

UNIVERSIDAD DE COSTA RICA  
FACULTAD DE INGIENERÍA  
ESCUELA DE INGENIERÍA QUÍMICA

**Programa de Manejo Integral de Residuos para una Industria de Dispositivos  
Médicos Neuroendovasculares**

Proyecto de graduación sometido a la consideración de la Escuela de Ingeniería Química  
como requisito final para optar por el grado de Licenciatura en Ingeniería Química.

**Laura Rodríguez Hernández**

Ciudad Universitaria Rodrigo Facio,

San José, Costa Rica

2017

Proyecto de graduación sometido a consideración de la Escuela de Ingeniería Química de la Universidad de Costa Rica como requisito final para optar por el grado de Licenciado en Ingeniería Química.

Sustentante: Laura Rodríguez Hernández

**COMITÉ ASESOR**



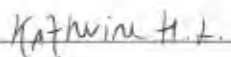
Ph.D. Lautaro Ramírez Varas  
Presidente del Tribunal



Ing.ª Jenny Calderón  
Directora del Proyecto



M. Sc. Orlando Porras  
Lector



Ing.ª Katherine Hernández  
Lectora



Ing.ª Alejandra Araya Alfaro  
Lectora de objetivos

Ciudad Universitaria Rodrigo Facio,

San José, Costa Rica, 2017

“Hay una fuerza motriz más poderosa que el vapor,  
la electricidad y la energía atómica:  
la voluntad.”

*A. Einstein*

"La vida no es fácil, para ninguno de nosotros.

Pero... ¡Qué importa! Hay que perseverar y, sobre todo, tener confianza en uno mismo.

Hay que sentirse dotado para realizar alguna cosa y que esa cosa hay que alcanzarla, cueste lo que cueste."

*M. Curie*

## **DEDICATORIA**

Dedico este logro a mis padres, quienes sacrificaron algunos de sus sueños para ayudarme a alcanzar los míos.

## AGRADECIMIENTOS

A mi familia, por el apoyo incondicional. Los amo.

A mis amigos, colegas y hermanos de guerra: Katherine Bravo, David Chavarría, Erika Cruz, Iván Gatica y Natalia Rodríguez; gracias por el apoyo y las tardes infinitas de estudio, risas, café y patacones de Generales, sin ustedes no hubiera sido posible: *“I’m gonna try with a little help from my friends”*.

A mi compañero de vida, Diego Chacón, gracias por la ayuda y el apoyo incondicional: *“In my life, I love you more”*.

A la Ing<sup>a</sup>. Kathy Hernández, por todo el apoyo y soporte a través de la realización de este proyecto, así como toda la ayuda, desde mi primer día en MicroVention.

A los departamentos de Ingeniería, Excelencia Operacional y Producción de MicroVention Costa Rica por la colaboración en el desarrollo de este proyecto.

Al M. Sc. David Rodríguez, Gerente de Facilidades de Microvention Costa Rica, por darme la oportunidad de realizar este proyecto y de formar parte del equipo de MicroVention Costa Rica.

A los profesores Jenny Calderón, Orlando Porras y Alejandra Araya, por sus aportes y disposición para ser parte de este proyecto.

## RESUMEN

El presente documento es el resultado final del proceso de elaboración de un Programa de Manejo Integral de Residuos para una Industria de Dispositivos Médicos Neuroendovasculares, con el propósito de que la empresa opere de forma sostenible con el ambiente y cumpla a cabalidad con la legislación nacional existente en materia de residuos sólidos ordinarios y peligrosos.

Se elaboró una descripción detallada de las diferentes operaciones y procesos unitarios de producción de la empresa, así como diagramas de bloques para cada línea de producción de la empresa. Para lograr este objetivo, se revisaron los procedimientos de manufactura y se verificaron estos procedimientos en sitio, junto con los ingenieros encargados de cada línea de producción.

Se identificaron y cuantificaron todos los tipos de residuos que se generan dentro de la empresa. Esta se dividió en las diferentes áreas que la componen y se realizó un muestreo de los residuos sólidos durante una semana, en ambos turnos de operación de la empresa. La información obtenida se ordenó en una matriz con los tipos de residuos, las áreas que los generan y las cantidades diarias que se generan de cada tipo de residuo.

Para describir el estado cero promedio de la situación ambiental de la empresa, se elaboró una herramienta de evaluación basada en la Norma ISO 14000, el análisis de los resultados arrojados por la herramienta permitió determinar que la empresa se encuentra en un estado incipiente de su gestión ambiental. Esta Norma es la base a seguir para los formatos y la recopilación de información del programa.

Se confeccionó una matriz de requisitos legales ambientales necesarios para la operación de la empresa en nuestro país, con el objetivo de identificar los requisitos en los que la empresa actualmente está en cumplimiento y los que aún están en proceso de implementación.

Se elaboró el Programa de Manejo Integral de Residuos de la empresa. Este programa cuenta con objetivos, metas, actividades e indicadores de seguimiento que le permitirán a la empresa alcanzar un estado de cumplimiento legal óptimo, incrementando el porcentaje de cumplimiento de un 64,1 % a un 94,9 %.

## **ÍNDICE GENERAL**

ÍNDICE GENERAL .....	vii
Índice de Figuras .....	xi
Índice de Cuadros .....	xii
<b>CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN.....</b>	<b>1</b>
1.1 Justificación del Proyecto .....	1
1.2 Delimitación del problema.....	1
1.2.1 Objetivo general .....	1
1.2.2 Objetivos específicos.....	2
1.3 Limitaciones del proyecto.....	2
<b>CAPÍTULO II: SISTEMAS DE GESTIÓN AMBIENTAL .....</b>	<b>3</b>
2.1 Principios de Gestión Ambiental .....	3
2.2 Sistemas de Gestión Ambiental (SGA) .....	3
2.3 Normas ISO 14000 para los Sistemas de Gestión Ambiental .....	4
2.3.1 Alcance y campo de aplicación de la norma ISO 14001.....	5
2.3.2 Requisitos del Sistema de Gestión Ambiental .....	6
<b>CAPÍTULO III: LEGISLACIÓN AMBIENTAL COSTARRICENSE EN MATERIA DE RESIDUOS SÓLIDOS ORDINARIOS Y PELIGROSOS .....</b>	<b>8</b>
3.1 Ordenamiento jurídico ambiental .....	8
3.2 Cumplimiento legal de la empresa.....	9
3.3 Legislación nacional relacionada a programas de gestión integral de residuos.....	9
3.4 Legislación nacional relacionada a residuos sólidos .....	11
3.4.1 Reglamento sobre el Manejo de Residuos Sólidos Ordinarios Decreto Ejecutivo N° 36093-S.....	11
3.4.2 Ley N° 8839, Ley para la Gestión Integral de Residuos y Reglamento General a la Ley para la Gestión Integral de Residuos N° 37565 .....	11



3.5 Legislación nacional relacionada a residuos peligrosos, bioinfecciosos, electrónicos y de manejo especial .....	13
3.5.1 Residuos peligrosos.....	13
3.6 Legislación nacional relacionada a generación de aguas residuales ordinarias.....	16
<b>CAPÍTULO IV: TECNOLOGÍAS PARA EL TRATAMIENTO DE RESIDUOS SÓLIDOS ORDINARIOS Y PELIGROSOS .....</b>	<b>17</b>
4.1 Etapas para el manejo de los residuos sólidos y peligrosos.....	18
4.1.1 Generación del residuo.....	18
4.1.2 Almacenamiento y procesamiento .....	19
4.1.3 Recolección .....	19
4.1.4 Transferencia y transporte .....	20
4.1.5 Tratamiento .....	20
4.1.6 Disposición final .....	20
4.2 Tratamiento y disposición final de residuos sólidos ordinarios.....	21
4.2.1 Sistemas de recuperación de residuos valorizables.....	22
4.2.2 Tratamiento biológico de residuos orgánicos.....	24
4.2.3 Procesos termoquímicos.....	26
4.2.4 Disposición final .....	31
4.3 Tratamiento y disposición final de residuos peligrosos .....	32
4.3.1 Acondicionamiento y almacenamiento de los residuos peligrosos.....	32
4.3.2 Tratamientos para los residuos peligrosos .....	34
4.3.3 Disposición final en relleno de seguridad .....	36
<b>CAPÍTULO V: ASPECTOS GENERALES Y TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES ORDINARIAS .....</b>	<b>37</b>
5.1 Caracterización de las aguas residuales .....	37
5.1.1 Mediciones de caudal.....	37

5.1.2 Muestreo de aguas residuales.....	38
5.2 Sistemas de tratamiento de aguas residuales .....	38
5.2.1 Tratamiento preliminar y tratamiento primario.....	39
5.2.2 Tratamiento secundario.....	39
5.2.3 Tratamiento terciario.....	39
CAPÍTULO VI: PROCESOS DE PRODUCCIÓN DE DISPOSITIVOS NEUROENDOVASCULARES .....	40
6.1 Stent cerebral implantable.....	40
6.1.1 Descripción del producto .....	40
6.1.2 Descripción del proceso .....	40
6.2 Guía de empuje para el stent cerebral implantable .....	41
6.2.1 Descripción del producto .....	41
6.2.2 Descripción del proceso .....	41
6.3 Dispositivo de empuje para espirales de platino (V-trak).....	43
6.3.1 Descripción del producto .....	43
6.3.2 Descripción del proceso .....	43
6.4 Microcatéteres.....	45
6.4.1 Descripción del producto .....	45
6.4.2 Descripción del proceso .....	45
CAPÍTULO VII: METODOLOGÍA .....	49
7.1 Investigación bibliográfica .....	49
7.2 Descripción detallada de las diferentes operaciones y procesos unitarios de producción de la empresa .....	49
7.3 Identificación y cuantificación de todos los tipos de residuos que se generan dentro de la empresa .....	49
7.4 Descripción del estado cero de la situación medioambiental de la empresa .....	52

7.5 Confección y evaluación de la matriz de requisitos legales en materia ambiental aplicables a la empresa .....	53
7.6 Elaboración del Programa de Gestión Integral de Residuos.....	54
<b>CAPÍTULO VIII. DESCRIPCIÓN DEL ESTADO CERO DE LA SITUACIÓN AMBIENTAL DE LA EMPRESA .....</b>	<b>55</b>
<b>CAPÍTULO IX: PROGRAMA DE GESTIÓN INTEGRAL DE RESIDUOS .....</b>	<b>60</b>
9.1 Diagnóstico de la composición de residuos .....	60
9.1.1 Manejo interno de los residuos.....	73
9.2 Identificación de debilidades y desafíos desde la jerarquización de los residuos.....	75
9.3 Diseño del Programa de Manejo Integral de Residuos.....	77
9.3.1 Manejo interno de los residuos sólidos generados .....	77
9.3.2 Manejo interno de los residuos peligrosos, bioinfecciosos y especiales.....	78
9.4 Seguimiento y monitoreo anual .....	80
<b>CAPÍTULO X: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES .....</b>	<b>88</b>
10.1 Conclusiones .....	88
10.2 Recomendaciones .....	90
<b>APÉNDICES .....</b>	<b>96</b>
<b>APÉNDICE 1. Matriz de Requisitos Legales Ambientales.....</b>	<b>97</b>
<b>APÉNDICE 2. Listado de las características peligrosas de un desecho .....</b>	<b>107</b>
<b>APÉNDICE 3. Plano de distribución de la Planta .....</b>	<b>110</b>
<b>APÉNDICE 4. Manifiesto de transporte de residuos peligrosos Anexo V Reglamento para el Manejo de los Desechos Peligrosos Industriales N° 27001 .....</b>	<b>111</b>
<b>APÉNDICE 5. Herramienta de evaluación de desempeño ambiental basada en la Norma ISO 14000 .....</b>	<b>113</b>

## Índice de Figuras

<b>Figura 2.1.</b> Modelo de Sistema de Gestión Ambiental Norma ISO 14000 (ISO, 2004: vii).	7
<b>Figura 3.1.</b> Jerarquía en materia jurídica ambiental (Elaboración propia, 2015) .....	8
<b>Figura 4.1.</b> Jerarquización de residuos (Elaboración propia, 2015) .....	17
<b>Figura 4.2.</b> Etapas para el manejo de los residuos sólidos. (Arellano & Guzmán, 2011: 30) .....	18
<b>Figura 4.3.</b> Usos y tratamientos previos del biogás (Andrés & Rodríguez, 2008: 22).....	25
<b>Figura 4.4.</b> Planta de incineración de residuos (Waste-to-Energy Research and Technology Council, 2009) .....	27
<b>Figura 4.5.</b> Diagrama de una instalación de pirólisis (Castells & Velo, 2012: 485).....	30
<b>Figura 4.6.</b> Diagrama del proceso de gasificación (Castells & Velo, 2012: 485) .....	31
<b>Figura 4.7.</b> Esquema de un relleno sanitario (Ciclo, 2017).....	32
<b>Figura 6.1.</b> Diagrama de bloques del proceso de manufactura de los stents (Elaboración propia, 2017).....	42
<b>Figura 6.2.</b> Diagrama de bloques del proceso de manufactura de las guías de empuje de espirales de platino (Elaboración propia, 2017). .....	45
<b>Figura 6.3.</b> Diagrama de bloques del proceso de manufactura de microcatéteres (Elaboración propia, 2017).....	48
<b>Figura 7.1.</b> Formato Etiqueta para identificación de muestras .....	51
<b>Figura 7.2</b> Balanza utilizada para el pesaje de los residuos sólidos .....	51
<b>Figura 8.1.</b> Conformidad de la empresa con los requisitos de la norma ISO 14000 (Elaboración propia, 2017).....	55
<b>Figura 9.1</b> Porcentaje de residuos por tipo generados semanalmente (Elaboración propia, 2017).....	64
<b>Figura 9.2</b> Residuos generados en el Cuarto Limpio (Microvention, 2016) .....	65

## **Índice de Cuadros**

<b>Cuadro 7.1</b> Áreas de la planta y sus códigos de identificación .....	50
<b>Cuadro 9.1</b> Clasificación de los residuos identificados en la empresa.....	60
<b>Cuadro 9.2</b> Matriz de generación de residuos .....	66
<b>Cuadro 9.3</b> Identificación de debilidades y desafíos desde la jerarquización de los residuos .....	76
<b>Cuadro 9.4</b> Programa de manejo de residuos sólidos y peligrosos para la empresa .....	81
<b>Cuadro 9.5</b> Seguimiento y monitoreo anual.....	85

## **CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN**

### **1.1 Justificación del Proyecto**

Los diferentes procesos de manufactura modernos generan residuos de distintos tipos de categorías que presentan riesgo para la salud pública y el ambiente.

El proyecto establecerá los lineamientos y condiciones que se deben de seguir para garantizar una adecuada gestión integral de los residuos ordinarios, peligrosos y especiales, así como las aguas residuales que se generan en las operaciones de la empresa de dispositivos médicos neuroendovasculares MicroVention, para esto se estudiarán los tipos y cantidades de residuos generados en cada línea de proceso y se propondrán procedimientos adecuados para el manejo y disposición, dependiendo del tipo de residuo.

El Programa de Gestión Integral de Residuos a elaborar abarca desde la generación de los residuos como resultado de las actividades de producción de dispositivos neuroendovasculares y otras actividades de la empresa, hasta la disposición final de los mismos; pasando por la etapa de gestión interna como la segregación en la fuente, movimiento interno de residuos y almacenamiento temporal, hasta una gestión externa mediante la recolección, transporte, tratamiento y disposición final a cargo de gestores externos.

Como parte del compromiso con el ambiente de la empresa MicroVention, se pretende utilizar el documento final resultado de este proyecto para el debido cumplimiento con la Ley N° 8839 Ley para la Gestión Integral de Residuos, así como parte de la documentación requerida para la futura implementación de un Sistema de Gestión Ambiental basado en la Norma ISO 14001.

### **1.2 Delimitación del problema**

#### **1.2.1 Objetivo general**

Diseñar el Programa de Gestión Integral de Residuos para el manejo de los residuos ordinarios, peligrosos y especiales, así como las aguas residuales generados en una industria que elabora dispositivos médicos neuroendovasculares.

### 1.2.2 Objetivos específicos

1. Redactar un Marco Teórico sobre: Planes de Gestión Ambiental, legislación nacional en materia de residuos, norma ISO 14000, métodos de tratamiento de residuos ordinarios y peligrosos.
2. Elaborar una descripción detallada de las diferentes operaciones y procesos unitarios de producción de la empresa.
3. Identificar todos los tipos de residuos que se generan dentro de la empresa con el fin de cuantificarlos.
4. Describir el estado cero de la situación medioambiental de la empresa.
5. Confeccionar una matriz de requisitos legales en materia ambiental que le apliquen a la empresa.
6. Aplicar la matriz de requisitos legales obtenida en el objetivo cinco.
7. Elaborar el Programa de Gestión Integral de Residuos para los distintos tipos de residuos identificados.
8. Redactar el documento final del Proyecto de Graduación.

### 1.3 Limitaciones del proyecto

Se diseñará la estructura general del Programa de Gestión Integral de Residuos para el manejo de los residuos ordinarios y peligrosos generados, queda a criterio de la empresa la implementación del mismo. No se tomarán en cuenta el plan de salud ocupacional ni el plan de emergencias, estos quedan fuera del alcance de este proyecto.

Los residuos de materias primas no conformes y unidades de proceso que no cumplen con las especificaciones de calidad (conocidos como *scrap*), no serán cuantificados para los efectos de este proyecto, ya que la empresa se reserva el derecho de confidencialidad sobre esta información.

La matriz de requisitos legales ambientales no tomará en cuenta la legislación relacionada a salud y seguridad ocupacional, a menos que esté directamente relacionada con los aspectos o impactos ambientales de la empresa.

## **CAPÍTULO II: SISTEMAS DE GESTIÓN AMBIENTAL**

Este capítulo presenta generalidades y aspectos importantes relacionados con los sistemas de gestión ambiental y la Norma ISO 14001 para los sistemas de gestión ambiental, con el fin de establecer el marco modelo del tipo de documento a desarrollar que se ajuste a los requerimientos de esta norma.

### **2.1 Principios de Gestión Ambiental**

La gestión ambiental, consiste en la acción y efecto de administrar el ambiente, constituye el instrumento que permite definir y aplicar la normatividad ambiental y ecológica a que deben de sujetarse las actividades humanas; delinear y dictar las políticas y estrategias ambientales y ecológicas; planear, programar, presupuestar y ejecutar obras y acciones para preservar el ambiente, concertar y coordinar la participación integrada del gobierno y sectores de la sociedad; medir y evaluar logros alcanzados, y ajustar los planes ejecutados para el mejoramiento (Polo, 2004: 26).

El concepto de gestión ambiental no puede reducirse exclusivamente a la conservación de la naturaleza, a la solución de la problemática ambiental causada por la contaminación del aire, el agua o el suelo; o a la atención de cualquier otro tipo de problemas ecológicos. Este concepto es mucho más amplio y profundo, ya que implica el manejo regional del ambiente, de los recursos naturales y de los problemas que los impactan; también implica la participación concertada y articulada de todos los sectores de la sociedad en torno a un propósito común que es, en las circunstancias y condiciones actuales, lograr el desarrollo sustentable, concepto que ha surgido del cuestionamiento acerca del rumbo y dinámica que ha adquirido el desarrollo humano.

### **2.2 Sistemas de Gestión Ambiental (SGA)**

El SGA es aquella parte del sistema global de gestión que incluye la estructura organizacional, las actividades de planificación, las responsabilidades, las prácticas, los procedimientos, procesos y los recursos para desarrollar, implementar, ejecutar, revisar y mantener la política ambiental (Arellano & Guzmán, 2011: 160). Es una estructura documentada de control, que responde a las regulaciones y requisitos de los consumidores relacionados con los temas ambientales.



A medida que crece la preocupación por mejorar continuamente la calidad del ambiente, las organizaciones de todos los tipos y tamaños fijan su atención cada vez más en los impactos ambientales de sus actividades, productos y servicios. El logro de un desempeño ambiental sólido requiere el compromiso de la organización con un enfoque sistemático y con la mejora continua de un sistema de gestión ambiental.

El sistema de gestión ambiental es un instrumento para que una empresa, dentro del marco de desarrollo sostenible, pueda alcanzar un nivel elevado de protección del ambiente.

La implementación de un SGA provoca una amplia variedad de impactos sobre diferentes niveles de la organización. Los impactos que se generen pueden ser costos y beneficios, estos pueden variar considerablemente de una organización a otra, dependiendo de la actividad a que se dedique (Parini, 1999: 42).

En cuanto a los beneficios de un SGA en una empresa, se pueden enumerar los siguientes:

- Conformidad con las regulaciones ambientales.
- Mejoramiento del desempeño ambiental de la empresa.
- Garantizar condiciones adecuadas de trabajo.
- Mejorar la imagen de la empresa ante el público.

Algunos costos asociados a la implementación de un SGA se citan a continuación:

- Inversión de tiempo.
- Inversión en equipo y modificación de las condiciones laborales.
- Inversión en recursos.

### **2.3 Normas ISO 14000 para los Sistemas de Gestión Ambiental**

Las Normas Internacionales sobre gestión ambiental tienen como finalidad proporcionar a las organizaciones los elementos de un SGA eficaz que puedan ser integrados con otros requisitos de gestión, y para ayudar a las organizaciones a lograr metas ambientales y económicas (International Organization for Standardization [ISO], 2004: vi).

La serie ISO 14000 es un modelo estandarizado que especifica los requisitos para un SGA que le permita a una organización desarrollar e implementar una política y unos objetivos que tengan en cuenta los requisitos legales y la información sobre los aspectos ambientales significativos. Es su intención que sea aplicable a todos los tipos y tamaños de organizaciones y para ajustarse a diversas condiciones geográficas, culturales y sociales. El éxito del sistema depende del compromiso de todos los niveles y funciones de la organización y especialmente de la alta dirección. Un sistema de este tipo permite a una organización desarrollar una política ambiental, establecer objetivos y procesos para alcanzar los compromisos de la política, tomar las acciones necesarias para mejorar su rendimiento y demostrar la conformidad del sistema con los requisitos de esta Norma Internacional. El objetivo global de esta norma es apoyar a la protección ambiental y la prevención de la contaminación en equilibrio con las necesidades socioeconómicas (ISO, 2004: vi).

Estos estándares no establecen objetivos ambientales cuantitativos ni límites en cuanto a emisiones contaminantes, en su lugar, proveen un conjunto de estándares de procedimientos a través de los cuales las empresas pueden establecer la clase de modelo de gestión ambiental necesario para sus prácticas. Los estándares también establecen un procedimiento para la evaluación y certificación del SGA por un tercero.

En contraste con la mayoría de las regulaciones ambientales, ISO14000 se centra en la prevención de la contaminación, y en las cuestiones de la organización y procedimientos. Promueve la adopción de un sistema de administración de la protección ambiental que hace que las compañías automáticamente cumplan con las regulaciones ambientales, promoviendo la mejora continua. Las compañías que demuestran el cumplimiento con los estándares de ISO 14000 ante auditores externos reciben la certificación (Arellano & Guzmán, 2011: 156).

### 2.3.1 Alcance y campo de aplicación de la norma ISO 14001

Esta norma internacional se aplica a cualquier organización que desee (ISO, 2004:1):

- a) Establecer, implementar, mantener y mejorar un sistema de gestión ambiental;
- b) Asegurarse de su conformidad con una política ambiental establecida;
- c) Demostrar la conformidad con esta Norma Internacional por:
  1. La realización de una autoevaluación o autodeclaración, o

2. La búsqueda de confirmación de dicha conformidad por las partes interesadas en la organización, tales como clientes; o
3. La búsqueda de confirmación de su autodeclaración por una parte externa a la organización; o
4. La búsqueda de la certificación/registro de su sistema de gestión ambiental por una parte externa a la organización.

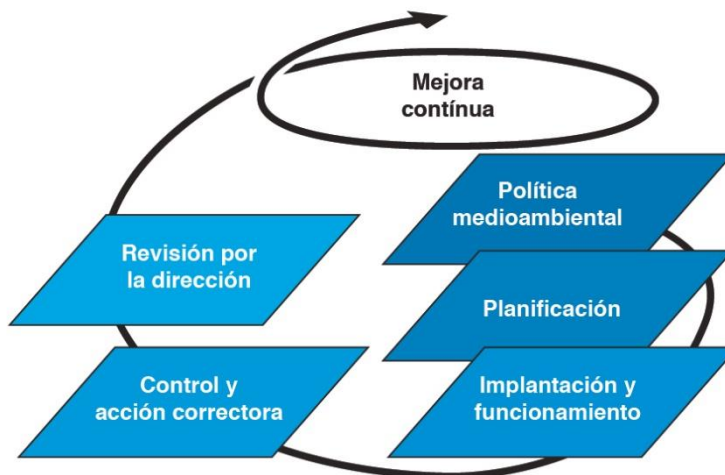
Todos los requisitos de la norma tienen como fin su incorporación a cualquier sistema de gestión ambiental. Su grado de aplicación depende de factores tales como la política ambiental de la organización, la naturaleza de sus actividades, productos y servicios; así como la ubicación y las condiciones en las cuales opera.

### 2.3.2 Requisitos del Sistema de Gestión Ambiental

La Norma Internacional ISO 14000 se basa en la metodología conocida como Planificar-Hacer-Verificar-Actuar (PHVA), la cual se puede describir brevemente como:

- Planificar: establecer los objetivos y procesos necesarios para conseguir resultados de acuerdo con la política ambiental de la organización.
- Hacer: implementar los procesos.
- Verificar: realizar el seguimiento y la medición de los procesos respecto a la política ambiental, los objetivos, las metas y los requisitos legales y otros requisitos, e informar sobre los resultados.
- Actuar: tomar acciones para mejorar continuamente el desempeño del sistema de gestión ambiental.

La ISO 14001, que es la norma en la se certifican las empresas, presenta un modelo de sistema de gestión ambiental compuesto por varios elementos, los cuales se presentan en la Figura 1.1.



**Figura 2.1.** Modelo de Sistema de Gestión Ambiental Norma ISO 14000 (ISO, 2004: vii)

Estos elementos del modelo de Gestión Ambiental se vinculan por medio del mejoramiento continuo. Antes de plantear de manera más amplia cada uno de los elementos y sus componentes, es indispensable destacar un par de principios básicos para el desarrollo exitoso de la norma: el compromiso y liderazgo de la alta gerencia, y la revisión inicial.

En el Apéndice 5 del presente documento, se encuentra la herramienta de evaluación inicial aplicada al sistema de gestión ambiental de la empresa.

## CAPÍTULO III: LEGISLACIÓN AMBIENTAL COSTARRICENSE EN MATERIA DE RESIDUOS SÓLIDOS ORDINARIOS Y PELIGROSOS

### 3.1 Ordenamiento jurídico ambiental

Costa Rica cuenta con un amplio marco legal en materia ambiental; la base de esta legislación es el Artículo 50 de la Constitución Política, el cual establece que toda persona tiene derecho a un ambiente sano y ecológicamente equilibrado. Seguidamente, se tienen los Tratados Internacionales, los cuales están por encima de las leyes del país. Como ejemplo de estos tratados internacionales en materia ambiental está el Convenio de Basilea, el cual regula el movimiento transfronterizo de residuos peligrosos. Posteriormente están las leyes nacionales en materia ambiental, las cuales se dividen en leyes generales como la Ley Orgánica del Ambiente No. 7554 y las leyes de tutela ambiental como la Ley para la Gestión Integral de Residuos No. 8839. Finalmente, están los reglamentos generales y los específicos dependiendo del área a regular. Ejemplos de estos son el Reglamento a la Ley para la Gestión Integral de Residuos No. 37567-S-MINAET-H y el Reglamento para el Manejo de los Desechos Peligrosos Industriales Decreto No. 27001.

La Figura 3.1 resume la jerarquía a seguir en materia ambiental.



**Figura 3.1.** Jerarquía en materia jurídica ambiental (Elaboración propia, 2015)

### **3.2 Cumplimiento legal de la empresa**

La empresa debe estar en cumplimiento con gran cantidad de leyes, reglamentos y disposiciones jurídicas para el debido funcionamiento de la misma. Para ordenar todo el material regulatorio aplicable a la empresa en materia ambiental, se confeccionó una matriz de requerimientos legales ambientales, donde se analizan todos los requisitos legales relacionados a las actividades y aspectos ambientales de la empresa. La matriz se encuentra en el Apéndice 1.

### **3.3 Legislación nacional relacionada a programas de gestión integral de residuos**

El artículo 14 de la Ley GIR N° 8839 establece la obligatoriedad por parte de los generadores de residuos de contar con un programa de manejo integral de sus residuos. Esto se asocia a lo indicado en el artículo 23 del Reglamento General a la Ley para la Gestión Integral de Residuos N° 37567, el cual dice: Las actividades reguladas por el Reglamento General para el Otorgamiento de Permisos de Funcionamiento del Ministerio de Salud, Decreto Ejecutivo No. 34728 del 28 de mayo del 2008 y sus reformas; por el Reglamento General para el Otorgamiento del Certificado Veterinario de Operación, Decreto Ejecutivo No. 34859 del 20 de octubre del 2008 y sus reformas, y por el Reglamento General sobre los Procedimientos de Evaluación de Impacto Ambiental (EIA), Decreto Ejecutivo No. 31849 del 24 de mayo del 2004 y sus reformas, deben contar con un programa de manejo integral de residuos generados por su actividad y mantenerlo actualizado. Se deben cuantificar los tipos de residuos generados por la empresa, a fin de mantener el programa al día con la realidad de la empresa, así como actualizarlo en caso de que se prevea la generación de tipos de residuos que no estaban contemplados en el programa original.

El artículo 31 de la Ley GIR establece la relación entre la gestión de residuos y la viabilidad ambiental, necesaria para la operación de una empresa nueva. El programa de gestión integral de residuos es parte de los requisitos para obtener la viabilidad ambiental de SETENA.

De acuerdo con el Anexo II del Reglamento General a la Ley para la Gestión Integral de Residuos N° 37567, el programa incluye:

- Objetivos del Programa.
- Datos del generador.
- Programa de Manejo de Residuos: contempla varias etapas:

- 1) Diagnóstico: Consiste en llevar a cabo una revisión inicial sobre la generación de los residuos que se producen y determinar una serie de aspectos de estos, como cantidad, tipo, condiciones de transporte y almacenamiento, destino de los residuos.
- 2) Identificación de las debilidades y desafíos desde la jerarquización de los residuos: Con base en el diagnóstico anterior, se identifican las principales debilidades en el manejo actual de los residuos y se definen los desafíos a enfrentar para alcanzar una adecuada gestión integral de los residuos.
- 3) Diseño del Programa: Con base en los resultados del diagnóstico, se elabora un programa que contiene una serie de acciones que involucran: estrategias para la prevención en la fuente, minimización en la generación de residuos, la reutilización, la valorización y la disposición ambientalmente segura de los mismos.
- 4) Seguimiento y monitoreo: El programa cuenta con un mecanismo de seguimiento y monitoreo anual, por medio del cual se evaluarán anualmente las actividades y metas establecidas en el Programa. De esta manera se podrán identificar los avances y logros del mismo.

El artículo 40 del Reglamento General para Autorizaciones y Permisos Sanitarios de Funcionamiento Otorgados por el Ministerio de Salud N° 39742-S, termina de amarrar este requisito para la empresa permissionaria, indicando que el Programa de Manejo Integral de Residuos debe mantenerse actualizado para la renovación del Permiso Sanitario de Funcionamiento (PSF).

El artículo 7 del Reglamento General para la Clasificación y Manejo de Residuos Peligrosos N° 37788-S-MINAE establece como una de las obligaciones y responsabilidades de los generadores de residuos peligrosos, la elaboración de un Plan de Gestión Integral de los residuos o residuos peligrosos que genere, el cual será parte del Programa de Manejo Integral de Residuos que se establecen en los artículos 14, 15 y 16 de la Ley GIR.

Los fundamentos legales expuestos demuestran que la legislación costarricense está comprometida con la fiscalización de la adecuada gestión de los residuos generados por las diferentes actividades que se desarrollan en el territorio nacional.

### **3.4 Legislación nacional relacionada a residuos sólidos**

#### **3.4.1 Reglamento sobre el Manejo de Residuos Sólidos Ordinarios Decreto Ejecutivo N° 36093-S.**

Como se menciona en el artículo 2 de este reglamento, su aplicación es a nivel nacional y regula los aspectos relacionados con la gestión integral de los residuos sólidos ordinarios, cualquiera que sea la actividad o el lugar de generación. Este reglamento incluye principalmente las pautas que regulan el almacenamiento, recolección, barrido y limpieza de vías y áreas públicas, transporte y transferencia, valorización, tratamiento y disposición final de los residuos sólidos.

En relación a los residuos sólidos ordinarios recuperables o valorizables, el artículo 19 establece la obligación de los importadores, productores de bienes y servicios, comercializadores, distribuidores, las instituciones públicas y privadas, de realizar las acciones necesarias para que los residuos sólidos ordinarios recuperables generados por su actividad, sean separados para su valorización, en la medida que exista en el país o en el extranjero una solución económica y técnicamente factible, así como social, sanitaria y ambientalmente aceptable. Lo anterior deberá estar contemplado en el programa de manejo de residuos señalado en el Reglamento General para Autorizaciones y Permisos Sanitarios de Funcionamiento Otorgados por el Ministerio de Salud.

#### **3.4.2 Ley N° 8839, Ley para la Gestión Integral de Residuos y Reglamento General a la Ley para la Gestión Integral de Residuos N° 37565**

Esta Ley establece el siguiente orden jerárquico para la adecuada gestión integral de residuos:

- a) Evitar la generación de residuos en su origen como un medio para prevenir la proliferación de vectores relacionados con las enfermedades infecciosas y la contaminación ambiental.
- b) Reducir al máximo la generación de residuos en su origen.



- c) Reutilizar los residuos generados ya sea en la misma cadena de producción o en otros procesos.
- d) Valorizar los residuos por medio del reciclaje, el co-procesamiento, el re-ensamblaje u otro procedimiento técnico que permita la recuperación del material y su aprovechamiento energético. Se debe dar prioridad a la recuperación de materiales sobre el aprovechamiento energético, según criterios de técnicos.
- e) Tratar los residuos generados antes de enviarlos a disposición final.
- f) Disponer la menor cantidad de residuos, de manera sanitaria, así como ecológicamente adecuada.

En esta jerarquización se pone en evidencia que lo más importante es la prevención, evitar la generación de residuos como primera opción, para así posteriormente disponer la menor cantidad de residuos. (Fernández, 2014: 34).

Para fundamentar la gestión integral de los residuos, la Ley GIR propone los siguientes principios fundamentales:

- **Responsabilidad compartida:** la gestión integral de los residuos es una corresponsabilidad social, requiere la participación conjunta, coordinada y diferenciada de todos los productores, importadores, distribuidores, consumidores, gestores de residuos, tanto públicos como privados.
- **Responsabilidad extendida del productor:** los productores o importadores tiene la responsabilidad del producto durante todo el ciclo de vida de este, incluyendo las fases posindustrial y postconsumo. Para efectos de esta ley, este principio se aplicará únicamente a los residuos de manejo especial.
- **Internalización de costos:** es responsabilidad del generador de los residuos el manejo integral y sostenible de estos, así como asumir los costos que esto implica en proporción a la cantidad y calidad de los residuos que genera.
- **Prevención en la fuente:** la generación de residuos debe ser prevenida prioritariamente en la fuente y en cualquier actividad.
- **Precautorio:** cuando exista peligro de daño grave o irreversible, la falta de certeza científica absoluta no deberá utilizarse como razón para postergar la adopción de

medidas eficaces en función de los costos para impedir la degradación del ambiente o la salud.

Todo generador de residuos está obligado a reducir la generación de estos, separarlos en la fuente, entregarlos a gestores autorizados, mantener un registro adecuado de la generación y gestión de cada residuo, reportar a las autoridades y fomentar la producción limpia.

El artículo 31 establece la relación entre la gestión de residuos y la viabilidad ambiental, necesaria para la operación de una empresa nueva. El programa de gestión integral de residuos es parte de los requisitos para obtener la viabilidad ambiental de SETENA.

### **3.5 Legislación nacional relacionada a residuos peligrosos, bioinfecciosos, electrónicos y de manejo especial**

#### **3.5.1 Residuos peligrosos**

- Reglamento General para la Clasificación y Manejo de Residuos Peligrosos N° 37788-S-MINAE

Este reglamento tiene como propósito establecer las condiciones y requisitos para la clasificación de los residuos peligrosos, así como las normas y procedimientos para su gestión, desde una perspectiva sanitaria y ambientalmente sostenible.

En el artículo 5 se establecen las pautas para la clasificación e identificación de los residuos peligrosos. El Anexo I del reglamento ofrece un listado de residuos considerados peligrosos. Si el residuo no está incluido en el Anexo 1, el generador deberá demostrar ante la autoridad competente que sus residuos no presentan ninguna característica de peligrosidad, para lo cual deberá efectuar la caracterización fisicoquímica de sus residuos.

El artículo 7 resume las obligaciones y responsabilidades de los generadores, dentro de las cuales figura la elaboración de un plan de gestión integral de los residuos peligrosos que se generen. Este plan debe ser actualizado semestralmente, deberá contemplar asimismo, los residuos que pudieran generarse durante una emergencia con las sustancias o residuos que el generador utilice, almacene o de otra manipule de otra forma.

Para la elaboración de este plan es necesario identificar el origen, cantidad y características de peligrosidad de cada uno de los residuos peligrosos que se generen, indicando tipo, composición, cantidad y destino de los residuos garantizando su completa trazabilidad.

- Reglamento sobre las características y listado de los residuos peligrosos industriales N° 27000-MINAE

Se considera que un residuo es peligroso cuando presenta una o más de las características siguientes: explosivo, inflamable, reactivo, tóxico, biológico, infeccioso, corrosivo. Estas características aparecen definidas en el Cuadro N°1 del Anexo 1 de este reglamento, según el convenio de Basilea (Apéndice 2). Las características definidas por el reglamento que permiten clasificar a un residuo industrial como peligroso aparecen en el artículo 3.

Cuando se tiene una mezcla entre uno o más residuos ordinarios con residuos peligrosos, se tomará esta mezcla como un residuo peligroso.

- Reglamento para el Manejo de los Desechos Peligrosos Industriales N° 27001-MINAE

El artículo 5 establece la obligatoriedad de completar la Hoja de Identificación de Residuos Peligrosos, Anexo I del reglamento, y presentarla a la Contaloría Ambiental. Este documento consiste en una caracterización del residuo peligroso, donde el generador describe la composición del residuo, parámetros fisicoquímicos de interés, así como su peligrosidad, incompatibilidades químicas y riesgos toxicológicos. Con la entrada en vigencia del Sistema de Gestión de Residuos Peligrosos SIGREP, este documento se debe completar de manera digital en esta plataforma, la cual permite a la Contraloría Ambiental la auditoría de los movimientos de los generadores, gestores y transportistas de los residuos peligrosos.

Los generadores de residuos también deben completar el Anexo V del reglamento en cuestión: “Manifiesto de Transporte de Residuos Peligrosos”. El mismo es parte de la documentación obligatoria que debe portar el camión que va a transportar los residuos peligrosos.

Sobre la acumulación, se establece que el generador debe completar la Boleta de Acumulación o Almacenamiento de Desechos Peligrosos, Anexo III del mismo, con la información referente al residuo.

La incompatibilidad de los residuos a almacenar se determinará clasificando los residuos en los grupos reactivos de acuerdo con el Anexo II del reglamento.

- Reglamento sobre la gestión de los desechos infectocontagiosos que se generan en establecimientos que prestan atención a la salud y afines N° 30965-S

Los residuos bioinfecciosos son aquellos que contienen bacterias, virus u otros microorganismos con capacidad de causar infección o que contiene o puede contener toxinas producidas por microorganismos que causan efectos nocivos a seres vivos o al ambiente humano.

Este Reglamento establece los requisitos para la separación, envasado, almacenamiento, recolección, transporte, tratamiento y disposición final de los residuos infectocontagiosos que se generen en establecimientos públicos y privados que presten atención a la salud, tales como clínicas y hospitales, consultorios médicos (particulares o de empresa) y odontológicos, así como laboratorios clínicos, laboratorios de producción de agentes biológicos, de enseñanza y de investigación, tanto humanos como veterinarios, así como en cualquier establecimiento en que se realicen procedimientos invasivos y es de observancia obligatoria.

- Reglamento para la Gestión Integral de los Residuos Electrónicos Decreto Ejecutivo N° 35933-S

Dentro del ámbito de aplicación se contemplan los residuos de todos los equipos y dispositivos indicados en el Anexo I del reglamento que sean importados, ensamblados o fabricados en el territorio nacional. Algunos de los equipos regulados son computadoras, cámaras fotográficas, proyectores, impresoras. El listado no incluye maquinaria industrial electrónica ni electrodomésticos. El artículo 12 establece la responsabilidad extendida del productor, esto significa que los productores tienen la responsabilidad del producto a través de todo el ciclo de vida del mismo, incluyendo los impactos inherentes a la selección de los materiales, del proceso de producción de los mismos, así como los relativos al uso y disposición de estos.

- Reglamento para la Declaratoria de Residuos de Manejo Especial Decreto Ejecutivo N° 38272-S

Los residuos de manejo especial son aquellos que por su composición, necesidades de transporte, condiciones de almacenaje, volumen de generación, formas de uso o valor de recuperación, o por una combinación de esos, implican riesgos significativos a la salud y

degradación sistemática de la calidad del ecosistema, o beneficios por la reducción de impactos ambientales a través de su valorización, por lo que requieren salir de la corriente normal de residuos. El Anexo I de este reglamento presenta el listado de residuos considerados de manejo especial.

### **3.6 Legislación nacional relacionada a generación de aguas residuales ordinarias**

- Ley General de Salud N° 5395

Establece en el Artículo 285: “Las excretas, las aguas negras, las servidas y las pluviales, deberán ser eliminadas adecuada y sanitariamente a fin de evitar la contaminación del suelo y de las fuentes naturales de agua para el uso y consumo humano, la formación de criaderos de vectores y enfermedades y la contaminación del aire mediante condiciones que atenten contra su pureza o calidad.

- Reglamento de Vertido y Reuso de Aguas Residuales N° 33601

Todo ente generador está en la obligación de tratar las aguas residuales que genera, en cumplimiento con las disposiciones de este reglamento. En el Artículo 3 se establece la definición de ente generador: “persona física o jurídica, pública o privada, responsable del Reúso de aguas residuales o de su vertido en un cuerpo receptor o alcantarillado sanitario”. En este reglamento se establece la obligatoriedad de presentar reportes operacionales ante el Ministerio de Salud. Se establecen los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos que deberán ser analizados obligatoriamente en las aguas residuales ordinarias o especiales que se viertan ya sea a un cuerpo receptor o alcantarillado sanitario; así como los requisitos a cumplir en el caso de reuso de las aguas.

- Reglamento del Canon Ambiental por Vertidos N° 34431

Es un instrumento económico de regulación ambiental, cuya base es el principio de quien contaminada debe pagar. Pretende el objetivo social de alcanzar un ambiente sano y ecológicamente equilibrado, a través del cobro de una contraprestación en dinero a quienes usen el servicio ambiental de los cuerpos de agua, bien de dominio público, para el transporte, y eliminación de desechos líquidos originados en el vertimiento puntual; los cuales pueden generar efectos nocivos sobre el recurso hídrico, los ecosistemas relacionados, la salud humana y las actividades productivas (Bravo, 2017: 8).

## CAPÍTULO IV: TECNOLOGÍAS PARA EL TRATAMIENTO DE RESIDUOS SÓLIDOS ORDINARIOS Y PELIGROSOS

El presente capítulo resume las tecnologías más comunes para el tratamiento y disposición final de los residuos sólidos ordinarios y peligrosos

La Gestión Integral de los Residuos debe llevarse a cabo de acuerdo con la jerarquización de los residuos mencionada en el capítulo anterior. Esta jerarquía indica el tipo y prioridad de tratamiento que debe recibir un residuo, de acuerdo con lo que sea más conveniente para proteger el ambiente. Para conseguir el mejor resultado ambiental, la priorización de los tratamientos de los residuos se debe aplicar con el orden de preferencia que muestra la Figura 4.1.



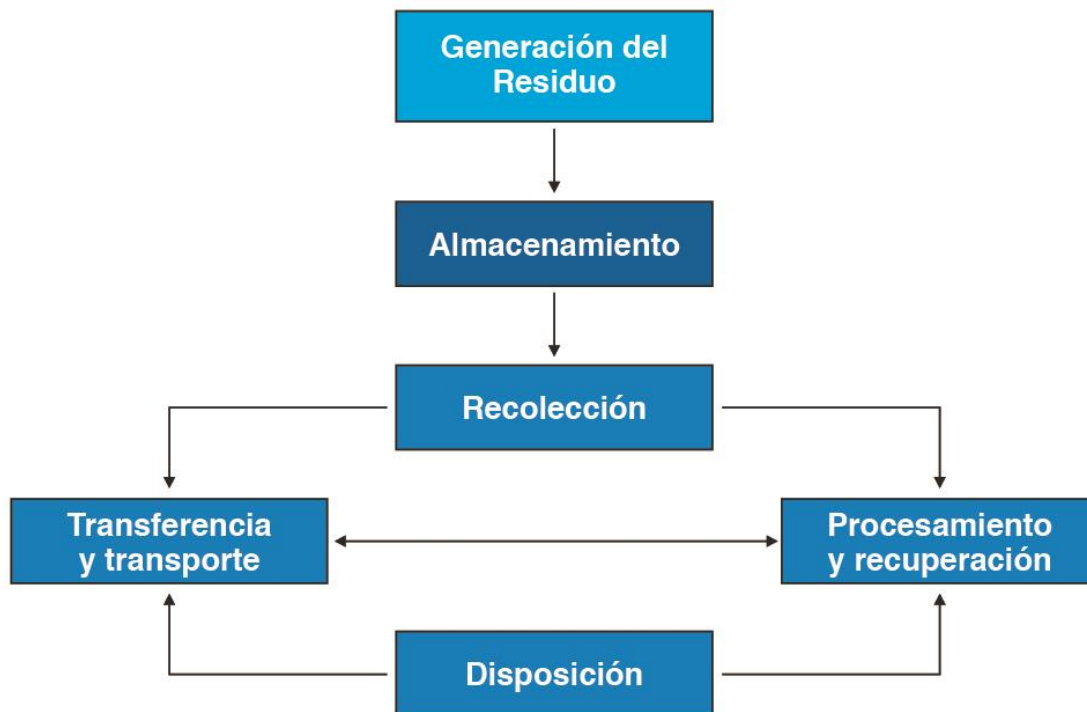
**Figura 4.1.** Jerarquización de residuos (Elaboración propia, 2015)

La información sobre las propiedades de los residuos sólidos es importante en la evaluación de las necesidades de equipamiento, sistemas, planes y programas de manejo, especialmente con respecto a la implementación de un sistema de tratamiento y disposición final.

Para el caso de la composición física, se deben identificar los componentes individuales, analizar el tamaño de partícula, el contenido de la mezcla y densidad de los materiales. El conocimiento de la composición química también es importante para establecer alternativas de procesamiento y opciones de recuperación de energía (Arellano & Guzmán, 2011: 45).

#### 4.1 Etapas para el manejo de los residuos sólidos y peligrosos

Las actividades que se llevan a cabo en el manejo de los residuos sólidos y peligrosos, desde el punto de generación hasta la disposición final, se pueden clasificar en seis etapas principales, mostradas en la Figura 4.2.



**Figura 4.2.** Etapas para el manejo de los residuos sólidos. (Arellano & Guzmán, 2011: 30)

##### 4.1.1 Generación del residuo

La generación de residuos sólidos comprende las actividades poco controlables en las que los materiales, sustancias o elementos sólidos son identificados como sin ningún valor

comercial, y son desechados o recolectados para procesos de aprovechamiento, tratamiento o disposición final.

En esta etapa se deben analizar la cantidad y la composición general del material residual para el diseño de los sistemas de manejo y tratamiento, así como la cantidad y el volumen del mismo. También se deben contemplar los factores que afectan estos parámetros como la localización geográfica, época del año, frecuencia de la recolección, características de la población y legislación aplicable (Arellano & Guzmán, 2011: 49).

#### 4.1.2 Almacenamiento y procesamiento

Es el depósito temporal de los residuos en un espacio físico definido con carácter previo a su aprovechamiento, valorización, tratamiento o disposición final.

En esta etapa se deben hacer consideraciones como el tipo de contenedores a utilizar dependiendo del tipo de residuo, así como la localización de los mismos y la debida segregación de los residuos, dependiendo de sus características. También deben tomarse en cuenta aspectos de salud pública, así como aspectos estéticos y del tipo que favorezcan la recolección de los residuos.

#### 4.1.3 Recolección

Los métodos de recolección varían ampliamente entre diferentes países y regiones. Por ejemplo, en Costa Rica, el método más utilizado para los residuos ordinarios es la recolección dos veces por semana puerta a puerta con un camión compactador que traslada los residuos directamente hasta un relleno sanitario.

La recolección de los residuos sólidos debe tomar en consideración los siguientes aspectos:

- Tipos de servicios de recolección. Si el servicio de recolección es municipal, o si es un servicio privado, como en la mayoría de las industrias.
- Tipos de sistemas de recolección. Estos pueden clasificarse en móviles y estacionarios. Los sistemas de recolección móviles son utilizados para transportar los residuos al lugar de tratamiento o disposición final, tales como camiones de transporte o compactadores. Los sistemas de recolección estacionarios consisten en



contenedores que permanecen en un sitio cercano o en el lugar de generación del residuo, se mueven únicamente para su carga o descarga.

- Rutas de recolección. Las rutas de recolección establecidas se deben establecer de manera que se aprovechen al máximo el equipo, el tiempo y el personal. Se deben trazar las rutas y establecer horarios convenientes que permitan el óptimo aprovechamiento de los recursos asignados (Arellano & Guzmán, 2011: 49).

#### 4.1.4 Transferencia y transporte

La etapa de transferencia y transporte se refiere a los vehículos e instalaciones que se utilizan para transportar los residuos hasta los centros de procesamiento o sitios de disposición final.

Las estaciones de transferencia permiten reducir el costo del transporte de los residuos. Estos se llevan a la estación de transferencia, la cual puede estar cercana al punto de generación, donde posteriormente son movilizados hasta el sitio de tratamiento y/o disposición final. Los residuos pueden ser almacenados temporalmente en la estación de transferencia donde, al acumularse cierta cantidad, se llevan a tratamiento y/o disposición final en un solo viaje, ahorrando los costos de hacer un viaje por cada recolección.

#### 4.1.5 Tratamiento

El tratamiento de residuos consiste en un proceso de transformación cuyo objetivo es reducir el volumen en el caso de residuos sólidos ordinarios; y disminuir la peligrosidad, en el caso de los residuos peligrosos. Cada proceso de tratamiento producirá otros residuos -emisiones atmosféricas, efluentes y residuos sólidos- que requerirán una gestión especial en función de sus características.

Las técnicas de tratamiento de los residuos sólidos y peligrosos son utilizadas para mejorar la eficiencia de los sistemas de disposición final de residuos. Previo a la disposición final, el volumen de los residuos sólidos puede ser reducido mediante operaciones como la compactación, trituración o incineración.

#### 4.1.6 Disposición final

Se entiende por disposición final a la acción de depositar o confinar permanentemente los residuos en sitios e instalaciones cuyas características permitan prevenir su liberación al

ambiente y las consecuentes afectaciones a la salud de la población y a los ecosistemas y sus elementos (Compendio de Estadísticas Ambientales, 2010: 8).

La disposición final de residuos sólidos es la última etapa operacional de la gestión integral de residuos. Algunas técnicas para la disposición final son rellenos sanitarios, plantas de incineración y recuperación, incluyendo el compostaje. El tipo de tecnología a utilizar depende del tipo de residuo. Por ejemplo, los residuos peligrosos no pueden enviarse al relleno sanitario sin previo tratamiento, y existen otras alternativas para su disposición final, como el coprocesamiento.

El relleno sanitario se sigue considerando como la alternativa técnica más económica que permite dar una disposición definitiva a los residuos, pero también existen otras opciones como la pirólisis, gasificación, coprocesamiento y compostaje de los residuos, las cuales serán discutidas posteriormente en este capítulo.

#### **4.2 Tratamiento y disposición final de residuos sólidos ordinarios**

Un residuo sólido es definido como aquel material sólido o semisólido que, para el generador, ha perdido su valor de uso y tiene potencial para otorgar un valor agregado, o ya sea manejarse adecuadamente para su disposición final (Ocampo, 2013: 1).

Los residuos sólidos ordinarios son aquellos producidos por el generador en cualquier lugar y en desarrollo de su actividad, que no presentan riesgo de peligrosidad para la salud humana y el ambiente. Estos residuos están compuestos por materiales que pueden ser recuperables o no recuperables.

Los residuos recuperables o valorizables comprenden cualquier material que no tiene valor de uso directo o indirecto para el generador, pero que es susceptible de incorporación a un proceso productivo. Ejemplos de estos materiales son: papel, cartón, vidrio, latas de aluminio o de latón, algunos tipos de plásticos.

Los residuos no recuperables o no valorizables están compuestos por material de origen orgánico e inorgánico, putrescible o no, que no ofrece ninguna posibilidad de aprovechamiento, reutilización, o reincorporación en un proceso productivo. Son residuos que no tienen ningún valor comercial, requieren tratamiento y disposición final y por lo tanto

generan costos de disposición. (Manual para el Manejo Integral de Residuos en el Valle de Aburrá, 2002:6).

#### 4.2.1 Sistemas de recuperación de residuos valorizables

##### 4.2.1.1 Separación en la fuente

Consiste en la separación inicial de manera selectiva de los residuos precedentes de cada una de las áreas de generación. Posterior a los procesos de minimización de los residuos en el punto de generación, se debe disponer de recipientes adecuados para realizar una correcta separación en la fuente, cuyo diseño y capacidad optimicen el proceso de almacenamiento. Para facilitar la separación en la fuente, es conveniente que los recipientes tengan las siguientes rotulaciones:

- Tipo de residuo a disponer.
- Símbolo asociado, en caso de tener uno.
- Listado de residuos generados con mayor frecuencia en la organización.

La separación en la fuente facilita los procesos posteriores a los que se vayan a someter los materiales, tales como la reutilización y el reciclaje. Algunos materiales podrían ir mezclados con otros luego de la separación en la fuente, lo que haría necesaria la utilización de métodos físicos para la separación de materiales, antes de ser reciclados o reutilizados.

##### 4.2.1.2 Métodos físicos de separación de materiales

Estos métodos se utilizan con la finalidad de recuperar materiales que todavía pueden ser utilizados:

- *Separación mecánica de los componentes*: Facilita el manejo y procesamiento de los residuos, por lo general se lleva a cabo con filtros rotatorios.
- *Alteración mecánica del tamaño*: El objetivo es obtener un producto uniforme para un mejor manejo del mismo, esto se puede conseguir con desfibradoras, prensas y trituradoras.

- *Separación magnética y electromecánica:* La separación magnética se aplica para la separación de materiales ferrosos. Se está implementando el uso de técnicas electromecánicas para la separación de materiales no ferrosos.
- *Eliminación de la humedad:* Se aplican técnicas de calentamiento y secado a materiales como el papel y el cartón, para eliminar la humedad que contengan que pueda dificultar su procesamiento (Arellano & Guzmán, 2011: 55).

#### 4.2.1.3 Reutilización y reciclaje

La reutilización consiste en la utilización directa de un material sin cambiar su forma y función básica. La intención es prolongar y adecuar la vida útil de los residuos sólidos recuperados y que mediante procesos, operaciones o técnicas devuelven a los materiales su posibilidad de utilización en su función original o en alguna relacionada, sin que para ello requieran procesos adicionales de transformación (Decreto N° 1713, 2002).

Se reutilizan los residuos con el fin de otorgar una mayor vida útil, reducir gastos económicos y contaminación. Los residuos reutilizados se pueden aprovechar como materias primas dentro del mismo proceso productivo o dentro de otro.

El reciclaje consiste en obtener una nueva materia prima o producto, mediante un proceso fisicoquímico o mecánico, a partir de productos y materiales ya en desuso o utilizados.

El objetivo del reciclaje es alargar el ciclo de vida de los productos, convirtiendo residuos en nuevos productos o en materias para su posterior utilización.

Con la reutilización y el reciclaje se obtienen las siguientes ventajas:

- Previenen el desuso de materiales potencialmente útiles.
- Disminución de la contaminación del aire, agua y suelo.
- Generación fuentes de trabajo y de ingresos.
- Reincorporación de materia prima al ciclo productivo.
- Protección de los recursos naturales, ya que la demanda de materia prima se reduce.

La reutilización y el reciclaje permiten recuperar materiales de diferentes metales, vidrio, papel, cartón, plásticos, Tetrapak®, etc.

#### 4.2.2 Tratamiento biológico de residuos orgánicos

Los residuos biodegradables se pueden transformar para la obtención de productos aprovechables. Los procesos más utilizados para el tratamiento de estos residuos son el compostaje y la digestión anaerobia.

##### 4.2.2.1 Compostaje o conversión aeróbica

El compostaje es el proceso biológico aeróbico, mediante el cual los microorganismos actúan sobre la materia rápidamente biodegradable como restos de alimentos, excrementos de animales y residuos urbanos, permitiendo obtener composta o humus, el cual se utiliza como abono. Este es el resultado de un proceso de descomposición controlada en ausencia de suelo, transformando los residuos orgánicos en un material biológicamente estable, con excelentes propiedades para el suelo destinado a cultivos, y de un manejo más sencillo, eficiente e inodoro que las materias primas que lo producen (Cooperband, 2002: 1).

El compostaje consta de tres pasos principales (Arellano & Guzmán, 2011: 56):

- Preparación de la materia orgánica: Los residuos son separados, se les reduce el tamaño y se mezclan en pilas sobre un material impermeable, donde se someterán al proceso de compostaje.
- Descomposición de los residuos sólidos: las pilas de composta se deben mantener aireadas, con la humedad necesaria y controlando la temperatura, para favorecer la proliferación de bacterias aerobias, las cuales son las que van a digerir la materia orgánica y producir el abono002E
- Preparación y comercialización del producto: Consiste en el acondicionamiento con aditivos, granulación, empaque, almacenamiento y comercialización del abono obtenido.

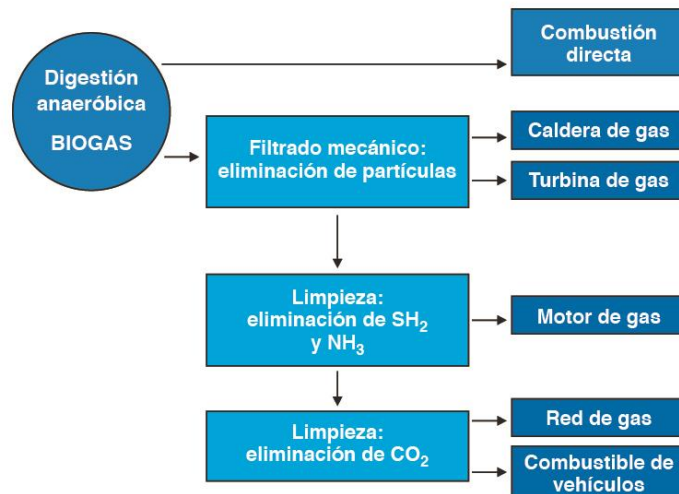
#### 4.2.2.2 Digestión anaerobia

La digestión anaerobia es un proceso microbiológico en ausencia total de oxígeno donde la materia orgánica se degrada progresivamente hasta metano y dióxido de carbono. Este tipo de descomposición es una fermentación catalizada por bacterias específicas, que sucede de manera espontánea en la naturaleza, dando origen al gas natural de los yacimientos subterráneos; este gas generado se conoce como biogás (Andrés & Rodríguez, 2008: 229).

Este proceso es más sensible que el compostaje, ya que es necesario tener amplio conocimiento del proceso y controlar más parámetros, y tiene un costo mayor de puesta en marcha: necesidad de un reactor anaeróbico, red de tuberías, equipo para tratar el biogás antes del uso, equipo para aprovechar el biogás, etc.

Los parámetros que se controlan en este proceso son: humedad, temperatura, pH, poder buffer (capacidad de un sistema de amortiguar modificaciones de pH), tiempo de retención, potencial redox, nutrientes disponibles, agitación.

Posterior a la producción del biogás, este debe pasar por un tratamiento previo, dependiendo del uso que se le vaya a dar. La Figura 4.3 resume los usos del biogás y los tipos de tratamientos previos necesarios para cada uso.



**Figura 4.3.** Usos y tratamientos previos del biogás (Andrés & Rodríguez, 2008: 22)

#### 4.2.3 Procesos termoquímicos

Se considera como tratamiento térmico de los residuos cualquier proceso destinado a la transformación de los residuos mediante la aplicación de energía calorífica (incineración, pirólisis, gasificación, etc.). Los sistemas de aprovechamiento térmico son una alternativa para el tratamiento de los residuos sólidos que no se pueden valorizar, ya que ofrecen ventajas como una gran reducción de masa y volumen de los residuos, así como la posibilidad de recuperar energía.

Los sistemas de tratamiento termoquímico más comunes se citan a continuación:

- Incineración
- Coprocesamiento o coincineración en horno cementero
- Gasificación
- Pirólisis

Actualmente, la única de las tecnologías anteriores que se utiliza en Costa Rica es el coprocesamiento en horno cementero. Las demás tecnologías todavía no se encuentran disponibles en el país.

##### 4.2.3.1 Incineración

La incineración de residuos es una tecnología que trabaja a través de la combustión; la cual es una operación unitaria donde la materia carbonosa combustible se descompone térmicamente, utilizando la cantidad necesaria de oxígeno para que se dé una combustión completa (Andrés & Rodríguez, 2008: 237).

Esta tecnología tiene como objetivo no solamente la máxima reducción del volumen de los residuos sólidos, sino también la generación de calor y energía. El primero por lo general se utiliza en la misma planta, mientras que la segunda puede aprovecharse en la planta o venderse a una red de distribución para su uso en poblados cercanos a la planta.

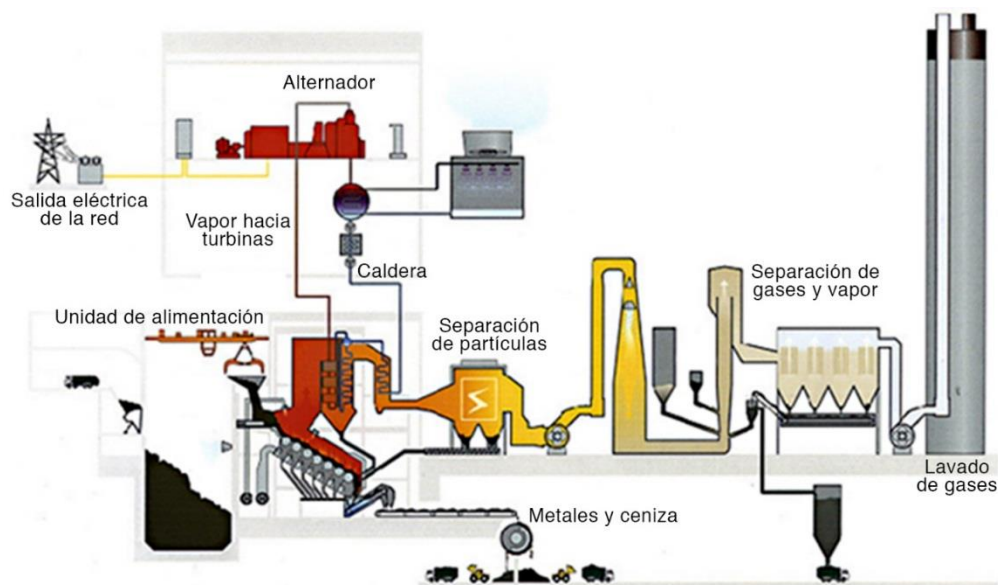
Andrés & Rodríguez (2008) explican en su libro en qué consiste la combustión:

La combustión es un proceso químico en el que, a través de una serie de reacciones, se produce calor. Para que estas reacciones tengan lugar, se deben cumplir una serie de condiciones: i) atmósfera oxidante (necesidad de un exceso de oxígeno), ii) alta temperatura, iii) un tiempo de contacto mínimo y iv) turbulencia para que se dé un buen contacto entre el residuo y el oxígeno. (p. 238)

Los materiales combustibles están compuestos por tres elementos oxidables: carbono, hidrógeno y azufre, los cuales reaccionan con el oxígeno y forman sus respectivos óxidos, liberando calor:

Un parámetro de diseño sumamente importante en un sistema de incineración es la composición elemental de los residuos a procesar, ya que, dependiendo de estas, así se deben de calcular las necesidades de oxígeno del sistema. El aire teórico es la cantidad de aire mínima requerida para una combustión completa del hidrógeno, carbono y azufre, sin obtener productos parcialmente oxidados, como el monóxido de carbono. Dado que por lo general esta cantidad de aire es insuficiente, se suele trabajar con un exceso, conocido como aire de operación, el cual puede ser de hasta 50 %. (Andrés & Rodríguez, 2008: 238).

La Figura 4.4 presenta un diagrama de una instalación de incineración.



**Figura 4.4.** Planta de incineración de residuos (Waste-to-Energy Research and Technology Council, 2009)



#### 4.2.3.2 Coincineración o coprocesamiento en horno cementero

La “Guía para el Coprocesamiento de Residuos en la Producción de Cemento (GTZ-Holcim, 2006) define el coprocesamiento:

Uso de residuos en los procesos industriales, como cemento, cal o producción de acero y centrales eléctricas o cualquier otra planta de combustión grande. Este proceso también se conoce como coincineración. Significa la sustitución del combustible primario y las materias primas por residuos, lo que permite la recuperación de energía y de materiales a partir de los residuos (p. 11).

Los materiales y residuos utilizados para el coprocesamiento se conocen como combustibles y materias primas alternativos. Estos residuos incluyen generalmente plásticos (excepto PVC), neumáticos, aceites usados, residuos de biomasa, textiles, residuos industriales peligrosos (solventes residuales, aceites, materiales impregnados con hidrocarburos), y otros tipos de sustancias químicas (GTZ-Holcim, 2006: 7).

Se pueden utilizar distintos puntos de alimentación de los materiales alternativos en el proceso de producción de cemento, los más comunes son:

- Por el quemador principal en el extremo de salida del horno rotatorio.
- Por quemadores secundarios al tubo ascendente.
- Por la chimenea interior de alimentación al precalcinador.

Por lo general, estos materiales alternativos se suministran al sistema de hornos rotatorios de la misma forma que las materias primas tradicionales, por ejemplo, mediante el suministro de molienda cruda normal. Las materias primas alternativas que pueden volatilizarse a bajas temperaturas, como solventes e hidrocarburos, se deben suministrar en zonas de altas temperaturas del sistema de hornos rotatorios (GTZ-Holcim, 2006: 13).

#### 4.2.3.3 Pirólisis

Castells & Velo (2012) definen la pirólisis como “la descomposición térmica de la materia orgánica, como la presente en los residuos, en ausencia de oxígeno” (p. 478). Los compuestos basados en carbono contenidos en el residuo se descomponen produciendo gases, hidrocarburos condensables y un residuo carbonoso conocido como char o coque.

La pirólisis se diferencia de la incineración porque el proceso de descomposición térmica de la materia orgánica se desarrolla en un ambiente con deficiencia o ausencia de aire, mientras que la incineración requiere del oxígeno del aire para provocar la combustión de los componentes.

La pirólisis permite procesar todo tipo de material orgánico con alto valor calórico, inclusive mezclas de residuos domésticos e industriales peligrosos, diferentes tipos de plásticos, llantas, etc.

Los residuos son introducidos para su tratamiento en una cámara cilíndrica donde son sometidos a altas temperaturas, entorno los 370 °C y 420 °C, y los gases generados, los gases pirolíticos, se condensan en un proceso de dos etapas con el fin de alcanzar un destilado de hidrocarburos, es decir, petróleo de bajo contenido en azufre (Energía 12, 2012:).

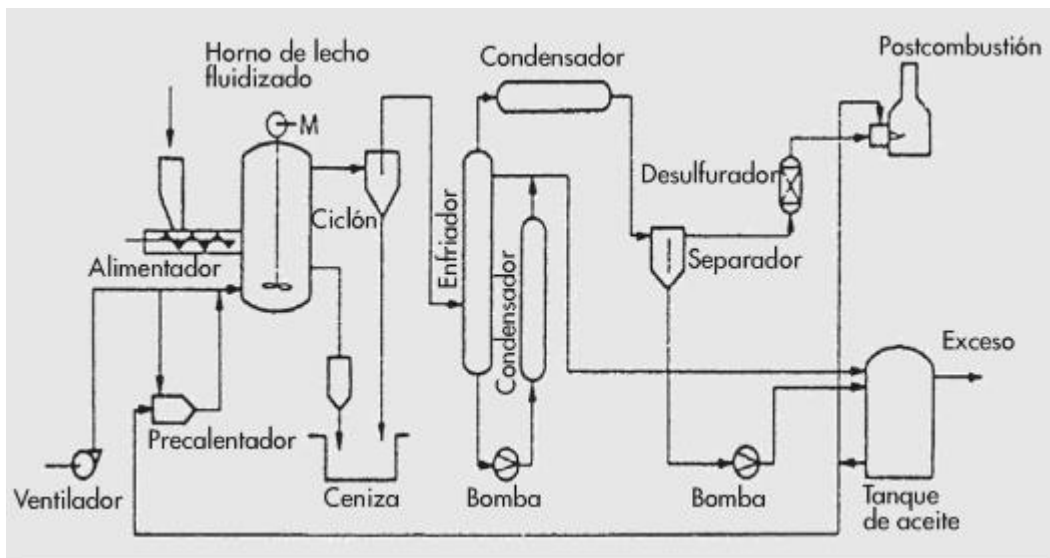
La proporción de la mezcla resultante de la pirólisis de los residuos sólidos, depende de las condiciones del proceso como es la temperatura de operación, la velocidad del calentamiento y la composición de los residuos de alimentación.

Los productos obtenidos se pueden clasificar en tres grandes grupos:

- Residuos sólidos carbonosos: compuestos por coque y cenizas, se pueden utilizar como combustible sólido, para la fabricación de briquetas o como precursor para preparar carbones activados.
- Líquidos hidrocarbonados: constituidos por una fracción acuosa y otra alquitranosa que puede ser usada como combustible líquido adicionándola a gasolinas o como recurso de productos químicos de interés industrial.

- Gases compuestos por hidrógeno, óxidos de carbono e hidrocarburos: gas de poder calorífico medio/bajo, que puede utilizarse para calentar el reactor de pirólisis o generar energía eléctrica mediante combustión en motores (Agrowaste, 2013: 3).

La Figura 4.5 presenta un diagrama de una instalación de pirólisis y los equipos que la componen.



**Figura 4.5.** Diagrama de una instalación de pirólisis (Castells & Velo, 2012: 485).

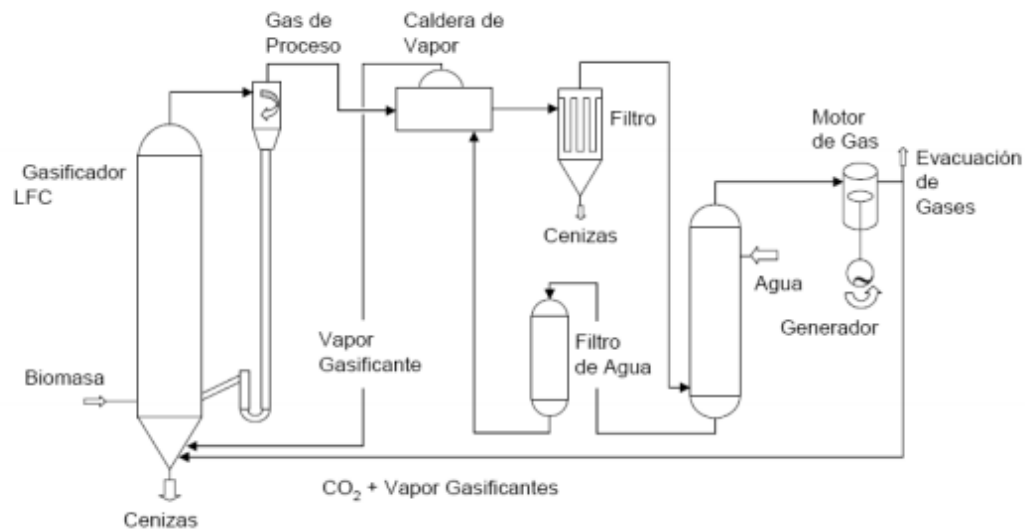
#### 4.2.3.4 Gasificación

La gasificación es un proceso que consiste en la combustión parcial del material combustible bajo condiciones subestequiométricas, empleando entre un 25 – 30% del oxígeno necesario para conseguir una oxidación completa, a una alta temperatura, obteniendo un gas combustible de bajo poder calorífico, compuesto por monóxido de carbono, hidrógeno, metano, hidrocarburos gaseosos, etc. Esta característica distingue a la gasificación de otros procesos termoquímicos como la pirólisis y la incineración (Andrés & Rodríguez, 2008: 237).

El gas de síntesis obtenido es un producto que puede ser empleado para producir combustibles, productos químicos o energía. Puede definirse como un proceso pirolítico optimizado por el que una sustancia sólida o líquida con alto contenido en carbono es transformada en una mezcla combustible gaseosa mediante oxidación parcial con aplicación

de calor. Las cenizas pueden considerarse como un residuo o bien, valorizarse (Castells & Velo, 2012:414).

Los materiales aptos para la gasificación son aquellos que contengan un alto contenido de carbono: cualquier tipo de carbón, biomasa, residuos orgánicos, papel, cartón, madera y plásticos, a excepción de los plásticos clorados. La Figura 4.6 resume el proceso.



**Figura 4.6.** Diagrama del proceso de gasificación (Castells & Velo, 2012: 485)

En el proceso de gasificación tienen lugar una gran variedad de reacciones cuyo orden depende de las condiciones de operación y del agente gasificante utilizado.

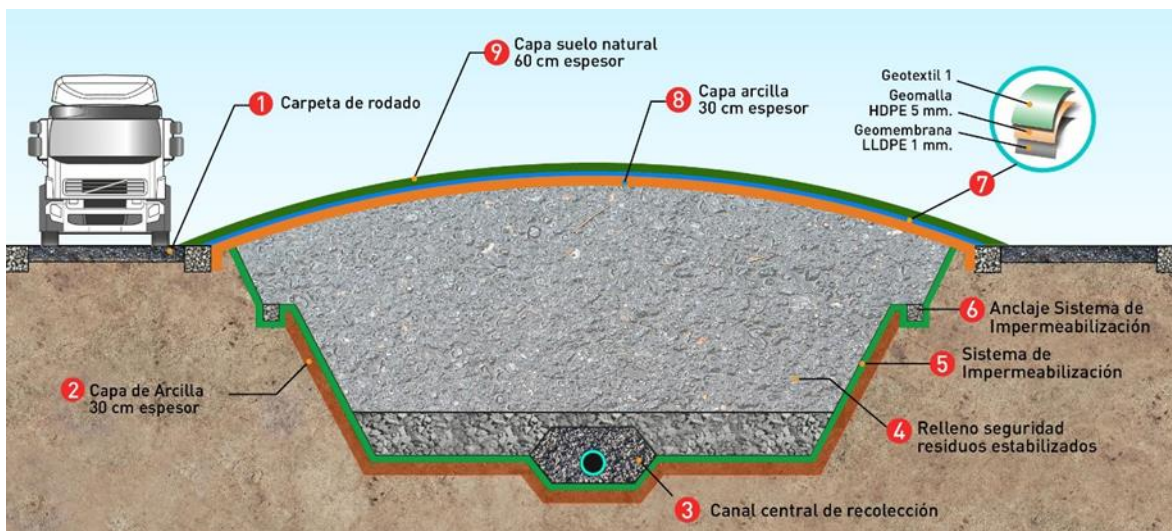
#### 4.2.4 Disposición final

##### 4.2.4.1 Relleno sanitario para residuos ordinarios

El relleno sanitario es un proceso utilizado para la disposición final de residuos sólidos en la tierra, particularmente residuos sólidos urbanos o municipales. Se basa en criterios de ingeniería y normas operacionales específicas que permiten el confinamiento seguro de los residuos en términos de contaminación ambiental y protección de la salud pública (Organización Panamericana de la Salud, El Relleno Sanitario, 2010).

El relleno sanitario es una técnica de disposición final de los residuos sólidos en el suelo que no causa molestia ni peligro para la salud o la seguridad pública; tampoco perjudica el ambiente durante su operación ni después de su clausura. Los residuos se confinan en un área lo más estrecha posible, cubriéndola con capas de tierra diariamente y compactándola para reducir su volumen. Además, prevé los problemas que puedan causar los líquidos y gases producidos por efecto de la descomposición de la materia orgánica. En la Figura 4.7 se presentan las secciones de un relleno sanitario.

Los residuos sólidos municipales depositados en un relleno sanitario presentan una serie de cambios físicos, químicos y biológicos de manera simultánea e interrelacionada.



**Figura 4.7.** Esquema de un relleno sanitario (Ciclo, 2017).

### 4.3 Tratamiento y disposición final de residuos peligrosos

#### 4.3.1 Acondicionamiento y almacenamiento de los residuos peligrosos

Cuando se manejan residuos peligrosos es necesario tener en cuenta la compatibilidad entre los mismos. Se entiende por residuos incompatibles a aquellos que al entrar en contacto o mezclarse con otros pueden generar calor, fuego, explosión, humos, gases tóxicos o inflamables, disolución de sustancias tóxicas o reacciones violentas.

Los residuos deben envasarse en contenedores adecuados. A la hora de seleccionar un contenedor se deben tener en cuenta los siguientes criterios:

- El material debe ser compatible con el residuo.
- Debe presentar resistencia a los golpes y durabilidad en las condiciones de manipulación a las que serán sometidos.
- Debe permitir contener los residuos en su interior sin que se originen pérdidas al ser manipulados.
- Se deben tener en cuenta las limitaciones que puedan surgir por la forma de manejo, almacenamiento, transporte, tratamiento o disposición final al que serán sometidos los residuos (Martínez, 2005:91).

El etiquetado de los recipientes tiene como principal objetivo identificar el residuo peligroso y reconocer la naturaleza del peligro que representa, alertando a las personas involucradas en el transporte o manejo sobre las medidas de precaución y prohibiciones.

El almacenamiento de residuos consiste en la contención temporaria de los mismos en un depósito especialmente acondicionado, a la espera de tratamiento o disposición final. El lugar deberá estar diseñado de acuerdo con la naturaleza y volumen de los residuos a ser almacenados.

Los criterios generales que debe contemplar el diseño del área de almacenamiento de residuos peligrosos son:

- Minimizar riesgos de explosión o emisiones no planificadas
- Disponer de áreas separadas para residuos incompatibles
- Estar protegido de los efectos del clima
- Contar con buena ventilación
- Tener pisos impermeables y resistentes química y estructuralmente
- No tener conexiones a la red de drenaje
- Poseer sistema de recolección de líquidos contaminados
- Permitir la correcta circulación de operarios y del equipamiento de carga
- Contar con salidas de emergencia
- Contar con sistemas de control de la contaminación de acuerdo al tipo de residuos manejados (Martínez, 2005:94).

#### 4.3.2 Tratamientos para los residuos peligrosos

El tratamiento de residuos consiste en un proceso de transformación cuyo objetivo es reducir el volumen y disminuir la peligrosidad. Dentro de los procesos de tratamiento se tienen:

- Físicoquímicos
- Estabilización - solidificación
- Térmicos

Cada proceso de tratamiento producirá otros residuos como emisiones atmosféricas, efluentes y residuos sólidos que requerirán una gestión especial en función de sus características.

##### 4.3.2.1 Tratamientos fisicoquímicos

Los tratamientos fisicoquímicos involucran tanto los procesos físicos como químicos por los cuales se modifican las propiedades químicas o físicas de un residuo.

Un tratamiento físico constituye normalmente la primera etapa dentro de un tratamiento global. Los tratamientos físicos más utilizados son:

- Filtración
- Separación por gravedad (sedimentación, centrifugación, floculación y flotación)
- Evaporación
- Destilación
- Arrastre con aire o vapor
- Adsorción en carbón
- Intercambio iónico

El tratamiento químico, que generalmente tiene asociado procesos físicos, constituye un proceso de transformación del residuo mediante la adición de una serie de compuestos químicos para alcanzar el objetivo deseado. (Martínez, 2005: 101)

Dentro de los tratamientos químicos más utilizados están:

- Neutralización.
- Precipitación.
- Oxidación – reducción.
- Descomposición por oxidación.

Existen numerosas alternativas de tratamientos fisicoquímicos, estos procesos serán diseñados para el tratamiento de uno o varios contaminantes específicos y tendrán restricciones particulares involucrando la totalidad de las características físicas y químicas del residuo. La selección de una alternativa particular deberá realizarse en función de un análisis técnico específico, teniendo en cuenta los criterios establecidos precedentemente.

#### 4.3.2.2 Tratamientos de estabilización y solidificación

La estabilización consiste en un proceso por medio del cual los contaminantes de un residuo son transformados en formas menos tóxicas o menos móviles o solubles. Las transformaciones se dan por medio de reacciones químicas que fijan los compuestos tóxicos en polímeros impermeables o en cristales estables.

La solidificación consiste en un tratamiento que genera una masa sólida monolítica de residuos tratados. De esta manera se mejora su integridad estructural, sus características físicas y se facilita su manejo, transporte y disposición final. (Martínez, 2005: 103)

Por lo tanto la estabilización-solidificación tiene por objetivo mejorar las características físicas y disminuir el área superficial. De esta forma se reduce la transferencia de masa y la solubilidad de los contaminantes presentes.

#### 4.3.2.3 Tratamientos térmicos

Los métodos de tratamiento térmicos tienen la ventaja de que reducen el volumen de los residuos en forma significativa y permiten la recuperación de energía.

Los métodos de tratamiento térmico para residuos peligrosos comprenden básicamente los mismos que se expusieron para los residuos sólidos ordinarios no valorizables:

- Incineración
- Coprocesamiento en horno cementero
- Pirólisis
- Gasificación

Los mismos fueron discutidos ampliamente en la sección 4.2.3 *Procesos termoquímicos*, del presente documento.



Dentro de los tratamientos térmicos, tenemos además el autoclavado y la irradiación con microondas, ambos utilizados para la esterilización de residuos bioinfecciosos.

#### 4.3.3 Disposición final en relleno de seguridad

Un relleno de seguridad es una obra de ingeniería diseñada, construida y operada para confinar en el terreno residuos peligrosos. Consiste básicamente en una o varias celdas de disposición final y un conjunto de elementos de infraestructura para la recepción y acondicionamiento de residuos, así como para el control de ingreso y evaluación de su funcionamiento.

Es fundamental controlar que los residuos no reaccionarán en forma espontánea. En muchos casos puede ser necesario algún tipo de pretratamiento, como los descritos en las secciones anteriores.

## **CAPÍTULO V: ASPECTOS GENERALES Y TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES ORDINARIAS**

Las aguas residuales se clasifican según su origen, en aguas residuales ordinarias o especiales. El tratamiento adecuado depende de su clasificación y su composición.

El Decreto Ejecutivo N° 33601, Reglamento de Vertido y Reuso de Aguas Residuales define las aguas residuales de tipo ordinario como el tipo de agua residual generada por las actividades domésticas del hombre (uso de inodoros, duchas, lavatorios, fregaderos, lavado de ropa, etc.), y las aguas residuales de tipo especial como las de tipo diferente al ordinario.

### **5.1 Caracterización de las aguas residuales**

Para llevar a cabo una correcta caracterización de las aguas residuales, se debe contar con un medio adecuado para la medición del caudal, así como también definir el tipo de muestra con que se va a trabajar.

#### **5.1.1 Mediciones de caudal.**

Las mediciones de caudal en las corrientes de aguas residuales pueden llevarse a cabo por una gran variedad de métodos (Ramalho, 1993, p. 77):

- Instalación de vertederos o canales Parshall para la medición de caudales en canales abiertos o alcantarillados parcialmente llenos.
- Métodos de llenado de recipientes, adecuados para caudales pequeños o descargas intermitentes. En el segundo de los casos no solamente hay que hacer la medición de caudal, sino también, el tiempo en que dicho caudal se mantiene.
- Estimación de los caudales de bombeo y duración de los mismos. Donde el caudal se estima a partir de las características de las bombas.
- Examen de los registros de uso de agua de la planta. Teniendo en cuenta las pérdidas de agua en el proceso o debidas a la evaporación, este método es suficiente para evaluaciones aproximadas.
- Cronometrando los cambios de niveles de tanques, reactores o depósitos que se utilicen en las operaciones con descargas sobre todo discontinuas.

### 5.1.2 Muestreo de aguas residuales

Existen dos tipos de muestras, la simple y la compuesta. La primera da características del agua residual en el momento en que la muestra es tomada. Se usa generalmente cuando el caudal y su composición son relativamente constantes, el flujo de agua residual es intermitente y cuando las muestras compuestas pueden ocultar condiciones extremas de las aguas residuales (pH y temperatura). Las segundas son aquellas formadas por mezcla de muestras individuales tomadas en diferentes momentos. La cantidad de cada una debe ser proporcional al flujo de caudal en el momento en que fue tomada. La frecuencia del muestreo depende de la variabilidad del caudal y la carga contaminante. Para pequeñas variaciones, sólo hace falta que se tomen a intervalos entre 2 y 24 horas (Ramalho, 1993, p. 78).

## 5.2 Sistemas de tratamiento de aguas residuales

La selección de los procesos de tratamiento de aguas residuales depende de factores como: (Ramalho, 1993, p. 91)

- Características del agua residual: DBO, materia en suspensión, productos tóxicos.
- Calidad del efluente de salida requerido.
- Costo y disponibilidad de terrenos.
- Consideración de las futuras ampliaciones o la previsión de límites de calidad de vertido más estrictos, que necesiten el diseño más sofisticado en el futuro.

El grado de tratamiento requerido para el agua residual depende fundamentalmente de los límites de vertido para el efluente.

Existe una cantidad considerable de procesos para tratamiento de aguas, los cuales se pueden clasificar en tres tipos . (Ramalho, 1993, p. 9):

- Tratamiento preliminar y primario
- Tratamiento secundario
- Tratamiento terciario

### 5.2.1 Tratamiento preliminar y tratamiento primario

Los pretratamientos de aguas residuales implican la reducción de sólidos en suspensión, o el acondicionamiento para su descarga, bien en los receptores o para pasar a un tratamiento secundario a través de una neutralización u homogeneización. Los tipos fundamentales de tratamiento primarios son el cribado, la sedimentación, la flotación, la neutralización y la homogenización (Ramalho, 1993, p. 91).

En el tratamiento primario se elimina una fracción de los sólidos en suspensión y de la materia orgánica del agua residual. Esta eliminación suele llevarse a cabo mediante operaciones físicas tales como el tamizado y la sedimentación. (Metcalf, 1996, p. 145).

### 5.2.2 Tratamiento secundario.

El tratamiento secundario se refiere a todos los procesos de tratamiento biológico de las aguas residuales, tanto aerobios como anaerobios. Está principalmente encaminado a la eliminación de los sólidos en suspensión y de los compuestos orgánicos biodegradables. Se define el tratamiento secundario convencional como la combinación de diferentes procesos normalmente empleados para la eliminación de estos constituyentes. Incluye el tratamiento biológico con lodos activados, los reactores de lecho fijo, los sistemas de lagunaje y la sedimentación (Metcalf, 1996, p. 145).

### 5.2.3 Tratamiento terciario.

El tratamiento terciario o tratamiento avanzado, es la serie de procesos destinados a conseguir una calidad del efluente superior a la del tratamiento secundario. Algunos tratamientos terciarios son (Ramalho, 1993, p. 585):

- Separación de sólidos en suspensión.
- Adsorción en carbón activo (separación de compuestos orgánicos y iones metálicos).
- Intercambio iónico.
- Ósmosis inversa.
- Electrodiálisis, para eliminar nutrientes inorgánicos, como fósforo y nitrógeno.
- Oxidación química (cloración y ozonación).

## **CAPÍTULO VI: PROCESOS DE PRODUCCIÓN DE DISPOSITIVOS NEUROENDOVASCULARES**

Se presentan los distintos productos neuroendovasculares que elabora la empresa, así como una descripción del proceso productivo y su respectivo diagrama de bloques.

### **6.1 Stent cerebral implantable**

#### 6.1.1 Descripción del producto

Este producto es un dispositivo utilizado para reforzar un vaso sanguíneo cerebral luego de un proceso de dilatación (aneurisma). Consta de una malla de nitinol trenzada con unas espirales de tantalio que sirven como marcadores visibles en rayos X durante el procedimiento de inserción.

#### 6.1.2 Descripción del proceso

##### *Stent Winding o Trenzado de la malla de nitinol*

Por medio de un dispositivo patrón, se trenza manualmente el alambre de nitinol para formar la malla metálica. Luego se hace un tratamiento térmico en un horno para que el stent tome la forma deseada, seguido de una inmersión en agua estéril.

##### *Procesos químicos*

- Limpieza y decapado: La pieza es sometida a una remoción de óxidos superficiales del nitinol, utilizando una solución ácida a base de ácido nítrico y ácido fluobórico.
- Soldadura láser: Se hace la soldadura láser a los puntos finales del alambre para fijar la malla en una sola pieza.
- Esmaltado: Se aplica un esmalte para proteger las partes más esforzadas de la pieza, con el fin de evitar desgaste excesivo en el proceso de ataque químico.
- Ataque químico: Consiste en remover un porcentaje mayor de los óxidos del nitinol utilizando una solución ácida de ácido nítrico y bifluoruro de amonio. Al finalizar, el esmalte protector es removido con acetona pura.
- Electropulido a bajas temperaturas: tiene como objetivo proveer un acabado liso y uniforme de la superficie del nitinol para evitar posible corrosión y disminuir la fricción. Se utiliza una solución a base de ácido sulfúrico y metanol, la cual se sumerge en un chiller a temperaturas de  $-32 \pm 5$  °C.

- Finalmente, la pieza se somete a un proceso de pasivación con ácido nítrico para otorgar una capa protectora de óxidos, que proteja el stent de la corrosión.

#### *Ensamble de los marcadores (marker coil) y pegado con adhesivo UV*

De forma manual, se tejen pequeñas espirales de un material radiopaco a lo largo del cuerpo de la malla del stent, las espirales tienen el propósito de servir como marcadores visibles a los rayos X. Finalmente se aplica manualmente un adhesivo y se cura por medio de luz ultravioleta.

#### *Inspección de calidad*

La pieza se inspecciona visualmente antes de enviarla al proceso de ensamble con la guía de empuje.

## **6.2 Guía de empuje para el stent cerebral implantable**

### 6.2.1 Descripción del producto

Este dispositivo es un subensamble que permitirá transportar, posicionar y liberar el stent dentro del paciente cuando esté en la posición adecuada para ser liberado.

### 6.2.2 Descripción del proceso

#### *Ensamble inicial*

Un alambre base se prepara, y sobre éste, se ensamblan dos espirales de acero inoxidable y dos anillos o bandas marcadoras de una aleación de platino e iridio y un recubrimiento polimérico, todo se fija utilizando adhesivo epóxico.

#### *Soldadura láser de espiral*

A las espirales de acero inoxidable se les hace una soldadura láser en los extremos para eliminar los filos donde fueron cortadas.

#### *Ensamble Final*

Se coloca una espiral de platino que se fija con adhesivo curado por luz ultravioleta.

Después se coloca la marca de advertencia en el alambre base, ya sea mediante un tubo termoencogible o mediante un ataque electroquímico utilizando un electrolito. Esta marca de advertencia se coloca para que el cirujano sepa que está próximo a llegar al final de la guía de empuje. El subensamble de la guía de empuje se carga dentro del tubo introductor.

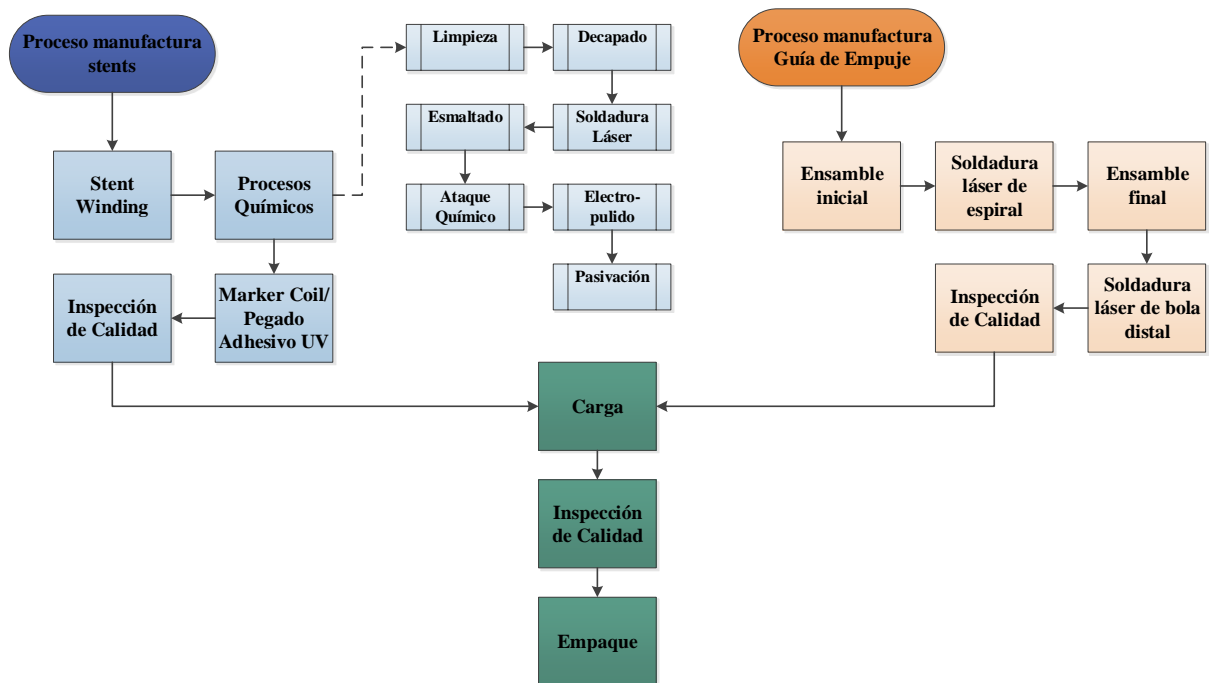
### *Soldadura láser de bola distal e inspección de calidad*

Por medio de soldadura láser se fabrica una bola en el extremo distal del dispositivo de empuje y se recubre con adhesivo ultravioleta. Posteriormente, se inspecciona visualmente para pasar la pieza a la operación de carga.

### *Carga, inspección de calidad y empaque*

El stent es colocado dentro de la guía de empuje para posteriormente ser inspeccionado y empacado.

La Figura 6.1 presenta el diagrama de bloques correspondiente al proceso de manufactura de los stents y su respectiva guía de empuje.



**Figura 6.1.** Diagrama de bloques del proceso de manufactura de los stents (Elaboración propia, 2017)

### **6.3 Dispositivo de empuje para espirales de platino (V-trak)**

#### 6.3.1 Descripción del producto

Este dispositivo es utilizado como subensamble dentro de un microcatéter para transportar, colocar en sitio y liberar los implantes de espirales de platino.

#### 6.3.2 Descripción del proceso

##### *Subensamble del conector*

Se prepara un alambre base de acero inoxidable mediante un proceso automatizado en el cual se le unen dos cables de plata utilizando un esmalte, con el propósito de construir un circuito. Se limpian los cables con el solvente N-metil-2-pirrolidinona para asegurar que no tenga ningún contaminante que pueda afectar el barnizado posterior.

Posteriormente, se le colocan tres conectores de oro, los cuales se adhieren mediante soldadura. El subensamble se lava con neutralizador de flux ácido, agua e isopropanol 99%, para eliminar los residuos de soldadura.

##### *Subensamble de Espiral de Calentamiento*

Se toman tres resortes de acero inoxidable y uno de platino, y se unen mediante soldadura. Entre los extremos del último resorte, se colocan unos anillos de oro, a los cuales se les van a soldar los cables del subensamble anterior, en otra operación.

##### *Ensamble del conector*

Se toma el subensamble del conector elaborado anteriormente y se le coloca adhesivo epóxico entre los conectores de oro, este funciona como aislante.

##### *Soldadura proximal*

Se toma un cable central, al cual se le coloca el subensamble del conector. Los cables verde y amarillo se soldan, uno al conector y el otro al cable central. Se lava el dispositivo con neutralizador de flux ácido, agua e isopropanol 99%.



### *PET Proximal*

Se coloca un tubo de polietilentereftalato (PET) termoencogible para cubrir la soldadura anterior, este se funde con una pistola de calor para que se adhiera por completo.

### *Soldadura de espiral a cable central*

El subensamble de la espiral de calentamiento se suelda al lado distal del cable central que se ha venido trabajando.

### *Soldadura distal*

El cable verde del subensamble del conector se suelda al anillo distal del subensamble de la espiral de calentamiento, y el cable amarillo se suelda al anillo proximal. Se lava con utilizan neutralizador de flux ácido, IPA 99% y agua estéril para eliminar residuos de soldadura.

### *Poliamidas y PET interior*

Se recubre la espiral de calentamiento con un tubo de poliamida para sostenerlo, posteriormente se le coloca un tubo de PET termoencogible, para la protección de la espiral y la soldadura. El PET se encoge con una pistola de calor.

### *PET exterior y Die Machine*

Se coloca un alambre de apoyo, para ensamblar el monofilamento que liberará la espiral de platino mediante una corriente eléctrica. Seguidamente, se coloca otro tubo de PET termoencogible que se encoge sobre la parte distal del subensamble. La máquina *die machine* pasa calor por todo el subensamble de la espiral de calentamiento.

### *Strain Relief y PET largo*

Se recorta el sobrante de PET del lado distal y se retira el alambre de soporte. Se coloca otro tubo de PET termoencogible encima de todo el subensamble finalizado y se encoge, para proteger el circuito

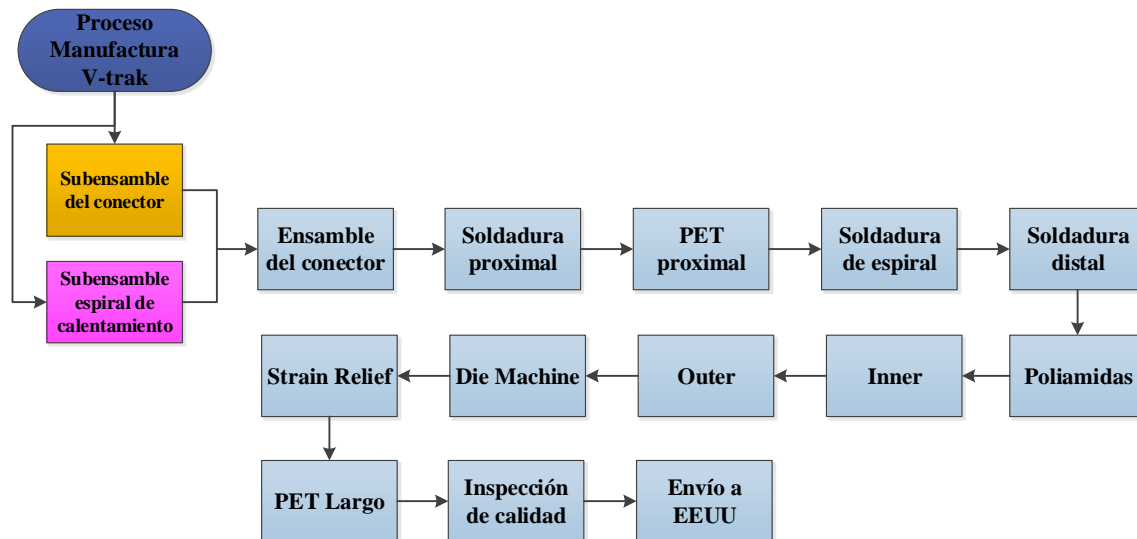
### *Inspección de calidad*

Seguidamente se verifica la resistencia eléctrica del subensamble. Se coloca el conector en un óhmetro para verificar la resistencia. Se mide el largo total de la pieza, así como el diámetro externo de la pieza.

### *Empaque y envío a EEUU*

Se inserta la pieza en un tubo plástico en forma espiral para su protección y embarque. Se embarcan a la planta de EEUU para elaborar el ensamble final con la espiral de platino.

El proceso descrito anteriormente se presenta en la Figura 6.2.



**Figura 6.2.** Diagrama de bloques del proceso de manufactura de las guías de empuje de espirales de platino (Elaboración propia, 2017).

## **6.4 Microcatéteres**

### 6.4.1 Descripción del producto

Este es un dispositivo de acceso vía arteria femoral cuyo fin es el transporte a través de los vasos sanguíneos para la colocación final de otros dispositivos como los stents o las espirales de platino.

### 6.4.2 Descripción del proceso

#### *Elaboración de subensamble de necking*

Se carga un tubo de politetrafluoroetileno (PTFE) a un mandril de acero inoxidable, se digita la receta en la computadora de la torre de estiramiento (*necking*) que incluye parámetros de temperatura, velocidad de fusión y peso. La intención es estirar el tubo de PTFE al tamaño del mandril de acero inoxidable.

### *Elaboración del subensamble de coil winding*

El subensamble de necking se carga en una estación de *coil winding*, la cual es una máquina que se encarga de enrollar un cable metálico sobre el sub ensamble. El producto debe tener un paso de espiral y una longitud de enrollado según dibujo de especificación.

### *Corte y fusión de tubos de PEBAX*

Se cortan tubos de Pebax a diferentes longitudes según sea requerido, para formar una chaqueta. El Pebax es un elastómero termoplástico o poliamida flexible sin plastificante formado por una cadena lineal regular de segmentos de poliamida rígida y de poliéster flexible.

Los cortes de Pebax se fusionan con calor según la secuencia del procedimiento, para dar como resultado la chaqueta de Pebax.

### *Colocación de bandas marcadoras*

El sub ensamble de Coil Winding se inspecciona por defectos visuales. A cierta distancia del extremo distal se colocan las bandas marcadoras, son dos por unidad. La distancia entre cada banda marcadora y la distancia de la primer banda al extremo distal del microcatéter están dados por el procedimiento. Luego de esto, se introduce la unidad dentro de la chaqueta de Pebax; seguidamente, se introduce en un tubo plástico termoencogible para pasar al proceso de *Body Fusing*.

### *Body Fusing*

La unidad ya preparada se carga a una torre de estiramiento que le introduce calor y peso. El tubo de plástico termoencogible se encoge y la chaqueta de Pebax se funde, adhiriéndose al cuerpo del microcatéter. Luego de este proceso, se remueve el tubo de plástico termoencogible y se inspecciona la unidad buscando defectos dimensionales y visuales.

### *Remoción de mandril*

La unidad se prensa por ambos extremos en prensas, se debe girar una de las prensas para estirar el mandril de acero inoxidable hasta que no se sienta más tensión; el mandril es removido de la unidad y se pone otro mandril dentro del catéter, este mandril no va fusionado al microcatéter. El resultado de este proceso es el microcatéter que ya no lleva adherido el mandril de acero inoxidable.

#### *Ensanchamiento del extremo proximal y colocación del mango*

Se toma el extremo proximal del microcatéter y con la ayuda de un cautín, se abre un poco el extremo en forma de cono, para ensanchar el diámetro externo del microcatéter.

En el extremo proximal ya ensanchado, se pega el mango o *hub* con un adhesivo a base de acrilatos, el cual se cura con luz ultravioleta.

#### *Sellado del extremo distal*

Se hace una gota con pegamento en el lado distal del microcatéter, se une la chaqueta de Pebax con el mandril, para prevenir que se introduzca la mezcla de recubrimiento.

#### *Tratamiento de plasma*

El microcatéter se limpia con Dowanol, este es un solvente a base de 2-metoxi-1-metiletil acetato. Seguidamente, se ingresa en un horno de plasma con argón. Este es un proceso de limpieza y preparación de la superficie previo al recubrimiento del microcatéter.

#### *Recubrimiento del microcatéter*

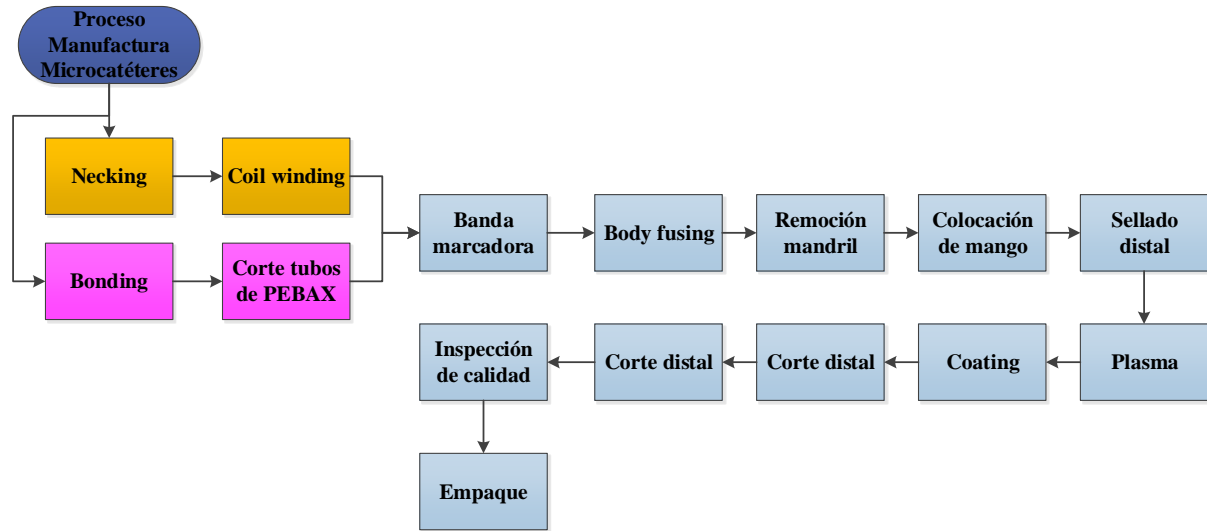
El microcatéter se sumerge en la mezcla de recubrimiento base, previamente preparada. Esta es una mezcla de copolímeros acrílicos, mientras que el recubrimiento superior es una mezcla de agua y ácido hialurónico. Cada etapa de recubrimiento tiene procesos de curado en horno y secado. Luego se lavan los microcatéteres con bicarbonato de sodio y agua destilada. La intención de los recubrimientos es minimizar la fricción, facilitando el acceso del microcatéter al vaso sanguíneo que será intervenido.

#### *Corte distal y redondeo de punta*

Se hace inspección final visual y dimensional del microcatéter, se corta la gota de pegamento y se saca el mandril. Se hace corte a nivel distal. Una vez hecho el corte se redondea la punta del microcatéter para evitar rugosidades que puedan dañar el vaso sanguíneo.

#### *Empaque*

Finalmente, el dispositivo es empacado, sellado y etiquetado. El proceso descrito anteriormente se presenta en la Figura 6.3.



**Figura 6.3.** Diagrama de bloques del proceso de manufactura de microcatéteres (Elaboración propia, 2017).

## **CAPÍTULO VII: METODOLOGÍA**

### **7.1 Investigación bibliográfica**

Como primer paso para elaborar el Programa de Gestión Integral de Residuos para la empresa, se realizó una investigación bibliográfica en libros, revistas, tesis y artículos. Se revisaron programas de gestión de residuos, la Norma Internacional ISO 14000 y literatura sobre sistemas de gestión ambiental, así como los tipos de tratamiento y disposición final para residuos sólidos ordinarios valorizables y no valorizables, residuos peligrosos, residuos de manejo especial y aguas residuales ordinarias.

### **7.2 Descripción detallada de las diferentes operaciones y procesos unitarios de producción de la empresa**

Se revisaron los procedimientos de manufactura asociados a cada línea de producción, los mismos fueron verificados en sitio junto con los ingenieros encargados de cada línea, para elaborar la descripción de los procesos productivos de la empresa y los diagramas de bloques correspondientes a cada proceso de manufactura.

### **7.3 Identificación y cuantificación de todos los tipos de residuos que se generan dentro de la empresa**

Para identificar y cuantificar los residuos sólidos, la planta se dividió en 11 áreas, a cada una se le asignó un código alfanumérico para su identificación. Los códigos de identificación de las muestras están compuestos por el código de letras asignado al área respectiva y el número de muestra correspondiente. Por ejemplo, la muestra con código CL1 corresponde a la muestra número 1 obtenida del Cuarto Limpio. El Cuadro 7.1 presenta las diferentes áreas y sus códigos.

En el Apéndice 3 se presenta un plano de distribución de la planta, donde se identifican las áreas en las que se dividió la planta para la elaboración del proyecto.

**Cuadro 7.1** Áreas de la planta y sus códigos de identificación

Área	Código asignado
Áreas exteriores	AE
Cafetería	C
Consultorio médico	CM
Bodega Materia Prima	BMP
Bodega Producto Terminado	BPT
Cuarto Limpio	CL
Entrada de empleados	EE
Gowning 1	GW1
Gowning 2	GW2
Oficinas	OF
Taller de precisión	T

Para realizar la caracterización de los residuos, se pesaron diariamente todos los residuos generados en cada área de la planta en un período de una semana de trabajo de lunes a viernes y en ambos turnos, un total de 18 horas diarias. Cada bolsa se etiquetó adecuadamente para recolectar la información requerida. La Figura 6.1 presenta el formato de etiqueta utilizado.

<b>E1: ETIQUETA PARA IDENTIFICACIÓN DE MUESTRAS</b>
CÓDIGO MUESTRA:
ÁREA:
PUNTO DE GENERACIÓN:
FECHA:
HORA DE INICIO:
HORA DE RECOLECCIÓN:
ENCARGADO:
PESO:
OBSERVACIONES:

**Figura 7.1.** Formato E1 Etiqueta para identificación de muestras

Para el pesaje de los residuos sólidos, se utilizó una balanza calibrada marca OHAUS, modelo T21P, como la mostrada en la Figura 7.2.



**Figura 7.2** Balanza utilizada para el pesaje de los residuos sólidos

Con los datos obtenidos se elaboró una matriz con los tipos de residuos y las cantidades diarias que se generan en cada área.

Para la cuantificación de las aguas residuales, se calculó el consumo total de agua durante el año 2016 y se dividió entre la cantidad de semanas operativas de la empresa al año (50), para obtener la cantidad de aguas residuales generadas semanalmente. Las aguas residuales generadas en la empresa son de tipo ordinario, ya que, por la naturaleza de los procesos realizados en la empresa, no se generan aguas residuales de tipo especial. La información del



consumo mensual de agua del año 2016 fue proporcionada por el Gerente de Facilidades de la empresa.

Estos datos se utilizaron para la elaboración del Programa de Gestión Integral de Residuos solicitado por el Ministerio de Salud.

#### **7.4 Descripción del estado cero de la situación medioambiental de la empresa**

La empresa está interesada en iniciar el proceso de certificación en la Norma Internacional ISO 14000, por esta razón había un especial interés en realizar una evaluación de la actual gestión ambiental de la empresa de acuerdo a los parámetros de la norma, para identificar las áreas que la gestión está más robusta, y fortalecer las áreas en las que se necesita mayor enfoque.

Para la evaluación inicial de la situación ambiental de la empresa, se diseñó una herramienta basada en la Norma Internacional ISO 14000. Se realizó una investigación bibliográfica, referente a guías para evaluación de sistemas de gestión ambiental, con el fin de establecer la estructura básica de la evaluación. Se consideraron procedimientos y herramientas similares aplicadas a diversos tipos de empresas para la evaluación de su situación ambiental, así como modelos propuestos en la literatura especializada en el tema.

La herramienta desarrollada consta de 6 secciones, las mismas en las que se encuentra dividida la Norma. Cada sección contiene una serie de preguntas claves para determinar la conformidad de la empresa con cada punto específico de la Norma. Cada pregunta tiene seis opciones de respuesta, de acuerdo al estado actual de conformidad de la empresa en cada rubro:

- 0 %: No conforme, el requisito no ha sido implementado.
- 25 %: Se ha iniciado con la implementación del requisito.
- 50 %: El requisito está a un 50 % de su implementación completa.
- 75 %: El requisito está a un 75 % de su implementación completa.
- 100 %: Es conforme, el requisito está implementado en su totalidad.
- N/A: El requisito no aplica. Esta respuesta es utilizada cuando el requisito que se evalúa depende de un requisito anterior que aún no ha sido implementado (se le asignó un 0 % al requisito del que depende).

El perfil de conformidad de la empresa con la Norma ISO 14000 se obtuvo al comparar los puntajes obtenidos con los máximos posibles para cada rubro.

Para obtener la información requerida por la herramienta, se entrevistó al Gerente de Facilidades de la empresa, quien es el encargado del área de ambiente. Además, se comprobó la veracidad de la información brindada mediante la revisión de la documentación de la empresa sobre la gestión ambiental que realiza. La herramienta completa aplicada puede consultarse en el Apéndice 5. La empresa está interesada en generar la documentación necesaria para el debido cumplimiento legal, y es de especial importancia que este programa se elabore en concordancia con los requerimientos de la Norma ISO 1400, para una eventual certificación en dicha norma.

### **7.5 Confección y evaluación de la matriz de requisitos legales en materia ambiental aplicables a la empresa**

La empresa no contaba con un documento unificado donde pudiera consultar los requisitos legales aplicables en materia ambiental, tampoco tenía claridad sobre los requisitos aplicables y su estado de cumplimiento. Por esta razón, se elaboró una matriz de requisitos legales, que sintetizara en un solo documento las regulaciones aplicables, y su actual cumplimiento. Se revisaron las leyes, reglamentos y normativas del país en materia ambiental y se confeccionó la matriz con las columnas: aspecto ambiental, requisito legal, artículos que aplican, requisitos operativos, autoridad administrativa responsable y cumplimiento de la empresa.

La revisión del cumplimiento legal de la empresa consistió en realizar una comparación de la matriz elaborada contra el estado actual de cumplimiento legal de la empresa, para determinar el porcentaje de requisitos aplicables que ya están en cumplimiento, y qué porcentaje están en proceso de implementación.

Para la elaboración de la matriz, se consideraron los siguientes aspectos y actividades de la empresa:

- ❖ Disposiciones generales de funcionamiento
- ❖ Manejo de residuos bajo el régimen de Zona Franca
- ❖ Uso de precursores y químicos esenciales
- ❖ Manejo de productos peligrosos

- ❖ Consumo de energía
- ❖ Uso de sustancias agotadoras de la capa de ozono
- ❖ Almacenamiento de GLP
- ❖ Uso de agua para consumo humano
- ❖ Generación de aguas residuales ordinarias
- ❖ Generación de residuos infectocontagiosos
- ❖ Generación de residuos sólidos ordinarios
- ❖ Generación de residuos peligrosos
- ❖ Generación de residuos electrónicos
- ❖ Generación de residuos de manejo especial

La matriz del Apéndice 1 resume el cumplimiento con cada normativa identificada como aplicable en la columna número 6.

#### **7.6 Elaboración del Programa de Gestión Integral de Residuos**

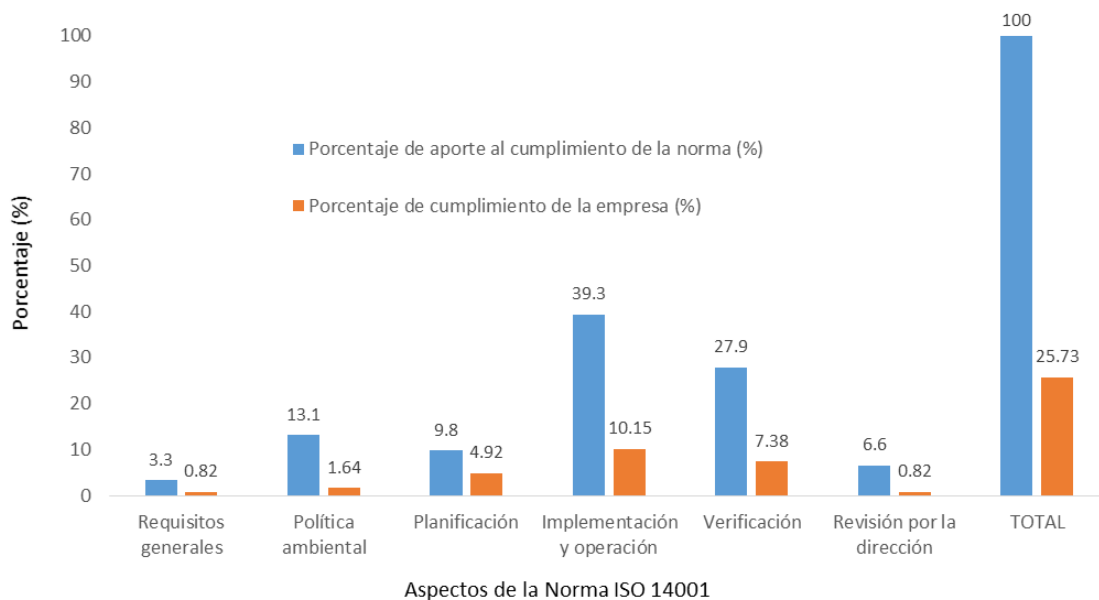
Finalmente, se elaboró el Programa de Gestión Integral de Residuos para el manejo de los residuos sólidos, peligrosos, especiales y aguas residuales. solicitado por el Ministerio de Salud, con base en el Anexo II del Reglamento General a la Ley para la Gestión Integral de Residuos (Decreto No. 37567). El programa se encuentra en el capítulo IX del presente documento.

## CAPÍTULO VIII. DESCRIPCIÓN DEL ESTADO CERO DE LA SITUACIÓN AMBIENTAL DE LA EMPRESA

Empleando la herramienta de evaluación desarrollada basada en la norma ISO 14000, se analizó la situación ambiental de la empresa.

Para obtener la información requerida se entrevistó al Gerente de Facilidades de la empresa, quien es el encargado de la gestión ambiental. Además, se revisó la documentación existente relacionada con gestión ambiental.

El perfil de conformidad para la empresa en materia de gestión se obtuvo al comparar los resultados obtenidos con los máximos posibles para cada rubro. La Figura 8.1 presenta una representación gráfica de los datos obtenidos.



**Figura 8.1.** Conformidad de la empresa con los requisitos de la norma ISO 14000 (Elaboración propia, 2017)

Se observa que el porcentaje de cumplimiento de la empresa con el total de los requisitos de la norma es de un 25.73 %, equivalente a tener una cuarta parte de los requisitos de la norma, lo que indica que el estado de la gestión ambiental es incipiente.

La empresa tiene un 0.82 % de cumplimiento en la sección 4.1 Requisitos generales, ya que el sistema de gestión ambiental está en sus comienzos, no se encuentra implementado ni documentado. Aún está pendiente definir en su totalidad los alcances de su sistema de gestión, por lo cual no puede ser mantenido ni mejorado.

Sobre la sección 4.2 Política ambiental, la misma no está definida ni documentada, por lo cual no puede estar a disposición del público, ni implementada y mantenida, como solicita la norma. Para que la empresa esté en cumplimiento con esta sección, se debe definir una política ambiental apropiada a la naturaleza, magnitud e impactos ambientales de las actividades, productos y servicios de la organización.

Es importante destacar que existe claridad en el compromiso de la empresa por cumplir con los requisitos legales aplicables, así como mejorar su desempeño ambiental. Estos aspectos son de gran importancia para la alta dirección, por lo cual la empresa continuará trabajando para elaborar y documentar una política ambiental adecuada que sea acorde con los requisitos de la norma, y ponerla a disposición del público.

La sección de la norma con mayor conformidad es la 4.3 Planificación, donde la empresa obtuvo un 50 % del porcentaje total de aporte a la norma de esta sección. Esto se debe a que la empresa sí tiene identificados con gran avance sus aspectos e impactos ambientales; así como los requisitos legales que le aplican y tiene determinado cómo aplican estos requisitos a sus aspectos ambientales. Esta información se encontró en el expediente de viabilidad ambiental de la empresa presentada ante la SETENA, para obtener la viabilidad ambiental.

La empresa debe establecer, implementar y mantener objetivos y metas ambientales documentados, los cuales deben ser medibles y coherentes con la política ambiental que se establezca, e incluir los compromisos de prevención de la contaminación, cumplimiento con los requisitos legales y otros que la organización suscriba, y mejora continua.

De los porcentajes de avance obtenidos para los rubros de la sección 4.4 Implementación y operación, se desprende que la empresa ha dedicado sus esfuerzos a implementar procesos operativos para la correcta gestión de sus aspectos e impactos ambientales, pero dichos esfuerzos no han sido documentados en procedimientos escritos. Se encontró solamente un

documento controlado bajo el sistema de calidad, donde se describe ampliamente la clasificación de los residuos peligrosos y cómo deben descartarse.

Las responsabilidades y funciones del personal involucrado en la gestión ambiental de la empresa están claramente definidos, mas no están documentados. Se está trabajando en la asignación de los recursos que sean necesarios para mejorar el desempeño ambiental de la empresa, así como en la identificación de las necesidades de capacitación y entrenamiento del personal involucrado con la gestión ambiental y demás colaboradores de la empresa.

Aún no existen procedimientos para la comunicación interna de aspectos ambientales y el sistema de gestión ambiental entre diferentes niveles en la organización; así como responder o realizar comunicaciones externas sobre los aspectos ambientales significativos de la organización.

Al no estar del todo definidos la política, los objetivos y metas ambientales y la descripción del alcance del sistema de gestión, no es posible mantenerlos documentados y actualizados. Tampoco han sido definidos los registros necesarios para asegurar la eficacia de la planificación, operación y control de procesos relacionados con sus aspectos ambientales significativos.

La empresa cuenta con un sistema de gestión de la calidad de sus procesos y productos, el cual está basado en la norma ISO 13485 de Dispositivos Médicos. Bajo esta norma, todos los documentos y sus respectivas versiones se controlan, de manera que se asegura la correcta remoción e identificación de los documentos controlados. Este es el único rubro en el que la empresa obtuvo una conformidad del 100 %, ya que, el único documento del sistema de gestión ambiental que se encuentra controlado, se mantiene constantemente actualizado. La empresa también se asegura de entrenar a los empleados a los que este procedimiento les aplica cada vez que hay un cambio de revisión. Los procedimientos que la empresa debe documentar para estar en cumplimiento con la norma ISO 14000 deben controlarse de la misma forma, y ya la empresa cuenta con la estructura para hacerlo.

La empresa no tiene documentado un procedimiento para comunicación de procedimientos y requisitos aplicables a sus proveedores y contratistas, pero sí ha hecho el esfuerzo por

comunicarles a través de la capacitación de salud y seguridad, los requisitos básicos para el manejo de sustancias peligrosas.

Sobre la preparación y respuesta a emergencias, la empresa ha identificado situaciones potenciales de emergencia y accidentes que pueden tener impactos en el ambiente. También cuenta con un procedimiento escrito de respuesta a accidentes y situaciones de emergencia, pero el mismo no incluye todos los potenciales impactos al ambiente que ya se han identificado y cómo responder ante ellos. El único de los accidentes potenciales identificados que puede tener impacto al ambiente y se describe en el procedimiento, es el derrame de sustancias peligrosas. Para finalizar el cumplimiento de este rubro, la empresa debe agregar las demás situaciones identificadas y sus respectivos procedimientos de respuesta.

En relación a la sección 4.5 Verificación, la empresa mantiene registros de algunas de sus actividades ambientales, por ejemplo, se guardan los reportes de trazabilidad que la empresa a cargo de recoger el reciclaje envía mensualmente, con las cantidades recolectadas de cada material. También se guardan copias de los manifiestos de transporte de residuos peligrosos elaborados para la salida de los residuos peligrosos, así como las facturas del servicio de recolección de residuos ordinarios; pero no se ha determinado el plazo de tiempo que se deben retener estos registros. Actualmente, se están identificando otros registros necesarios para el cumplimiento de esta norma que deban empezar a almacenarse.

La empresa hace una verificación semestral de los requisitos legales aplicables, pero no hay un procedimiento escrito para llevar a cabo esta verificación, ni la misma se documenta; solamente se procede con revisión de los cambios en la legislación nacional y la implementación operativa de los requisitos nuevos que le apliquen.

Se han implementado procedimientos para auditar algunos aspectos de la gestión ambiental, como el manejo de los residuos peligrosos, pero los mismos no especifican el alcance de la auditoría, la metodología a utilizar, la forma de reportar los resultados a la dirección, y las responsabilidades y requerimientos para realizarlas.

Con relación al último elemento de la norma, la sección 4.6 Revisión por la dirección, la dirección ha revisado la gestión realizada hasta el momento, pese a que no está documentada, y ha determinado que esta debe mejorarse. La empresa se encuentra realizando diversos

cambios para mejorar su desempeño ambiental, por lo que se considera que la revisión de la dirección ha resultado en cambios apropiados en los elementos de la gestión ambiental.



## CAPÍTULO IX: PROGRAMA DE GESTIÓN INTEGRAL DE RESIDUOS

Este capítulo presenta el programa propuesto para la adecuada gestión de los residuos sólidos ordinarios, peligrosos y especiales, así como de las aguas residuales. Las secciones en las que se encuentra dividido el programa corresponden a las requeridas por el Anexo II del Reglamento General a la Ley para la Gestión Integral de Residuos.

### 9.1 Diagnóstico de la composición de residuos

Los residuos generados en la empresa se clasificaron en ordinarios, especiales y peligrosos, como lo solicita la legislación correspondiente. El Cuadro 8.1 presenta la clasificación de los residuos identificados por área de la planta.

**Cuadro 9.1** Clasificación de los residuos identificados en la empresa.

<b>Fuente de generación</b>	<b>Clasificación</b>	<b>Residuos identificados</b>
Cuarto Limpio	Ordinarios	Alambres de metal
		Etiquetas, envolturas plásticas, guantes
		Papel limpio
		Vidrio limpio
		Latón limpio
		Botellas de PET limpias

**Cuadro 9.1** Clasificación de los residuos identificados en la empresa (continuación)

Fuente de generación	Clasificación	Residuos identificados
Cuarto Limpio	Peligrosos	Residuos de solventes (acetona, isopropanol, etanol)
		Residuos de neutralizador de flux ácido
		Residuos de ácido nítrico
		Residuos de Microclean BS/EV3
		Residuos de Nitinol Electropolish
		Residuos de flux ácido
		Recipientes de vidrio contaminados con químicos
		Recipientes plásticos contaminados con químicos
		Toallas contaminadas con Isopropanol
		Mezcla de recubrimiento de microcatéteres
Especiales	Fluorescentes	
	Cartuchos de tinta	

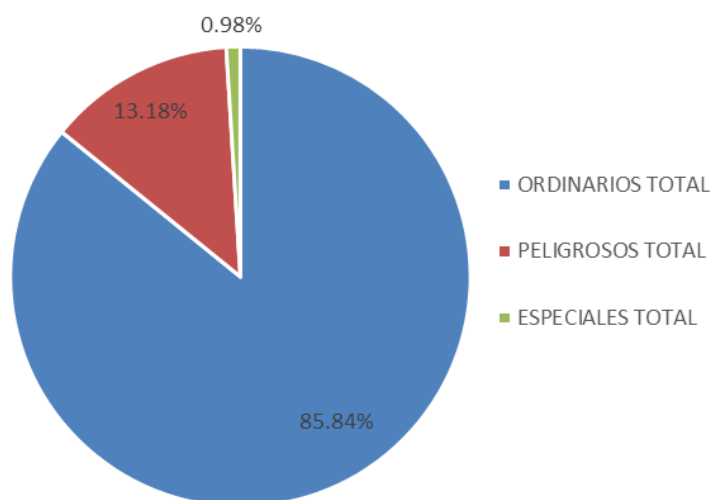
**Cuadro 9.1** Clasificación de los residuos identificados en la empresa (continuación)

<b>Fuente de generación</b>	<b>Clasificación</b>	<b>Residuos identificados</b>
Gowning 1 y 2	Ordinarios	Equipo de trabajo contaminado (guantes, cofias, gabachas, kimonos, cubre zapatos)
		Vasos de papel encerado para tomar agua
	Peligrosos	Toallas contaminadas con isopropanol
Bodega Materia Prima	Ordinarios	Papel limpio
		Cartón limpio
		Plástico limpio
	Especiales	Etiquetas, cintas, envolturas no reciclables
Bodega Producto Terminado	Ordinarios	Tarimas de madera
		Tarimas plásticas
	Ordinarios	Poliestireno de embalaje
Taller de Precisión	Ordinarios	Cajas de cartón
		Papel limpio
	Peligrosos	Etiquetas, cintas, envolturas no reciclables
	Ordinarios	Cartón limpio
	Ordinarios	Viruta no reciclable (metal y plástico mezclado)
	Peligrosos	Trapos contaminados con isopropanol, grasa, aceite

**Cuadro 9.1** Clasificación de los residuos identificados en la empresa (continuación)

<b>Fuente de generación</b>	<b>Clasificación</b>	<b>Residuos identificados</b>
Cafetería	Ordinarios	Residuos de alimentos y servilletas sucias
		Latas de aluminio, botellas plásticas, Tetrapak®
	Peligrosos	Cartón
		Latas de conservas
Consultorio Médico	Ordinarios	Aceite de cocina usado
		Papel, cartón, plástico limpios
	Peligrosos	Etiquetas, cintas, envolturas no reciclables
		Residuos punzocortantes
Oficinas	Ordinarios	Residuos bioinfecciosos
		Medicamentos vencidos
		Residuos de alimentos
Entrada de empleados	Ordinarios	Papel y cartón limpios
		Etiquetas, cintas, envolturas no reciclables
		Residuos de alimentos, cubre zapatos, envolturas no reciclables

Con base en la información recopilada para la elaboración de la matriz de generación de residuos, se determinó que la mayor parte de la composición de los residuos generados por la empresa son residuos ordinarios, los cuales corresponden a una cantidad semanal de 1309 kg, equivalentes a un 85.84 % del total de los residuos. Los residuos peligrosos están en el segundo lugar de generación, con un total de 201 kg semanales equivalentes al 13.18 %, y finalmente, los residuos especiales corresponden a los de menor generación, un total de 15 kg, equivalente a un 0.98 % del total de kilogramos generados semanalmente. La información anterior se presenta en la Figura 9.1.



**Figura 9.1** Porcentaje de residuos por tipo generados semanalmente (Elaboración propia, 2017)

De los 1309 kg de residuos ordinarios generados semanalmente, se identificaron residuos reciclables, coprocesables y orgánicos. Todos estos residuos actualmente se están enviando al relleno sanitario. La correcta jerarquización y segregación de los residuos ordinarios permitiría disminuir considerablemente la cantidad que se envía al relleno sanitario.

Un ejemplo de lo anterior son los 475 kg de residuos ordinarios generados en el Cuarto Limpio. Estos residuos representan el 47.5 % del total de residuos generados por la empresa, y están compuestos por guantes, cofias, toallas, gabachas y etiquetas, los cuales podrían ser

enviados a coprocesamiento. La Figura 9.2 presenta una muestra de residuos del Cuarto Limpio.



**Figura 9.2** Residuos generados en el Cuarto Limpio (Microvention, 2016)

En el Cuadro 9.2, se presenta la matriz de generación de residuos, con la descripción específica de las cantidades de residuos generados semanalmente en la empresa.

**Cuadro 9.2** Matriz de generación de residuos

<b>Tipo de Residuos</b>	<b>Fuente de los Residuos</b>	<b>Cantidad generada (por unidad de tiempo)</b>	<b>Condiciones de Almacenamiento</b>	<b>Condiciones de Transporte</b>	<b>Destino de los Residuos</b>	<b>Tipo de registros para el control del destino de los residuos</b>
Ordinarios	Cuarto Limpio	475 kg/semana	Se almacenan en basureros con bolsas plásticas y se trasladan a la traileta de residuos ordinarios.	Camión del gestor autorizado	Relleno sanitario	Facturas de servicio
Peligrosos	Cuarto Limpio	200 kg/semana	Se almacenan en recipientes especiales para materiales peligrosos, se retiran en un carrito hacia la bodega de químicos.	Camión del gestor autorizado	Neutralización y traslado a planta de tratamiento de aguas Destilación de solventes	Manifiesto de Transporte de Residuos Peligrosos Reportes de trazabilidad mensuales
Ordinarios reciclables	Cuarto Limpio	100 kg/semana	Se almacenan en basureros con bolsas plásticas y se trasladan a la traileta de residuos ordinarios.	Camión del gestor autorizado	Relleno sanitario	Facturas de servicio

**Cuadro 9.2** Matriz de generación de residuos (continuación)

<b>Tipo de Residuos</b>	<b>Fuente de los Residuos</b>	<b>Cantidad generada (por unidad de tiempo)</b>	<b>Condiciones de Almacenamiento</b>	<b>Condiciones de Transporte</b>	<b>Destino de los Residuos</b>	<b>Tipo de registros para el control del destino de los residuos</b>
Ordinarios	Gowning 1 y 2	350 kg/semana	Se almacenan en basureros con bolsas plásticas y se trasladan a la traileta de residuos ordinarios.	Camión del gestor autorizado	Relleno sanitario	Facturas de servicio
Ordinarios	Bodega Materia Prima	22 kg/semana	Se almacenan en basureros con bolsas plásticas y se trasladan a la traileta de residuos ordinarios.	Camión del gestor autorizado	Relleno sanitario	Facturas de servicio
Ordinarios reciclables	Bodega Materia Prima	5 kg/semana	Se almacenan en basureros con bolsas plásticas y se trasladan al andén.	Camión del gestor autorizado	Reciclaje	Reportes de trazabilidad mensuales



**Cuadro 9.2** Matriz de generación de residuos (continuación)

<b>Tipo de Residuos</b>	<b>Fuente de los Residuos</b>	<b>Cantidad generada (por unidad de tiempo)</b>	<b>Condiciones de Almacenamiento</b>	<b>Condiciones de Transporte</b>	<b>Destino de los Residuos</b>	<b>Tipo de registros para el control del destino de los residuos</b>
Ordinarios	Bodega Producto Terminado	7 kg/semana	Se almacenan en basureros con bolsas plásticas y se trasladan a la traileta de residuos ordinarios.	Camión gestor autorizado del	Relleno sanitario	Facturas de servicio
Ordinarios reciclables	Bodega Producto Terminado	4 kg/semana	Se almacenan en basureros con bolsas plásticas y se trasladan al andén.	Camión gestor autorizado del	Reciclaje	Reportes de trazabilidad mensuales
Ordinarios	Taller de precisión	9 kg/semana	Se almacenan en basureros con bolsas plásticas y se trasladan a la traileta de residuos ordinarios.	Camión gestor autorizado del	Relleno sanitario	Facturas de servicio

**Cuadro 9.2** Matriz de generación de residuos (continuación)

<b>Tipo de Residuos</b>	<b>Fuente de los Residuos</b>	<b>Cantidad generada (por unidad de tiempo)</b>	<b>Condiciones de Almacenamiento</b>	<b>Condiciones de Transporte</b>	<b>Destino de los Residuos</b>	<b>Tipo de registros para el control del destino de los residuos</b>
Ordinarios reciclables	Taller de precisión	12 kg/semana	Se almacenan en basureros con bolsas plásticas y se trasladan al centro de acopio.	Camión gestor autorizado del	Relleno sanitario	Facturas de servicio
Ordinarios orgánicos	Cafetería	195 kg/semana	Se almacenan en basureros con bolsas plásticas y se trasladan a la traileta de residuos ordinarios.	Camión gestor autorizado del	Relleno Sanitario	Facturas de servicio
Ordinarios reciclables	Cafetería	16 kg/semana	Se almacenan en basureros con bolsas plásticas y se trasladan a la traileta de residuos ordinarios.	Camión gestor autorizado del	Relleno Sanitario	Facturas de servicio

**Cuadro 9.2** Matriz de generación de residuos (continuación)

<b>Tipo de Residuos</b>	<b>Fuente de los Residuos</b>	<b>Cantidad generada (por unidad de tiempo)</b>	<b>Condiciones de Almacenamiento</b>	<b>Condiciones de Transporte</b>	<b>Destino de los Residuos</b>	<b>Tipo de registros para el control del destino de los residuos</b>
Ordinarios	Consultorio médico	1 kg/semana	Se almacenan en basureros con bolsas plásticas y se trasladan a la traileta de residuos ordinarios.	Camión del gestor autorizado	Relleno Sanitario	Facturas de servicio
Ordinarios reciclables	Consultorio médico	6 kg/semana	Se almacenan en basureros con bolsas plásticas y se trasladan a la traileta de residuos ordinarios.	Camión del gestor autorizado	Relleno Sanitario	Facturas de servicio
Peligrosos bioinfecciosos	Consultorio médico	1 kg/semana	Se almacenan en basureros especiales para material bioinfeccioso, con bolsas plásticas rojas especiales.	Camión del gestor autorizado	Relleno sanitario después de ser esterilizados en autoclave	Certificados de destrucción mensuales

**Cuadro 9.2** Matriz de generación de residuos (continuación)

<b>Tipo de Residuos</b>	<b>Fuente de los Residuos</b>	<b>Cantidad generada (por unidad de tiempo)</b>	<b>Condiciones de Almacenamiento</b>	<b>Condiciones de Transporte</b>	<b>Destino de los Residuos</b>	<b>Tipo de registros para el control del destino de los residuos</b>
Ordinarios reciclables	Oficinas administrativas	5 kg/semana	Se almacenan en basureros con bolsas plásticas y se trasladan a la traileta de residuos ordinarios.	Camión gestor autorizado del	Relleno Sanitario	Facturas de servicio
Ordinarios	Oficinas administrativas	37 kg/semana	Se almacenan en basureros con bolsas plásticas y se trasladan a la traileta de residuos ordinarios.	Camión gestor autorizado del	Relleno Sanitario	Facturas de servicio
Ordinarios	Entrada de empleados	65 kg/semana	Se almacenan en basureros con bolsas plásticas y se trasladan a la traileta de residuos ordinarios.	Camión gestor autorizado del	Relleno Sanitario	Facturas de servicio

**Cuadro 9.2** Matriz de generación de residuos (continuación)

<b>Tipo de Residuos</b>	<b>Fuente de los Residuos</b>	<b>Cantidad generada (por unidad de tiempo)</b>	<b>Condiciones de Almacenamiento</b>	<b>Condiciones de Transporte</b>	<b>Destino de los Residuos</b>	<b>Tipo de registros para el control del destino de los residuos</b>
Especiales fluorescentes	Facilidades	5 kg/semana	Se almacenan en cajas en el mezzanine.	No determinado	No determinado	No determinado
Especiales electrónicos	Facilidades	10 kg/semana	Se almacenan en los cuartos de TI.	No determinado	No determinado	No determinado
Aguas residuales	Baños, cocina	281 m <sup>3</sup> /semana	No se almacenan	Tubería hacia PTAR del condominio	PTAR del condominio	Reporte Operacional de la PTAR del condominio

### 9.1.1 Manejo interno de los residuos

Además de la identificación de residuos, se estudió la forma en la que los mismos son manejados a lo interno de la empresa. Los principales resultados se muestran a continuación.

#### 9.1.1.1 Residuos ordinarios valorizables

Los residuos ordinarios valorizables generados en la empresa son: cajas de cartón, papelería de oficinas, bolsas plásticas, galones, plástico de embalaje, botellas plásticas, latas de aluminio, latas de latón, vidrio, tarimas de madera, envases de Tetra Pak®.

En el Cuarto Limpio se identificaron varios tipos de residuos ordinarios que podrían reciclarse, tales como: alambres de metal, papel limpio, botellas de PET de agua estéril y vidrio limpio. Actualmente, estos residuos se están descartando junto con los ordinarios no reciclables.

En las áreas de bodegas, se identificaron diferentes tipos de residuos reciclables, tales como: cajas de cartón, embalajes plásticos, papel limpio, tarimas plásticas y tarimas de madera. Estos residuos se almacenan en un cajón de madera para ser retirados por una empresa de reciclaje autorizada por el Ministerio de Salud, la cual se encarga de la gestión y disposición final. Actualmente, los residuos de estas áreas son los únicos que están siendo reciclados. La empresa gestora elabora un reporte mensual de los materiales reciclados y sus pesos, el cual permite la trazabilidad de los mismos.

En la cafetería se generan residuos valorizables como: latas de conservas, cajas de cartón, botellas plásticas y embalajes plásticos. Estos residuos no se están reciclando.

#### 9.1.1.2 Residuos ordinarios no valorizables

Los residuos ordinarios no valorizables están compuestos por diversidad de materiales: residuos de alimentos, servilletas, toallas de manos, etiquetas, cintas, empaques de alimentos, papel y cartón contaminados, guantes, cofias, gabachas, kimonos, cubre zapatos, latas, galones, entre otros.

El manejo interno de los residuos ordinarios consiste en la disposición en recipientes, los distribuidos en toda el área de planta, oficinas, bodegas y cafetería. Los recipientes cuentan con bolsas plásticas donde se depositan los residuos ordinarios.

Una vez que se han llenado los basureros, se recogen las bolsas con los residuos y se trasladan a la traileta que tiene como destino final el relleno sanitario, la cual se cambia 3 veces por semana.

Para el control interno de estos residuos enviados al relleno sanitario, se cuenta con un registro de las facturas y boletas de control de cambio de la traileta. Esta es pesada al llegar a las instalaciones del relleno sanitario y posteriormente envían a la empresa un reporte mensual con los cambios de la traileta y los pesos de los residuos.

#### 9.1.1.3 Residuos peligrosos, bioinfecciosos y especiales

Entre los residuos peligrosos generados se identificaron: toallas contaminadas con isopropanol, recipientes de plástico y vidrio contaminados con químicos, residuos punzocortantes e infecciosos generados en el consultorio médico y residuos de diferentes químicos utilizados en el proceso de manufactura.

Los residuos líquidos de sustancias peligrosas se almacenan en pichingas de plástico de diferentes colores para evitar la mezcla de sustancias incompatibles. Se almacenan en las capillas de extracción donde se generan los residuos, y posteriormente se trasladan a la bodega de químicos, donde son retiradas dos veces por semana por un gestor autorizado por el Ministerio de Salud. Los residuos de ácidos son neutralizados y los solventes se separan por destilación. El gestor entrega un reporte mensual de trazabilidad de los residuos y cada retiro se realiza con el documento Manifiesto de Transporte de Residuos Peligrosos, de acuerdo al Anexo 5 del Reglamento para el Manejo de los Desechos Peligrosos Industriales N° 27001 (Apéndice 4).

Los residuos bioinfecciosos y punzocortantes generados en el consultorio médico son almacenados en basureros rojos especiales para estos residuos, los cuales son recolectados una vez por semana por un gestor autorizado para estos residuos por el Ministerio de Salud. Los registros que se manejan para el control de estos residuos consisten en certificados de destrucción mensuales, donde la empresa certifica que los residuos son gestionados y posicionados de acuerdo a la regulación pertinente.

Los residuos especiales identificados consisten en fluorescentes y electrónicos (pantallas, computadoras, teclados, teléfonos), los cuales actualmente se están acumulando mientras se contrata un gestor autorizado para los mismos.

#### 9.1.1.4 Aguas residuales

A través de la revisión de los procesos de la empresa, se determinó que las aguas residuales generadas se clasifican como ordinarias, porque corresponden a las actividades de uso de inodoros y lavatorios por el personal de la empresa, preparación de alimentos, lavado de platos y limpieza de pisos. No se generan aguas residuales de tipo especial.

Los residuos líquidos de sustancias peligrosas no se descargan en ningún drenaje, se recolectan en recipientes y son retirados de la planta por un gestor autorizado para su tratamiento.

La empresa no cuenta con sistema de tratamiento de aguas residuales, porque se encuentra dentro del condominio industrial Zona Franca Coyol, el mismo cuenta con un sistema de tratamiento de aguas residuales ordinarias para todas las empresas que se encuentran dentro del condominio. De acuerdo con el Decreto Ejecutivo N° 33601 Reglamento de Vertido y Reuso de Aguas Residuales, el ente generador se define como la persona física o jurídica, pública o privada, responsable del reuso de aguas residuales o de su vertido en un cuerpo receptor o alcantarillado sanitario. En este caso, la empresa que se encarga de la operación del sistema de tratamiento de aguas del condominio es la responsable por el tratamiento de las aguas, y de que el efluente descargado en el cuerpo receptor cumpla con los parámetros establecidos en el decreto mencionado anteriormente. Como control, la empresa solicita trimestralmente a la administración del condominio el reporte operacional de la PTAR.

## **9.2 Identificación de debilidades y desafíos desde la jerarquización de los residuos**

Con base al diagnóstico realizado, se identificaron las principales debilidades en el manejo actual de los residuos y se definieron los desafíos para alcanzar una adecuada gestión integral de los residuos. Los resultados de este análisis se presentan en el Cuadro 9.3.



**Cuadro 9.3** Identificación de debilidades y desafíos desde la jerarquización de los residuos

<b>Jerarquía de los Residuos</b>	<b>Debilidades Actuales</b>	<b>Desafíos</b>
Prevención en la Fuente	No existe un programa de capacitaciones en tema de manejo de residuos para el personal de la empresa. No existe un programa de capacitaciones en tema de manejo de residuos para contratistas.	Implementar programas de capacitación y concienciación sobre reciclaje y manejo integral de residuos para empleados directos de la empresa. Implementar programas de capacitación y concienciación sobre reciclaje y manejo integral de residuos para contratistas.
Minimización en la Generación	No existe una conciencia en el personal sobre el uso racional recursos como el papel y la tinta.	Implementar programas de capacitación y concienciación sobre uso racional de recursos.
Reutilización de los Residuos	No se reutiliza ningún residuo.	Identificar residuos que podrían ser reutilizados.
Tratamiento	La mayoría de los residuos se envían al relleno sanitario.	Identificar residuos reciclables. Identificar residuos coprocesables. Implementar un programa de reciclaje. Implementar un programa de coprocesamiento de residuos.
Disposición Final	Los fluorescentes y electrónicos no son gestionados, solamente se almacenan.	Gestionar adecuadamente los fluorescentes y residuos electrónicos.

En resumen, se identificaron diversas oportunidades para la mejora de la gestión integral de los residuos. La segregación adecuada de los residuos en su fuente de generación, y la identificación de residuos que puedan sacarse de la corriente de los residuos ordinarios no reciclables, va a permitir la reducción de los residuos enviados al relleno sanitario.

### 9.3 Diseño del Programa de Manejo Integral de Residuos

Con base en los resultados del diagnóstico de generación se presenta el Programa de Manejo Integral de Residuos, el cual involucra estrategias para la prevención en la fuente, minimización de generación de residuos, reutilización, valorización y disposición ambientalmente segura de los residuos. Los detalles del programa, incluidos los objetivos, metas e indicadores se presentan en el Cuadro 9.4.

#### 9.3.1 Manejo interno de los residuos sólidos generados

Los residuos sólidos generados deben ser clasificados adecuadamente, ya que en la actualidad, hay varios residuos que se están enviando al relleno sanitario y podrían ser gestionados de una manera más responsable con el ambiente.

Se propone una categoría nueva de residuos: residuos coprocesables. Esta categoría incluye los siguientes residuos:

- Equipo de protección personal contaminado: guantes de nitrilo, cofias, gabachas, kimonos, cobertores de zapatos
- Etiquetas, vasos cónicos de papel encerado para agua
- Embalajes plásticos no reciclables
- Cartón, papel y plásticos contaminados con grasas que no se puedan reciclar

Existen diversas empresas en el país que gestionan residuos para coprocesamiento en horno cementero, por ejemplo, Cemex y Geocycle. Estas empresas tienen alianzas con algunos gestores para el transporte de los residuos desde la empresa donde se generan, hasta las plantas de fabricación de cemento, donde se utilizarán como combustibles alternos.

También se identificaron residuos que actualmente no se reciclan, y podrían sacarse de la corriente de residuos ordinarios no reciclables que van al relleno sanitario:

- Envases de Tetra Pak®
- Botellas plásticas de refrescos
- Botellas plásticas de salsas y pulpas
- Latas de conservas

- Latas de aluminio de refrescos
- Botellas plásticas de agua estéril
- Alambres de metal
- Papel limpio de impresoras y fotocopiadoras

Se debe establecer un espacio para utilizarse como centro de acopio, donde los residuos valorizables se trasladen, se clasifiquen y se almacenen hasta su recolección por parte de un gestor autorizado. Algunas empresas brindan el servicio de alquiler de furgones que pueden acondicionarse como centros de acopio, en caso de que la empresa no cuente con el espacio físico dentro de sus instalaciones.

En todas las etapas del proceso productivo, así como en las bodegas, cafetería y áreas de oficinas, se deben colocar recipientes adecuados y rotulados para la adecuada segregación de residuos desde su generación. Se recomienda la revisión de la Estrategia Nacional de Separación, Recuperación y Valorización de Residuos (ENSRVR) 2016-2021 elaborada por el Ministerio de Salud, para determinar los recipientes y los colores que se deben utilizar para la segregación de los residuos.

Una vez que los contenedores alcanzan su capacidad máxima deben retirarse. El traslado debe realizarse utilizando carritos de transporte, para evitar lesiones al personal de limpieza y evitar derrame de residuos en caso de ruptura de las bolsas. Los residuos ordinarios no valorizables se depositarán en el contenedor que va para el relleno sanitario, mientras que los ordinarios valorizables y coprocesables serán trasladados al centro de acopio, donde se clasificarán y almacenarán. En el centro de acopio se debe contar con una bitácora de ingreso de los residuos y una báscula para pesarlos, esto garantiza un control interno de las cantidades de residuos que se generan.

Finalmente, los residuos deben ser retirados de la empresa por gestores autorizados por el Ministerio de Salud, dependiendo del tipo de residuo.

### 9.3.2 Manejo interno de los residuos peligrosos, bioinfecciosos y especiales

La empresa actualmente gestiona los residuos bioinfecciosos (residuos contaminados con fluidos corporales y punzocortantes) generados en el consultorio médico con un gestor debidamente autorizado por el Ministerio de Salud para este fin. Para completar una adecuada

gestión, se recomienda la colocación de bolsas rojas para residuos infectocontagiosos en las áreas de Producción, para la correcta segregación de estos residuos en caso de accidentes con fluidos corporales.

Adicionalmente, se recomienda segregar los residuos contaminados con sangre menstrual y gestionarlos como residuos infectocontagiosos. Para este efecto, la empresa Manejo Profesional de Desechos cuenta con el sistema Cannon Hygiene, el cual consiste en colocar en los baños de mujeres los contenedores especiales conocidos como Unidades Higiénico Sanitarias Concept, las cuales contienen un compuesto llamado Activap®, mezcla de alcohol, canela y otras sustancias que trabaja por acción del vapor y logra destruir hasta el 99% de los elementos patógenos contenidos en las toallas sanitarias y tampones. Posteriormente, estas unidades se retiran y se colocan otras vacías y esterilizadas en su lugar. Los residuos son triturados y van directamente a un relleno sanitario, aunque se separan en celdas independientes a las de basura orgánica (Manejo Profesional de Desechos, 2012).

En relación con los residuos peligrosos, es importante considerar el diseño y construcción de una bodega exclusiva para residuos peligrosos, ya que actualmente se almacenan junto con las materias primas peligrosas. Algunos de estos residuos están siendo enviados al relleno sanitario, y podrían gestionarse por coprocesamiento:

- Toallas contaminadas con alcohol isopropílico
- Papel, cartón y plástico contaminados con grasas y aceites
- Envases plásticos contaminados con químicos que no se puedan lavar

Los residuos líquidos peligrosos también se podrían gestionar por coprocesamiento, lo que permitiría utilizarlos como combustible alternativo en un horno cementero. En el caso de los solventes, estos se pueden ingresar al horno sin necesidad de acondicionamiento previo; los ácidos deben ser neutralizados antes de poder utilizarlos como combustible para el horno.

Los fluorescentes se pueden almacenar en cajas de cartón evitando que se quiebren. Se debe contratar un gestor autorizado que sea parte de una unidad de cumplimiento, para la correcta gestión y disposición final de los mismos. Esta gestión debe quedar documentada en un certificado de gestión y tratamiento.

Los residuos electrónicos se segregan de la corriente de residuos ordinarios. Se debe continuar con esta práctica, pero debe contratarse un gestor autorizado para retirarlos y darles disposición final de acuerdo a lo establecido por el Reglamento para la Gestión Integral de los Residuos Electrónicos, además de la entrega de un certificado de gestión, tratamiento y disposición final.

La actual gestión de las aguas residuales se considera adecuada y en cumplimiento con la regulación nacional respectiva. Se recomienda realizar mediciones periódicas del caudal de salida de las aguas residuales, para tener un número más preciso de la cantidad de aguas residuales generadas.

Pese a que la empresa ya cuenta con una base para la gestión integral de los residuos que genera, aún tiene diversos desafíos en la mejora. Las recomendaciones anteriores se presentan sintetizadas en el Cuadro 9.4.

#### **9.4 Seguimiento y monitoreo anual**

Para asegurar la efectividad del Programa de Gestión Integral de Residuos, se desarrolla un mecanismo de seguimiento y monitoreo anual, por medio del cual se puedan evaluar las actividades y metas establecidas en el programa. De esta manera se podrán identificar los avances y logros del mismo, este se presenta en el Cuadro 9.5.

**Cuadro 9.4** Programa de manejo de residuos sólidos y peligrosos para la empresa

<b>Desafío</b>	<b>Objetivo</b>	<b>Meta</b>	<b>Indicador de Cumplimiento</b>	<b>Actividad y subactividades</b>	<b>Recursos</b>	<b>Responsables</b>
Implementar programas de capacitación y concienciación sobre reciclaje y manejo integral de residuos.	Capacitar a los empleados directos de la empresa para la correcta separación de residuos.	Charlas para todos los nuevos empleados.  Una charla de capacitación anual para todos los empleados.	Número de empleados entrenados.	Charlas presenciales sobre caracterización de materiales y correcta segregación de los mismos.	Material didáctico audiovisual.  Personal de apoyo.	Material didáctico audiovisual.  Personal de apoyo.
Implementar programas de capacitación y concienciación sobre reciclaje y manejo integral de residuos para contratistas.	Capacitar al personal de empresas contratistas para la correcta separación de residuos dentro de las instalaciones de la empresa.	Charlas para todos los empleados de empresas contratistas.  Charla de refrescamiento anual para todos los contratistas.	Número de contratistas entrenados	Charlas presenciales sobre caracterización de materiales y correcta segregación de los mismos.	Material didáctico audiovisual.  Personal de apoyo.	Departamento de Facilidades  Departamento de Recursos Humanos

**Cuadro 9.4** Programa de manejo de residuos sólidos y peligrosos para la empresa (continuación)

<b>Desafío</b>	<b>Objetivo</b>	<b>Meta</b>	<b>Indicador de Cumplimiento</b>	<b>Actividad y subactividades</b>	<b>Recursos</b>	<b>Responsables</b>
Implementar programas de capacitación y concientización sobre uso racional de recursos.	Reducir la cantidad de impresiones que se generan en la empresa.	Reducción en 10 % de las impresiones generadas.	kg de papel desechado/semana	Charlas presenciales sobre uso racional de los recursos. Implementación de software para control de impresiones.	Material didáctico audiovisual. Personal de apoyo. Software de control de impresiones.	Departamento de Facilidades
Identificar residuos que podrían ser reutilizados.	Reducir la cantidad de residuos que se envían al relleno sanitario.	Reducción en 10 % de los residuos enviados al relleno sanitario.	kg de residuos enviados al relleno sanitario/semana	Identificar residuos reutilizables y procesos donde se puedan reutilizar en lugar de comprar nuevos materiales.	Personal de apoyo.	Departamento de Facilidades Departamento de Logística

**Cuadro 9.4** Programa de manejo de residuos sólidos y peligrosos para la empresa (continuación)

<b>Desafío</b>	<b>Objetivo</b>	<b>Meta</b>	<b>Indicador de Cumplimiento</b>	<b>Actividad y subactividades</b>	<b>Recursos</b>	<b>Responsables</b>
Identificar residuos reciclables e implementar un programa de reciclaje.	Incrementar la tasa de reciclaje.	Incremento en 5 % de la tasa de materiales reciclados.	kg de residuos reciclados/semana	<p>Diseñar un espacio que pueda utilizarse como centro de acopio de materiales reciclables.</p> <p>Incrementar la frecuencia de las recolecciones de material reciclable.</p> <p>Colocar estaciones de reciclaje en áreas donde se generan diversos tipos de residuos.</p>	Espacio físico para centro de acopio. Basureros identificados para reciclaje.	Departamento de Facilidades.



**Cuadro 9.4** Programa de manejo de residuos sólidos y peligrosos para la empresa (continuación)

<b>Desafío</b>	<b>Objetivo</b>	<b>Meta</b>	<b>Indicador de Cumplimiento</b>	<b>Actividad y subactividades</b>	<b>Recursos</b>	<b>Responsables</b>
Gestionar adecuadamente los fluorescentes y residuos electrónicos.	Dar adecuada disposición a los fluorescentes y electrónicos.	Eliminar el almacenamiento indefinido de estos materiales.	kg de fluorescentes despachados/semana kg de electrónicos despachados/semana	Contratación de un gestor autorizado para el transporte y gestión de fluorescentes y electrónicos.	Recursos económicos para la contratación de un gestor autorizado para los fluorescentes y electrónicos.	Departamento de Facilidades.

**Cuadro 9.5** Seguimiento y monitoreo anual

<b>Actividad</b>	<b>Línea Base</b>	<b>Meta</b>	<b>Indicador</b>	<b>Estado actual de la actividad</b>	<b>Observaciones</b>
Implementar programas de capacitación y concienciación sobre reciclaje y manejo integral de residuos.	Sin línea base.	Charlas para todos los nuevos empleados. Una charla de capacitación anual para todos los empleados.	Número de empleados entrenados	No se ha iniciado con las charlas a los empleados.	
Implementar programas de capacitación y concienciación sobre reciclaje y manejo integral de residuos para contratistas.	Sin línea base.	Charlas para todos los empleados de empresas contratistas. Charla de refrescamiento anual para todos los contratistas.	Número de contartistas entrenados	Se implementaron las charlas a contratistas.	
Implementar programas de capacitación y concienciación sobre uso racional de recursos.	Sin línea base.	Reducción en 10 % de las impresiones generadas.	kg de papel desechado/se mana	No se ha iniciado con las charlas a los empleados.	

**Cuadro 9.5** Seguimiento y monitoreo anual (continuación)

<b>Actividad</b>	<b>Línea Base</b>	<b>Meta</b>	<b>Indicador</b>	<b>Estado actual de la actividad</b>	<b>Observaciones</b>
Implementar programas de capacitación y concienciación sobre reciclaje y manejo integral de residuos.	Sin línea base.	Charlas para todos los nuevos empleados. Una charla de capacitación anual para todos los empleados.	Número de empleados entrenados	No se ha iniciado con las charlas a los empleados.	
Identificar residuos que podrían ser reutilizados.	0% de residuos reutilizados.	Reducción en 10 % de los residuos enviados al relleno sanitario.	kg de residuos enviados al relleno sanitario/semana	Se inició con la reutilización de cajas.	
Identificar residuos reciclables e implementar un programa de reciclaje.	10 % de residuos reciclados.	Incremento en 5 % de la tasa de materiales reciclados.	kg de residuos reciclados/semana	Se identificaron las áreas que generan la mayor cantidad de residuos reciclables.	

**Cuadro 9.5** Seguimiento y monitoreo anual (continuación)

<b>Actividad</b>	<b>Línea Base</b>	<b>Meta</b>	<b>Indicador</b>	<b>Estado actual de la actividad</b>	<b>Observaciones</b>
Identificar residuos coprocesables e implementar un programa de coprocesamiento de residuos.	0 % residuos coprocesables	Reducción en 10 % de los residuos enviados al relleno sanitario.	kg de residuos coprocesados /semana	Se identificaron los residuos que pueden coprocesarse.	Se identificaron posibles gestores para estos residuos.
Gestionar adecuadamente los fluorescentes y residuos electrónicos.	100 % fluorescentes y electrónicos almacenados sin gestionar.	Eliminar el almacenamiento indefinido de estos materiales.	kg de fluorescentes despachados/ semana kg de electrónicos despachados/ semana	Se identificaron posibles gestores para estos residuos.	

## CAPÍTULO X: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

El presente capítulo presenta las conclusiones y recomendaciones derivadas de la investigación y la elaboración de todas las etapas del proyecto.

### 10.1 Conclusiones

- La revisión bibliográfica e investigación realizadas permitieron concluir que la única tecnología de tratamiento térmico para residuos utilizada en el país actualmente es el coprocesamiento en horno cementero, siendo ésta la única opción viable para la empresa para la disposición adecuada de residuos sólidos ordinarios no reciclables y no putrescibles, en lugar de enviarlos al relleno sanitario.
- A través de la revisión de los procesos de producción de la empresa, se determinó que los residuos peligrosos se componen en su mayoría de ácidos y solventes descartados del proceso de electropolido de stents, mezcla de recubrimiento de microcatéteres y toallas impregnadas con alcohol isopropílico utilizadas para limpieza de líneas.
- Actualmente, la empresa envía al relleno sanitario una cantidad semanal de 1525 kg de residuos, debido a la falta de segregación de los mismos. De esta cantidad, se identificaron aproximadamente una tonelada de residuos que podrían enviarse a reciclaje o coprocesamiento en horno cementero. Por ejemplo, los residuos ordinarios no reciclables que se generan en el Cuarto Limpio, suman 475 kg, un 47.5 % del total de los residuos generados semanalmente, los cuales se podrían tratar por coprocesamiento, y evitar su envío al relleno sanitario.
- La empresa recicla solamente los residuos valorizables generados en las bodegas de materia prima y producto terminado, los cuales representan un 0.59% del total de los residuos generados. Se identificaron otras áreas que generan materiales que pueden valorizarse: cafetería, cuarto limpio, taller de precisión, consultorio médico y oficinas administrativas. El reciclaje de estos residuos permitiría mejorar la jerarquización que la empresa le da a los mismos y estar en cumplimiento con las regulaciones pertinentes.

- La aplicación de la herramienta de evaluación desarrollada basada en la norma ISO 14000 permitió determinar que el sistema de gestión ambiental de la empresa se encuentra en estado incipiente. La empresa se encuentra en un porcentaje de cumplimiento de un 25.73 % del total de los requisitos de la norma, equivalente a estar en cumplimiento con una cuarta parte de los mismos.
- De acuerdo con la herramienta de evaluación inicial basada en la Norma ISO 14001, la sección de la norma en la cual se obtuvo mayor porcentaje de conformidad es la 4.3 Planificación, donde la empresa obtuvo un 50 % del porcentaje total de aporte a la norma de esta sección. Esto se debe a que la empresa sí tiene identificados con gran avance sus aspectos e impactos ambientales, así como los requisitos legales que le aplican y tiene determinado cómo aplican estos requisitos a sus aspectos ambientales.
- Con base en la confección de la matriz de requisitos legales ambientales aplicables y la aplicación de la misma, se determinó que la empresa se encuentra en cumplimiento con 50 de los 78 requisitos legales ambientales aplicables identificados, lo que equivale a un porcentaje de cumplimiento de un 64,1 %.
- De los 28 requisitos legales identificados como pendientes para que la empresa alcance la totalidad del cumplimiento legal, 24 están relacionados a manejo de residuos, representando un 85,7 % de los requisitos pendientes. La implementación del Programa de Gestión Integral de Residuos propuesto permitiría que la empresa incremente su porcentaje de cumplimiento legal de un 64,1 % a un 94,9 %. El 5.1 % restante está relacionado a almacenamiento de gas licuado de petróleo y consumo de energía.
- La implementación del programa propuesto a la empresa permitiría la adecuada gestión de todos los tipos de residuos generados, este programa es perdurable en el tiempo y escalable a cantidades mayores, en caso de que la empresa incremente su generación de residuos.
- Uno de los desafíos más importantes para la empresa para lograr la adecuada gestión de sus residuos sólidos y peligrosos es la capacitación de sus colaboradores y contratistas.

La participación de toda la población es vital para realizar una correcta jerarquización y clasificación de los residuos.

## **10.2 Recomendaciones**

- Para el éxito de la adecuada gestión de los residuos sólidos ordinarios, tanto los empleados directos de la empresa como los contratistas deben capacitarse al menos una vez al año en los temas de manejo de residuos sólidos, reciclaje y correcta segregación de materiales.
- Se recomienda que la empresa se afilie a algún sistema de notificaciones legales que le permita recibir notificaciones en los cambios de la legislación nacional en el momento en que los mismos entran a regir y establecer un procedimiento para revisar y mantener la matriz de requisitos legales aplicables actualizada.
- Se recomienda la compra de contenedores adecuados de acuerdo con la Estrategia Nacional de Separación, Recuperación y Valorización de Residuos 2016-2021 y debidamente identificados para facilitar la correcta separación de los residuos. Esto es particularmente necesario en las áreas de Cafetería y Oficinas Administrativas, donde actualmente se mezclan residuos orgánicos con inorgánicos reciclables, impidiendo la recuperación de estos últimos.
- Se recomienda designar y acondicionar un área como centro de acopio, para almacenar de forma higiénica y ordenada los residuos reciclables y coprocesables.
- Se recomienda la separación de los residuos peligrosos de las sustancias químicas que son materias primas. A su vez, se recomienda la compra de gabinetes para químicos especiales, para separar las materias primas inflamables de las corrosivas.
- Se recomienda la colocación de bolsas rojas para residuos bioinfecciosos en las áreas de Producción, para la correcta segregación de estos residuos en caso de accidentes con fluidos corporales.

- Se recomienda estudiar la posibilidad de gestionar por coprocesamiento los residuos generados en el Cuarto Limpio, ya que estos suman el mayor porcentaje de residuos enviados al relleno sanitario. Eliminar estos residuos de la corriente de residuos ordinarios se traduce en una reducción drástica de la cantidad de residuos enviados al relleno sanitario.
- Se recomienda entrenar al personal de la cocina y de limpieza para la segregación de sus materiales reciclables.
- Se recomienda estudiar la posibilidad de separar los residuos orgánicos generados en la Cafetería y en las Oficinas Administrativas, para aprovecharlos en la elaboración de compost o alimento para animales. Esto permitiría darle un aprovechamiento a estos residuos y evitar su envío al relleno sanitario.
- Se recomienda continuar con el proceso de análisis de requisitos faltantes para la total conformidad con la norma ISO 14000, así como el desarrollo de la documentación necesaria para la adecuada gestión ambiental de la empresa.
- Se recomienda la contratación de un profesional capacitado para la gestión ambiental de la empresa, quien se encargue de las funciones y responsabilidades del sistema de gestión ambiental, y del desarrollo de la documentación necesaria para el mismo, así como darle seguimiento a las acciones de mejora que surgieron del programa elaborado.



## BIBLIOGRAFÍA

- Agrowaste (2013). *Pirólisis*. Centro Tecnológico Nacional de la Conserva y Alimentación, Unión Europea, España.
- Agrowaste (2013). *Gasificación*. Centro Tecnológico Nacional de la Conserva y Alimentación, Unión Europea, España.
- Alvarado, A., Matarrita, T., Sánchez, L. (1997). *Diseño de un Sistema de Gestión Ambiental para Firestone de Costa Rica S.A.* Universidad de Costa Rica, Facultad de Ingeniería, Escuela de Ingeniería Industrial.
- Andrés, P., Rodríguez, R. (2008). *Evaluación y Prevención de Riesgos Ambientales en Centroamérica*. Documenta Universitaria, España.
- Área Metropolitana del Valle de Aburrá. (2002). *Manual para el Manejo Integral de Residuos en el Valle de Aburrá*. Colombia.
- Arellano, D., Guzmán, J. (2011). *Ingeniería Ambiental*. Alfaomega Grupo Editor S.A de C.V, México.
- Bravo, K. (2017). *Conceptualización y propuesta Preliminar de una Planta de Tratamiento de Aguas Residuales para la Finca IV en las Instalaciones de la Universidad de Costa Rica, Sede Rodrigo Facio*. Universidad de Costa Rica, Facultad de Ingeniería, Escuela de Ingeniería Química.
- Castells, X., Velo, E. (2012). *La gasificación: Tratamiento y valorización energética de residuos*. Ediciones Díaz de Santos, España.
- Castells, X., Velo, E. (2012). *La pirólisis: Tratamiento y valorización energética de residuos*. Ediciones Díaz de Santos, España.
- Ciclo (2017). *Encapsulamiento*. Tomado del sitio: <http://www.ciclochile.cl/?p=96>. Búsqueda realizada el 28 de marzo del 2017.
- Conesa, V. (2009). *Guía Metodológica para la evaluación del impacto ambiental*. Editorial Mundi-Prensa Libros S.A., España.

- Cooperband, L. (2001). *The Art and Science of Composting*. Center for Integrated Agricultural Systems. University of Wisconsin – Madison, USA.
- Cordero, P. (2002). *Cuaderno Técnico No. 21: Sistemas de Gestión Medio Ambiental: Las Normas ISO 14000*. Serie de Cuadernos técnicos IICA, Costa Rica.
- Deutsche Gesellschaft für Technische Zusammenarbeit (GTZ). (2006). *Guía para el Coprocesamiento de Residuos en la Producción de Cemento*. Cooperación Público-Privada GTZ-Holcim.
- Energía 12, (2012). *Transformación por pirólisis. Obtención de diesel a partir de residuos plásticos*. Energía 12. Tomado del sitio: <https://energia12.com/2012/03/29/transformacion-por-pirolisis-obtencion-diesel-a-partir-de-residuos-plasticos-1a-parte/>. Búsqueda realizada el 20 de abril del 2016.
- Fernández, J. (2015). *Propuesta de un plan de gestión ambiental para una empresa dedicada al reciclaje de botellas de PET*. Universidad de Costa Rica, Facultad de Ingeniería, Escuela de Ingeniería Química.
- International Organization for Standardization (2004). *ISO 14001:2004 Environmental management systems – Requirements with guidance for use*.
- Herrera, A. (2000). *Guía para la evaluación de un Sistema de gestión ambiental para la industria farmacéutica, según las normas ISO 14000*. Universidad de Costa Rica, Facultad de Ingeniería, Escuela de Ingeniería Química.
- Madrigal, T. (2011). *Sistema de Gestión Ambiental ¿Qué es la serie ISO 14000?* Editorial Mil Copias, Costa Rica.
- Manejo Profesional de Desechos (2012). *Cannon Hygiene*. Tomado del sitio: <http://mpdcr.com/v2/>. Búsqueda realizada el 27 de abril de 2017.
- Martínez, J. (2005). *Gestión Integral de Residuos Peligrosos. Fundamentos, Tomo I*. Centro Coordinador del Convenio de Basilea para América Latina y el Caribe, Uruguay.

- Martínez, J. (2005). *Gestión Integral de Residuos Peligrosos. Fichas Temáticas, Tomo II*. Centro Coordinador del Convenio de Basilea para América Latina y el Caribe, Uruguay.
- Metcalf & Eddy, Inc. (1996). *Ingeniería de Aguas Residuales: Tratamiento, vertido y reutilización*. Alfaomega Grupo Editor S.A de C.V, México.
- Microvention, Inc. (2017). *Microvention Product Categories*. Tomado del sitio: <http://www.microvention.com/index.php?id=9>. Búsqueda realizada el 15 de enero de 2017.
- Ministerio de Ambiente, Energía y Telecomunicaciones. (2011). *Guía para la elaboración de Programas de Gestión Ambiental Institucional (PGAI) en el sector público de Costa Rica*. Comisión Técnica Evaluadora MINAET-Ministerio de Salud, San José, Costa Rica.
- Ministerio de Ambiente, Energía y Telecomunicaciones. (2011). *Guía para la actualización de los Planes de Gestión Ambiental acorde al Decreto Ejecutivo No. 36499-S-MINAET*. Comisión Técnica Evaluadora MINAET-Ministerio de Salud, San José, Costa Rica.
- Moustakas, K., Fatta, D., Malamis, S., Haralambous, K., Loizidou, M. (2004). *Demonstration plasma gasification/vitrification system for effective hazardous waste treatment*. Journal of Hazardous Materials. Tomado del sitio: [http://www.ewp.rpi.edu/hartford/~stephc/ET/Other/References/Source-19-Moustakas\(2004\)-Demonstration%20Plasma%20gasification-vitrification%20system%20for%20effective%20hazardous%20waste%20treatment.pdf](http://www.ewp.rpi.edu/hartford/~stephc/ET/Other/References/Source-19-Moustakas(2004)-Demonstration%20Plasma%20gasification-vitrification%20system%20for%20effective%20hazardous%20waste%20treatment.pdf). Búsqueda realizada el 28 de abril del 2016.
- Ocampo, D. (2013). *Jerarquización de la Gestión Integral de Residuos Sólidos*. CEGESTI, Revista Éxito Empresarial No. 230 2013. Tomado del sitio: [http://www.cegesti.org/exitoempresarial/publicaciones/publicacion\\_230\\_080413\\_es.pdf](http://www.cegesti.org/exitoempresarial/publicaciones/publicacion_230_080413_es.pdf). Búsqueda realizada el 25 de setiembre del 2016.
- Organización Panamericana de la Salud. (2010). *El Relleno Sanitario*.

- Parini, P. (1999). *Plan de Gestión Ambiental para el manejo de desechos sólidos ordinarios y especiales en el hospital de Los Chiles*. Universidad de Costa Rica, Facultad de Ingeniería, Escuela de Ingeniería Industrial.
- Polo, G. (2004). *Diccionario de terminología ambiental*. H. Consejo Provincial de Loja, Ecuador.
- Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo. (2010). *Compendio de estadísticas ambientales*.
- Quirós, D. (2007). *Modelo de Gestión Ambiental para la industria de la construcción*. Universidad de Costa Rica, Facultad de Ingeniería, Escuela de Ingeniería Civil.
- Ramahlo, R. (1993). *Tratamiento de aguas residuales*. Barcelona: Editorial Reverté.
- Solano, D. (2011). *Dimensionamiento de un gasificador de lecho fluidizado para el procesamiento de biomasa de café*. Universidad de Costa Rica, Facultad de Ingeniería, Escuela de Ingeniería Química.
- Stiegel, G., Maxwell, R. (2001). *Gasification technologies: the path to clean, affordable energy in the 21<sup>st</sup> century*. Fuel Processing Technology. Tomado del sitio: <https://www.deepdyve.com/lp/elsevier/gasification-technologies-the-path-to-clean-affordable-energy-in-the-VjhaZhSPsF>. Búsqueda realizada el 25 de julio del 2016.
- Tirme. (2016). *Incineración*. Parque de Tecnologías Ambientales de Mallorca. Tomado del sitio: [http://www.tirme.com/es/incineracion\\_02f3s.html](http://www.tirme.com/es/incineracion_02f3s.html). Búsqueda realizada el 2 de junio del 2016.
- Ullmann's Encyclopedia of Industrial Chemistry (2003). *Gas Production*. Vol.15, 6<sup>a</sup>. Ed. Wiley, Alemania.
- Waste-to-Energy Research and Technology Council (2009). *Incineration*. Tomado del sitio: <http://www.wtert.eu/default.asp?ShowDok=13>. Búsqueda realizada el 28 de marzo del 2017.

# APÉNDICES

## APÉNDICE 1. Matriz de Requisitos Legales Ambientales

Actividad o aspecto ambiental	Requisito Legal	Artículos que aplican	Requisitos Operativos	Autoridad Administrativa responsable	Cumplimiento de la empresa
DISPOSICIONES GENERALES DE FUNCIONAMIENTO	Reglamento General para Autorizaciones y Permisos Sanitarios de Funcionamiento Otorgados por el Ministerio de Salud N° 39472-S (18/01/2016)	12, 13	Todos los permisionarios, tendrán la obligación de tramitar la renovación de su PSF antes de su vencimiento.	Ministerio de Salud	Sí
		Capítulo VII	Los permisionarios deberán tener implementados el Programa de Salud Ocupacional y el Plan de Atención de Emergencias, en un plazo de 4 meses a partir del otorgamiento del permiso.	Ministerio de Salud	En proceso
	Ley Orgánica del Ambiente N° 7554 (04/10/1995)	17, 20, 21	La actividad de la empresa requirió evaluación de impacto ambiental por parte de SETENA para iniciar operaciones; así como el pago de garantía de cumplimiento y su renovación anual.	SETENA	Sí
	Ley General de Salud N° 5395 (30/10/1973)	298	Se debe obtener la correspondiente autorización del Ministerio de Salud para la instalación y operación de establecimientos industriales.	Ministerio de Salud	Sí
		303	La administración de la empresa debe cumplir todas las normas técnicas que dicten los ministerios de Salud y de Trabajo para proteger la salud de su personal.	Ministerio de Salud/Ministerio de Trabajo	Sí
	Ley General de Control del Tabaco y sus efectos nocivos en la salud N° 9028 (22/03/2012)	5	Los centros de trabajo se establecen como espacios 100% libres de la exposición al humo de tabaco.	Ministerio de Salud	Sí
		6	Se deberán colocar, en un lugar visible, los avisos alusivos a la prohibición de fumar. Los avisos deberán llevar la leyenda "Prohibido fumar, ambiente libre de humo de tabaco" y el símbolo internacional de prohibido fumar.	Ministerio de Salud	Sí
MANEJO DE RESIDUOS BAJO EL RÉGIMEN ZONA FRANCA	Reglamento a la Ley de Régimen de Zonas Francas N° 34739 (29/08/2008)	110	Los beneficiarios del régimen podrán reciclar residuos de artefactos, residuos de envases y embalajes utilizados en el proceso productivo, solicitando autorización a la aduana de control. Asimismo, los empaques y embalajes utilizados en el transporte de materias primas podrán ser reciclados sin necesidad de solicitar autorización.	Ministerio de Hacienda	En proceso
		114	El beneficiario deberá contratar a una empresa técnicamente capacitada para desechar bienes bajo regulaciones especiales por el riesgo que representan para el ambiente.	Ministerio de Hacienda	En proceso

Actividad o aspecto ambiental	Requisito Legal	Artículos que aplican	Requisitos Operativos	Autoridad Administrativa responsable	Cumplimiento de la empresa
USO DE PRECURSORES Y QUÍMICOS ESENCIALES	Ley sobre estupefacientes, sustancias psicotrópicas, drogas de uso no autorizado, actividades conexas, legitimación de capitales y financiamiento al terrorismo N° 8204 (26/12/2001)	Título III completo	<ul style="list-style-type: none"> <li>Las normas contenidas en este título controlan la importación, comercio, transporte, almacenamiento y uso de las sustancias que puedan utilizarse como precursores o químicos esenciales en el procesamiento de drogas de uso ilícito.</li> <li>Se debe inscribir a la empresa y sus responsable legal y regente profesional ante el ICD.</li> <li>Mensualmente, o previo a la autorización de una nueva importación, las empresas importadoras de las sustancias controladas deberán informar al ICD: inventario actualizado de los precursores, detalle de compras, consumos e importaciones, cantidad en existencia.</li> </ul>	Instituto Costarricense sobre Drogas  Unidad de Control y Fiscalización de Precursores	Sí
	Reglamento general sobre legislación contra el narcotráfico, actividades conexas, legitimación de capitales, financiamiento al terrorismo y delincuencia organizada N° 36948-MP-SP-JP-H-S (08/12/2011)	117	Revisión del Listado de precursores y químicos esenciales vigente.	Unidad de Control y Fiscalización de Precursores	Sí
		118	Toda persona física o jurídica que vaya a importar, exportar o reexportar precursores, deberá registrarse ante la UCFP. Se resumen los requisitos para realizar este registro.	Unidad de Control y Fiscalización de Precursores	Sí
		126, 127	La empresa podrá solicitar a la UCFP la ampliación de la cantidad de las sustancias autorizadas en las licencias, así como agregar algún precursor para el que no había solicitado cuota. Se debe completar la solicitud de ampliación y estar al día con los reportes mensuales.	Unidad de Control y Fiscalización de Precursores	Sí
		131	La empresa deberá gestionar ante la UCFP el respectivo permiso de importación, exportación o reexportación de precursores. Se resumen los requisitos para la solicitud del permiso respectivo.	Unidad de Control y Fiscalización de Precursores	Sí
		136	El permiso de importación es requerido para el desalmacénaje en aduanas de productos precursores.	Promotora del Comercio Exterior de Costa Rica PROCOMER	Sí
		137	Las empresas que adquieran en el mercado nacional, productos de los referidos en las Listas 1 y 2 del presente reglamento, deberán registrarse ante la UCFP.	Unidad de Control y Fiscalización de Precursores	Sí
		139, 141	La licencia emitida por la UCFP para compra local o importación de precursores o químicos esenciales, tendrá una vigencia de doce (12) meses naturales a partir de su aprobación, y al cabo de este periodo debe ser renovada.	Unidad de Control y Fiscalización de Precursores	Sí
143	La empresa debe enviar a la UCFP un informe mensual detallado de sus inventarios y de todas las transacciones realizadas durante el periodo reportado.	Unidad de Control y Fiscalización de Precursores	Sí		
MANEJO DE PRODUCTOS PELIGROSOS	Oficialización de Guía de Respuesta en caso de Emergencia para el Transporte de Materiales Peligrosos. N. 35505-MOPT-S-MEIC-MINAET (24/04/2009)	1	Uso obligatorio de la Guía de Respuesta en caso de Emergencia para la confección de la Ficha de Emergencias para el Transporte de Productos Peligrosos.	Ministerio de Salud MOPT MINAE MEIC	Sí
	RTCR 305: 1998 Transporte terrestre de productos peligrosos. Señalización de las unidades de transporte terrestre de materiales y productos químicos peligrosos N° 27008 (20/03/1998)	Artículo 1, sección 5.2	Las unidades de transporte de productos peligrosos solo podrán circular en el territorio nacional cuando cumplan las disposiciones del presente reglamento técnico.	MOPT	Sí

Actividad o aspecto ambiental	Requisito Legal	Artículos que aplican	Requisitos Operativos	Autoridad Administrativa responsable	Cumplimiento de la empresa
MANEJO DE PRODUCTOS PELIGROSOS	Reglamento para el Registro de Productos Peligrosos Decreto N° 28113-S (10/09/1999)	4 y 10	El Ministerio emitirá certificados de registro una vez que el producto peligroso sea registrado. Sólo será permitido el manejo de aquellos productos peligrosos debidamente registrados ante el Ministerio, siempre y cuando el PSF esté vigente.	Registros y Controles del Ministerio de Salud	Sí
		5	· Para registrar productos puros con número de CAS, se deberá presentar el Formulario de Registro de Productos Peligrosos (anexo 2). · Para el registro de cualquier producto sin número de CAS, se deberá presentar el Formulario de Registro de Productos Peligrosos (anexo 2) y la Hoja de Seguridad (anexo 3).	Registros y Controles del Ministerio de Salud	Sí
		8	La obtención del registro de un producto peligroso facultará al registrante a efectuar desalmacenajes sin requerir la previa autorización del Ministerio de Salud, salvo en el caso de productos peligrosos que cuenten con una normativa especial que exija este requisito.	PROCOMER	Sí
		9	Todos los productos peligrosos deberán ser manipulados en envases con sus respectivas etiquetas en idioma español, adheridas o impresas en su envase, o en papelería adjunta, de acuerdo a las indicaciones establecidas en los anexos 4 y 5.	Ministerio de Salud	Sí
		11	Se prohíbe la comercialización, transferencia o donación de aquellos productos peligrosos importados por una industria nacional sin el registro correspondiente. Se prohíbe el contacto con productos peligrosos a menores de edad, mujeres embarazadas o en período de lactancia, personas no aptas para manipular estos productos.	Ministerio de Salud	Sí
	Reglamento para el Manejo de Productos Peligrosos N° 28930-S (9/8/2000)	3	Todo aquel que almacene productos peligrosos, en cualquier etapa o lugar, debe seguir las instrucciones para el almacenamiento contenidas en las etiquetas de los productos y en las hojas de seguridad respectivas. Además deberá considerarse en el almacenamiento de productos peligrosos, los criterios de incompatibilidad.	Ministerio de Salud	Sí
		4	Toda persona natural o jurídica que maneje productos peligrosos, está obligada a utilizar y proporcionar, en estas labores o similares, el equipo de protección personal adecuado a la labor a realizar. Asimismo, es responsable de sus trabajadores, por lo que deberá mantenerlos informados y capacitados sobre los riesgos y precauciones que su uso conlleva.	Ministerio de Salud	Sí
		5	Toda persona natural o jurídica que maneje productos peligrosos, está obligada a cumplir con la normativa general y específica según corresponda a su actividad.	Ministerio de Salud	Sí



Actividad o aspecto ambiental	Requisito Legal	Artículos que aplican	Requisitos Operativos	Autoridad Administrativa responsable	Cumplimiento de la empresa
CONSUMO DE ENERGÍA	Ley de Regulación del Uso Racional de la Energía N° 7447 (3/11/1994)	4 y 6	Presentación anual de la Declaración Jurada de Consumo Energético para las empresas privadas con consumos anuales de energía mayores de 240.000 kilovatios-hora de electricidad, 360.000 litros de derivados de petróleo o un consumo total de energía equivalente a doce terajulios. El MINAE establecerá un programa gradual obligatorio de uso racional de la energía.	MINAE	En proceso
	Reglamento para la Regulación del Uso Racional de la Energía N° 25584 MINAE-H-MP (24/10/1996)	4, 5 y 7	El MINAE establecerá un programa gradual obligatorio de uso racional de la energía. La empresa debe utilizar el método de cálculo del consumo total de energía indicado en el artículo 5.	MINAE	Sí
USO DE SUSTANCIAS AGOTADORAS DE LA CAPA DE OZONO	Reglamento de control de sustancias agotadoras de la capa de ozono (SAO) de acuerdo a la Ley N° 7223 y sus enmiendas N° 35676-S-H-MAG-MINAET (6/8/2009)	13, 14	Todas las personas físicas o jurídicas, que importen, exporten o reexporten SAO, equipos o tecnologías que los contengan, deberán inscribirse en el Registro de Importadores, y Exportadores de SAO. Queda prohibida la importación de aquellas sustancias contempladas en el Protocolo de Montreal y sus enmiendas.	DIGECA (Dirección de Gestión de Calidad Ambiental del Ministerio del Ambiente)	Sí
ALMACENAMIENTO DE GAS LICUADO DE PETRÓLEO	Reglamento para la Regulación del Sistema de Almacenamiento y Comercialización de Hidrocarburos N° 30131 (20/12/2001)	Capítulo XII	Se deben cumplir los requisitos específicos para las instalaciones de tanques de almacenamiento de combustible para autoconsumo.	DGTCC (Dirección General de Transporte y Comercialización de Combustibles)	En proceso
	Reglamento para la Regulación del Sistema de Almacenamiento y Comercialización de Hidrocarburos N° 30131 (20/12/2001)	84.6	En todo establecimiento que almacene combustible es prohibido fumar, así como usar dispositivos de llamas abiertas o sustancias que puedan causar explosión o incendio. Se deben mantener avisos en lugares visibles.	DGTCC	Sí
USO DE AGUA PARA CONSUMO HUMANO	Reglamento sobre Higiene Industrial N° 11492 (22/04/1980)	36	El agua para atender las necesidades del personal deberá ser potable, su suministro será continuo y su presión la necesaria para resguardar un abastecimiento cómodo.	Ministerio de Salud	Sí
	Reglamento para la Calidad del Agua Potable N° 38924-S (12/01/2015)	17	Se debe aplicar la desinfección en todos los sistemas de suministro de agua, para mantener un nivel de cloro residual libre que garantice la calidad del agua.	Ministerio de Salud	Sí
GENERACIÓN DE AGUAS RESIDUALES ORDINARIAS	Ley General de Salud N° 5395 (30/10/1973)	285, 288	Las aguas negras, las servidas y las pluviales, deberán ser eliminadas sanitariamente a través del alcantarillado sanitario a fin de evitar la contaminación del suelo y de las fuentes naturales de agua.	Ministerio de Salud	Sí
	Reglamento de Vertido y Reuso de Aguas Residuales N° 33601 (09/08/2006)	4	Todo ente generador deberá dar tratamiento a sus aguas residuales. (STAR de la Zona Franca)	Ministerio de Salud	Sí
	Reglamento del Canon Ambiental por Vertidos N° 34431 (04/03/2008)	2	Están sometidas a este Reglamento todas las personas físicas o jurídicas, públicas o privadas, que utilicen los cuerpos de agua para introducir, transportar, y/o eliminar vertidos, que puedan provocar modificaciones en la calidad física, química o biológica del agua.	MINAE	Sí
		18	Quedan exoneradas de la solicitud del permiso de vertidos todas aquellas personas físicas o jurídicas, públicas o privadas cuyas aguas residuales sean: a. Descargadas en un alcantarillado sanitario. b. Reusadas según lo establecido en el Reglamento de Vertido y Reuso de Aguas Residuales. c. Descargadas a un tanque séptico. d. Entregadas a un tercero para su tratamiento y vertimiento final.	MINAE	Sí

Actividad o aspecto ambiental	Requisito Legal	Artículos que aplican	Requisitos Operativos	Autoridad Administrativa responsable	Cumplimiento de la empresa
GENERACIÓN DE RESIDUOS INFECTOCONTAGIOSOS	Reglamento sobre la gestión de los desechos infectocontagiosos que se generan en establecimientos que prestan atención a la salud y afines Decreto N° 30965-S (17/12/2002)	3	Se consideran desechos infectocontagiosos: la sangre y sus derivados como desecho, desechos patológicos, objetos punzocortantes contaminados y no contaminados.	Dirección de Protección al Ambiente Humano del Ministerio de Salud	Sí
		6	Se deberán clasificar, segregar y envasar los desechos infectocontagiosos generados en establecimientos de atención a la salud.	Dirección de Protección al Ambiente Humano del Ministerio de Salud	Sí
		7	Las bolsas para la recolección o segregación deberán ser de plástico, impermeables, y deberán cumpliregr los valores mínimos de los parámetros indicados en el Cuadro 3 del reglamento. Las bolsas se llenarán hasta dos terceras partes de su capacidad, con un peso máximo de 8 a 10 kg, deberán tener la leyenda que indique "PELIGRO DESECHOS INFECTO-CONTAGIOSOS" y estar marcadas con el símbolo universal de riesgo biológico.	Dirección de Protección al Ambiente Humano del Ministerio de Salud	Sí
		8, 9	Los recipientes de los residuos peligrosos punzocortantes deben ser rígidos, de polipropileno de alta densidad, resistentes a fracturas y pérdida del contenido al caerse, esterilizables, color rojo y estar etiquetados con la leyenda que indique "PELIGRO, RESIDUOS PUNZOCORTANTES INFECTO-CONTAGIOSOS".	Dirección de Protección al Ambiente Humano del Ministerio de Salud	Sí
GENERACIÓN DE RESIDUOS ELECTRÓNICOS	Reglamento para la Gestión Integral de los Residuos Electrónicos N° 35933 (12/02/2010)	15, 17, 18 y 23	Los consumidores finales deben realizar las acciones necesarias para que los residuos electrónicos no ingresen dentro de la corriente de los residuos ordinarios, se deben separar y entregar en puntos de recolección autorizados o a gestores de residuos electrónicos autorizados.	Ministerio de Salud	En proceso
GENERACIÓN DE RESIDUOS DE MANEJO ESPECIAL	Reglamento sobre el manejo de residuos sólidos ordinarios N° 36093-S (15/07/2010)	38	Los residuos de manejo especial deben salir de la corriente normal de recolección de residuos sólidos ordinarios.	Ministerio de Salud Municipalidad de Alajuela	En proceso
		39	El almacenamiento, transporte y manejo de residuos de manejo especial deberá efectuarse de manera tal que no sea un riesgo para la salud y seguridad de las personas y el ambiente.	Ministerio de Salud Municipalidad de Alajuela	En proceso
	Reglamento para la Declaratoria de Residuos de Manejo Especial N° 38272 (07/01/2014)	18	Los consumidores deben depositar los residuos declarados como de manejo especial en los puntos de recolección designados por las Unidades de Cumplimiento o municipalidades.	Ministerio de Salud Municipalidad de Alajuela	En proceso

Actividad o aspecto ambiental	Requisito Legal	Artículos que aplican	Requisitos Operativos	Autoridad Administrativa responsable	Cumplimiento de la empresa
GENERACIÓN DE RESIDUOS SÓLIDOS ORDINARIOS	Reglamento sobre Higiene Industrial N° 11492 (22/04/1980)	46	Los establecimientos industriales deberán evacuar sus basuras y desperdicios diariamente.	Ministerio de Salud	Sí
	Ley para la Gestión Integral de Residuos N° 8839 (24/06/2010)	4	Se establece el principio de jerarquización en la gestión integral de residuos: a) Evitar la generación de residuos sólidos en su origen b) Reducir al máximo la generación de residuos sólidos en su origen c) Reutilizar los residuos generados d) Valorizar los residuos sólidos e) Tratar los residuos sólidos generados antes de enviarlos a disposición final f) Disponer la menor cantidad de residuos sólidos	Ministerio de Salud	En proceso
		14, 16	· Todo generador debe contar y mantener actualizado un programa de manejo integral de residuos. · Funcionarios del Ministerio de Salud podrán visitar, sin previo aviso, las instalaciones de los generadores para fiscalizar la existencia y la implementación del respectivo programa de manejo.	Ministerio de Salud	En proceso
		38	Son obligaciones de los generadores de residuos: a) Reducir la generación de residuos b) Separar los residuos desde la fuente, clasificarlos y entregarlos a un gestor autorizado o a un sistema municipal. c) Entregar los residuos sujetos a disposición final únicamente a un gestor autorizado. d) Gestionar los residuos en forma tal que estos no pongan en peligro la salud o el ambiente. e) Mantener un registro actualizado de la generación y forma de gestión de cada residuo. f) Reportar a las autoridades competentes sobre su gestión en materia de residuos. g) Fomentar el uso de alternativas de producción más limpia y de manejo de residuos en forma integral.	Ministerio de Salud	En proceso
		39	Los generadores de residuos ordinarios estarán obligados a separarlos, clasificarlos y entregarlos a las municipalidades para su valorización o disposición final, en las condiciones en que determinen los reglamentos respectivos.	Ministerio de Salud Municipalidad de Alajuela	En proceso
		45	Los generadores de residuos de cualquier tipo tienen la responsabilidad de manejarlos en forma tal que no contaminen los suelos, los subsuelos, el agua, el aire y los ecosistemas.	Ministerio de Salud MINAE	Sí

Actividad o aspecto ambiental	Requisito Legal	Artículos que aplican	Requisitos Operativos	Autoridad Administrativa responsable	Cumplimiento de la empresa
GENERACIÓN DE RESIDUOS SÓLIDOS ORDINARIOS	Reglamento a la Ley para la Gestión Integral de Residuos N° 37567-S-MINAE-H (02/11/2012)	23	La empresa debe contar con un programa de manejo integral de los residuos generados por su actividad y mantenerlo actualizado.	Ministerio de Salud MINAE	En proceso
		24	Los programas de manejo integral de residuos por parte de los generadores deben cumplir con lo siguiente: a) Indicar el responsable del tema de residuos por parte del ente generador. b) Identificar los residuos peligrosos y de manejo especial que se puedan generar. Los generadores deben manejar estos residuos de conformidad con la normativa establecida al efecto y como parte de este programa. c) Indicar los gestores autorizados o el destino de los residuos separados. El plan debe elaborarse conforme al formato establecido en el Anexo II del presente reglamento.	Ministerio de Salud MINAE	En proceso
	Reglamento sobre el manejo de residuos sólidos ordinarios N° 36093-S (15/07/2010)	31	Los generadores deben presentar en el último trimestre de cada año, la información solicitada por el Ministerio de Salud	Ministerio de Salud	En proceso
		4	En el manejo de residuos sólidos ordinarios, debe respetarse el orden del principio de jerarquización.	Ministerio de Salud Municipalidad de Alajuela	En proceso
		10	Obligaciones en relación al almacenamiento de residuos sólidos ordinarios: a) Realizar la separación y clasificación de los residuos sólidos ordinarios. b) Almacenar en forma sanitaria. c) No depositar excretas, ni residuos peligrosos o de manejo especial, en los recipientes para residuos sólidos ordinarios. d) Colocar los recipientes en el lugar de recolección, de acuerdo con el horario establecido. e) Seguir las disposiciones de la municipalidad.	Ministerio de Salud Municipalidad de Alajuela	En proceso
		11	Los recipientes destinados a contener los residuos sólidos ordinarios antes de su recolección deben estar cerrados, no permitan la entrada de agua, insectos o roedores, ni el escape de líquidos, y deben ser fáciles de limpiar y lavar.	Ministerio de Salud	Sí
		12	Se deben utilizar bolsas de material plástico, preferiblemente biodegradables, deben soportar la tensión ejercida por los residuos, de la capacidad y color que establezca la municipalidad, excepto rojo, utilizado para bioinfecciosos.	Ministerio de Salud Municipalidad de Alajuela	Sí
		13, 14	Las bolsas con residuos sólidos ordinarios se colocarán en un sitio de fácil acceso y recolección según rutas y horarios establecidos. No deben permanecer en vía pública en horarios diferentes a los establecidos para la recolección.	Municipalidad de Alajuela	Sí

Actividad o aspecto ambiental	Requisito Legal	Artículos que aplican	Requisitos Operativos	Autoridad Administrativa responsable	Cumplimiento de la empresa
GENERACIÓN DE RESIDUOS SÓLIDOS ORDINARIOS	Reglamento sobre el manejo de residuos sólidos ordinarios N° 36093-S (15/07/2010)	16, 17	Toda edificación tendrá un sistema de almacenamiento colectivo de residuos sólidos ordinarios que deberá considerar la separación de los residuos desde la fuente. El área para almacenar los residuos sólidos debe ser de fácil acceso y limpieza, y estar protegido de la intemperie. La administración del edificio es responsable del aseo de dicha área.	Ministerio de Salud Municipalidad de Alajuela	En proceso
		19	La empresa debe realizar las acciones necesarias para separar y valorizar los residuos sólidos ordinarios recuperables que su actividad genere. Lo anterior deberá estar contemplado en el plan de manejo de residuos.	Ministerio de Salud Municipalidad de Alajuela	En proceso
	Reglamento para el Manejo y Disposición Final de Lodos y Biosólidos N° 39316-S	4	Todo proveedor del servicio de recolección de lodos está en la obligación de tratarlos previo a su disposición final conforme a lo establecido en el presente reglamento.	Ministerio de Salud	Sí
GENERACIÓN DE RESIDUOS PELIGROSOS	Ley para la Gestión Integral de Residuos N° 8839 (24/06/2010)	43	Los generadores de residuos peligrosos tienen la responsabilidad por los daños que esos residuos ocasionen durante todo el ciclo de vida de dichos residuos. Aunque el generador transfiera sus residuos a un gestor autorizado, debe asegurarse por medio de contratos y manifiestos de entrega-transporte-recepción el manejo ambientalmente adecuado de estos.	Ministerio de Salud MINAE	Sí
		44	Obligaciones de los generadores de residuos peligrosos: a) Separar adecuadamente y no mezclar los residuos peligrosos. b) Envasar y etiquetar los recipientes que contengan residuos peligrosos. c) Llevar un registro de los residuos peligrosos generados que incluyan tipo, composición, cantidad y destino de estos. d) Suministrar a los gestores autorizados la información necesaria para su adecuado manejo. e) Presentar informes semestrales al Ministerio del Salud sobre la gestión de los residuos peligrosos. f) Informar al Ministerio de Salud en caso de desaparición, pérdida o derrame de residuos peligrosos. g) Contratar únicamente gestores autorizados para gestionar residuos peligrosos. h) Contar con áreas de almacenamiento temporales, las cuales deben cumplir la reglamentación en la materia.	Ministerio de Salud	En proceso

Actividad o aspecto ambiental	Requisito Legal	Artículos que aplican	Requisitos Operativos	Autoridad Administrativa responsable	Cumplimiento de la empresa
GENERACIÓN DE RESIDUOS PELIGROSOS	Reglamento sobre las Características y el Listado de los Desechos Peligrosos Industriales Decreto N° 27000-MINAE	3, 4	Se establecen las características que definen a un desecho como peligroso.	MINAE	Sí
	Reglamento para el Manejo de los Desechos Peligrosos Industriales Decreto N° 27001 (29/04/1998)	5	El ente generador debe completar para cada desecho peligroso generado, la información solicitada en la hoja de datos del desecho que aparece en el Anexo 1 y enviarla a la Contraloría Ambiental.	Ministerio de Salud MINAE	En proceso
		6	Se establecen las pautas para la adecuada acumulación de residuos peligrosos, incluyendo las especificaciones para los recipientes para contener los residuos peligrosos.	Ministerio de Salud MINAE	En proceso
		7	Se especifica el procedimiento para determinar la incompatibilidad entre residuos peligrosos.	Ministerio de Salud MINAE	En proceso
		8, 9	Se establecen las pautas para el debido almacenamiento de los residuos peligrosos, así como las limitaciones cuantitativas y condiciones de almacenaje dependiendo de la categoría de los residuos peligrosos.	Ministerio de Salud MINAE	En proceso
	Reglamento General para la Clasificación y Manejo de Residuos Peligrosos Decreto N° 37788 (15/02/2013)	5	<ul style="list-style-type: none"> <li>· Establece las pautas de clasificación e identificación de los residuos peligrosos.</li> <li>· La mezcla de un residuo peligroso con uno que no lo es, le confiere a éste último características de peligrosidad.</li> <li>· Si el residuo no está incluido en el Anexo 1 del reglamento, el generador deberá demostrar mediante análisis químicos que sus residuos no son peligrosos.</li> <li>· El sitio de origen de los desechos deberá indicarse en la ficha o perfil del residuo.</li> </ul>	Ministerio de Salud MINAE	Sí
		6	Un sistema de manejo de residuos debe comprender las siguientes etapas claves: generación, clasificación e identificación, pre-tratamiento o acondicionamiento, almacenamiento o acopio, transporte, tratamiento, valorización, disposición final.	Ministerio de Salud MINAE	En proceso
		7	Se establecen las obligaciones y responsabilidades del generador, entre las cuales están garantizar el manejo integral de los residuos peligrosos, elaborar un plan de gestión integral de los residuos o desechos peligrosos que genere, identificar el origen, cantidad y características de peligrosidad de sus residuos. La responsabilidad integral del generador subsiste hasta que el residuo peligroso sea valorizado o dispuesto con carácter definitivo.	Ministerio de Salud MINAE	En proceso
		11	Los generadores de residuos peligrosos tienen responsabilidad administrativa, civil y penal por los daños que esos residuos ocasionen durante todo el ciclo de vida de dichos residuos.	Ministerio de Salud MINAE	Sí
		14	Se establecen las prohibiciones sobre manejo, manipulación y disposición final de residuos peligrosos.	Ministerio de Salud MINAE	Sí

Actividad o aspecto ambiental	Requisito Legal	Artículos que aplican	Requisitos Operativos	Autoridad Administrativa responsable	Cumplimiento de la empresa
GENERACIÓN DE RESIDUOS PELIGROSOS	Reglamento de requisitos, condiciones y controles para la utilización de combustibles alternos en los hornos cementeros. N° 31837-S (01/04/2004)	13	<p>Para cada envío del generador de residuos al horno cementero tanto el generador, como el transportista y destinatario de los residuos peligrosos deberán entregar y dejarse copia del "Manifiesto de entrega, transporte y recepción de residuos peligrosos".</p> <p>Para el almacenamiento y transporte de los residuos peligrosos, el generador deberá envasarlos de acuerdo con su estado físico, con sus características de peligrosidad y tomando en consideración su incompatibilidad con otros residuos; así como la identificación y las condiciones de seguridad previstas en legislación vigente.</p>	Ministerio de Salud	En proceso
	Reglamento sobre Rellenos Sanitarios N° 38928-S (14/11/2014)	7	Los residuos peligrosos podrán ser dispuestos en celdas para residuos ordinarios en el relleno sanitario previo tratamiento, en caso contrario, deberá disponerse una celda de seguridad para residuos peligrosos siempre que cumpla lo dispuesto en el Decreto Ejecutivo N° 37788-S-MINAE "Reglamento Para La Clasificación Y Manejo De Residuos Peligrosos".	Ministerio de Salud	Sí

## **APÉNDICE 2. Listado de las características peligrosas de un desecho**

Reglamento sobre las Características y el Listado de los Desechos Peligrosos Industriales  
No. 27000-MINAE

### ANEXO 1

#### CUADRO No. 1 LISTA DE CARACTERÍSTICAS PELIGROSAS DE UN DESECHO

##### **Explosivos**

Por sustancia o desecho se entiende toda sustancia o desecho sólido o líquido (o mezcla de sustancias o desechos) que por sí misma es capaz, mediante reacción química, de emitir un gas a una temperatura, presión y velocidad que puedan ocasionar daños a la zona circundante.

##### **Líquidos Inflamables**

Por líquidos inflamables se entiende aquellos líquidos, o mezclas de líquidos, o líquidos con sólidos en solución o suspensión, por ejemplo, pinturas, barnices, lacas, etc., pero sin incluir sustancias o desechos clasificados de otra manera debido a sus características peligrosas, que emiten vapores inflamables a temperaturas no mayores a 60 °C, en ensayos con cubeta abierta.

##### **Sólidos Inflamables**

Se trata de los sólidos, o desechos sólidos, distintos a los clasificados como explosivos, que en las condiciones prevalecientes durante el transporte son fácilmente combustibles o pueden causar un incendio o contribuir al mismo, debido a la fricción.

##### **Sustancias o desechos susceptibles de combustión espontánea**

Se trata de sustancias o desechos susceptibles de calentamiento espontáneo en las condiciones normales de transporte o de calentamiento en contacto con el aire, y que pueden entonces encenderse.



**Sustancias o desechos que en contacto con el agua emiten gases inflamables**

Sustancias o desechos que, por reacción con el agua, son susceptibles de inflamación espontánea o de emisión de gases inflamables en cantidades peligrosas.

**Oxidantes**

Sustancias o desechos que, sin ser necesariamente combustibles, pueden en general, al ceder oxígeno, causar o favorecer la combustión de otros materiales.

**Peróxidos orgánicos**

Las sustancias o los desechos orgánicos que contienen la estructura bivalente -O-O- son sustancias inestables térmicamente que pueden sufrir una descomposición exotérmica.

**Liberación de gases tóxicos en contacto con el aire o el agua**

Sustancias o desechos que, por reacción con el aire o el agua, pueden emitir gases tóxicos en cantidades peligrosas.

**Tóxicos (venenos) agudos**

Sustancias o desechos que pueden causar la muerte o lesiones graves o daños a la salud humana, si se ingieren o inhalan o entran en contacto con la piel.

**Sustancias tóxicas (con efectos retardados o crónicos)**

Sustancias o desechos que, de ser aspirados o ingeridos, o de penetrar en la piel, pueden entrañar efectos retardados o crónicos, incluso la carcinogenia.

**Tóxico al Ambiente**

Sustancias o desechos que, si se liberan, tienen o pueden tener efectos adversos inmediatos o retardados en el ambiente, debido a la bioacumulación o los efectos tóxicos en los sistemas bióticos.

**Sustancias infecciosas**

Sustancias o desechos que contienen microorganismos viables o sus toxinas, agentes conocidos o supuestos de enfermedades en los animales o en el hombre.

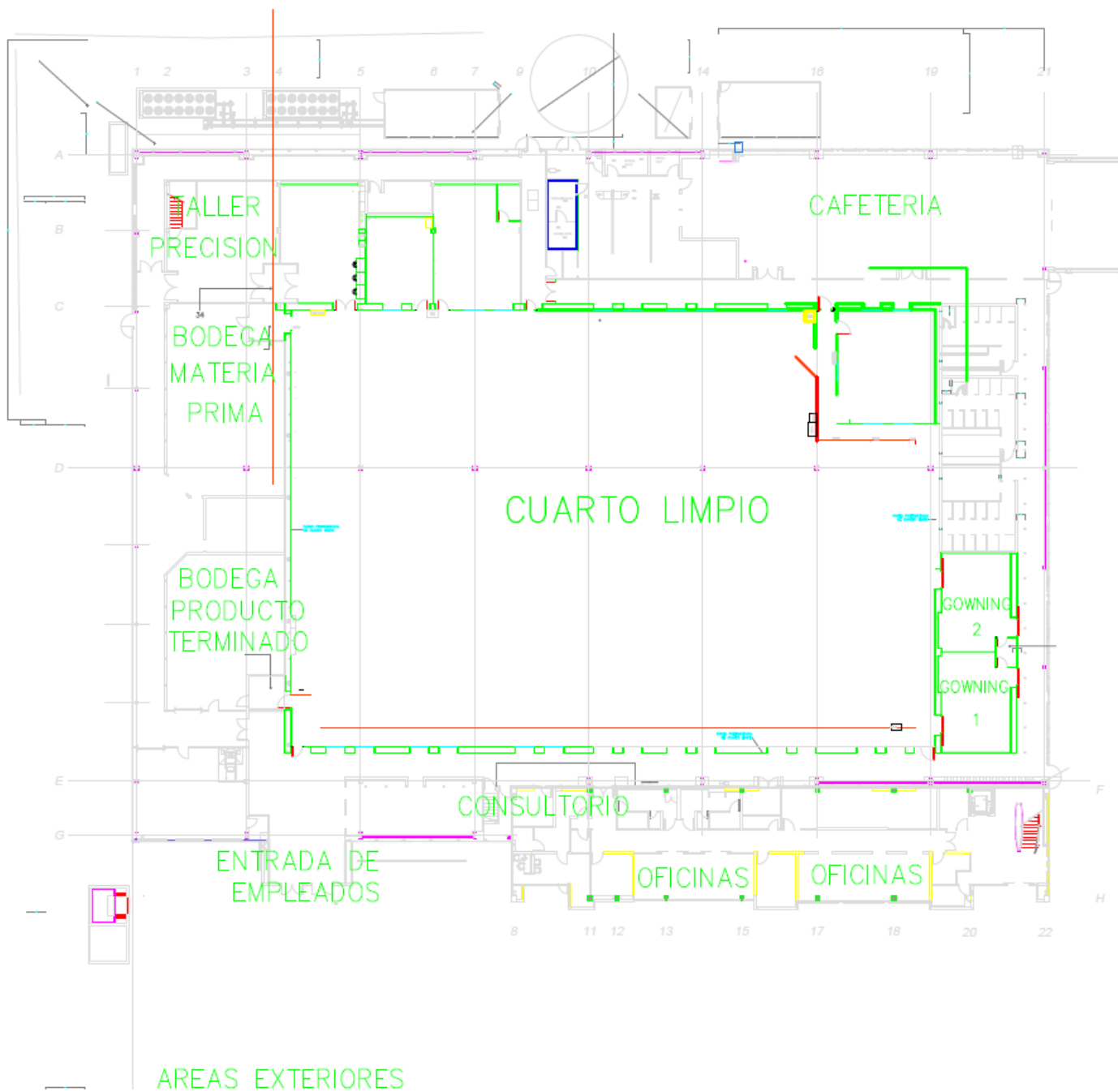
**Corrosivos**

Sustancias o desechos que, por acción química, causan daños graves en los tejidos vivos que tocan o que en caso de fuga, pueden dañar gravemente, o hasta destruir, otras mercaderías o los medios de transporte, o pueden también provocar otros peligros.

**Otras**

Sustancias que pueden, por algún medio, después de su eliminación, dar origen a otras sustancias, por ejemplo, un producto de lixiviación, que posee alguna de las características arribas expuestas.

### APÉNDICE 3. Plano de distribución de la Planta



**APÉNDICE 4. Manifiesto de transporte de residuos peligrosos Anexo V Reglamento para el Manejo de los Desechos Peligrosos Industriales N° 27001**

REPÚBLICA DE COSTA RICA MANIFIESTO DE TRANSPORTE DE RESIDUOS PELIGROSOS											
FECHA ESTIMADA DE ENVÍO:		FECHA ESTIMADA DE RECEPCIÓN:									
I. DATOS GENERALES DE INVOLUCRADOS											
Nombre del generador:											
Tel:	Fax:	e-mail:	Domicilio:								
Cel:											
Nombre y firma del generador encargado:											
Nombre del receptor/ consignatario:											
Tel:	Fax:	e mail:	Domicilio:								
Nombre y firma del receptor/ consignatario encargado:											
Nombre del transportista:											
Tel:	Fax:	e mail:	Domicilio:								
Nombre y firma del transportista encargado:			Licencia:								
Código de identificación del vehículo:		Permiso de transporte materiales peligrosos: Vence:	Rutas autorizadas:								
Número de bultos y tipo de embalajes:		Regente químico o profesional responsable:									
Cantidad transportada bruta (Kg):											
II. CRITERIO DE PELIGROSIDAD											
Tóxico _____	Inflamable _____	Explosivo _____	Corrosivo _____								
Reactivo _____	Otro: _____										
Simbología (UN, UE, ó SGA):	Rombo NFPA (NFPA 704)										
											
	<table border="1" style="float: right;"> <tr><td style="background-color: blue;"> </td><td>Salud</td></tr> <tr><td style="background-color: red;"> </td><td>Flamabilidad</td></tr> <tr><td style="background-color: yellow;"> </td><td>Reactividad</td></tr> <tr><td style="background-color: white;"> </td><td>Específico</td></tr> </table>				Salud		Flamabilidad		Reactividad		Específico
	Salud										
	Flamabilidad										
	Reactividad										
	Específico										
III. CARACTERIZACIÓN Y COMPOSICIÓN											
Componentes	Porcentaje	Número de CAS									

**APÉNDICE 4. Manifiesto de transporte de residuos peligrosos Anexo V Reglamento para el Manejo de los Desechos Peligrosos Industriales N° 27001 (Continuación)**

<b>IV. PARÁMETROS GENERALES DEL RESIDUO</b>			
Estado físico a 20 C:	Densidad (kg/m <sup>3</sup> ):	pH:	Punto ebullición:
Punto Inflamación:			
Toxicidad: Prueba TCLP para lixiviados:		Análisis microbiológico:	
Componente	Resultado analítico	Parámetro	Resultado microbiológico
Riesgos toxicológicos y ecotoxicológicos:			
Incompatibilidades químicas y riesgos generales:			
<b>V. INSTRUCCIONES PARA MANIPULACIÓN Y MANEJO</b>			
<b>VI. INFORMACIÓN PARA EMERGENCIAS (24 HORAS)</b>			
Nombre del encargado de atención de emergencias:			
Dirección:			
Disposiciones para el manejo de emergencias según tipo de accidente o emergencia(s):			
Incendio:			
Derrames:			
El generador de este residuo declara bajo juramento que la información en el presente documento es totalmente fidedigna:			
Nombre:		Firma:	
CC: Ministerio de Salud Contraloría del Ambiente			

**APÉNDICE 5. Herramienta de evaluación de desempeño ambiental basada en la Norma ISO 14000**

<b>4.1 Requisitos generales</b>						
<b>Requisitos</b>	<b>Conformidad</b>					
	<b>0 %</b>	<b>25 %</b>	<b>50 %</b>	<b>75 %</b>	<b>100 %</b>	<b>N/A</b>
1. ¿Está el Sistema de Gestión Ambiental establecido, documentado, implementado, mantenido y mejorado continuamente de acuerdo con los requisitos de la norma ISO 14001?		<b>X</b>				
2. ¿Está definido y documentado el alcance de su Sistema de Gestión Ambiental?		<b>X</b>				

<b>4.2 Política ambiental</b>						
<b>Requisitos</b>	<b>Conformidad</b>					
	<b>0 %</b>	<b>25 %</b>	<b>50 %</b>	<b>75 %</b>	<b>100 %</b>	<b>N/A</b>
1. ¿La organización ha definido y documentado su política ambiental?		<b>X</b>				
2. ¿La política ambiental es apropiada a la naturaleza, magnitud e impactos ambientales de las actividades, productos y servicios de la organización?		<b>X</b>				
3. ¿La política incluye un compromiso de mejora continua y prevención de la contaminación?	<b>X</b>					
4. ¿La política incluye un compromiso de cumplir con los requisitos legales aplicables y con otros requisitos que la organización suscriba relacionados con sus aspectos ambientales?		<b>X</b>				
5. ¿La política proporciona el marco de referencia para establecer y revisar los objetivos y las metas ambientales?	<b>X</b>					
6. ¿La política se documenta, implementa y mantiene?	<b>X</b>					
7. ¿La política se comunica a todas las personas que trabajan para la organización o en nombre de ella?		<b>X</b>				
8. ¿La política está a disposición del público?	<b>X</b>					

**APÉNDICE 5.** Herramienta de evaluación de desempeño ambiental basada en la Norma ISO 14000 (Continuación)

4.3.1 Aspectos ambientales						
Requisitos	Conformidad					
	0 %	25 %	50 %	75 %	100 %	N/A
1. ¿Se ha establecido, implementado, mantenido y documentado un procedimiento para identificar los aspectos ambientales de sus actividades, productos y servicios que pueda controlar y aquellos sobre los que pueda influir dentro del alcance definido del sistema de gestión ambiental, teniendo en cuenta los desarrollos nuevos o planificados, o las actividades, productos y servicios nuevos o modificados?		X				
2. ¿Se ha establecido, implementado, mantenido y documentado un procedimiento para determinar aquellos aspectos que tienen o pueden tener impactos significativos sobre el ambiente ?			X			

4.3.2 Requisitos legales y otros requisitos						
Requisitos	Conformidad					
	0 %	25 %	50 %	75 %	100 %	N/A
1. ¿Se ha establecido, implementado, mantenido y documentado un procedimiento para identificar y tener acceso a los requisitos legales aplicables y otros requisitos que la organización suscriba relacionados con sus aspectos ambientales?				X		
2. ¿Se ha establecido, implementado, mantenido y documentado un procedimiento para determinar cómo se aplican estos requisitos a sus aspectos ambientales?				X		

4.3.3 Objetivos, metas y programas						
Requisitos	Conformidad					
	0 %	25 %	50 %	75 %	100 %	N/A
1. ¿Se ha establecido, implementado y mantenido objetivos y metas ambientales documentados, en los niveles y funciones pertinentes dentro de la organización?		X				
2. ¿Son estos objetivos y metas medibles y coherentes con la política ambiental, incluyendo los compromisos de: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Prevención de la contaminación</li> <li>• Cumplimiento con los requisitos legales y otros que la organización suscriba</li> <li>• Mejora continua?</li> </ul>			X			

**APÉNDICE 5.** Herramienta de evaluación de desempeño ambiental basada en la Norma ISO 14000 (Continuación)

<b>4.4.1 Recursos, funciones, responsabilidad y autoridad</b>						
<b>Requisitos</b>	<b>Conformidad</b>					
	<b>0 %</b>	<b>25 %</b>	<b>50 %</b>	<b>75 %</b>	<b>100 %</b>	<b>N/A</b>
1. ¿La dirección ha asegurado la disponibilidad de recursos esenciales para establecer, implementar, mantener y mejorar el sistema de gestión ambiental?			X			
2. ¿Están definidas, documentadas y han sido comunicadas las funciones, responsabilidades y autoridades para el SGA?		X				
3. ¿Se ha(n) designado representante(s) de la dirección para: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Asegurarse de que el SGA se establece, implementa y mantiene de acuerdo con los requisitos de la Norma?</li> <li>• Informar a la alta dirección sobre el desempeño del SGA para su revisión, incluyendo recomendaciones para la mejora?</li> </ul>		X				

<b>4.4.2 Competencia, formación y toma de conciencia</b>						
<b>Requisitos</b>	<b>Conformidad</b>					
	<b>0 %</b>	<b>25 %</b>	<b>50 %</b>	<b>75 %</b>	<b>100 %</b>	<b>N/A</b>
1. ¿Todo el personal, cuyo trabajo puede causar impactos ambientales significativos, es competente de acuerdo a su educación, la formación y la experiencia?			X			
2. ¿Se han identificado las necesidades de formación relacionadas con sus aspectos con sus aspectos ambientales y su SGA?			X			
3. ¿Se han establecido y mantenido procedimientos para que sus empleados o las personas que trabajan en su nombre tomen conciencia de: <ul style="list-style-type: none"> <li>a) la importancia de la conformidad con la política ambiental, los procedimientos y requisitos del SGA;</li> <li>b) los aspectos ambientales significativos, los impactos relacionados reales o potenciales asociados con su trabajo y los beneficios ambientales de un mejor desempeño personal;</li> <li>c) sus funciones y responsabilidades en el logro de la conformidad con los requisitos del SGA;</li> <li>d) las consecuencias potenciales de desviarse de los procedimientos especificados?</li> </ul>		X				



**APÉNDICE 5.** Herramienta de evaluación de desempeño ambiental basada en la Norma ISO 14000 (Continuación)

<b>4.4.3 Comunicación</b>						
<b>Requisitos</b>	<b>Conformidad</b>					
	<b>0 %</b>	<b>25 %</b>	<b>50 %</b>	<b>75 %</b>	<b>100 %</b>	<b>N/A</b>
1. ¿Se han establecido, implementado y mantenido procedimientos para la comunicación interna de aspectos ambientales y el SGA entre diferentes niveles en la organización?		<b>X</b>				
2. ¿Se han establecido, implementado y mantenido procedimientos para recibir, documentar y responder a las comunicaciones pertinentes de las partes externas interesadas?	<b>X</b>					
3. ¿Se han establecido e implementado métodos para realizar comunicaciones externas sobre los aspectos ambientales significativos de la organización?	<b>X</b>					

<b>4.4.4 Documentación</b>						
<b>Requisitos</b>	<b>Conformidad</b>					
	<b>0 %</b>	<b>25 %</b>	<b>50 %</b>	<b>75 %</b>	<b>100 %</b>	<b>N/A</b>
1. ¿Están documentados la política, objetivos, metas ambientales y la descripción del alcance del SGA de la organización?		<b>X</b>				
2. ¿Está documentada la descripción de los elementos principales del SGA y su interacción, así como la referencia a documentos relacionados?		<b>X</b>				
3. ¿Están documentados los registros requeridos en esta Norma Internacional, así como los registros determinados por la organización como necesarios para asegurar la eficacia de la planificación, operación y control de procesos relacionados con sus aspectos ambientales significativos?		<b>X</b>				

**APÉNDICE 5.** Herramienta de evaluación de desempeño ambiental basada en la Norma ISO 14000 (Continuación)

<b>4.4.5 Control de documentos</b>						
<b>Requisitos</b>	<b>Conformidad</b>					
	<b>0 %</b>	<b>25 %</b>	<b>50 %</b>	<b>75 %</b>	<b>100 %</b>	<b>N/A</b>
1. ¿Se han establecido, implementado y mantenido procedimientos para aprobar los documentos con relación a su adecuación antes de su emisión, así como revisar la legibilidad y apropiada identificación de los documentos?				X		
2. ¿Se han establecido, implementado y mantenido procedimientos para revisar y actualizar los documentos cuando sea necesario, y aprobarlos nuevamente; así como para identificar cambios y el estado de revisión actual de los documentos?				X		
3. ¿Se han establecido, implementado y mantenido procedimientos para asegurarse de que las versiones pertinentes de los documentos aplicables están disponibles en los puntos de uso, así como asegurar que los documentos obsoletos sean removidos o identificados adecuadamente, en caso de mantenerlos?					X	
4. ¿Se han establecido, implementado y mantenido procedimientos para identificar los documentos de origen externo que se ha determinado que son necesarios para la planificación y operación SGA y se controla su distribución?		X				

<b>4.4.6 Control operacional</b>						
<b>Requisitos</b>	<b>Conformidad</b>					
	<b>0 %</b>	<b>25 %</b>	<b>50 %</b>	<b>75 %</b>	<b>100 %</b>	<b>N/A</b>
1. ¿Se han establecido, implementado y mantenido procedimientos documentados para controlar situaciones en las que su ausencia podría llevar a desviaciones de la política, los objetivos y metas ambientales?		X				
2. ¿Se han establecido, implementado y mantenido procedimientos documentados para el establecimiento de criterios operacionales en los procedimientos?		X				
3. ¿Se han establecido, implementado y mantenido procedimientos documentados relacionados con los aspectos ambientales significativos identificados de los bienes y servicios utilizados por la organización?	X					
4. ¿Se han establecido, implementado y mantenido procedimientos documentados para la comunicación de los procedimientos y requisitos aplicables a los proveedores, incluyendo contratistas?			X			

**APÉNDICE 5.** Herramienta de evaluación de desempeño ambiental basada en la Norma ISO 14000 (Continuación)

<b>4.4.7 Preparación y respuesta ante emergencias</b>						
<b>Requisitos</b>	<b>Conformidad</b>					
	<b>0 %</b>	<b>25 %</b>	<b>50 %</b>	<b>75 %</b>	<b>100 %</b>	<b>N/A</b>
1. ¿Se han establecido, implementado y mantenido procedimientos para identificar situaciones potenciales de emergencia y accidentes potenciales que pueden tener impactos en el ambiente y cómo responder ante ellos?		X				
2. ¿Se han establecido, implementado y mantenido procedimientos para responder ante situaciones de emergencia y accidentes reales y prevenir o mitigar los impactos ambientales adversos asociados?		X				
3. ¿Los procedimientos de preparación y respuesta ante emergencias, se revisan periódicamente y se modifican cuando es necesario?		X				
4. ¿Se realizan pruebas periódicas de tales procedimientos?	X					

<b>4.5.1 Seguimiento y medición</b>						
<b>Requisitos</b>	<b>Conformidad</b>					
	<b>0 %</b>	<b>25 %</b>	<b>50 %</b>	<b>75 %</b>	<b>100 %</b>	<b>N/A</b>
1. ¿Se han establecido, implementado y mantenido procedimientos para dar seguimiento y medir las características de sus operaciones que pueden tener un impacto significativo en el ambiente ?			X			
2. ¿Los procedimientos establecidos incluyen la documentación de la información para dar seguimiento al desempeño, así como de los controles operacionales aplicables?		X				
3. ¿Los equipos de seguimiento y medición se mantienen calibrados o verificados? ¿Se conservan los registros asociados?		X				

<b>4.5.2 Evaluación del cumplimiento</b>						
<b>Requisitos</b>	<b>Conformidad</b>					
	<b>0 %</b>	<b>25 %</b>	<b>50 %</b>	<b>75 %</b>	<b>100 %</b>	<b>N/A</b>
1. ¿Se han establecido, implementado y mantenido procedimientos para evaluar periódicamente el cumplimiento de los requisitos legales aplicables?				X		
2. ¿Se han establecido, implementado y mantenido procedimientos para evaluar el cumplimiento con otros requisitos que suscriba?			X			
3. ¿Se mantienen los registros de los resultados de las evaluaciones periódicas?	X					

**APÉNDICE 5.** Herramienta de evaluación de desempeño ambiental basada en la Norma ISO 14000 (Continuación)

<b>4.5.3 No conformidad, acción correctiva y acción preventiva</b>						
<b>Requisitos</b>	<b>Conformidad</b>					
	<b>0 %</b>	<b>25 %</b>	<b>50 %</b>	<b>75 %</b>	<b>100 %</b>	<b>N/A</b>
1. ¿Se han establecido, implementado y mantenido procedimientos para la identificación, investigación y corrección de las no conformidades?		X				
2. ¿Se han establecido, implementado y mantenido procedimientos para implementar acciones para prevenir no conformidades?		X				
3. ¿Se han establecido, implementado y mantenido procedimientos para revisar la eficacia de las acciones preventivas y correctivas tomadas? ¿Se mantienen registros de los resultados de estas acciones?	X					
4. ¿Se cambian o actualizan los procedimientos como resultado de las acciones correctivas y preventivas?	X					

<b>4.5.4 Control de los registros</b>						
<b>Requisitos</b>	<b>Conformidad</b>					
	<b>0 %</b>	<b>25 %</b>	<b>50 %</b>	<b>75 %</b>	<b>100 %</b>	<b>N/A</b>
1. ¿Se han establecido, implementado y mantenido procedimientos para la identificación, el almacenamiento, la protección, la recuperación, el tiempo de retención y la disposición de los registros?		X				
2. ¿Se han establecido y mantenido los registros necesarios para demostrar conformidad con los requisitos del SGA?		X				
3. ¿Los registros son legibles, identificables y trazables?				X		

<b>4.5.5 Auditoría interna</b>						
<b>Requisitos</b>	<b>Conformidad</b>					
	<b>0 %</b>	<b>25 %</b>	<b>50 %</b>	<b>75 %</b>	<b>100 %</b>	<b>N/A</b>
1. ¿Se han establecido, implementado y mantenido programas de auditoría interna del SGA?		X				
2. ¿Los procedimientos de auditoría interna cubren cómo se reportan los resultados a la dirección?	X					
3. ¿Los procedimientos de auditoría definen adecuadamente el enfoque, frecuencia, métodos y responsabilidades de la auditoría?	X					
4. ¿Los auditores que conducen las auditorías internas son competentes y objetivos?		X				

**APÉNDICE 5.** Herramienta de evaluación de desempeño ambiental basada en la Norma ISO 14000 (Continuación)

<b>4.6 Revisión por la dirección</b>						
<b>Requisitos</b>	<b>Conformidad</b>					
	<b>0 %</b>	<b>25 %</b>	<b>50%</b>	<b>75 %</b>	<b>100 %</b>	<b>N/A</b>
1. ¿La dirección revisa periódicamente el SGA para asegurar su sostenibilidad y efectividad?		<b>X</b>				
2. ¿Se mantienen registros de las revisiones de la dirección?	<b>X</b>					
3. ¿Las revisiones de la dirección toman en cuenta todos los aspectos de SGA?	<b>X</b>					
4. ¿Las revisiones de la dirección resultan en cambios apropiados a la política, metas y objetivos, y otros elementos de SGA?		<b>X</b>				