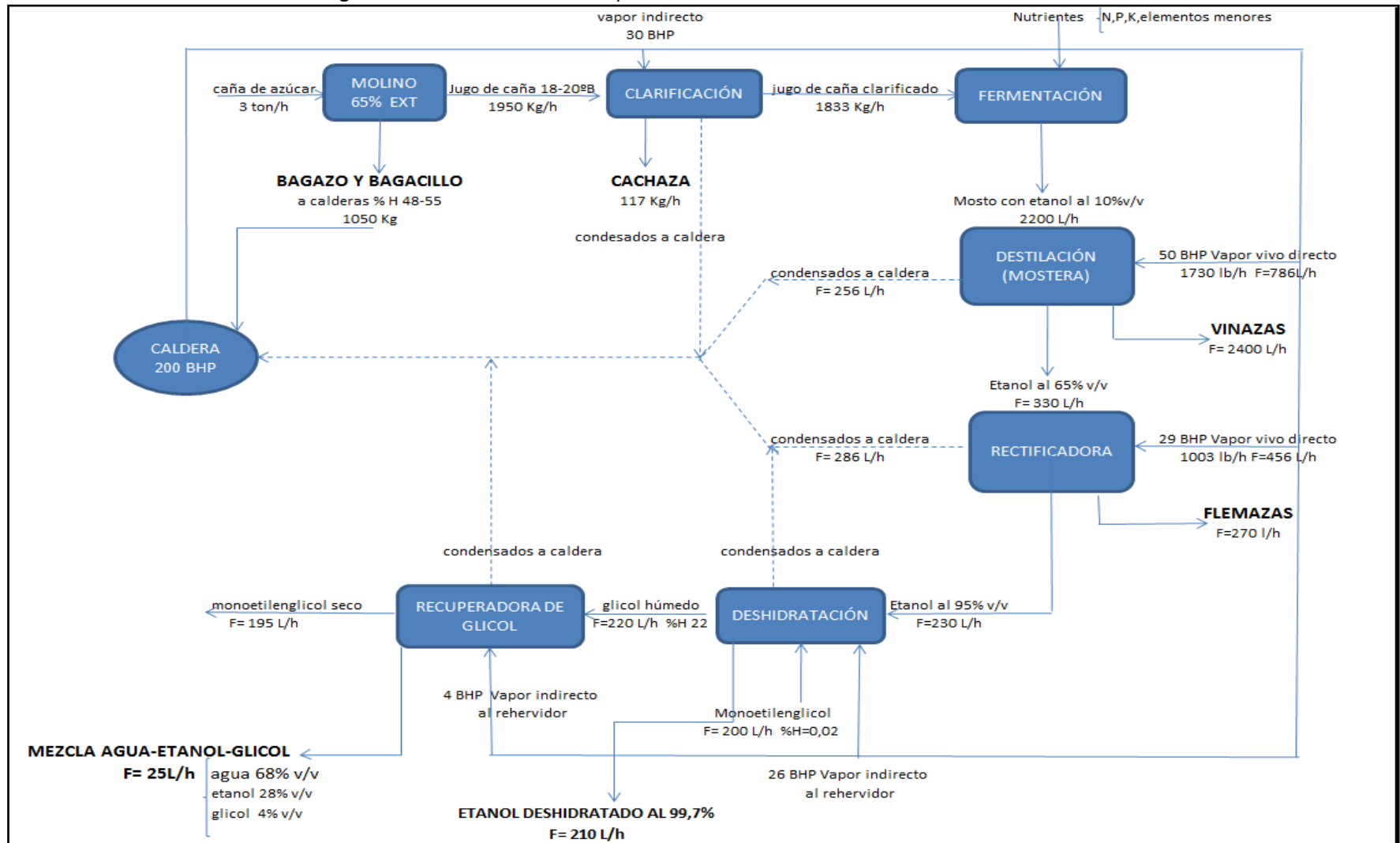
Fuente. Autores.

**Tabla 5 . Cuantificación de residuos generados de acuerdo a su clasificación y por áreas de producción**

TIPO DE RESIDUO	1. MOLIENDA	2. FERMEN	3. DESTILERÍA	4. ÁREAS	5. ZONA	6. ÁREA	7. ZONAS	8. PLANTA	9. LABORA	TOTAL	%
	A	TACIÓN	(Kg/mes)	COMUNES	DE	ADMINIS	VERDES	ELÉCTRICA	TORIOS	(Kg/mes)	
	(Kg/mes)	(Kg/mes)	(Kg/mes)	(Kg/mes)	CARGUE	TRATIVA	(Kg/mes)	DE EMER	(Kg/mes)	(Kg/mes)	
	(Kg/mes)	(Kg/mes)	(Kg/mes)	(Kg/mes)	(Kg/mes)	(Kg/mes)	(Kg/mes)	GÉNCIA	(Kg/mes)	(Kg/mes)	
	(Kg/mes)	(Kg/mes)	(Kg/mes)	(Kg/mes)	(Kg/mes)	(Kg/mes)	(Kg/mes)	(Kg/mes)	(Kg/mes)	(Kg/mes)	
<b>RESIDUOS NO PELIGROSOS</b>											
BIODEGRADABLES	528110,00	3300,00	0,00	100,00	0,00	1,70	95,00	0,00	5,68	531612,38	35,3%
INERTES	24200,00	50030,50	1,60	13,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	74245,10	4,9%
RECICLABLES	0,00	3,20	893438,20	5,14	2,00	17,00	0,00	0,00	1,18	893466,72	59,3%
ORDINARIOS	3,50	0,00	0,00	4,30	0,00	0,00	1,31	0,00	0,00	4,30	0,0%
<b>TOTAL (Kg/mes)</b>	<b>552310,00</b>	<b>53333,70</b>	<b>893439,80</b>	<b>122,44</b>	<b>2,00</b>	<b>18,70</b>	<b>95,00</b>	<b>0,00</b>	<b>6,86</b>	<b>1499328,50</b>	<b>99,4%</b>
<b>%</b>	<b>36,8%</b>	<b>3,6%</b>	<b>59,6%</b>	<b>0,01%</b>	<b>0,0001%</b>	<b>0,001%</b>	<b>0,01%</b>	<b>0,0%</b>	<b>0,0005%</b>	<b>100,0%</b>	
<b>RESIDUOS PELIGROSOS</b>											
RESIDUOS DE TIPO BIOLÓGICO	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	25,80	25,80	0,002%
RESIDUOS DE TIPO QUÍMICO	8,57	4,77	8252,27	8,75	0,87	0,80	2,50	1,20	5,77	8286,82	0,5%
<b>TOTAL (Kg/mes)</b>	<b>8,57</b>	<b>4,77</b>	<b>8252,27</b>	<b>8,75</b>	<b>0,87</b>	<b>0,80</b>	<b>3,81</b>	<b>1,20</b>	<b>31,57</b>	<b>8312,61</b>	<b>0,6%</b>
<b>%</b>	<b>0,1%</b>	<b>0,1%</b>	<b>99,3%</b>	<b>0,1%</b>	<b>0,01%</b>	<b>0,01%</b>	<b>0,05%</b>	<b>0,01%</b>	<b>0,4%</b>	<b>100,0%</b>	
<b>TOTAL (Kg/mes)</b>	<b>552318,57</b>	<b>53338,47</b>	<b>901692,07</b>	<b>131,19</b>	<b>2,87</b>	<b>19,50</b>	<b>98,81</b>	<b>1,20</b>	<b>38,43</b>	<b>1507641,11</b>	<b>100,0%</b>
<b>%</b>	<b>36,6%</b>	<b>3,5%</b>	<b>59,8%</b>	<b>0,01%</b>	<b>0,0002%</b>	<b>0,001%</b>	<b>0,01%</b>	<b>0,0001%</b>	<b>0,003%</b>	<b>100,0%</b>	

Fuente autores

Figura 16. Balance de materia del proceso de obtención de alcohol Carburante

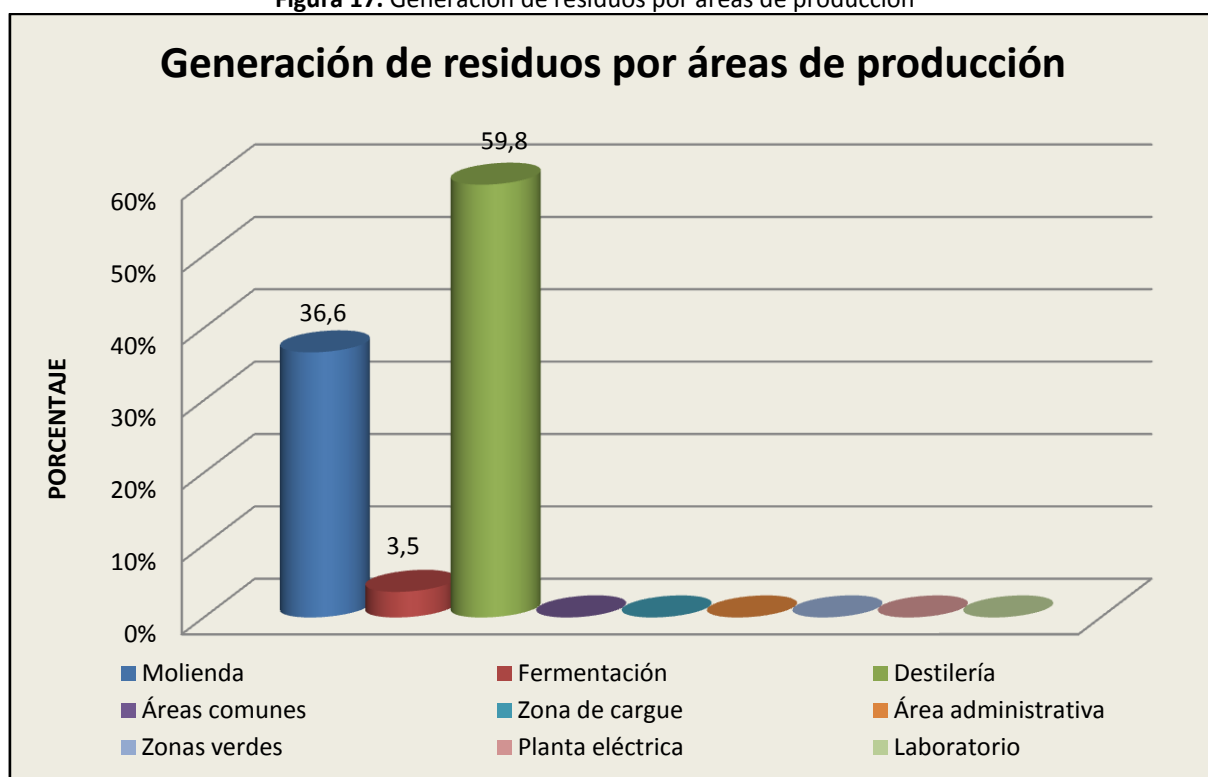


Fuente: autores

### 6.3 DISCUSIÓN DE RESULTADOS

La generación de residuos en la planta de alcohol se encuentra distribuida en diferentes áreas, siendo el área de destilación la que más genera residuos con 59,8%, seguida del área de molienda con 36,6% y la fermentación con 3,5% del total de residuos cuantificados, ver figura 17.

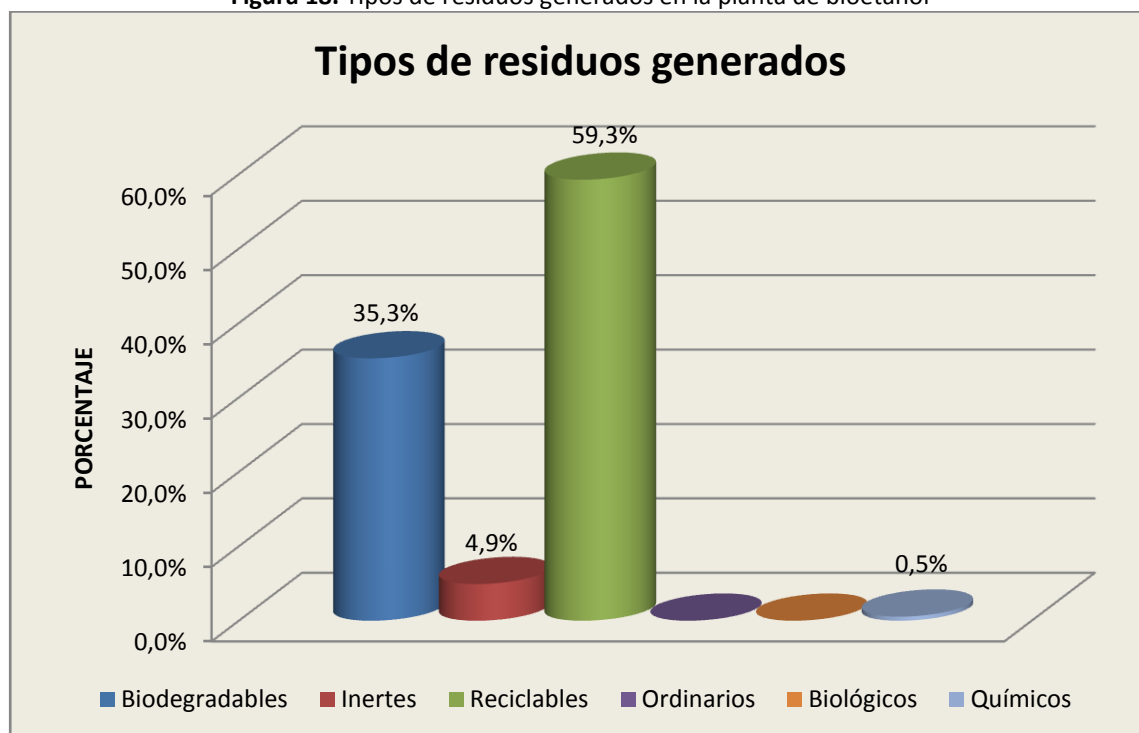
Figura 17. Generación de residuos por áreas de producción



Fuente. Autores

En la figura 18 se observa que los residuos de mayor cantidad son los residuos no peligrosos, en primer lugar lo ocupa los reciclables en el área de destilería, el segundo lugar los residuos biodegradables en el área de molienda, y el tercer lugar los inertes en el área de fermentación, cabe anotar que estos residuos son reutilizados en los procesos o reciben alguna clase de tratamiento ya sea interno o externo, lo que significa que de alguna manera la planta procura mitigar el impacto ambiental que ocasionan.

Figura 18. Tipos de residuos generados en la planta de bioetanol



Fuente. Autores

En el área de molienda se observó que el 86,04 % corresponde a residuos biodegradables del total en esta área, el bagazo y el bagacillo son reutilizados en el proceso como combustible para generar vapor, obteniéndose la ceniza considerado como residuo inerte y el cual se encuentra a cielo abierto, sin medidas de contención y sin disposición establecida (ver ilustración 7), el material vegetal del deshoje de las cañas es llevado al área de invernado para ser parte de la materia orgánica para las pruebas de compostaje, el 9,3 % corresponde a la cachaza que recibe un tratamiento interno de deshidratación a través de vapor indirecto para concentrar los sólidos solubles. Los residuos químicos producidos en esta área se encuentran sin disponer o muchos de ellos van al relleno sanitario de la empresa de servicios públicos.

**Ilustración 7.** Cenizas provenientes de la caldera



*Fuente. Autores*

En el área de fermentación se encontraron tanto residuos peligrosos como no peligrosos, sobresaliendo los residuos inertes con un 93,8% del total de residuos que se generan en esta área; y de estos el 99,9% se debe a la producción de dióxido de carbono de los tanques de fermentación, este residuo se encuentra sin disponer y su destino final es disolverse en el ambiente. Por otro lado los residuos biodegradables se componen de los lodos de fermentación, una pequeña parte de estos lodos se reutilizan en el proceso de fermentación, y la otra parte sale por el fondo de la torre mostera con la vinaza y es almacenado en las piscinas para vinazas. Los residuos químicos corresponden al 0.1%, se encuentran envases de reactivos químicos principalmente ácido sulfúrico, fosfórico y biocidas, estos envases vacíos se acopian en el almacén pero no existe un protocolo para eliminar envases; los aceites usados provenientes de la centrifuga y del compresor de aire filtrado es depositado en las garrafas que están en el almacén.

En la destilería, los residuos químicos pertenecen al 0.9 % del total de los residuos generados en esta área; de esto el 99% de estos pertenece a la mezcla de glicol-agua-etanol y es reutilizado en el proceso ingresando por la torre mostera para recuperar el porcentaje de alcohol que ella contiene, en cuanto a los envases vacíos del glicol son reutilizados para almacenar el glicol seco que sale de la torre recuperadora de glicol, como residuo inerte esta la fibra de vidrio, utilizada para aislamiento térmico de la red de vapor y su destino final es el relleno sanitario. El 99.1 % son residuos no peligrosos reciclables y se componen de vinazas y flemazas principalmente, estos residuos salen de las torres mostera y rectificadora respectivamente, almacenándose en las piscinas donde reciben un primer tratamiento de tipo biológico, luego son transportadas en carro tanques hasta el municipio de Zulia, Norte de Santander, donde finalizan el proceso de biotransformación, este tratamiento es realizado por una empresa externa, la cual vendió a Corpoica el Know

how del tratamiento de este tipo de residuos y se tiene un clausula de confidencialidad, por lo cual no se profundiza en el tema. Otro residuo reciclable es la chatarra que en esta área al igual que en el área de fermentación, molienda y zona de cargue, se recopila y deposita detrás del área de la planta eléctrica hasta que haya un volumen suficiente para venderlo como reciclaje.

En el área de laboratorios se generan residuos peligrosos de tipo biológico tales como: guantes contaminados con microorganismos, medios de cultivos sólidos y líquidos inoculados, estos medios reciben un tratamiento interno que consiste en la esterilización por calor húmedo para la eliminación de los microorganismos que crecieron en los agares y caldos de cultivo, luego se disponen en bolsa que tienen como destino final el relleno sanitario, y los medios líquidos se disponen en el desagüe; los residuos de tipo químico son mezclas de metanol-yodo utilizado en la prueba de humedad, las mezclas de soluciones de felhing utilizadas para la prueba se porcentaje de azúcares reductores totales (ATR) y las mezclas de subacetato de plomo utilizado en la pruebas de sacarosa, cada una de estas mezclas son almacenadas por separado en frascos de vidrio de color ámbar, pero la planta no realizado los trámites ante la corporación ambiental para inscribirse como generador de residuos, por tanto tampoco ha contratado los servicios de empresas especializadas para manejar y disponer este tipo de residuos en el lugar adecuado. Los residuos no peligrosos en esta área tienen como destino final el reciclaje.

Las áreas comunes, zonas verdes, zona de cargue, administración y planta eléctrica representan el 0,021% de los residuos según cuantificación del total de residuos generados en la planta, los residuos no peligrosos de estas áreas básicamente se disponen en el relleno sanitario, los escombros aún no tiene definido un protocolo para su disposición final, por ende son depositados detrás de la planta eléctrica junto a la chatarra. Los residuos peligrosos de tipo químico se acopian en el almacén, y tampoco cuentan con protocolo para su disposición final.

#### **6.4 FORMULACIÓN DEL PLAN**

Teniendo en cuenta que la estructura del Plan es un conjunto de actividades dirigidas para beneficiar la seguridad laboral y ambiental, se recopiló la información necesaria y explícita para enunciar las operaciones, actividades y lineamientos que permitan implementar la metodología para el adecuado manejo de residuos, de acuerdo a lo establecido en el Decreto 4741 de 2005, a la política ambiental para la gestión integral de residuos o desechos peligrosos y al decreto 2676 de 2000.

6.4.1 Programa de formación y Educación ambiental. Para garantizar la funcionalidad del plan de gestión integral de los residuos generados en la planta de bioetanol, es indispensable la creación de programas de educación ambiental, los cuales pueden comprender actividades como: talleres, charlas, simulacros, capacitaciones, y diseño de folletos. Se recomienda dividir estas actividades según las áreas de proceso enfocando correctamente la pedagogía a emplear para alcanzar los objetivos propuestos. A continuación se proponen las actividades a realizar en este programa de educación ambiental:

- Dar a conocer el diagnóstico actual del manejo de los residuos generados en la planta de alcohol carburante.
- Formar grupos de trabajo en cada área del proceso y asignar funciones para realizar la segregación respectiva de los residuos generados.
- Establecer estrategias de manejo en los puntos críticos de generación, manejo de residuos, normas de seguridad, transporte y acopio
- Diseñar un programa de capacitación continua con los temas de manejo, clasificación de residuos, diligenciamiento de formatos, residuos de sustancias peligrosas.
- Fomentar al personal sobre la cultura de la minimización de residuos, reutilización y reciclaje de los desechos.
- Realizar evaluaciones para medir el nivel de adopción de las prácticas ambientales.
- Distribuir folletos sobre el tema.

6.4.2 Segregación en la fuente. Teniendo en cuenta que la fuente de generación determina el tipo de residuo y sus características y es un factor trascendental a la hora de tomar decisiones para el manejo de residuos, pues por medio de la capacitación y concienciación se logra disminuir gradualmente su generación. Y con el fin de disminuir el impacto negativo sobre el aire, el agua, el suelo y la fauna mediante la reducción de residuos dispuestos en el relleno sanitario y espacios naturales, es necesario minimizar la generación de residuos sólidos y establecer su separación en la fuente para obtener beneficios ambientales, sociales y económicos.

Se propone el aprovechamiento económico de los residuos de papel, cartón y plástico adecuadamente manejados, de modo que se facilite su comercialización reintegrándolos a la cadena productiva. Los beneficios económicos se reflejan directamente en la reducción de costos por el servicio de aseo para la disposición final; es importante entonces, la implementación de un programa de reducción y separación de residuos en la fuente, el cual debe incluir además el objetivo de concienciar a la población de CORPOICA.

Es importante disponer de herramientas en cada una de las áreas de producción dentro de la planta tales como recipientes, bolsas, etiquetas y equipo de protección personal.

También es necesario la adopción de una guía que indique la clasificación, codificación, código de colores y pictogramas para realizar adecuadamente la segregación de los residuos en la fuente de generación.

Las actividades de segregación involucran: Selección del recipiente adecuado, la etiqueta completa, actividades de seguridad, todos los residuos deben estar clasificados en función a su peligrosidad (características físico-químicas, incompatibilidades, riesgos específicos y/o tratamiento y eliminación posteriores). Los residuos deben ser identificados y clasificados inmediatamente se finaliza el procedimiento que los generó, en la fuente y por el personal que los generó. Se evita la reclasificación que constituye un riesgo elevado para el personal encargado del manejo de residuos.

El envasado de los residuos generados se realiza una vez identificados y segregados in situ. Para el caso de laboratorios, se debe tener en cuenta el conocimiento de los reactivos utilizados y de los productos de desecho obtenidos como ácidos diluidos y bases diluidas destinadas a neutralización; para lo cual es necesario tener precaución al proceder a neutralizar, para asegurarse que los subproductos de la neutralización no resulten peligrosos, ya que puede liberarse calor en exceso y gases tóxicos, incluyendo amoníaco, sulfuro de hidrógeno y cianuro de hidrógeno.

Tener presente estado físico y la clasificación del residuo de acuerdo a los criterios adoptados por la administración, es indispensable para la separación selectiva de éstos y la seguridad en el ambiente laboral y en la comunidad. En el anexo A Se propone un formato para etiquetar los residuos; las canecas destinadas para la segregación se deben rotular con el nombre del área y el tipo de residuo que almacena, situarlas de manera estratégica; además deben cumplir con características mínimas como:

- Se deben identificar por colores según el tipo de residuo y su peligrosidad (teniendo en cuenta las especificaciones que se adopten por el sistema de gestión ambiental de la empresa). Esto evita que se mezclen los residuos.
- El código de colores adoptado por el sistema de gestión ambiental se debe aplicar tanto para las canecas como para las bolsas (se pueden utilizar diferentes tonalidades).
- El material de las canecas y bolsas debe ser compatible con el residuo, rígido e impermeable con el fin de evitar contaminación por humedad, facilitar su limpieza, y resistente a la corrosión.
- Las canecas deben tener siempre bolsas del mismo color, de tamaño adecuado según la cantidad generada por área, livianas, estar en todo momento en buenas condiciones.
- Las bolsas deben ser desechables, llenarse hasta el 80 % de su capacidad, lo suficientemente fuertes y resistentes.

6.4.3 Movimiento interno de los residuos. Para la recolección de los residuos se debe desarrollar un cronograma de recolección a la semana, con las directivas se debe definir si se recoge 1 o 2 veces por semana, con el fin que el residuo permanezca el menor tiempo posible en el área de generación, se debe garantizar que haya un operario encargado de este proceso, este operario debe cumplir con una serie de recomendaciones:

- Recibir información y capacitación sobre las fichas de seguridad de los residuos a manejar.
- Recibir equipo de protección personal (guantes, uniforme, gafas, botas de caucho y tapabocas)
- Tener una ruta definida que contemple todas las áreas de la planta elaborando un diagrama de flujo por el área total de la planta.
- Los residuos deben ser recogidos con la frecuencia que se estableció previamente con las directivas teniendo en cuenta el diagnóstico.
- El encargado debe suministrar bolsas en cada una de las canecas en los puntos seleccionados y de acuerdo con la segregación formulada.
- El vehículo a utilizar debe ser de fácil carga y descarga, a su vez este vehículo debe ser de fácil lavado.
- Cada vez que termine la ruta de recolección se debe lavar con agua y jabón para desinfectarlo

6.4.4 Almacenamiento. Luego de ser recogidos los residuos deben ser almacenados a la espera de su eliminación. Las dimensiones de esas zonas de almacenaje (ambientes, o edificios separados) deben determinarse en función de los volúmenes de residuos generados y la frecuencia de recolección.

Se deben seguir algunas recomendaciones para las zonas de almacenamiento:

- Base de sustentación impermeable dura, con buen drenaje, de fácil limpieza y desinfección y equipada con agua corriente.
- Fácil acceso para el personal encargado del manejo de los desechos
- Disponer de espacios por clase de residuo, de acuerdo a su clasificación (reciclable, infeccioso, ordinario)
- Dotados de candados o cerraduras, para impedir el acceso de personas no autorizadas.
- Fácil acceso para vehículos de recolección (carros).
- Buena iluminación y ventilación.
- Deben estar situados en las proximidades de los suministros de equipos de limpieza, elementos de protección personal y bolsas o recipientes de desechos.
- Avisos de acceso restringido, señalización de los cuartos, aviso de la estructura con pictograma de seguridad y señalización como Centro de Acopio.

- Los pisos, paredes y techos, así como las puertas y ventanas en su totalidad deben estar recubiertos por un material liso, de fácil lavado y desinfección. Estos deben ser de color claro.
- Las uniones entre pisos y paredes no deben presentar esquinas ni uniones pronunciadas, que permitan la acumulación de residuos.
- Disponer de una báscula, dinamómetro o balanza, de uso exclusivo para el pesaje de los residuos y con este instrumento llevar un registro para controlar la generación de residuos.
- Debe ser un área ventilada, que no presente acumulación de olores, los ductos, ventanas, rejillas y claraboyas de ventilación deben tener protección contra insectos, roedores y medidas de prevención del ingreso de aguas lluvias o aguas de lavado externas.
- Contar con el diagrama de distribución real de residuos, de tal manera que en caso de un incidente sea posible tener una visión general del tipo y volumen de las sustancias involucradas.
- Apilamiento de recipientes no superior a tres metros.
- El personal que trabaja en las áreas fuente de generación de residuos debe hacer todo lo posible por proveer una descripción detallada de la composición del residuo. Los costos de caracterización son elevados, y a esto se suma que el residuo desconocido debe ser almacenado en forma aislada y no es posible su disposición.

6.4.4.1 . Almacenamiento de residuos químicos. Para el almacenamiento de sustancias residuales químicas, incluyendo los de medicamentos y fármacos, debe efectuarse teniendo en cuenta las siguientes medidas:

- Revisar la matriz de incompatibilidades.
- Manipular por separado los residuos que sean incompatibles
- Antes de almacenarlas deben ser identificadas, clasificadas y determinadas sus incompatibilidades físicas y químicas, mediante la ficha de seguridad, la cual será suministrada por el proveedor.
- Conocer los factores que alteran la estabilidad del residuo tales como: humedad, calor y tiempo.
- El almacenamiento debe hacerse en estantes, acomodándolos de abajo hacia arriba. Los residuos de mayor riesgo deben ser colocados en la parte inferior, previniendo derrames.
- Las sustancias volátiles e inflamables deben almacenarse en lugares ventilados y seguros.
- Inspección regular de las instalaciones de almacenamiento (bodegas), con el objeto de prevenir y detectar fugas, derrames o roturas.
- Verificar compatibilidad de materiales y de recipientes con el residuo.

- Ningún residuo puede ser sometido a fuerzas mecánicas o sobrepresión para evitar su rotura.
- El tiempo máximo de almacenamiento de residuos peligrosos en el lugar de trabajo no puede exceder los seis meses desde la fecha de generación.
- Los residuos peligrosos no deben ser descargado al alcantarillado.

6.4.5 Etiquetado. El almacenamiento seguro de residuos peligrosos se apoya en la fichas de seguridad de los productos origen. Las fichas de seguridad permiten identificar el producto y al responsable de su comercialización, sus características de peligrosidad, comportamiento del insumo, correcta manipulación, almacenamiento y eliminación, control de exposición y derrames, medidas de prevención y protección. También, conocer la composición y concentración.

Todas las bolsas o contenedores de residuos deben estar identificados mediante etiquetas que contengan identificación básica sobre el producto y el contenido. Esta información puede estar anotada directamente en la bolsa o el contenedor o en etiquetas pre impresas en el anexo A se propone un formato. El nombre de envío pertinente. La cantidad total de residuos a los que se refiere la descripción (por masa o volumen). En el empaque deben indicarse en forma apropiada el mes y los dos últimos dígitos del año de fabricación.

6.4.6 Transporte externo. Los vehículos que recolecten o transporten residuos infecciosos y químicos, deben contar como mínimo con las siguientes características:

- Identificación del vehículo: En los vehículos se utiliza señalización visible, indicando el tipo de residuos que transportan, especificando el nombre del municipio(s), el nombre de la empresa con dirección y teléfono.
- Acondicionamiento del vehículo: El transporte se realiza en vehículos cerrados, con adecuaciones necesarias para evitar el derrame o esparcimiento de residuos en vías y estacionamientos. El vehículo recolector de residuos debe tener superficies internas lisas de bordes redondeados de forma que se facilite el aseo y estar provisto de ventilación adecuada.

Los horarios y frecuencias de recolección los establece el generador de acuerdo con su capacidad de almacenamiento y el volumen de generación de residuos. La frecuencia de recolección de los residuos infecciosos no podrá ser inferior a una vez semanal (7 días), debido a sus características y posible descomposición.

El manifiesto de transporte de residuos peligrosos es un documento donde se relacionan: Clase y cantidad de residuos (formulario anexo) transportados, nombre del generador, destino, fecha del transporte, firma de quien entrega, nombre del conductor, placa del vehículo, etc. Una copia del documento queda en poder del generador y el original en poder del prestador del servicio. Los manifiestos de residuos peligrosos serán diligenciados por las empresas prestadoras del servicio público especial de aseo.

6.4.7 Reciclaje y recuperación. La recuperación y el reciclaje constituyen una etapa del método de prioridades sistemáticas de manejo ambientalmente racional de residuos. La separación de los residuos en la fuente es el requisito básico de operaciones de reciclaje normales dotadas de eficacia de costos referentes al componente no peligroso de los residuos biomédicos y sanitarios.

Las oportunidades de reciclaje de residuos químicos pueden describirse de la siguiente manera:

- Dadas las características de los residuos orgánicos generados en la planta se facilita la implementación del compostaje utilizando como materia orgánica, bagazo, cachaza, material vegetal del deshoje de la caña, la ceniza brindando minerales y aprovechando la vinaza como fuente de potasio principalmente e integrando residuos de otros procesos externos tal como la ruminaza, este compost podría ser comercializado a los productores de caña que proveen de caña de azúcar a la planta.
- Con los lodos de fermentación se podrían desarrollar alimentos para cerdos, aprovechando el contenido de nitrógeno que estos lodos poseen.
- Abrir mercados en el gremio ganadero para la Melaza integral que se produce a partir de la cachaza resultante de la clarificación de los jugos de caña de azúcar, pues es un alimento con muchas calorías.
- Las sustancias químicas no utilizadas o de desecho en cantidades considerables, pueden ser devueltas a los proveedores para que ellos las reprocesen.

6.4.8 Disposición Final. Actividades a realizar para la disposición final:

- Se debe contratar a una empresa prestadora del servicio de aseo autorizada para transportar y disponer finalmente los residuos en un relleno sanitario.
- Se deben realizar convenios con los proveedores de ácido sulfúrico, ácido fosfórico, biocidas y plaguicidas, para que una vez se desocupen los envases retornen al proveedor y él se encargue de su disposición final.
- Realizar convenio con el proveedor de aceites y valvulinas, para que reciba el aceite usado almacenado en la planta, y este a su vez lo retorne al fabricante para su eliminación u transformación.

6.4.9 Seguimiento y evaluación del PGIR. La implementación del PGIR debe siempre ser evaluada y realimentada con miras a que se haga un mejoramiento continuo, en este sentido, se proponen algunas estrategias que permiten hacer un seguimiento al plan como la aplicación de encuestas y la respectiva ponderación de resultados, la disminución cuantitativa de residuos expresada en gráficas, mensajes aprobados del personal del centro, entre otros. En el anexo B se presenta una encuesta como propuesta para seguimiento y control del PGIR. Esta fase debe contener temas como:

- Inventarios organizados de localización y generación de Respel.
- Actualizar base de datos de empresas con licencia ambiental para gestionar Respel.
- Actualización de la Normatividad Ambiental Legal Vigente.
- Alternativas de reciclaje y de compostaje y sus indicadores costo - beneficio de sus alternativas.
- Calificación de impactos ambientales en fuentes hídricas, suelo agrícolas y socio-económicos.

## 7. CONCLUSIONES

- Se concluye que los residuos generados en la planta de alcohol Carburante necesitan ser ordenados, clasificados, cuantificados y dispuestos de manera que no afecten al medio ambiente. Por tal razón después de haber formulado el plan de gestión se debe pasar a la siguiente etapa, la implementación del plan.
- De acuerdo al diagnóstico preliminar realizado se puede inferir que para realizar una mejor clasificación de los residuos, se debe identificar la composición química de cada uno de ellos, y así poder tipificarlos, compararlos con los anexos de la norma y ordenarlos según sus características.
- Es de resaltar que a pesar que en el área de molienda se genera gran cantidad de residuos biodegradables, estos a su vez, reingresan al proceso, por ende la cantidad de residuos generados y que van a disposición final ya es una cantidad mayor.
- Una vez realizado el diagnóstico preliminar de los residuos generados en la planta de bioetanol, es claro que la prevención de la generación de residuos es poco probable, por ende se deben estudiar nuevas alternativas y/o tecnologías para fortalecer los temas de aprovechamiento y tratamientos de los residuos con el fin que cuando se llegue a la disposición final, la cantidad de estos sea mínima.

## 8. RECOMENDACIONES

Una de las principales recomendaciones a tener en cuenta es la ejecución del plan de gestión de residuos generados con la responsabilidad directa de la administración de la planta de bioetanol de CORPOICA en Barbosa, quien como primera medida debe establecer un sistema de gestión ambiental, que permita enmarcar o poner a funcionar el PGIR.

Teniendo en cuenta que la ejecución del PGIR permitirá tener información verídica entre otras cosas para determinar el tipo de generador, y es importante que la empresa gestione de manera pronta ante la autoridad ambiental el registro como tipo de generador de residuos peligrosos de acuerdo a lo establecido en el decreto 4741 de 2005 puesto que los plazos para este registro son:

<b>Tipo de generador</b>	<b>Plazo máximo para el registro a partir de lo establecido en el artículo 27 del decreto 4741</b>
Gran generador	12 meses
Mediano generador	18 meses
Pequeño generador	24 meses

De la misma manera, la administración es responsable de conocer los residuos que se generan en todos los procesos a través de registros periódicos y actualizados, en estos registros debe tenerse en cuenta la estimación de residuos generados en forma continua, los que se generan en forma continua los generados esporádicamente, aquellos que se eliminan temporalmente y los que se espera ser gestionados, esto con el fin de tener información actualizada y completa para presentar a la autoridad ambiental.

Al momento de iniciar la implementación del PGIR se debe planear la creación del sistema de información y mantenerlo del PGIR, ya que permite comprobar actividades y medidas resueltas para minimizar impactos ambientales y cumplir con los requerimientos de la normatividad legal.

El desarrollo de este trabajo deja abiertas diversas líneas de trabajo e investigación:


- Caracterización de algunos residuos como la vinaza, flemazas, mezcla de glicol-etanol para poder realizar una excelente clasificación y disposición de estos residuos.
- Búsqueda de alternativas y tratamiento para estos residuos, y se ajusta a una de las estrategias de seguimiento y control del PGIR.

## BIBLIOGRAFIA

- CORPORACION COLOMBIANA DE INVESTIGACION AGROPECUARIA-CORPOICA. Plan de manejo ambiental para el proyecto de instalación, puesta en marcha y ajuste tecnológico de un sistema piloto de obtención de alcohol carburante a pequeña escala a partir de la caña de azúcar en la hoya del rio Suarez. Julio 2008.
- GOBERNACIÓN DE ANTIOQUIA, Dirección seccional de salud de Antioquia, dirección de vigilancia y control. Guía para la Elaboración y Presentación del Plan de Gestión Integral de Residuos y Decomisos – PGIRD en Plantas de Beneficio de Animales de Abasto, Decreto 4126 de 16 de Noviembre de 2005. [en línea]. F-AAJ-0025 Versión 1. [Medellín Colombia]. Publicado, Nov 16 de 2005. [Citado, Diciembre de 2009]. Disponible en internet: <URL:[http://www.dssa.gov.co/index.php/documentos/doc\\_download/277-v6](http://www.dssa.gov.co/index.php/documentos/doc_download/277-v6)>
- MAVDT. Política ambiental para la gestión integral de residuos o desechos peligrosos - Dirección nacional de desarrollo sectorial sostenible. Diciembre de 2005.
- MINISTERIO DE AMBIENTE, VIVIENDA Y DESARROLLO TERRITORIAL. Decreto Número 1713 de 2002, en relación con la gestión integral de residuos sólidos. [en línea]. [Bogotá Colombia] Publicado, Agosto 6 de 2002. [Citado, Noviembre de 2009]. Disponible en internet: <URL:[http://www.presidencia.gov.co/prensa\\_new/decretoslinea](http://www.presidencia.gov.co/prensa_new/decretoslinea)>
- MINISTERIO DE AMBIENTE, VIVIENDA Y DESARROLLO TERRITORIAL. Manual de procedimientos para la gestión integral de residuos hospitalarios y similares. Resolución 1164 de 2002. [en línea]. [Bogotá Colombia]. Publicado, Noviembre 25 de 2009. [Citado, Noviembre de 2009]. Disponible en internet: <URL:<http://www.minproteccionsocial.gov.co/vbecontent/newsdetail.asp?id=15078&idcompany=3>>
- SECRETARIA DE SALUD DE MÉXICO. Manual para el manejo integral de residuos de servicios de salud-Comisión federal para la protección contra riesgos sanitarios. México D.F. 2005.


## ANEXO A

### 1. Formato etiqueta de residuos sólidos y líquidos peligrosos.

	<b>GESTIÓN INTEGRAL DE RESIDUOS</b>	CÓDIGO:
	<b>ETIQUETA DE RESIDUOS PELIGROSOS</b>	FECHA:
<b>ÁREA:</b> _____		
<b>ESTADO:</b> <b>SÓLIDO</b> ____ <b>SEMISÓLIDO</b> ____ <b>LÍQUIDO</b> ____		
<div style="border: 1px solid black; padding: 5px; width: 100%;">                 ESPACIO PARA PICTOGRAMA DE SEGURIDAD             </div>	<b>Características del residuo*:</b> (Hace relación al procedimiento que originó el residuo, descripción de su composición y características de peligrosidad).	
Envase sellado: <b>SI</b> ____ <b>NO</b> ____		

## ANEXO B

### 1. Formato encuesta de seguimiento y control del PGIR

	<b>GESTIÓN INTEGRAL DE RESIDUOS</b>	CÓDIGO:
	<b>ENCUESTA DE SEGUIMIENTO Y CONTROL PGIR</b>	FECHA:

N°	PREGUNTA	SI	NO	OBSERVACIONES
1	¿La planta de bioetanol de CORPOICA en Barbosa posee Plan de Gestión Integral de Residuos?	—	—	_____
2	¿Para usted este plan es claro?	—	—	_____
3	¿Los objetivos del Plan están definidos?	—	—	_____
4	¿Se cuenta con programas para dar cumplimiento a estos objetivos?	—	—	_____
5	¿Hay una estructura un programa de educación y divulgación del plan a nivel interno?	—	—	_____
6	¿Este programa es accesible para todo el personal?	—	—	_____
7	¿Se capacita al personal sobre la forma de acceder y usar la información del Plan (etiquetas, formatos, entre otros)?	—	—	_____
8	¿Están definidas y documentadas las responsabilidades de cada actor asociado a la operación de segregación de residuos?	—	—	_____
9	¿Se han identificado impactos ambientales derivados del almacenamiento de residuos peligrosos?	—	—	_____
10	¿Se garantiza que no haya exposición superior a los límites permitidos de sustancias peligrosas?	—	—	_____
11	¿Los proveedores de los insumos peligrosos o que generan residuos peligrosos facilita las Hojas de Seguridad?	—	—	_____
12	¿Están definidas y documentadas las	—	—	_____

	responsabilidades de cada actor asociado a la operación de transporte de residuos?			_____	_____
13	¿El responsable de almacenamiento en cada área se asegura de que las sustancias peligrosas estén debidamente etiquetadas?	___	___	_____	_____
14	¿El registro actual de las sustancias peligrosas almacenadas garantiza el conocimiento de la cantidad, fecha de vencimiento y ubicación de las sustancias?	___	___	_____	_____
15	¿Es de conocimiento del personal los peligros que implica la manipulación de sustancias peligrosas?	___	___	_____	_____
16	¿Se organizan programas de inspecciones ambientales y de seguridad con respecto al Plan?	___	___	_____	_____
17	¿Se capacita periódicamente al personal sobre buenas prácticas de almacenamiento de sustancias peligrosas y lineamientos en caso de emergencia?	___	___	_____	_____
18	¿Se capacita al personal sobre atención de emergencias y recolección segura de derrames, equipos y demás?	___	___	_____	_____
19	¿El programa de Seguridad y Salud Ocupacional se integra con actividades para simular emergencias y adecuaciones (emergencia, equipos, etc.)?	___	___	_____	_____
20	¿Se realiza revisión de la infraestructura donde se manejan residuos peligrosos?	___	___	_____	_____
21	¿Se realiza mantenimiento preventivo de los equipos y herramientas utilizadas en áreas de manipulación de sustancias y residuos peligrosos?	___	___	_____	_____
22	¿Están señalizados los lugares de almacenamiento con advertencia, obligación, prohibición e información?	___	___	_____	_____

EL ALMACEN

- |    |  |     |     |                         |
|----|--|-----|-----|-------------------------|
| 23 | ¿Está alejado de zonas urbanas, de fuentes de agua, áreas inundables y animales o plagas?                              | ___ | ___ | _____                   |
| 24 | ¿El acceso a éste para el transporte, de residuos, y del personal es adecuado (cuenta con rampa), libre de obstáculos? | ___ | ___ | _____<br>_____<br>_____ |
| 25 | ¿Se mantiene limpio y ordenado?  | ___ | ___ | _____                   |
| 26 | ¿Las paredes externas y las divisiones internas son de material sólido que sea resistente al fuego?                    | ___ | ___ | _____<br>_____<br>_____ |
| 27 | ¿Las puertas en las paredes interiores están diseñadas para confinar el fuego en caso de emergencia?                   | ___ | ___ | _____<br>_____<br>_____ |
| 28 | ¿Posee salidas de emergencia diferentes de la entrada de los residuos?   | ___ | ___ | _____<br>_____          |
| 29 | ¿Están señalizadas las rutas de acceso y de salida, así como la metodología de almacenamiento?                         | ___ | ___ | _____<br>_____<br>_____ |
| 30 | ¿El piso es no resbaloso, impermeable, libre de grietas y resistente a los residuos almacenados?                       | ___ | ___ | _____<br>_____          |
| 31 | ¿Todos los residuos peligrosos están almacenados en sitios confinados (con paredes, acceso, ventilación, etc.)?        | ___ | ___ | _____<br>_____<br>_____ |
| 32 | ¿Están los estantes y áreas de almacenamiento identificadas con letrero: clase de riesgo y codificación?               | ___ | ___ | _____<br>_____<br>_____ |

OPERACIÓN DE TRANSPORTE Y ALMACENAMIENTO

- |    |  |     |     |                         |
|----|--|-----|-----|-------------------------|
| 33 | ¿Se cumplen con las normas de protección personal para la recolección y transporte interno de residuos?        | ___ | ___ | _____<br>_____<br>_____ |
| 34 | ¿Se utilizan los carritos de transporte adecuadamente? ¿Éstos se encuentran en buenas condiciones?             | ___ | ___ | _____<br>_____<br>_____ |
| 35 | ¿Se conoce el sistema de solicitud de recolección y transporte de residuos (horarios, normas, recomendaciones, | ___ | ___ | _____<br>_____<br>_____ |

- formatos, etc.)?
- 36 ¿Se dispone de Hojas de Seguridad de todos los residuos almacenados y son accesibles?    \_\_\_    \_\_\_    \_\_\_\_\_
- 37 ¿Se verifica que los vehículos de transporte de los gestores cumplen con lo establecido en el Decreto 1609 de 2002?    \_\_\_    \_\_\_    \_\_\_\_\_
- 38 ¿Se verifican los documentos y la integridad de los envases y embalajes durante la entrega a gestores externos?    \_\_\_    \_\_\_    \_\_\_\_\_
- 39 ¿Los diferentes envases, recipientes y canecas de almacenamiento de residuos ofrecen suficiente resistencia física y química?    \_\_\_    \_\_\_    \_\_\_\_\_
- 40 ¿Es totalmente seguro el sellado y embalaje utilizado de los residuos peligrosos?    \_\_\_    \_\_\_    \_\_\_\_\_
- 41 ¿El almacenamiento de los residuos peligrosos se ejecuta con base al Plan documentado?    \_\_\_    \_\_\_    \_\_\_\_\_
- 42 ¿Se almacena las sustancias y residuos peligrosos agrupándolos según riesgos comunes e incompatibilidad?    \_\_\_    \_\_\_    \_\_\_\_\_
- 43 ¿Se ha dejado el pasillo peatonal libre de obstáculos y de residuos peligrosos o sustancias peligrosas?    \_\_\_    \_\_\_    \_\_\_\_\_
- 44 ¿Están los estantes fijos y firmes, no existe riesgo de derrumbamiento de los mismos?    \_\_\_    \_\_\_    \_\_\_\_\_
- 45 ¿Los estantes son de un material resistente a las sustancias almacenadas?    \_\_\_    \_\_\_    \_\_\_\_\_
- 46 ¿Las sustancias y los residuos peligrosos almacenados tienen las debidas protecciones para evitar caídas y derrames?    \_\_\_    \_\_\_    \_\_\_\_\_
- 47 ¿Se tiene en cuenta las recomendaciones de las Hojas de Seguridad para la ubicación dentro del almacenamiento?    \_\_\_    \_\_\_    \_\_\_\_\_

- |    |   |   |   |                         |
|----|---|---|---|-------------------------|
| 48 | ¿Se revisa periódicamente el estado de los equipos y del transporte interno para el manejo de residuos peligrosos?                            | — | — | <hr/> <hr/> <hr/>       |
| 49 | ¿Se realiza lavado de los equipos de manejo de residuos peligrosos (carrito, balanzas, etc.)?   | — | — | <hr/> <hr/>             |
| 50 | ¿Se cuenta con un área específica para limpieza y cambio de los operarios que manejan los residuos peligrosos y no peligrosos?                | — | — | <hr/> <hr/> <hr/>       |
| 51 | ¿Se utilizan los equipos de protección personal adecuados para el manejo de sustancias y residuos peligrosos?                                 | — | — | <hr/> <hr/> <hr/>       |
| 52 | ¿Hay un mecanismo adecuado para limpiar y recolectar los derrames de residuos?  | — | — | <hr/> <hr/>             |
| 53 | ¿Se cuenta con documentos y metodologías establecidas para la entrada de visitantes a áreas donde se manejen sustancia o residuos peligrosos? | — | — | <hr/> <hr/> <hr/> <hr/> |