



Mejores técnicas disponibles y mejores
prácticas ambientales de manejo de
residuos de bombillas

Mejores técnicas disponibles y mejores prácticas ambientales para el manejo de residuos de bombillas

República de Colombia

Iván Duque Márquez

Presidente

Carlos Eduardo Correa Escaf

Ministro de Ambiente y Desarrollo

Sostenible

Francisco Cruz Prada

Viceministro de Políticas y

Normalización Ambiental

Andrea Corzo Álvarez

Directora de Asuntos Ambientales, sectorial y urbana

Diego Escobar Martínez Ocampo

Coordinador del Grupo de Sustancias Químicas, Residuos Peligrosos y de la Unidad Técnica Ozono (UTO)

Coordinador proyectos COP

José Álvaro Rodríguez Castañeda

Corporación Lúmina

Wilson Contreras Pedraza

Director Ejecutivo

Equipo técnico

Camila Urrego Castillo

Leonardo Marroquín Granados

Lina Benavides Rueda

Carlos Angulo Zárate

Jeimmy Rojas Méndez

Brigith Sierra Cano

Angélica Pérez Alarcón

Concepto editorial

Consuelo Gauta

Grupo de Divulgación de Conocimiento y Cultura Ambiental

Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible

•Puntoaparte

Diseño y diagramación

Julieta Cruz

Valeria Cobo

Corrección de estilo

Nicole Bedoya

CATALOGACIÓN EN LA PUBLICACIÓN: Grupo Divulgación de Conocimiento y Cultura Ambiental.
Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible.

Colombia. Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible; Corporación Lúmina

Mejores técnicas disponibles y mejores prácticas ambientales para el manejo de residuos de bombillas / Corporación Lúmina: Textos: Contreras Pedraza, Wilson; Urrego Castillo, Camila; Rojas Méndez, Jeimmy; Angulo Zárate, Carlos Mauricio; Sierra Cano, Brigith Yesenia; Pérez Alarcón, Angélica María; ARCO Consultores: Textos: Marroquín Granados, Leonardo Enrique; Benavidez Rueda, Lina Patricia; Minambiente: Textos: Camelo Martínez, Edwin. --- Bogotá, D.C.: Colombia. Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, 2022.

60 p.: il.

ISBN: 978-958-5551-86-2

1. residuos peligrosos 2. sustancias peligrosas 3. contaminación
4. bombillas 5. gestión ambiental 6. gestión integral de residuos I. Tit. II. Ministerio
de Ambiente y Desarrollo Sostenible

CDD: 342.02

© Colombia. Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, 2022

Todos los derechos reservados. Se autoriza la reproducción y divulgación de material contenido en este documento para fines educativos u otros fines no comerciales sin previa autorización del titular de los derechos de autor, siempre que se cite claramente la fuente. Se prohíbe la reproducción total o parcial de este documento para fines comerciales.

No comercializable - Distribución gratuita



Tabla de contenido

Introducción

P. 7

1

Generalidades

P. 8

- 1.1. ¿Qué es el mercurio y cuáles son los riesgos a su exposición?
- 1.2. Normatividad relacionada con el manejo de residuos de bombillas con contenido de mercurio en Colombia
- 1.3. ¿Cuáles son las bombillas con contenido de mercurio y por qué es importante gestionaras cuando ya son un residuo?
- 1.4. Mecanismos para el manejo integral de residuos de bombillas con contenido de mercurio en Colombia
- 1.5. ¿Quiénes son los consumidores o generadores de este tipo de residuos?
- 1.6. ¿Quiénes son los gestores de residuos peligrosos?
- 1.7. Mecanismos de recolección
- 1.8. Descripción de la cadena de valor y de los actores relacionados con el manejo de residuos de bombillas con contenido de mercurio en Colombia

2

Generación del residuo

P. 19

2. 1. Generador residencial
2. 2. Generador institucional

3

Recolección y transporte

P. 24

- 3.1. Generador institucional
 - 3.1.1. Requisitos del vehículo
 - 3.1.2. Integridad física del residuo
 - 3.1.3. Prácticas ocupacionales con trabajadores
- 3.2. Gestor de residuos peligrosos
 - 3.2.1. Requisitos del vehículo
 - 3.2.2. Integridad física del residuo
 - 3.2.3. Prácticas ocupacionales con trabajadores

4

Almacenamiento y acopio

P. 32

- 4.1. Instalaciones locativas
- 4.2. Integridad física del residuo
- 4.3. Prácticas ocupacionales con trabajadores

5

Tratamiento

P. 36

- 5.1. Requisitos de los equipos de tratamiento
- 5.2. Instalaciones locativas
- 5.3. Prácticas ocupacionales con trabajadores

6

Aprovechamiento

P. 41

- 6.1. Requisitos de los equipos de aprovechamiento
- 6.2. Instalaciones locativas
- 6.3. Prácticas ocupacionales con trabajadores

7

Seguimiento y control

P. 56

8

Bibliografía

Pág. 59

Lista de tablas

Tabla 1. Marco normativo colombiano	P. 9	Tabla 16. Tecnologías disponibles para el tratamiento de residuos de bombillas	P. 36
Tabla 2. Tipos de bombillas	P. 11	Tabla 17. Controles para los equipos de tratamiento	P. 37
Tabla 3. Mecanismos de recolección	P. 16	Tabla 18. Controles para las instalaciones locativas del sitio de tratamiento	P. 37
Tabla 4. Tipos de control	P. 17	Tabla 19. Controles ocupacionales con los trabajadores en el sitio de tratamiento	P. 39
Tabla 5. Controles para el generador residencial	P. 19	Tabla 20. Clasificación de plásticos para su identificación	P. 41
Tabla 6. Controles para el generador institucional	P. 20	Tabla 21. Etapas y tecnologías disponibles para el aprovechamiento de plásticos, etapa 1	P. 45
Tabla 7. Controles para el vehículo de transporte del generador institucional	P. 24	Tabla 22. Controles para el aprovechamiento	P. 45
Tabla 8. Controles para la integridad física del residuo en el vehículo de transporte del generador institucional	P. 25	Tabla 23. Etapas y tecnologías disponibles para clasificación secundaria de plásticos	P. 46
Tabla 9. Controles ocupacionales con los trabajadores en el vehículo de transporte del generador institucional	P. 25	Tabla 24. Prueba de llama para identificación de plásticos	P. 47
Tabla 10. Controles para el vehículo de transporte de gestor de RESPEL	P. 26	Tabla 25. Etapas y tecnologías disponibles para el aprovechamiento de plásticos, etapa 2 y etapa 3	P. 50
Tabla 11. Controles para conservar la integridad física del residuo en el vehículo de transporte del gestor de RESPEL	P. 29	Tabla 26. Control fichas técnicas de plásticos recuperados	P. 53
Tabla 12. Controles ocupacionales con los trabajadores en el vehículo de transporte del gestor de RESPEL	P. 30	Tabla 27. Control de equipos para etapas de aprovechamiento de plásticos	P. 53
Tabla 13. Controles para las instalaciones locativas del sitio de almacenamiento	P. 32	Tabla 28. Controles para las instalaciones locativas del sitio de tratamiento	P. 53
Tabla 14. Controles para conservar la integridad física del residuo en el sitio de almacenamiento	P. 33	Tabla 29. Controles ocupacionales con los trabajadores en el sitio de tratamiento	P. 54
Tabla 15. Controles ocupacionales con los trabajadores en el sitio de almacenamiento	P. 34	Tabla 30. Controles de seguimiento y control	P. 56

Lista de gráficos

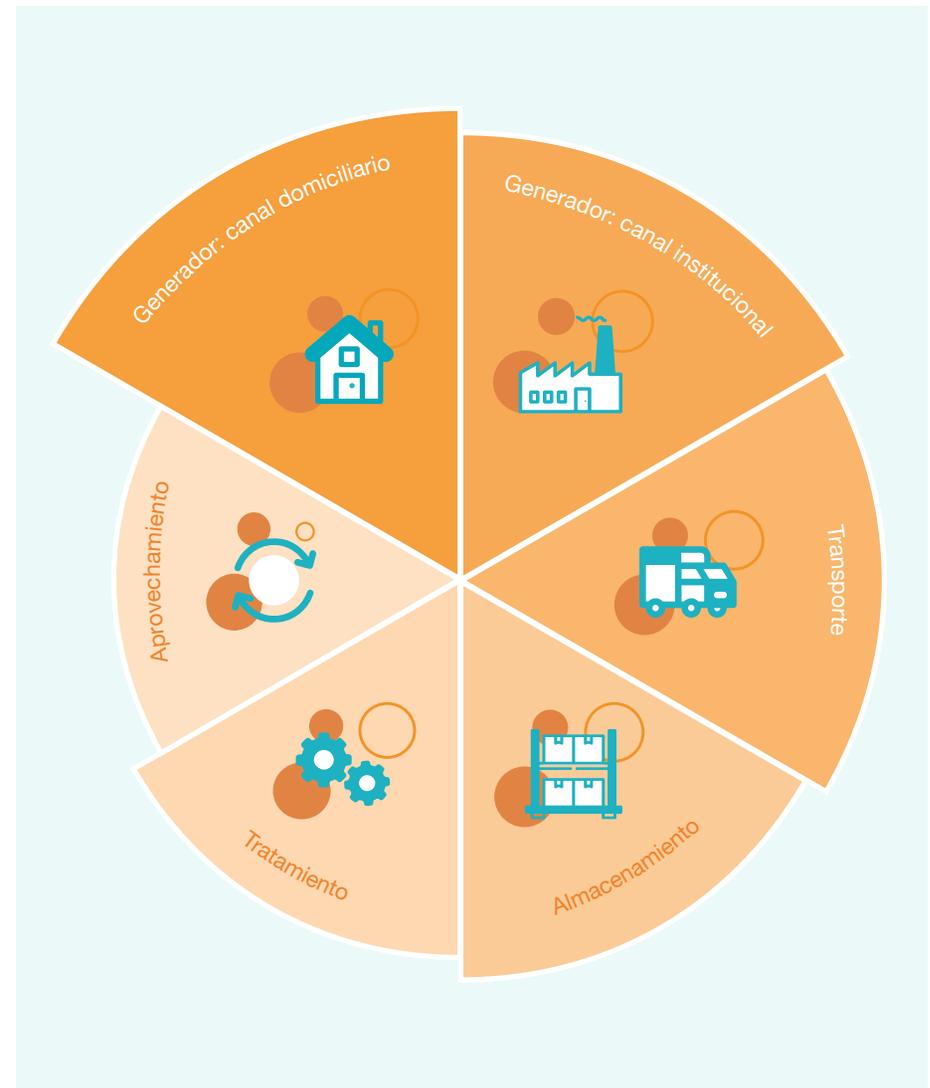
Gráfico 1. Actores de la cadena de valor del residuo	P. 6	Gráfico 18. Dispositivo para identificar plásticos	P. 46
Gráfico 2. Riesgos del mercurio para la salud	P. 8	Gráfico 19. Separación por densidad	P. 46
Gráfico 3. Características de los sistemas de recolección selectiva de bombillas en Colombia	P. 12	Gráfico 20. Separador electrostático	P. 46
Gráfico 4. Tipos de consumidores/generadores	P. 13	Gráficos 21 y 22. Separador por infrarrojo cercano (NIR)	P. 46
Gráfico 5. Tipos de gestores de residuos	P. 13	Gráfico 23. Pruebas de hundimiento/flotación para clasificación de plásticos	P. 48
Gráfico 6. Cadena de valor y actores	P. 16	Gráfico 24. Rangos de densidad de plásticos	P. 49
Gráfico 7. Ejemplo de etiqueta	P. 20	Gráfico 25. Triturador de plástico	P. 50
Gráfico 8. Rótulos transporte exclusivo de bombillas	P. 26	Gráfico 26. Cuchillas de molino triturador	P. 50
Gráfico 9. Rótulos transporte misceláneo de bombillas	P. 27	Gráfico 27. Lavado de plásticos	P. 50
Gráfico 10. Rótulos UN para el transporte exclusivo de bombillas	P. 27	Gráfico 28. Secado de plásticos	P. 50
Gráfico 11. Rótulos UN para el transporte misceláneo de bombillas	P. 27	Gráfico 29. Peletizadora	P. 51
Gráfico 12. <i>Bulb-eater</i>	P. 36	Gráfico 30. Empaque de material peletizado	P. 51
Gráfico 13. <i>Balcan</i>	P. 36	Gráfico 31. Extrusora de plásticos	P. 51
Gráfico 14. Tromel	P. 36	Gráfico 32. Modelo de fichas técnicas	P. 52
Gráfico 15. Etapas que componen el reciclaje de plásticos	P. 44		
Gráfico 16. Separador magnético	P. 45		
Gráfico 17. Separador de corrientes Foucault	P. 45		

Introducción

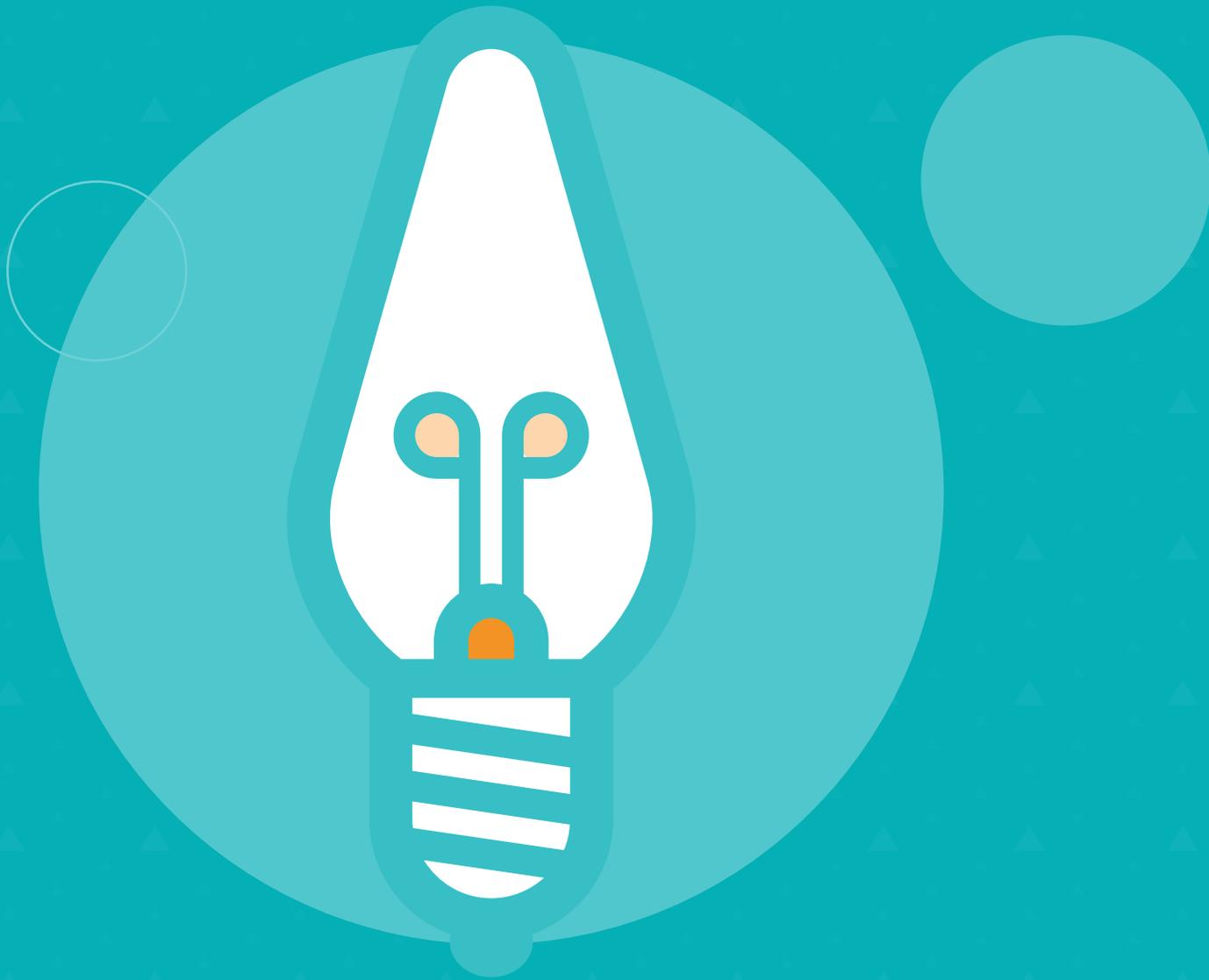
Este documento tiene como objeto orientar a los actores involucrados en la cadena de valor de residuos de bombillas con contenido de mercurio en Colombia para su correcto manejo. Esto con el objetivo de prevenir la liberación de vapor de mercurio que pueda presentarse en cualquiera de las etapas de manejo de residuos de bombillas, de acuerdo con los resultados obtenidos en el Diagnóstico Nacional de Manejo de Residuos de Bombillas realizado en el 2018 y la identificación y cierre de brechas aplicada a gestores de residuos de bombillas con contenido de mercurio durante 2020 y 2021. Las recomendaciones se presentan en función de los actores participantes en la cadena de valor de residuos de bombillas con contenido de mercurio, como se presenta en el siguiente gráfico.



Gráfico 1. Actores de la cadena de valor del residuo

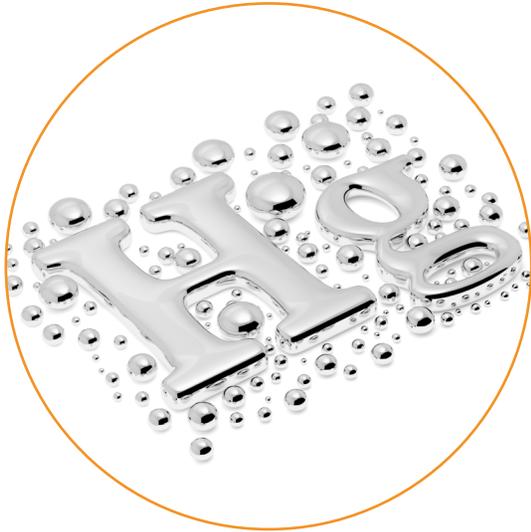


Además, se presentan los controles internos y externos que se deben tener en cuenta para prevenir el riesgo de exposición a mercurio por manejo de residuos de bombillas con contenido de mercurio; es decir, tecnología fluorescente.



1. Generalidades

1.1. ¿Qué es el mercurio y cuáles son los riesgos a su exposición?



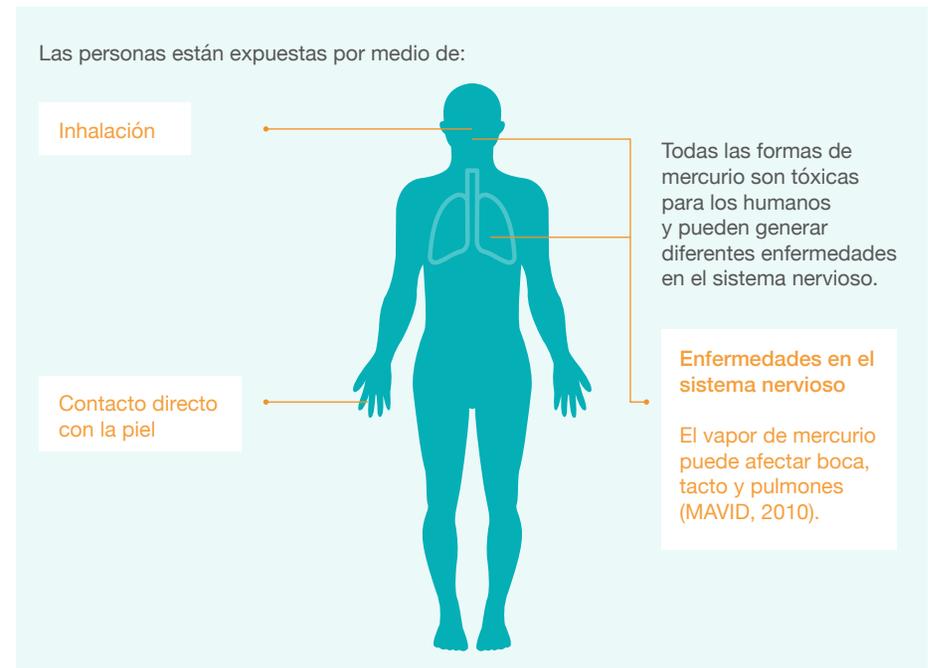
El mercurio es un elemento que está presente de forma natural en el medio ambiente. Por tratarse de un elemento fundamental, no se puede descomponer ni degradar en otros elementos. Puede cambiar de estado y de compuesto, pero su forma más simple es el mercurio elemental, nocivo para los seres humanos y el medio ambiente.



Riesgos para la salud

El mercurio y sus compuestos, en especial el metilmercurio, son potentes neurotóxicos; por lo tanto, la exposición de los seres humanos a este es claramente indeseable (PNUMA, 2005).

Gráfico 2. Riesgos del mercurio para la salud



Riesgos para el ambiente

Si las bombillas llegan al relleno sanitario, el mercurio contenido en estas puede llegar a la atmósfera a través de la liberación de vapores y de lixiviados que se generan en los lugares de disposición de residuos. Si el mercurio contenido en las bombillas llega al alcantarillado, este se concentrará en los lodos de las aguas residuales. Una vez adherido a dichos lodos, tiene potencial de volatilizarse o de ingresar a otros ambientes hídricos y terrestres. Cuando el mercurio llega a los cuerpos de agua, parte de este se convierte en metilmercurio debido al metabolismo microbiológico. Esta es la forma más común en la que la fauna y las personas ingieren mercurio cuando consumen pescado. La disposición inadecuada de una bombilla fluorescente en basureros o rellenos sanitarios puede contaminar hasta 20.000 litros de agua potable, teniendo presente que para efectos de consumo humano el límite del nivel de mercurio es de 0,001 microgramos por litro de agua (Gafner, 2018).

1.2. Normatividad relacionada con el manejo de residuos de bombillas con contenido de mercurio en Colombia

Tabla 1. Marco normativo colombiano

Norma	Descripción
Convenio de Basilea de 1989	El Convenio de Basilea sobre el control de los movimientos transfronterizos de los desechos peligrosos y su eliminación tiene como objetivo proteger el medio ambiente y la salud humana contra los efectos nocivos derivados de la generación, el manejo, los movimientos transfronterizos y la eliminación de los desechos peligrosos y otros desechos.
Convenio de Minamata de 2013	El Convenio de Minamata tiene como objetivo proteger la salud humana y el medio ambiente de las emisiones y liberaciones antropogénicas de mercurio y sus compuestos. Con este fin, el Convenio incluye una serie de medidas para controlar las emisiones y liberaciones de mercurio a lo largo de su ciclo de vida.
Decreto Ley 2811 de 1974	<i>Artículo 38.</i> Por razón del volumen o de la cantidad de los residuos o desechos se podrá imponer a quien los produce la obligación de recolectarlos, tratarlos o disponer de ellos, señalándole los medios para cada caso.
Constitución Política de 1991	<i>Artículos 79 y 80.</i> Derecho colectivo a gozar de un ambiente sano y deber del Estado de proteger la diversidad e integridad del ambiente, planificar el manejo y aprovechamiento de los recursos naturales renovables a fin de garantizar su desarrollo sostenible, su conservación, restauración o sustitución y prevenir los factores de deterioro ambiental.
Ley 99 de 1993	<i>Artículo 5, numeral 10.</i> Corresponde al Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial, hoy Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, determinar las normas mínimas y las regulaciones de carácter general sobre medio ambiente a las que deberán sujetarse los centros urbanos y asentamientos humanos y las actividades mineras, industriales y de transporte y en general todo servicio o actividad que pueda generar directa o indirectamente daños ambientales. <i>Artículo 5, numeral 14.</i> El Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial, hoy Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, tiene entre sus funciones definir y regular los instrumentos administrativos y mecanismos necesarios para la prevención y el control de los factores de deterioro ambiental y determinar los criterios de evaluación, seguimiento y manejo ambiental de las actividades económicas.
Ley 253 de 1996	Por medio de la cual se aprueba el Convenio de Basilea sobre el control de los movimientos transfronterizos de los desechos peligrosos y su eliminación, hecho en Basilea el 22 de marzo de 1989.

Continúa

Norma	Descripción
Resolución 1511 de 2010	Por la cual se establecen los Sistemas de Recolección Selectiva y Gestión Ambiental de Residuos de Bombillas y se adoptan otras disposiciones.
Resolución 91872 de 2012	Por la cual se hacen unas modificaciones al Reglamento Técnico de Iluminación y Alumbrado Público (RETILAP). <i>Artículo 1, numeral 1, literal a. Máximo contenido de mercurio en bombillas fluorescentes.</i>
Ley 1658 de 2013	Por medio de la cual se establecen disposiciones para la comercialización y el uso de mercurio en las diferentes actividades industriales del país, se fijan requisitos e incentivos para su reducción y eliminación y se dictan otras disposiciones.
Ley 1672 de 2013	Por la cual se establecen los lineamientos para la adopción de una política pública de gestión integral de residuos de aparatos eléctricos y electrónicos (RAEE) y se dictan otras disposiciones.
Decreto 1076 de 2015	Por medio del cual se expide el Decreto Único Reglamentario del Sector Ambiente. Título 6, Residuos peligrosos (Decreto 4741 de 2005).
Decreto 1079 de 2015	Por medio del cual se expide el Decreto Único Reglamentario del Sector Transporte. Sección 8, Transporte terrestre automotor de mercancías peligrosas por carretera, del Capítulo 7 (Decreto 1609 de 2002).
Ley 1892 de 2018	Por medio de la cual se aprueba el Convenio de Minamata sobre el mercurio, hecho en Kumamoto (Japón) el 10 de octubre de 2013.
Decreto 284 de 2018	Por el cual se adiciona el Decreto 1076 de 2015, Único Reglamentario del Sector Ambiente y Desarrollo Sostenible, en lo relacionado con la Gestión Integral de los Residuos de Aparatos Eléctricos y Electrónicos (RAEE) y se dictan otras disposiciones.

1.3. ¿Cuáles son las bombillas con contenido de mercurio y por qué es importante gestionarlas cuando ya son un residuo?

A lo largo de los años, la tecnología de la iluminación ha evolucionado, así como los tipos de bombillas existentes. En la actualidad, los cuatro tipos de bombillas más comunes para uso domiciliario, industrial y público son los siguientes.

Tabla 2. Tipos de bombillas

Bombillas incandescentes	Bombillas LED
 <p>Tubular Estandar</p>	 <p>Tubular Compacta Reflector Panel</p>
Contenido de mercurio: ✓ ✗	Contenido de mercurio: ✓ ✗
Bombillas fluorescentes	Bombillas HID (alta intensidad de descarga, por sus siglas en inglés)
 <p>Tubo Compacta Integrada y no integrada</p>	
Contenido de mercurio: ✓ ✗	Contenido de mercurio: ✓ ✗

Las bombillas fluorescentes y HID (de alta intensidad de descarga) liberan vapor elemental de mercurio cuando se rompen —existen diferentes estudios acerca de las cantidades de mercurio liberadas al ambiente después de su ruptura (hasta el 80 % del total del mercurio contenido)—, esto puede ocurrir en un periodo de dos semanas después de su ruptura. Las tasas más altas de liberación de mercurio se dan a mayor temperatura del ambiente. Una bombilla promedio puede liberar entre 3 y 8 miligramos de vapor de mercurio en este periodo. Se estima que cerca de una tercera parte del mercurio se libera durante las primeras 8 horas posteriores a la fragmentación de la bombilla (Michael Aucott, 2003).

1.4. Mecanismos para el manejo integral de residuos de bombillas con contenido de mercurio en Colombia

De acuerdo con la Resolución 1511 de 2010, por la cual se establecen los sistemas de recolección selectiva y gestión ambiental de residuos de bombillas en Colombia, los productores¹ de bombillas en el país están en la obligación de formular, presentar e implementar un sistema de recolección con el propósito de prevenir y controlar la degradación del ambiente. A continuación se describen las principales características de estos sistemas de recolección selectiva de bombillas en Colombia o, como se conocen comúnmente, programas posconsumo.

Teniendo en cuenta esto, la base de cálculo de la meta de recolección de residuos de bombillas con contenido de mercurio que deben cumplir los productores o importadores de estos productos en Colombia se establece de acuerdo con la cantidad total de bombillas comercializadas en el país; es decir, puestas en el mercado nacional. En el artículo 10 de la Resolución 1511 de agosto de 2010 se establece la forma de determinar las metas de recolección que deben cumplir los productores nacionales.

1. De acuerdo con el artículo 3 de la Resolución 1511 de 2010, productor se refiere a fabricantes, importadores o comercializadores con marca propia.

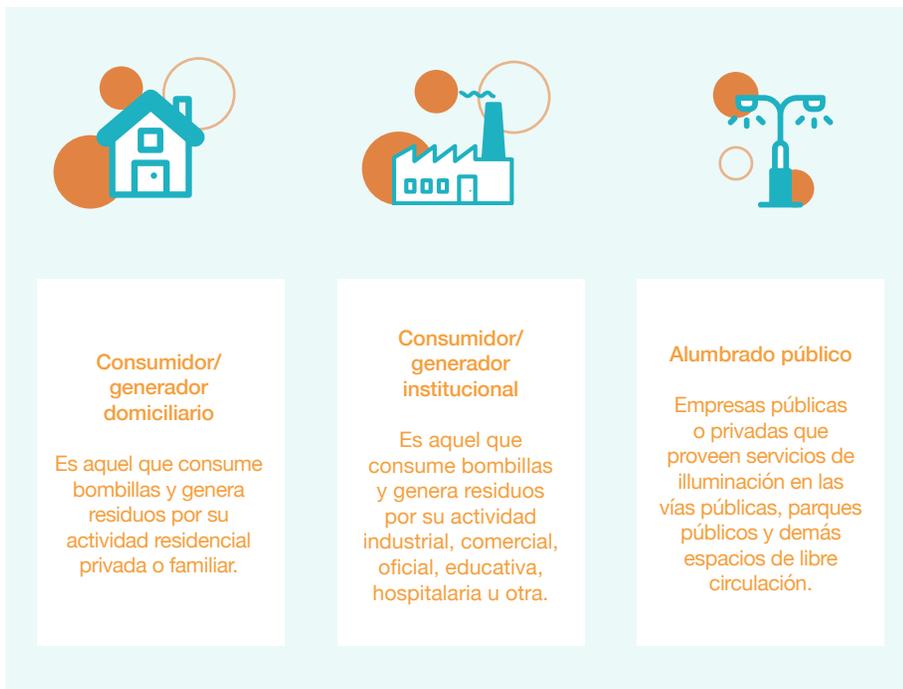
Gráfico 3. Características de los sistemas de recolección selectiva de bombillas en Colombia



1.5. ¿Quiénes son los consumidores o generadores de este tipo de residuos?

Los consumidores de bombillas con contenido de mercurio son todos aquellos que en desarrollo de sus diferentes actividades emplean bombillas o lámparas de tecnología fluorescente. Cuando estos productos llegan al final de su vida útil se convierten en residuos y sus diferentes consumidores adquieren la categoría de generadores de residuos. De acuerdo con esto, los consumidores/generadores se clasifican de la siguiente manera.

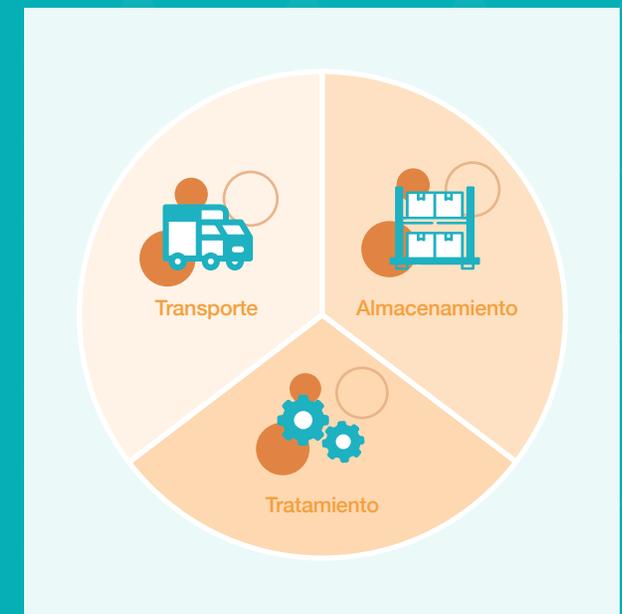
Gráfico 4. Tipos de consumidores/generadores



1.6. ¿Quiénes son los gestores de residuos peligrosos?

Los gestores de residuos peligrosos (RESPEL) son empresas especializadas en realizar las actividades de recolección, transporte, almacenamiento, clasificación, tratamiento y aprovechamiento de los residuos de bombillas. Los gestores de RESPEL deben dar cumplimiento a las normas emitidas por las diferentes autoridades ambientales en el país de acuerdo con la actividad o actividades que realice.

Gráfico 5. Tipos de gestores de residuos



1.7. Mecanismos de recolección

Son todas las estrategias diseñadas e implementadas para recolectar los residuos de bombillas que han finalizado su vida útil. A través de ellas se busca facilitar la entrega de los residuos a los diferentes sectores o consumidores del país —residenciales, institucionales y alumbrado público—. A continuación se describen los mecanismos de recolección implementados para cada uno de los consumidores/generadores de residuos de bombillas con contenido de mercurio en Colombia.

Tabla 3. Mecanismos de recolección

Mecanismo de recolección	Consumidor/generador beneficiado
<p>B2B o recolección en sitio de generación: por lo general, este mecanismo es ejecutado por una empresa gestora de RESPEL que provee este servicio al programa posconsumo o que presta este servicio a los generadores del residuo de manera individual y que realiza la recolección en las instalaciones del generador.</p> <p>Este mecanismo está diseñado, principalmente, para consumidores industriales, comerciales, oficiales, educativos, hospitalarios y de alumbrado público que generan residuos de bombillas. Los sistemas de recolección selectiva y gestión ambiental de residuos de bombillas ofrecen este servicio al consumidor/generador de manera gratuita de acuerdo con cantidades mínimas establecidas por el sistema y el gestor.</p>	 <p>Consumidor/generador institucional</p>
<p>Recepción en centro de acopio*: por lo general, este mecanismo es ejecutado por una empresa gestora de RESPEL, o de otro tipo de residuos, que cuenta con un permiso o licencia para el almacenamiento de residuos de bombillas cuando estos superan los 32 m³ de almacenamiento. Esta empresa provee el servicio de almacenamiento al sistema de recolección de bombillas o generadores de residuos de bombillas individuales y puede recibir en sus instalaciones los residuos, mientras que el consumidor/generador asume las actividades de transporte.</p> <p>Este mecanismo está diseñado principalmente para consumidores industriales, comerciales, oficiales, educativos, hospitalarios y de alumbrado público que se encargan de transportar sus propios residuos de bombillas hasta el centro de acopio.</p>	 <p>Alumbrado público</p>

Continúa

* De acuerdo con el artículo 3 de la Resolución 1511 de 2010, centro de acopio es el lugar donde se desarrolla la actividad de acopio de residuos de bombillas. A su vez, acopio se define como acción tendiente a reunir temporalmente los residuos de bombillas desechados por el consumidor, cuya recolección y gestión se encuentran enmarcadas en un sistema de recolección selectiva y gestión ambiental de residuos de bombillas, en un lugar acondicionado para tal fin, de manera segura y ambientalmente adecuada, con el objeto de facilitar su recolección, clasificación y cualquier actividad de preparación previa a una posterior gestión y manejo ambiental adecuado.

Mecanismo de recolección	Consumidor/generador beneficiado
<p>Contenedores: en su gran mayoría son de cartón o plástico y están ubicados de manera permanente o temporal en establecimientos comerciales, unidades residenciales, instituciones educativas, empresas privadas o públicas, o establecimientos con gran confluencia de personas.</p> <p>Este mecanismo está diseñado principalmente para la recolección de residuos provenientes de consumidores domiciliarios.</p>	 <p>Consumidor/generador domiciliario</p>
<p>Campañas o jornadas de recolección: la ejecución de estas jornadas se planea previamente en mesas o reuniones de trabajo —que son realizadas entre el Programa Posconsumo (sistema de recolección), autoridades locales, empresas privadas y otros programas posconsumo de residuos de otras corrientes— para establecer las responsabilidades, así como definir la logística y las actividades a implementar, los medios de difusión y comunicación, los niveles de participación de los diferentes actores, el cronograma de trabajo, entre otros. Estas campañas son planeadas de acuerdo con los requerimientos de cobertura poblacional y geográfica de las normas que reglamentan los sistemas de recolección o a la solicitud de la autoridad local.</p> <p>En este mecanismo se busca integrar los diferentes consumidores en un mismo espacio para que estos entreguen sus residuos de manera coordinada en los puntos definidos para la recolección durante la ejecución de la campaña.</p> <p>Puntos de recolección móviles (rutas de recolección): este mecanismo no es comúnmente implementado; sin embargo, funciona de manera similar a las campañas o jornadas de recolección. Los puntos de recolección móviles se diferencian en que son rutas planeadas únicamente por el sistema de recolección y comunicadas a los consumidores/generadores del sector para que estos puedan recolectar y entregar los residuos durante los días asignados para las respectivas rutas.</p>	 <p>Consumidor/generador institucional</p>  <p>Alumbrado público</p>  <p>Consumidor/generador domiciliario</p>  <p>Consumidor/generador domiciliario</p>  <p>Consumidor/generador institucional</p>

1.8. Descripción de la cadena de valor y de los actores relacionados con el manejo de residuos de bombillas con contenido de mercurio en Colombia

Convenciones

- Generación del residuo
- Movimiento de residuos de un punto a otro/recolección y transporte de residuos
- Almacenamiento
- Tratamiento de residuos
- Aprovechamiento
- Actividades desarrolladas en planta
- Actividad crítica

Gráfico 6. Cadena de valor y actores

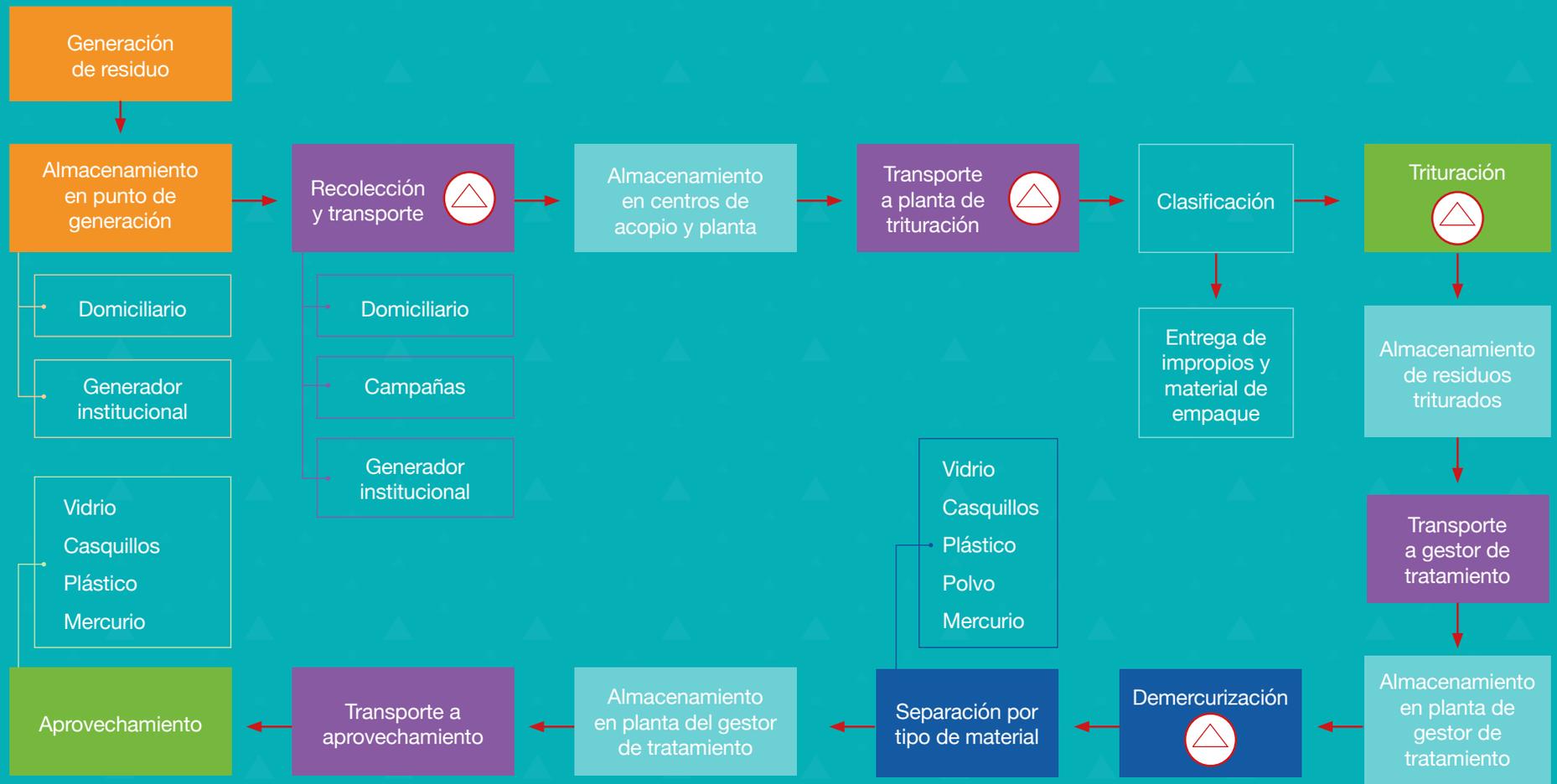


Tabla 4. Tipos de control



Control de ingeniería

Tiene como objetivo detectar, eliminar y controlar los agentes y factores peligrosos antes de que causen un efecto nocivo en los trabajadores, la empresa y el medio ambiente.

Al respecto, la Organización Internacional del Trabajo (OIT) señala que cuando no se pueden instaurar medidas de eliminación del peligro en la fuente, se debe recurrir a controles como encerrarla, eliminar el riesgo al salir de ella, interferir su propagación o reducir su concentración o intensidad. Estas medidas pueden disminuir la exposición al peligro (Ministerio del Trabajo, 2015; Stewart, 1998).



Control sobre el individuo

Es el último nivel de control de riesgos al que se debe recurrir. En razón a las características del proceso de gestión de bombillas se hace necesario utilizar dispositivos, accesorios y ropa que prevengan el contacto con mercurio. Estas medidas son complementarias a todos los demás controles instaurados previamente.

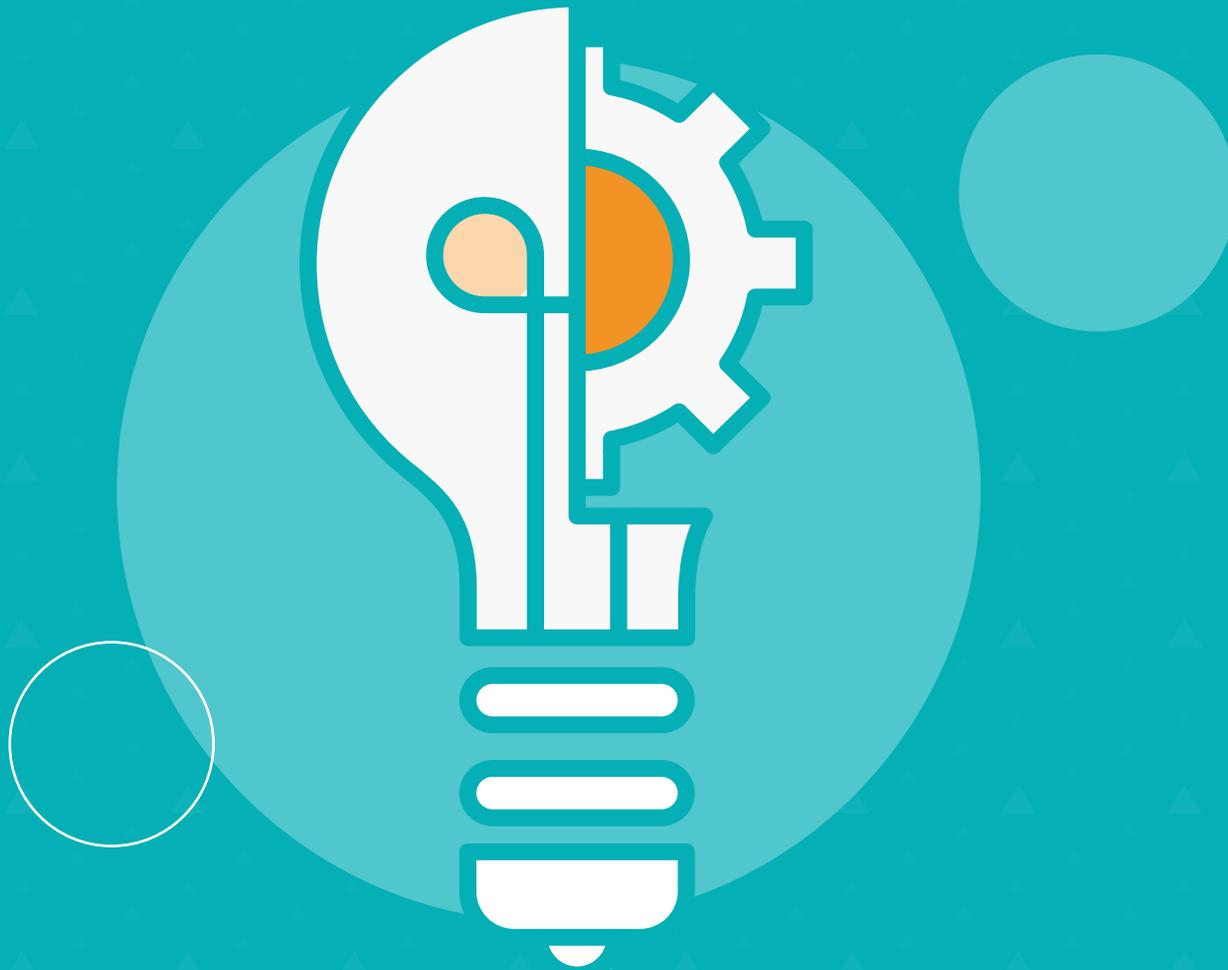


Control administrativo y señalización

Involucra medidas para reducir el tiempo de exposición al peligro. Constituye controles en gestión del recurso humano, señalización, sistemas de alarma y documentación.

De acuerdo con los diferentes mecanismos de recolección y manejo de residuos de bombillas, hay una gran variedad de actividades en la cadena de valor de los programas posconsumo dedicados a la corriente de residuos de bombillas que pueden ser categorizadas como críticas, teniendo en cuenta los resultados del diagnóstico realizado en el 2018. Este criterio se definió según el riesgo de liberación de mercurio.

En este manual se establecen diferentes controles para las buenas prácticas de manejo de residuos de bombillas en cada una de las actividades con el fin de prevenir el riesgo, tanto en el ambiente como en los seres vivos, de liberación y exposición al mercurio contenido en estos residuos.



2. Generación del residuo

En este capítulo se aborda la gestión interna que debe implementar el consumidor/generador de residuos de bombillas con contenido de mercurio y los mecanismos de recolección con los que cuenta para dar continuidad a la cadena de valor del residuo; es decir, para entregar al gestor de residuos.

2. 1. Generador residencial

Tabla 5. Controles para el generador residencial

Tipo de control	Descripción
 <p data-bbox="201 651 338 721">Control administrativo y señalización</p>	<p data-bbox="501 509 1877 583">Contar con contenedores de tamaño y capacidad adecuados para los residuos de bombillas que genera. En este caso, podrán usarse los empaques originales de las bombillas, cajas de cartón o recipientes plásticos con tapa que permitan proteger las bombillas y evitar su rompimiento y, en caso de ruptura, contener las partes de las bombillas, así como evitar que estas se dispersen.</p> <p data-bbox="501 703 1864 776">Contar con información sobre los mecanismos de recolección de los sistemas de recolección de bombillas disponibles. Esta consulta se puede realizar a través de la página web del Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible (www.minambiente.gov.co) o de la autoridad ambiental del sitio de generación; por ejemplo, la Secretaría Distrital de Ambiente en Bogotá.</p>
 <p data-bbox="205 1179 336 1222">Control sobre el individuo</p>	<p data-bbox="455 878 827 899">En caso de rompimiento, es necesario:</p> <ul data-bbox="455 930 1885 1284" style="list-style-type: none"> • Retirarse del lugar en donde se generó la ruptura y asegurar que niños y mascotas se mantengan fuera del área afectada. • Si se tiene aire acondicionado, apagar el sistema. • Abrir ventanas durante, al menos, 15 minutos antes de ventilar y renovar el aire. • No usar aspiradora para la recolección. • Utilizar guantes de caucho y evitar la inhalación de polvo en el aire tanto como sea posible. • En superficies duras, barrer todas las partículas y los fragmentos de vidrio con cartón rígido y ubicar todo, incluido el cartón, en una bolsa plástica. Limpiar el área con un paño húmedo y agregarlo a la bolsa. • En muebles suaves y alfombras, no usar paño húmedo, solo usar cinta adhesiva para recoger piezas pequeñas residuales o polvo y agregarla a la bolsa. • Evitar el uso de productos de limpieza del hogar para la limpieza de la bombilla rota, sin importar la baja cantidad de mercurio involucrado. • La bolsa de plástico debe ser lo suficientemente gruesa para que no se rompa. Una vez sellada, poner doble bolsa para minimizar cortes con vidrio roto. • La bolsa con todas las piezas rotas y los artículos de limpieza deben entregarse al programa posconsumo utilizando el mecanismo de recolección que mejor se ajuste a las necesidades. <p data-bbox="501 1390 1797 1438">Hay que asegurar que estos residuos no se mezclen con otro tipo de residuos para evitar la contaminación secundaria. De igual manera, diferenciar correctamente los tipos de tecnologías para disponerlas de manera adecuada.</p>

2. 2. Generador institucional

El generador institucional debe acogerse, como mínimo, a las siguientes prácticas, además de a las obligaciones que se mencionan en el Decreto 1076 de 2015, artículo 2.2.6.1.3.1., *Obligaciones del generador*, o a la norma que lo sustituya.

Tabla 6. Controles para el generador institucional

Tipo de control	Descripción	
 <p>Control administrativo y señalización</p>	<p>Desarrollar un protocolo o procedimiento de manejo de bombillas que incluya la recolección interna y el almacenamiento de estas. Este protocolo debe contener información sobre tipos de envases para los residuos, sitio de almacenamiento, señalización y rotulado, tiempos máximos de almacenamiento y frecuencias de entrega a los gestores de residuos o descripción del mecanismo de recolección utilizado para la entrega de residuos al programa posconsumo.</p>	<p>Rotular los residuos de manera clara y tener un soporte documental.</p> <p>Gráfico 7. Ejemplo de etiqueta</p> 
	<p>Contar o instalar contenedores de fácil limpieza, descontaminación y de tamaño y capacidad adecuados para los residuos de bombillas que genera. Algunos contenedores disponibles en el mercado son los tipo jaula o los de plástico que pueden servir de depósito de bombillas, en caso de ruptura, durante el transporte. Estos permiten fácil limpieza y control de exposición de mercurio en el ambiente derivado de la ruptura de las bombillas.</p>	
	<p>Embalar los residuos de bombillas de manera tal que se evite el rompimiento de estas. Usar cajas de cartón y contenedores plásticos o encintar con cinta <i>stretch</i> o vinipel tapando los extremos para prevenir que los tubos sueltos se salgan y se rompan.</p>	
	<p>Contar con hojas de seguridad de sustancias en el área de almacenamiento, en este caso las correspondientes a residuos de bombillas con contenido de mercurio, y asegurar el conocimiento y manejo correcto de estas por los trabajadores.</p>	

Continúa

Tipo de control	Descripción	Tipo de control	Descripción
 <p>Control administrativo y señalización</p>	<p>Tener un kit para control de derrames de mercurio en el área de almacenamiento, útil para limpiar pequeños derrames; es decir, menores a 25 ml. Estos kits deben contener guantes, gafas protectoras, polvo absorbente, esponjas para mercurio y una bolsa para depositar los residuos. En primera instancia, los derrames o liberaciones deben prevenirse.</p>	 <p>Control administrativo y señalización</p>	<p>Contar con protocolos de selección, adquisición, entrega y control de uso de elementos de protección personal (EPI) apropiados e incluir mecanismos de eliminación de EPI contaminados.</p>
	<p>Desarrollar e implementar el Sistema de Gestión de Seguridad y Salud en el Trabajo (SG-SST). Por ejemplo, la matriz de identificación de peligros y evaluación y control de riesgos debe ser actualizada y orientada a las exposiciones en actividades rutinarias. También se deben incluir todos los trabajadores que estén potencialmente expuestos al peligro o factor de riesgo; en este caso, a riesgo químico y exposición a mercurio. De igual manera, deben contar con procedimientos, protocolos, instructivos o manuales para la gestión del riesgo químico por mercurio. El sistema de vigilancia epidemiológica debe incluir características de seguimiento, exámenes médicos, exámenes o muestras biológicas que se requieran, frecuencias de toma y condiciones, siempre en concordancia con lo detectado en la matriz de riesgo.</p>		<p>Contar con un plan de emergencias, un documento transversal a las diferentes actividades en el que se debe incluir la respuesta a emergencias de ruptura de bombillas, la elaboración de protocolos, procedimientos o instructivos, y la socialización y seguimiento al cumplimiento. Este debe ser aplicable a cada uno de los centros de trabajo de la empresa en la que se realiza el proceso de manera completa o parcial.</p> <p>Contar con información sobre los mecanismos de recolección de los sistemas de recolección de bombillas disponibles (programas posconsumo). Esta consulta se puede realizar a través de la página web del Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible (www.minambiente.gov.co) o de la autoridad ambiental del sitio de generación; por ejemplo, la Secretaría Distrital de Ambiente en Bogotá.</p>
	<p>Establecer límites claros sobre la capacidad del área de almacenamiento y la periodicidad de traslado de los residuos. Se debe procurar durar el menor tiempo posible con estos residuos almacenados para evitar el riesgo de ruptura y la liberación del mercurio.</p>	<p>Capacitar a los trabajadores que por su actividad tengan contacto con este tipo de residuos. Esta capacitación deberá tener énfasis en exposición y control del riesgo, reconocimiento y notificación de signos y síntomas de alarma y respuesta a eventos de ruptura de bombillas.</p>	
	<p>Desarrollar e implementar un procedimiento de limpieza y descontaminación de áreas y superficies, el cual debe referenciar las frecuencias de realización para que no se acumulen los metales en las diferentes superficies, ya que este caso representa una exposición continua e innecesaria para los trabajadores (OSHA, 2012).</p>	 <p>Control sobre el individuo</p>	

Tipo de control	Descripción
 <p data-bbox="199 950 325 998">Control sobre el individuo</p>	<p data-bbox="415 300 787 324">En caso de rompimiento, es necesario:</p> <ul data-bbox="415 349 1039 1185" style="list-style-type: none"> <li data-bbox="415 349 934 373">• Retirarse del lugar en donde se generó la ruptura. <li data-bbox="415 397 934 422">• Si se tiene aire acondicionado, apagar el sistema. <li data-bbox="415 446 955 495">• Abrir ventanas durante, al menos, 15 minutos antes de limpiar. <li data-bbox="415 519 829 544">• No usar aspiradora para la recolección. <li data-bbox="415 568 1039 625">• Utilizar el kit para el control de derrames de mercurio evitando la inhalación de polvo en el aire tanto como sea posible. <li data-bbox="415 649 1039 755">• En superficies duras, barrer todas las partículas y los fragmentos de vidrio con cartón rígido y ubicar todo, incluido el cartón, en una bolsa plástica. Limpiar el área con un paño húmedo y agregarlo a la bolsa. <li data-bbox="415 779 1039 852">• En muebles suaves y alfombras, no usar paño húmedo, solo cinta adhesiva para recoger piezas pequeñas residuales o polvo y agregarla a la bolsa. <li data-bbox="415 876 1018 958">• Evitar el uso de productos de limpieza del área de trabajo para la limpieza de la bombilla rota, sin importar la baja cantidad de mercurio involucrado. <li data-bbox="415 982 1018 1063">• La bolsa de plástico debe ser lo suficientemente gruesa para que no se rompa. Una vez sellada, debe ponerse doble bolsa para minimizar cortes por vidrio roto. <li data-bbox="415 1088 1018 1185">• La bolsa con todas las piezas rotas y los artículos de limpieza deben entregarse al mecanismo de recolección del sistema de recolección de bombillas disponible junto con los demás residuos de bombillas. <p data-bbox="415 1315 1039 1421">Hay que asegurar que estos residuos no se mezclen con otro tipo de residuos para evitar la contaminación cruzada. De igual manera, diferenciar correctamente los tipos de tecnologías para disponerlas de manera adecuada.</p>



EN CASO DE QUE SE ROMPAN LAS BOMBILLAS SIGUE LAS SIGUIENTES INSTRUCCIONES:

- 1 Mantén alejados a los niños y mascotas.** La cantidad de mercurio contenido dentro de la bombilla es menor que la cantidad contenida dentro de un termómetro convencional.
- 2 NO entres en PÁNICO** La cantidad de mercurio contenido dentro de la bombilla es menor que la cantidad contenida dentro de un termómetro convencional.
- 3 APAGA el aire acondicionado, calefacción o ventilación. SI SE ENCUENTRAN ENCENDIDOS.**
- 4 Abre las ventanas y deja ventilar por unos 15 minutos.**
- 5 Recoge con cuidado** Los fragmentos del vidrio y polvo usando papel rígido o cartón. (No utilices la escoba, el recogedor o la aspiradora para evitar que los fragmentos queden allí). Luego colócalos en una bolsa plástica que pueda sellarse y que no corra peligro de romperse. Usa guantes y protección personal para hacer el proceso de recogida. Limpia el área con papel húmedo y bota los residuos dentro de la misma bolsa, luego sállala. Los demás restos recógelos con cinta adhesiva e igualmente colócalos dentro de la bolsa.

Desecha las bolsas en los puntos de recolección descritos por Lúmina y así colaboras con el medio ambiente.

L-Ú-MINA



3. Recolección y transporte

En este capítulo se aborda el manejo que deben implementar los consumidores/generadores de residuos de bombillas que realizan el transporte de estas hasta un centro de acopio o un contenedor y los gestores de RESPEL.

3.1. Generador institucional

3.1.1. Requisitos del vehículo

Tabla 7. Controles para el vehículo de transporte del generador institucional

Tipo de control	Descripción	Tipo de control	Descripción
 <p>Control administrativo y señalización</p>	Organizar y asegurar la carga. Existen dispositivos al interior del vehículo para asegurar la carga con el fin de prevenir la posible ruptura de las bombillas durante el movimiento del vehículo.	 <p>Control sobre el individuo</p>	<p>En caso de rompimiento durante el transporte, es necesario:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Retirarse del lugar en donde se generó la ruptura. • Utilizar guantes de caucho y evitar la creación e inhalación de polvo en el aire tanto como sea posible. • En superficies duras, recoger todas las partículas y los fragmentos de vidrio con cartón rígido y ubicar todo, incluido el cartón, en una bolsa plástica. Con cinta adhesiva recoger las piezas pequeñas residuales o polvo y agregarla a la bolsa. Limpiar el área con un paño húmedo y agregarlo a la bolsa. • La bolsa de plástico debe ser lo suficientemente gruesa para que no se rompa. Una vez sellada, debe ponerse doble bolsa para minimizar cortes por vidrio roto. • La bolsa con todas las piezas rotas y los artículos de limpieza debe entregarse con los demás residuos de bombillas.
	Separar los diferentes residuos recolectados al interior del vehículo, si es el caso.		
	Contar con hojas de seguridad de las sustancias transportadas en el vehículo, en este caso las correspondientes a residuos de bombillas con contenido de mercurio, y asegurar el conocimiento y manejo correcto de estas por los trabajadores.		
 <p>Control sobre el individuo</p>	No permitir el consumo de alimentos ni bebidas en el vehículo.		

3.1.2. Integridad física del residuo

Tabla 8. Controles para la integridad física del residuo en el vehículo de transporte del generador institucional

Tipo de control	Descripción
 <p>Control administrativo y señalización</p>	Implementar las condiciones que los generadores de residuos deben cumplir en relación con los requerimientos de embalaje, rotulado y entrega. Estos deben ser claros y tener un soporte documental.
	Verificar los documentos y las actas de entrega (conteo/pesaje).
	Contar con un protocolo o procedimiento para el manejo de bombillas que incluya el transporte y emergencias. Este es un documento en el que se debe incluir la respuesta a emergencias de ruptura de bombillas.

3.1.3. Prácticas ocupacionales con trabajadores

Tabla 9. Controles ocupacionales con los trabajadores en el vehículo de transporte del generador institucional

Tipo de control	Descripción
 <p>Control administrativo y señalización</p>	Contar con protocolos de selección, adquisición, entrega y control de uso de EPI apropiados e incluir mecanismos de eliminación de EPI contaminados.
 <p>Control sobre el individuo</p>	Capacitar a los trabajadores que por su actividad tengan contacto con este tipo de residuos. Esta capacitación deberá tener énfasis en exposición y control del riesgo, reconocimiento y notificación de signos y síntomas de alarma y respuesta a eventos de ruptura de bombillas.

3.2. Gestor de residuos peligrosos

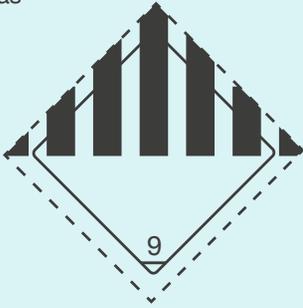
El gestor de RESPEL debe acogerse, como mínimo, a las siguientes prácticas, además de lo establecido en la Resolución 1511 de 2010, que indica que el transporte de las bombillas debe ser realizado de acuerdo con los lineamientos establecidos en el Decreto 1609 de 2002, ahora contenido en el Decreto Único Reglamentario de Transporte 1079 de 2015, Capítulo 7, Sección 8 (Ministerio de Transporte, 2015), el cual señala los requerimientos para el transporte de mercancías o RESPEL.

3.2.1. Requisitos del vehículo

Tabla 10. Controles para el vehículo de transporte del gestor de RESPEL

Tipo de control	Descripción
 <p data-bbox="184 1105 331 1182">Control administrativo y señalización</p>	<p data-bbox="447 813 993 889">Ningún vehículo automotor que transporte mercancías peligrosas podrá transitar por las vías públicas con carga que sobresalga por su extremo delantero.</p> <p data-bbox="447 1068 993 1349">En cuanto a los requisitos de las unidades de transporte, se deberán acatar las siguientes instrucciones: Rótulos de identificación de acuerdo con lo estipulado en la Norma Técnica Colombiana 1692, Anexo N.º 1, para cada clase de material peligroso. Para camiones, remolques y semirremolques tipo tanque, los rótulos deben estar fijos, mientras que para las demás unidades de transporte estos serán removibles. Los rótulos deben estar ubicados a 2 metros de distancia en la parte lateral de la unidad de transporte y a una altura media que permita su lectura, y deben ser de material reflectivo.</p> <div data-bbox="1115 769 1671 797"> <p>Gráfico 8. Rótulos transporte exclusivo de bombillas</p> </div>  <div data-bbox="1541 850 1948 1409"> <p>N.º: 6,1</p> <p>División: 6,1</p> <p>Sustancias tóxicas Símbolo: calavera y tibias cruzadas en negro</p> <p>Fondo: blanco</p> <p>Cifra: 6 en el ángulo inferior</p> <p>De acuerdo con la NTC 1692, las bombillas fluorescentes, por su contenido de mercurio, son clasificadas como una sustancia tóxica clase 6 cuando el vehículo es exclusivo para el transporte de este tipo de residuos.</p> </div>

Continúa

Tipo de control	Descripción
 <p>Control administrativo y señalización</p>	<p>Gráfico 9. Rótulos transporte misceláneo de bombillas</p>  <div data-bbox="1066 324 1915 641" style="border: 1px solid black; padding: 10px;"> <p>N.º: 9 Símbolo: 7 franjas verticales en la mitad superior en negro Fondo: blanco Cifra: 9 subrayada en el ángulo inferior De acuerdo con la NTC 1692, los vehículos que transportan mercancías peligrosas de diferente tipo, pero compatibles en cantidades limitadas, deben estar rotulados con el símbolo de clase 9.</p> </div>
	<p>Gráfico 10. Rótulos UN para el transporte exclusivo de bombillas</p>  <div data-bbox="1066 933 1915 982" style="border: 1px solid black; padding: 5px;"> <p>Sólido inorgánico tóxico, no especificado en otra parte (NEP).</p> </div>
	<p>Gráfico 11. Rótulos UN para el transporte misceláneo de bombillas</p>  <div data-bbox="1066 1039 1915 1445" style="border: 1px solid black; padding: 10px;"> <p>Materia sólida potencialmente peligrosa para el medio ambiente, NEP.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Elementos básicos para atención de emergencias. Tales como extintor de incendios, ropa protectora, linterna, botiquín de primeros auxilios, equipo para recolección y limpieza, material absorbente y los demás equipos y dotaciones especiales de acuerdo con lo estipulado en la tarjeta de emergencia. • Tener el sistema eléctrico con dispositivos que minimicen los riesgos de chispas o explosiones. • Portar mínimo 2 extintores tipo multipropósito de acuerdo con el tipo y la cantidad de mercancía peligrosa transportada, uno en la cabina y los demás cerca de la carga, en un sitio de fácil acceso en caso de emergencia. • Contar con un dispositivo sonoro que se active cuando el vehículo se encuentre en movimiento de reversa. • En ningún caso un vehículo cargado con mercancías peligrosas puede circular con más de un remolque o semirremolque. </div>

Continúa

Tipo de control	Descripción			
 <p>Control administrativo y señalización</p>	<p>Existencia de procedimientos de mantenimiento preventivo y correctivo de equipos de tratamiento de bombillas, que incluya formato de permiso de trabajo para actividad peligrosa no rutinaria.</p>	<p>En caso de rompimiento, es necesario:</p> <table border="1" data-bbox="1096 383 1919 532"> <tr> <td data-bbox="1096 383 1493 532">Retirarse del lugar en donde se generó la ruptura.</td> <td data-bbox="1493 383 1919 532">Si se tiene aire acondicionado, apagar el sistema.</td> </tr> </table>	Retirarse del lugar en donde se generó la ruptura.	Si se tiene aire acondicionado, apagar el sistema.
	Retirarse del lugar en donde se generó la ruptura.	Si se tiene aire acondicionado, apagar el sistema.		
	<p>Los carros de transporte deben tener disponible el kit para control de derrames de mercurio, útil para limpiar pequeños derrames; es decir, menores a 25 ml. Estos kits deben contener guantes, gafas protectoras, polvo absorbente, esponjas para mercurio y una bolsa para depositar los residuos. En primera instancia, los derrames o liberaciones deben prevenirse.</p>	<table border="1" data-bbox="1096 578 1919 727"> <tr> <td data-bbox="1096 578 1493 727">Abrir puertas y ventanas durante, al menos, 15 minutos antes de limpiar.</td> <td data-bbox="1493 578 1919 727">No usar aspiradora para la recolección.</td> </tr> </table>	Abrir puertas y ventanas durante, al menos, 15 minutos antes de limpiar.	No usar aspiradora para la recolección.
	Abrir puertas y ventanas durante, al menos, 15 minutos antes de limpiar.	No usar aspiradora para la recolección.		
	<p>Desarrollo e implementación de procedimiento de limpieza y descontaminación del carro transportador y de sus áreas y superficies. Este procedimiento debe referenciar las frecuencias de realización para que no se acumulen los metales en las diferentes superficies, ya que este caso representa una exposición continua e innecesaria para los trabajadores (OSHA, 2012).</p>	<table border="1" data-bbox="1096 763 1919 1039"> <tr> <td data-bbox="1096 763 1493 1039">Utilizar el kit para el control de derrames de mercurio evitando la creación e inhalación de polvo en el aire tanto como sea posible.</td> <td data-bbox="1493 763 1919 1039">En superficies duras, barrer todas las partículas y los fragmentos de vidrio con cartón rígido y ubicar todo, incluido el cartón, en una bolsa plástica. Limpiar el área con un paño húmedo y agregarlo a la bolsa.</td> </tr> </table>	Utilizar el kit para el control de derrames de mercurio evitando la creación e inhalación de polvo en el aire tanto como sea posible.	En superficies duras, barrer todas las partículas y los fragmentos de vidrio con cartón rígido y ubicar todo, incluido el cartón, en una bolsa plástica. Limpiar el área con un paño húmedo y agregarlo a la bolsa.
Utilizar el kit para el control de derrames de mercurio evitando la creación e inhalación de polvo en el aire tanto como sea posible.	En superficies duras, barrer todas las partículas y los fragmentos de vidrio con cartón rígido y ubicar todo, incluido el cartón, en una bolsa plástica. Limpiar el área con un paño húmedo y agregarlo a la bolsa.			
<p>No debe permitirse el consumo de alimentos en el vehículo.</p>	<table border="1" data-bbox="1096 1088 1919 1299"> <tr> <td data-bbox="1096 1088 1493 1299">Evitar el uso de productos de limpieza general para la limpieza de la bombilla rota, sin importar la baja cantidad de mercurio involucrado.</td> <td data-bbox="1493 1088 1919 1299">La bolsa de plástico debe ser lo suficientemente gruesa para que no se rompa. Una vez sellada, debe ponerse doble bolsa para minimizar cortes por vidrio roto.</td> </tr> </table>	Evitar el uso de productos de limpieza general para la limpieza de la bombilla rota, sin importar la baja cantidad de mercurio involucrado.	La bolsa de plástico debe ser lo suficientemente gruesa para que no se rompa. Una vez sellada, debe ponerse doble bolsa para minimizar cortes por vidrio roto.	
Evitar el uso de productos de limpieza general para la limpieza de la bombilla rota, sin importar la baja cantidad de mercurio involucrado.	La bolsa de plástico debe ser lo suficientemente gruesa para que no se rompa. Una vez sellada, debe ponerse doble bolsa para minimizar cortes por vidrio roto.			
	<table border="1" data-bbox="1096 1347 1919 1445"> <tr> <td data-bbox="1096 1347 1919 1445">La bolsa con todas las piezas rotas y los artículos de limpieza debe llevarse al centro de acopio del gestor de RESPEL.</td> </tr> </table>	La bolsa con todas las piezas rotas y los artículos de limpieza debe llevarse al centro de acopio del gestor de RESPEL.		
La bolsa con todas las piezas rotas y los artículos de limpieza debe llevarse al centro de acopio del gestor de RESPEL.				

3.2.2. Integridad física del residuo

Tabla 11. Controles para conservar la integridad física del residuo en el vehículo de transporte del gestor de RESPEL

Tipo de control	Descripción	
 <p data-bbox="184 1013 323 1084">Control administrativo y señalización</p>	<p data-bbox="499 529 1100 581">Elaborar, socializar y hacer seguimiento al cumplimiento del procedimiento o protocolo de recibo y transporte de bombillas.</p>	<p data-bbox="1283 505 1898 605">Establecer y comunicar las condiciones para los generadores de residuos en términos de cumplimiento de los requerimientos de embalaje, rotulado y entrega. Estos deben ser claros y tener un soporte documental.</p>
	<p data-bbox="499 712 1108 889">Todos los vehículos que transporten mercancías peligrosas en contenedores por las vías públicas del territorio nacional deberán fijar estos contenedores al vehículo con dispositivos de sujeción utilizados especialmente para dicho fin y así garantizar la seguridad y estabilidad de la carga durante su transporte. Esto para prevenir la posible ruptura de las bombillas durante el movimiento del vehículo.</p>	<p data-bbox="1283 764 1866 836">Durante la recolección y el cargue, verificar condiciones de embalaje como etiquetado y estado de las cajas o empaques contenedores.</p>
	<p data-bbox="499 1005 1079 1076">Cada contenedor deberá estar asegurado al vehículo por los dispositivos necesarios, los cuales estarán dispuestos, como mínimo, en cada una de las cuatro esquinas del contenedor.</p>	<p data-bbox="1283 1016 1797 1068">Verificar documentos, actas de entrega y entrega total (conteo/pesaje).</p>
	<p data-bbox="499 1187 1094 1258">Cuando un cargamento incluya mercancías no peligrosas y mercancías peligrosas que sean compatibles, estas deben ser estibadas por separado.</p>	<p data-bbox="1283 1200 1892 1252">Establecer límites claros sobre la capacidad del vehículo para el transporte de estos residuos y así prevenir su posible ruptura.</p>
	<p data-bbox="499 1385 1892 1437">Establecer e implementar un plan de emergencias que incluya la respuesta a eventos de ruptura de bombillas, así como su socialización y seguimiento al cumplimiento. Este plan debe ser aplicable a cada uno de los centros de trabajo de la empresa en la que se realiza el proceso de manera completa o parcial.</p>	

3.2.3. Prácticas ocupacionales con trabajadores

Tabla 12. Controles ocupacionales con los trabajadores en el vehículo de transporte del gestor de RESPEL

Tipo de control	Descripción
 <p data-bbox="191 834 327 906">Control administrativo y señalización</p>	<p data-bbox="499 475 1808 524">Usar elementos desechables de protección para la limpieza, como guantes, polainas, gorros y respiradores para vapores de mercurio. Su descripción debe incluirse en el plan de emergencias.</p> <p data-bbox="499 596 1850 670">Documentar e implementar un procedimiento de selección, adquisición, entrega y control de uso de EPI apropiados e incluir mecanismos de eliminación de EPI contaminados. Incluir en el proceso de selección y adquisición de EPI certificaciones de organismos de referencia, como el Instituto Nacional para la Seguridad y Salud Ocupacional (NIOSH), que aseguren sus condiciones.</p> <p data-bbox="499 699 1885 797">La norma técnica de prevención del Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo (INHST) 787 (INHST, 2008) refiere que los respiradores para mercurio tipo Hg P3 constan de un filtro especial de alta eficacia y deben tener especificaciones por el proveedor como identificación del fabricante, número y fecha de norma que cumple, marcado CE del número del organismo notificador, tipo clase, color de código —en este caso, rojo-blanco— con particularidad de duración máxima de 50 horas, año y mes de caducidad y condiciones de almacenamiento.</p> <p data-bbox="499 865 1864 940">Establecer la frecuencia de cambio de los EPI de acuerdo con la exposición. Entre los EPI se encuentran gafas, respiradores, guantes anticorte, guantes de vaqueta, protección corporal completa (de preferencia de Tyvek) y botas de seguridad. Así mismo, establecer el control de uso y de mantenimiento y la adecuada manipulación de ropa contaminada, de suma importancia para proteger a los trabajadores y sus familias.</p> <p data-bbox="499 969 1875 1044">Adecuar áreas para que el personal se cambie la ropa de uso personal por la de trabajo. Se recomienda utilizar dos casilleros, uno destinado exclusivamente a la ropa de uso personal y otro a la de trabajo, para evitar cualquier escenario de contaminación cruzada. Ante una situación de contaminación de prendas de vestir o de trabajo, se recomienda no sacudir (D, C y E, 2017).</p>
 <p data-bbox="201 1354 331 1403">Control sobre el individuo</p>	<p data-bbox="499 1117 1839 1166">Capacitar a los trabajadores en la ejecución de las actividades en cada etapa del proceso, inducción y reinducción al cargo, con énfasis en exposición y control del riesgo, reconocimiento y notificación de signos y síntomas de alarma y respuesta a eventos de ruptura de bombillas.</p> <p data-bbox="499 1268 1871 1317">Evaluar los niveles biológicos de mercurio en la orina. La frecuencia de estos exámenes estará determinada por el grado de exposición de los trabajadores, de acuerdo con los valores umbral límite (TLV) de la Conferencia Americana de Higienistas Industriales Gubernamentales (ACGIH), así:</p> <ul data-bbox="453 1346 1871 1446" style="list-style-type: none"> • La valoración de mercurio en orina se debe realizar a todos los trabajadores en un área de exposición a mercurio. Se recomienda realizarla antes de su vinculación al cargo, de forma obligatoria periódicamente y posterior a su vinculación. • A los trabajadores expuestos a menos de los niveles recomendados de vapor de mercurio en aire la prueba se deberá realizar cada 6 meses. • A los trabajadores expuestos a vapores de mercurio o compuestos inorgánicos sobre el TLV el análisis en orina se deberá realizar cada 3 meses.



4. Almacenamiento y acopio

En este capítulo se aborda el manejo que deben implementar los gestores de residuos de iluminación frente a las instalaciones locativas y la gestión para el almacenamiento y acopio de residuos de bombillas con contenido de mercurio. Puesto que dichos residuos son catalogados como RESPEL o residuos de manejo especial, dependiendo del tipo de tecnología que se esté manejando, estos gestores deben contar con una licencia ambiental otorgada por la autoridad ambiental encargada de la jurisdicción donde se realice almacenamiento superior a 32 m³. De acuerdo con las condiciones y la disponibilidad de recursos de los generadores institucionales, estos también podrán aplicar las recomendaciones descritas en este capítulo.

4.1. Instalaciones locativas

Para el almacenamiento de las bombillas se requiere del cumplimiento de los lineamientos establecidos en el Decreto 4741 de 2005, ahora contenido en el Decreto Único Reglamentario Ambiental 1076 de 2015 (Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, 2015) y la Resolución 1511 del 2010. Estos residuos deben estar almacenados en un sitio o cuarto —de preferencia protegido de la intemperie— que permita la separación de acuerdo con la compatibilidad con otro tipo de residuos, así mismo deben ser ventilados natural o artificialmente, contar con buena iluminación, demarcación y señalización de residuos y con medidas y elementos mínimos para el control y atención de emergencias —como incendios, derrames, entre otros—.

Tabla 13. Controles para las instalaciones locativas del sitio de almacenamiento

Tipo de control	Descripción
 <p>Control de ingeniería</p>	<p>Adecuar las áreas de almacenamiento para que sean espacios delimitados, cerrados, separados y de acceso controlado o restringido, y que cuenten con sistemas de ventilación localizada con filtros para el control de la emisión de mercurio al exterior en caso de ruptura de bombillas. Aunque estas áreas deben ser distintas a las de tratamiento, se recomienda que sean cercanas para facilitar recorridos cortos de transporte y de evitar posibles diseminaciones de contaminación a otras áreas.</p> <p>Controlar los flujos de aire para evitar el desplazamiento del mercurio derivado de la ruptura a otras áreas generando contaminación secundaria.</p>
 <p>Control administrativo y señalización</p>	<p>Evaluar las concentraciones de mercurio mediante controles periódicos que cumplan con protocolos estandarizados de organismos internacionales (NIOSH, 1994) y que permitan mantener los niveles bajo monitoreo.</p> <p>Establecer límites claros sobre la capacidad del área de almacenamiento y la periodicidad de traslado de los residuos para su tratamiento.</p> <p>Señalar las áreas según la NTC 1461, en la cual se establecen los colores y las señales de seguridad para la prevención de accidentes y riesgos contra la salud.</p> <p>Tener disponible y a la mano el kit para control de derrames de mercurio. Estos kits deben contener guantes, gafas protectoras, polvo absorbente, esponjas para mercurio y una bolsa para depositar los residuos. En primera instancia, los derrames o liberaciones deben prevenirse.</p>

Continúa

Tipo de control	Descripción
 <p data-bbox="184 943 331 1019">Control administrativo y señalización</p>	<p>Contar con hojas de seguridad en el área de almacenamiento, en este caso las correspondientes a residuos de bombillas con contenido de mercurio, así como asegurar el conocimiento y manejo correcto de estas por los trabajadores.</p>
	<p>Usar elementos desechables de protección para la limpieza, como guantes, polainas, gorros y respiradores para vapores de mercurio. Su descripción debe incluirse en el plan de emergencias.</p>
	<p>Garantizar el orden en el sitio de almacenamiento de los residuos de bombillas; es decir, estos deben estar etiquetados, embalados y estibados de manera que no se presenten rupturas. Podrá usar cajas de cartón y contenedores plásticos o encintar, con cinta <i>stretch</i> o vinipel, tapando los extremos para prevenir que los tubos sueltos se salgan y se rompan.</p>
	<p>Desarrollar e implementar un procedimiento de limpieza y descontaminación de áreas y superficies en las que se realiza el almacenamiento. El procedimiento debe referenciar las frecuencias de realización para que no se acumulen residuos con mercurio en las diferentes superficies, ya que este caso representa una exposición continua e innecesaria para los trabajadores (OSHA, 2012).</p>
	<p>No permitir el consumo de alimentos ni bebidas en las áreas de trabajo.</p>
	<p>Gestionar todos los residuos impropios, los que no están clasificados como bombillas con contenido de mercurio, evaluando sus características de residuo. Estos pueden ser materiales de empaque o embalaje, otros tipos de tecnologías de bombillas, otros RAEE, residuos ordinarios y cualquier otro tipo de residuos que no se encuentre en el marco de la Resolución 1511 de 2010.</p>

4.2. Integridad física del residuo

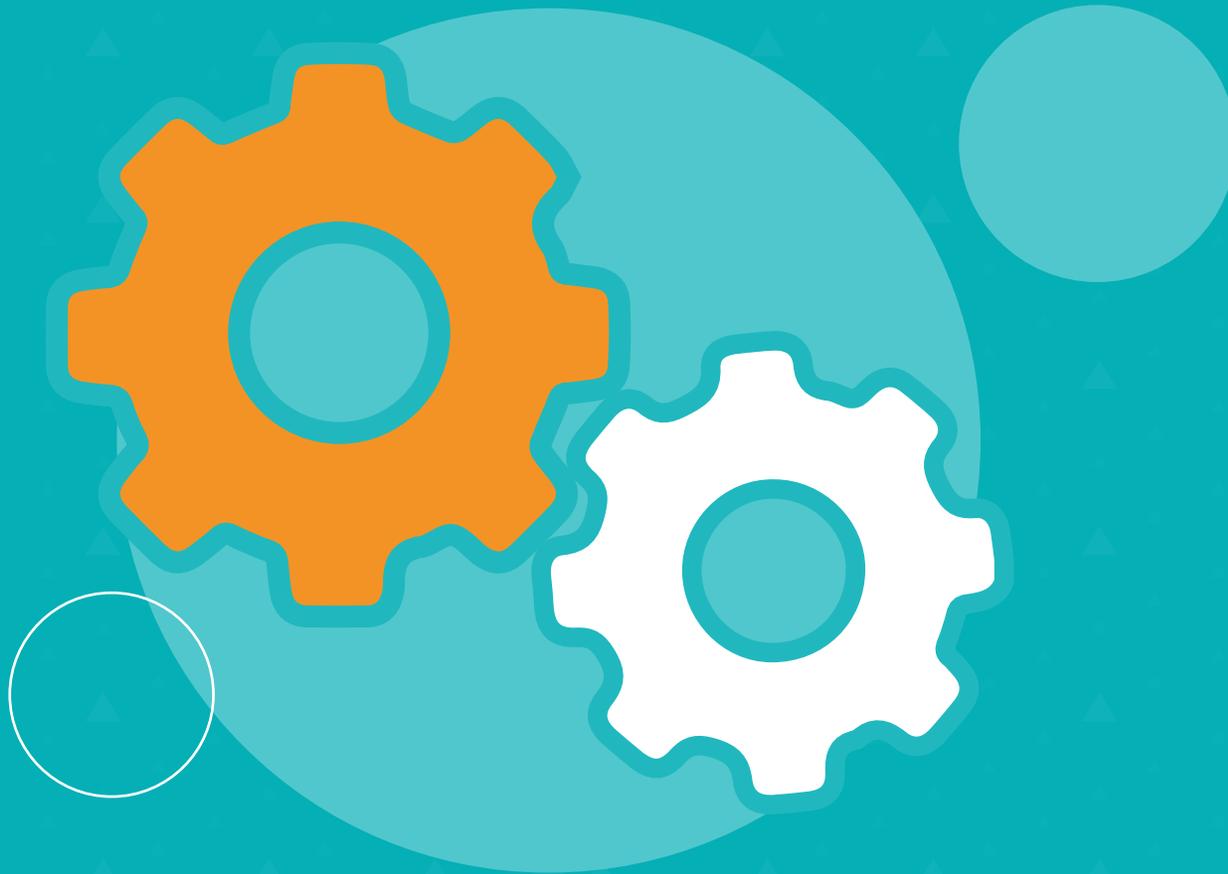
Tabla 14. Controles para conservar la integridad física del residuo en el sitio de almacenamiento

Tipo de control	Descripción
 <p data-bbox="1434 1065 1581 1141">Control administrativo y señalización</p>	<p>Realizar una clasificación de los diferentes tipos, tamaños, formas y tecnologías de las bombillas.</p>
	<p>Establecer e implementar un plan de emergencias en el que se debe incluir la respuesta a eventos de ruptura de bombillas, así como su socialización y seguimiento al cumplimiento. Este plan debe ser aplicable a cada uno de los centros de trabajo de la empresa en la que se realiza el proceso de manera completa o parcial.</p>
	<p>Verificar las condiciones de embalaje, como etiquetado y estado de las cajas contenedoras. En caso de almacenamiento de bombillas rotas, utilizar contenedores de plástico que permitan el control de exposición a vapores de mercurio en el ambiente. De requerirse, se debe considerar la instalación de dispositivos de aseguramiento de los contenedores para prevenir sobreapilamiento y caídas de los mismos que causen accidentes y ruptura de las bombillas.</p>

4.3. Prácticas ocupacionales con trabajadores

Tabla 15. Controles ocupacionales con los trabajadores en el sitio de almacenamiento

Tipo de control	Descripción	Tipo de control	Descripción
 <p>Control administrativo y señalización</p>	<p>Evaluar las concentraciones de mercurio mediante controles periódicos que cumplan con protocolos estandarizados de organismos internacionales (NIOSH, 1994) y que permitan mantener los niveles bajo monitoreo. Se debe contar con mediciones de ambiente de trabajo que permitan conocer los niveles de exposición y evidenciar el control del riesgo de acuerdo con las medidas y controles instaurados. Colombia acoge las recomendaciones de la ACGIH; es decir, TLV para mercurio elemental e inorgánico de 0,025 mg/m³ que equivalen a 25.000 ng/m³. Si los niveles de exposición no pueden disminuirse a través de estos controles o se sobrepasan de manera sistemática los TLV, se debe rotar el personal a cargo de la actividad o modificar las jornadas laborales para disminuir la exposición de los trabajadores.</p>	 <p>Control sobre el individuo</p>	<p>Establecer la frecuencia de cambio de los elementos de protección personal de acuerdo con la exposición. Entre estos elementos se encuentran gafas, respiradores, guantes anticorte, guantes de vaqueta, protección corporal completa (de preferencia Tyvek) y botas de seguridad. Así mismo, establecer control de uso y de mantenimiento y adecuada manipulación de ropa contaminada, de suma importancia para proteger a los trabajadores y sus familias.</p> <p>Adecuar áreas para que el personal se cambie la ropa de uso personal por la de trabajo. Se recomienda utilizar dos casilleros, uno destinado exclusivamente a la ropa de uso personal y otro a la de trabajo, para evitar cualquier escenario de contaminación cruzada. Ante una situación de contaminación de prendas de vestir o de trabajo, se recomienda no sacudir (D, C y E, 2017).</p>
	<p>Desarrollar y monitorear programas de control del riesgo químico con énfasis en sustancias peligrosas y sistemas de vigilancia epidemiológica.</p>		<p>Capacitar a los trabajadores en la ejecución de las actividades en cada etapa del proceso, inducción y reinducción al cargo, con énfasis en exposición y control del riesgo, reconocimiento y notificación de signos y síntomas de alarma y respuesta a eventos de ruptura de bombillas.</p>
	<p>Contar con un protocolo de selección, adquisición, entrega y control de uso de EPI apropiados e incluir mecanismos de eliminación de EPI contaminados.</p>		<p>Evaluar los niveles biológicos de mercurio en la orina. La frecuencia de estos exámenes estará determinada por el grado de exposición de los trabajadores, de acuerdo con los TLV de la ACGIH, así:</p> <ul style="list-style-type: none"> • La valoración de mercurio en orina se debe realizar a todos los trabajadores en un área de exposición a mercurio, como mínimo, semestralmente. • A los trabajadores expuestos a menos de los niveles recomendados de vapor de mercurio en aire, la prueba se deberá realizar cada 6 meses. • A los trabajadores expuestos a vapores de mercurio o compuestos inorgánicos sobre el TLV, el análisis se deberá realizar cada 3 meses.
	<p>Incluir en el protocolo de selección y adquisición de EPI certificaciones de organismos de referencia, como NIOSH, que aseguren sus condiciones. La norma técnica de prevención del INHST 787 (INHST, 2008) refiere que los respiradores para mercurio tipo Hg P3 constan de un filtro especial de alta eficacia, el cual debe tener especificaciones por el proveedor como identificación del fabricante, número y fecha de norma que cumple, marcado CE del número del organismo notificador, tipo clase, color de código —en este caso, rojo-blanco— con particularidad de duración máxima de 50 horas, año y mes de caducidad y condiciones de almacenamiento.</p>		



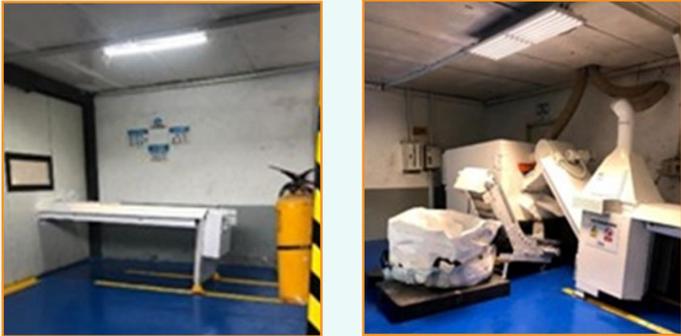
5. Tratamiento

En este capítulo se establecen las mejores tecnologías disponibles para el tratamiento de residuos de bombillas con contenido de mercurio y los requisitos mínimos que los gestores de RESPEL deben implementar para realizar el proceso de tratamiento de manera segura para el ambiente y las personas. En primera instancia, estos gestores deben contar con una licencia ambiental otorgada por la autoridad ambiental competente en la jurisdicción en la que se realiza el tratamiento.

Tabla 16. Tecnologías disponibles para el tratamiento de residuos de bombillas

Tipo de tecnología	
Descripción	Equipo de trituración, captura y neutralización, a través de filtros con carbón activado, de vapores liberados durante la trituración controlada de las bombillas. Este equipo encaja en un tambor de 55 galones que puede contener hasta 1.350 bombillas trituradas para reducir los requerimientos de almacenamiento y manipulación antes del reciclado.
<p>Gráfico 12. <i>Bulb-eater</i></p>  <p>Fuente: Air Cycle Corporation.</p>	

Tipo de tecnología	
Descripción	Equipo de trituración con filtros de aire con ventiladores para eliminar polvo de hasta 5 micras y con un segundo filtro de carbono activado para eliminar, de forma segura, el vapor de mercurio y permitir que salga aire limpio a la atmósfera. Estos filtros garantizan que el triturador funcione con presión negativa y previenen el escape de vapor de mercurio no controlado.
<p>Gráfico 13. <i>Balcan</i></p>  <p>Fuente: Balcan Safety Every Time, 2018.</p>	

Tipo de tecnología	
Descripción	En el equipo de trituración Tromel entran residuos de bombillas enteros y triturados. A través de un sistema de inyección de aire a presión y de succión de aire se desprende el polvo fluorescente y el mercurio.
<p>Gráfico 14. Tromel</p> 	

Tipo de tecnología: Destilador simple	
Descripción	Equipo de desmercurización que realiza un proceso de destilación simple. Las bombillas de tecnología fluorescente ingresan al equipo para ser trituradas dentro del horno en cámara hermética, luego la temperatura se eleva para alcanzar el punto de fusión del mercurio y que este se evapore. Los vapores resultantes de esta actividad son succionados mediante un conjunto de bombas de vacío y los gases pasan por un intercambiador de calor y se condensan utilizando nitrógeno líquido a una temperatura de $-193\text{ }^{\circ}\text{C}$. A través de una trampa se recolecta el mercurio (Corporación Autónoma Regional de Valle del Cauca, 2011).

5.1. Requisitos de los equipos de tratamiento

Tabla 17. Controles para los equipos de tratamiento

Tipo de control	Descripción
 <p>Control de ingeniería</p>	<p>De acuerdo con las características del equipo se deben instalar o cambiar los filtros u otros elementos que contengan el vapor de mercurio de las bombillas durante el tratamiento para evitar que el mercurio se libere al ambiente. Una vez culminada la vida útil de los filtros, estos deberán ser dispuestos de manera ambientalmente segura con gestores autorizados.</p>
 <p>Control administrativo y señalización</p>	<p>Establecer límites claros sobre la capacidad de trabajo del equipo de tratamiento para controlar la frecuencia de cambio de filtros u otros elementos para que este no se sature y garantizar así la contención del vapor de mercurio.</p> <p>Desarrollar e implementar un procedimiento de mantenimiento preventivo y correctivo de los equipos para el tratamiento de bombillas, que incluya un formato de permiso de trabajo para actividad peligrosa no rutinaria.</p>

5.2. Instalaciones locativas

Tabla 18. Controles para las instalaciones locativas del sitio de tratamiento

Tipo de control	Descripción
 <p>Control administrativo y señalización</p>	<p>Las áreas de tratamiento deben corresponder con espacios delimitados, separados y de acceso controlado o restringido con sistemas de ventilación localizada y filtros para el control de la emisión de mercurio al exterior en caso de ruptura de bombillas.</p> <p>Controlar los flujos de aire para evitar el desplazamiento del mercurio derivado de la ruptura a otras áreas generando contaminación secundaria.</p> <p>El área de tratamiento debe estar separada, controlada y, de preferencia, aislada, aunque cercana al almacenamiento para facilitar recorridos cortos de transporte y evitar posible diseminación de contaminación a otras áreas.</p>
 <p>Control de ingeniería</p>	<p>Evaluar las concentraciones de mercurio mediante controles periódicos, cumpliendo con protocolos estandarizados de organismos internacionales (NIOSH, 1994), que permitan mantener los niveles bajo monitoreo.</p> <p>Señalización en áreas según la NTC 1461, en la cual se establecen los colores y las señales de seguridad para la prevención de accidentes y riesgos contra la salud.</p>

Continúa

Tipo de control	Descripción	
 <p data-bbox="191 797 329 870">Control administrativo y señalización</p>	<p data-bbox="447 363 1157 436">Evaluar las concentraciones de mercurio mediante controles periódicos, cumpliendo con protocolos estandarizados de organismos internacionales (NIOSH, 1994) que permitan mantener los niveles bajo monitoreo.</p>	<p data-bbox="1228 363 1898 436">Usar elementos desechables de protección para la limpieza, como guantes, polainas, gorros y respiradores para vapores de mercurio. Su descripción debe incluirse en el plan de emergencias.</p>
	<p data-bbox="447 574 1146 647">Señalización en áreas según la NTC 1461, en la cual se establecen los colores y las señales de seguridad para la prevención de accidentes y riesgos contra la salud.</p>	<p data-bbox="1228 574 1898 647">Usar elementos desechables de protección para la limpieza, como guantes, polainas, gorros y respiradores para vapores de mercurio. Su descripción debe incluirse en el plan de emergencias.</p>
	<p data-bbox="447 800 1140 899">Tener disponible y a la mano el kit para control de derrames de mercurio. Estos kits deben contener guantes, gafas protectoras, polvo absorbente, esponjas para mercurio y una bolsa para depositar los residuos. En primera instancia, los derrames o liberaciones deben prevenirse.</p>	<p data-bbox="1228 776 1927 924">Desarrollar e implementar un procedimiento de limpieza y descontaminación de las áreas, superficies y equipo en los que se realiza el tratamiento de las bombillas. Este procedimiento debe referenciar las frecuencias de realización para que no se acumulen residuos de mercurio en las diferentes superficies, ya que este caso representa una exposición continua e innecesaria para los trabajadores (OSHA, 2012).</p>
	<p data-bbox="447 1057 1129 1156">Contar con hojas de seguridad en el área de tratamiento, en este caso las correspondientes a residuos de bombillas con contenido de mercurio, así como asegurar el conocimiento y manejo correcto de estas por los trabajadores.</p>	<p data-bbox="1228 1032 1927 1180">Desarrollar e implementar un procedimiento de limpieza y descontaminación de las áreas, superficies y equipo en los que se realiza el tratamiento de las bombillas. Este procedimiento debe referenciar las frecuencias de realización para que no se acumulen residuos de mercurio en las diferentes superficies, ya que este caso representa una exposición continua e innecesaria para los trabajadores (OSHA, 2012).</p>
 <p data-bbox="197 1425 323 1471">Control sobre el individuo</p>	<p data-bbox="447 1357 1129 1382">No permitir el consumo de alimentos ni bebidas en las áreas de trabajo.</p>	

5.3. Prácticas ocupacionales con trabajadores

Tabla 19. Controles ocupacionales con los trabajadores en el sitio de tratamiento

Tipo de control	Descripción	
 <p>Control administrativo y señalización</p>	<p>Evaluar las concentraciones de mercurio mediante controles periódicos, cumpliendo con protocolos estandarizados de organismos internacionales (NIOSH, 1994) que permitan mantener los niveles bajo monitoreo. Se debe contar con mediciones de ambiente de trabajo que permitan conocer los niveles de exposición y evidenciar el control del riesgo de acuerdo con las medidas y los controles instaurados. Colombia acoge las recomendaciones de la ACGIH; es decir, TLV para mercurio elemental e inorgánico de 0,025 mg/m³, lo que equivale a 25.000 ng/m³. Si los niveles de exposición no pueden disminuirse a través de estos controles o se sobrepasan de manera sistemática los TLV, se debe rotar el personal a cargo de la actividad o modificar las jornadas laborales para disminuir la exposición de los trabajadores.</p> <p>Desarrollar y monitorear programas de control de riesgo químico con énfasis en sustancias peligrosas y sistemas de vigilancia epidemiológica.</p>	
 <p>Control sobre el individuo</p>	<p>Contar con un protocolo de selección, adquisición, entrega y control de uso de EPI apropiados e incluir mecanismos de eliminación de EPI contaminados.</p> <p>Incluir en el protocolo de selección y adquisición de elementos de protección personal certificaciones de organismos de referencia, como NIOSH, que aseguren las condiciones de los EPI. De acuerdo con la norma técnica de prevención del INHST 787 (INHST, 2008), los respiradores para mercurio tipo Hg P3 constan de un filtro especial de alta eficacia y deben tener especificaciones por el proveedor como identificación del fabricante, número y fecha de norma que cumple, marcado CE del número del organismo notificador, tipo clase, color de código —en este caso, rojo-blanco— con particularidad de duración máxima de 50 horas, año y mes de caducidad y condiciones de almacenamiento.</p> <p>Evaluar los niveles biológicos de mercurio en la orina. La frecuencia de estos exámenes estará determinada por el grado de exposición de los trabajadores, de acuerdo con los TLV de la ACGIH, así:</p> <ul style="list-style-type: none"> • La valoración de mercurio en orina se debe realizar a todos los trabajadores en un área de exposición a mercurio, como mínimo, semestralmente. • A los trabajadores expuestos a menos de los niveles recomendados de vapor de mercurio en aire, la prueba se deberá realizar cada 6 meses. • A los trabajadores expuestos a vapores de mercurio o compuestos inorgánicos sobre el TLV, el análisis se deberá realizar cada 3 meses. 	<p>Establecer la frecuencia de cambio de los elementos de protección personal de acuerdo con la exposición. Entre estos elementos se encuentran gafas, respiradores, guantes anticorte, guantes de vaqueta, protección corporal completa (de preferencia Tyvek) y botas de seguridad. Así mismo, establecer control de uso y de mantenimiento y adecuada manipulación de ropa contaminada, de suma importancia para proteger a los trabajadores y sus familias.</p> <p>Adecuar áreas para que el personal se cambie la ropa de uso personal por la de trabajo. Se recomienda utilizar dos casilleros, uno destinado exclusivamente a la ropa de uso personal y otro a la de trabajo, para evitar cualquier escenario de contaminación cruzada. Ante una situación de contaminación de prendas de vestir o de trabajo, se recomienda no sacudir (D, C y E, 2017).</p> <p>Capacitar a los trabajadores en la ejecución de las actividades en cada etapa del proceso, inducción y reinducción al cargo, con énfasis en exposición y control del riesgo y reconocimiento y notificación de signos y síntomas de alarma.</p>



6. Aprovechamiento

Los subproductos que resultan de la etapa de tratamiento de las bombillas con contenido de mercurio son mercurio líquido, casquillo de aluminio o latón, vidrio y plástico. Los últimos tres, descontaminados y libres de mercurio, son separados por medio de diferentes tecnologías —algunas descritas a continuación— y almacenados para ser reincorporados a procesos productivos. En este capítulo se establecen los procedimientos generales para el aprovechamiento de los subproductos plásticos ya descontaminados de mercurio o de cualquier agente peligroso y para el aprovechamiento de los plásticos utilizados en las bombillas de tecnología LED, las cuales no contienen mercurio.

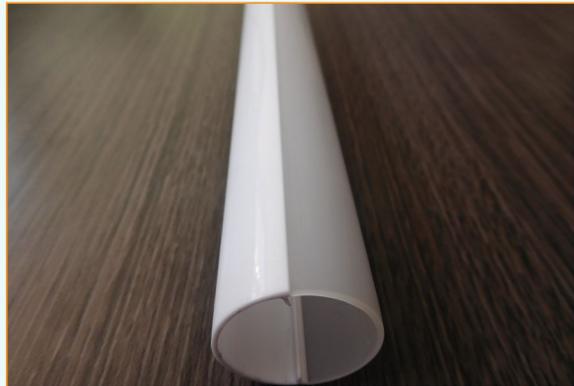
El aprovechamiento de materiales plásticos reciclados puede basarse en metodologías sugeridas por diferentes entes e investigadores, como el Instituto de Capacitación e Investigación del Plástico y del Caucho (ICIPC) o los laboratorios de universidades como la Universidad Nacional, la Universidad de los Andes o la Escuela Colombiana de Carreras Industriales (ECCI). Se sugieren los siguientes pasos:

1. Clasificar e identificar el origen de los residuos y asegurarse de que los plásticos que se destinan a aprovechamiento no contengan contaminantes orgánicos persistentes (COP).
2. Identificar el tipo de plástico y sus características físico-mecánicas para proceder con el reciclaje mecánico. El reciclaje mecánico consiste en tomar estos residuos, seleccionarlos, limpiarlos, disminuir su tamaño de partícula, homogenizarlos y, a través de procesos de extrusión o inyección, manufacturar nuevos productos a partir de los mismos.
3. Identificar nuevas aplicaciones buscando mayor valor agregado y mejora en las propiedades de los plásticos para promover su reciclaje posterior.
4. Desarrollar productos y aplicaciones.

1.9. Clasificación inicial según el origen de los residuos plásticos

Los materiales plásticos pueden clasificarse de acuerdo con su origen —es decir, con el tipo o familia de bombillos— para facilitar su análisis, caracterización, recolección y separación para las diferentes posibles aplicaciones.

Tabla 20. Clasificación de plásticos para su identificación

Familia	Descripción	Parte 1	Riesgo de contenido de COP	Cantidad de plástico por unidad (gramos)
LED	Tubo corto	Plástico difusor	No	13,8
				
Familia	Descripción	Parte 2	Riesgo de contenido de COP	Cantidad de plástico por unidad (gramos)
LED	Tubo largo	Plástico difusor	No	27,6
				

Familia	Descripción	Parte 3	Riesgo de contenido de COP	Cantidad de plástico por unidad (gramos)
LED	Tubo	Plásticos cubierta balastos de los extremos	Sí	14,1



Familia	Descripción	Parte 4	Riesgo de contenido de COP	Cantidad de plástico por unidad (gramos)
LED	Compacta tipo dicroica	Plásticos cubierta de balastos	Sí	20,4



Familia	Descripción	Parte 5	Riesgo de contenido de COP	Cantidad de plástico por unidad (gramos)
LED	Compacta dicroica	Plástico difusor	No	7,1



Familia	Descripción	Parte 6	Riesgo de contenido de COP	Cantidad de plástico por unidad (gramos)
LED	Compacta	Plástico difusor	No	18,8



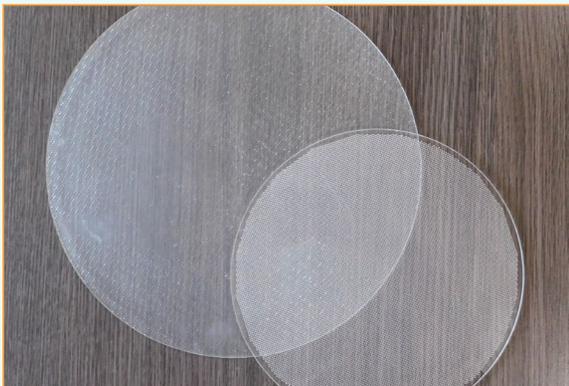
Familia	Descripción	Parte 7	Riesgo de contenido de COP	Cantidad de plástico por unidad (gramos)
LED	Compacta dicroica con carcasa direccional	Plástico de cubierta externa	No	99,1



Familia	Descripción	Parte 8	Riesgo de contenido de COP	Cantidad de plástico por unidad (gramos)
LED	Panel	Plástico difusor blando	No	11,6



Familia	Descripción	Parte 9	Riesgo de contenido de COP	Cantidad de plástico por unidad (gramos)
LED	Panel	Plástico difusor grueso	No	31,2



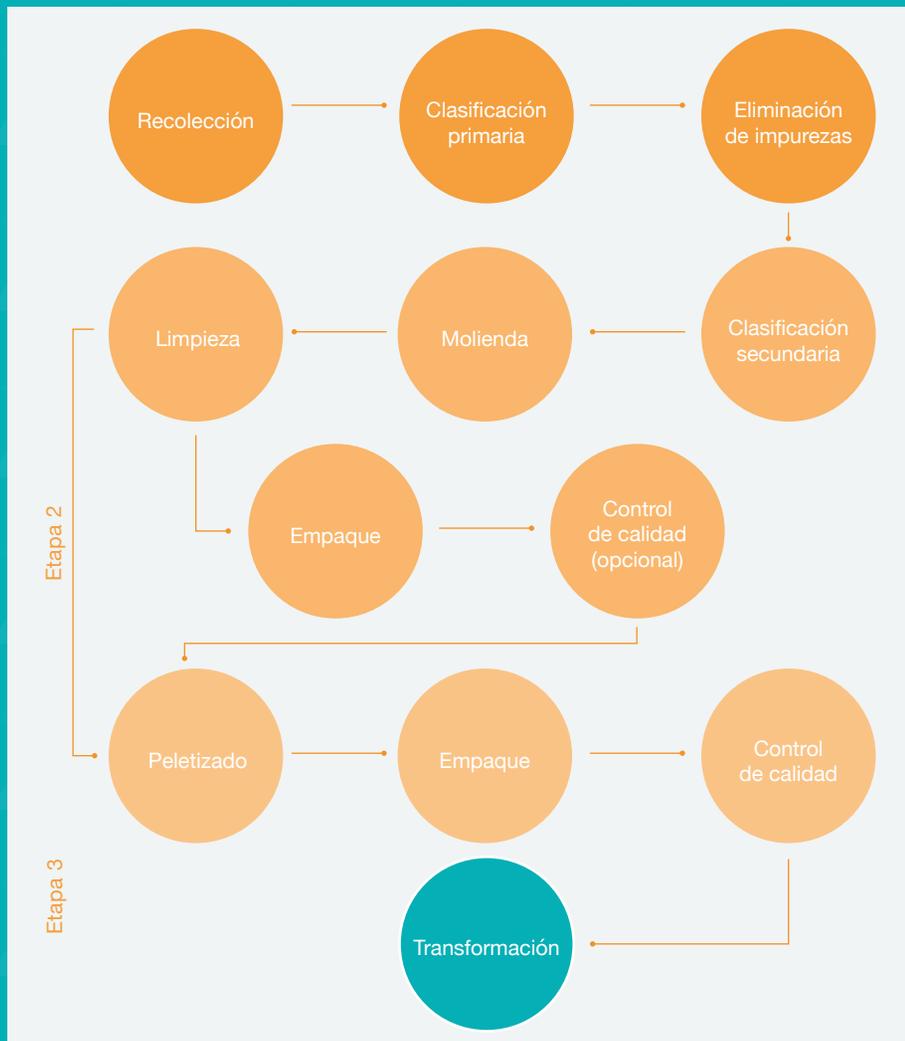
Familia	Descripción	Parte 10	Riesgo de contenido de COP	Cantidad de plástico por unidad (gramos)
Fluorescentes	Compactas integradas	Plástico con cubierta de balastro	Sí	32,6



1.10. Reciclaje mecánico de residuos

De acuerdo con el *Manual del reciclador* de Acoplásticos y con recomendaciones del ICIPC, estas son las etapas que componen el reciclaje de plásticos.

Gráfico 15. Etapas que componen el reciclaje de plásticos



Debido a la cantidad de etapas que se requieren para el aprovechamiento de los plásticos, el reciclaje mediante una sola planta puede ser difícil. Por ello, para llevarlo a cabo en su totalidad, puede ser necesario que intervengan diferentes actores en este proceso.



Tabla 21. Etapas y tecnologías disponibles para el aprovechamiento de plásticos, etapa 1

Etapa / Tecnología	Descripción
Recolección	Residuos plásticos provenientes de diferentes tipos de bombillas surgen en la etapa de desmantelamiento y clasificación de las partes para encaminarlos a etapas de aprovechamiento o disposición final.
Clasificación primaria de plásticos	<p>En la etapa de desmantelamiento de los diferentes tipos de bombillas se deben separar los residuos de plásticos por origen; es decir, de acuerdo con la familia o tipo de bombillas del cual procedan (ver tabla 20).</p> <ul style="list-style-type: none"> • Separar metales, vidrio y todo tipo de resinas o pegantes utilizados para fijar las bases o casquillos a las partes plásticas o vidrio. • Separar familias que presentan contenido de bromo (familias 3, 4 y 10, ver tabla 20).
Eliminación de impurezas	La separación de estos elementos puede hacerse de forma manual o por diferentes métodos automáticos. Existen metodologías de separación por tamaño de partícula usando tamices. Así mismo, para metales ferrosos existen separadores magnéticos. Metales no magnéticos —como aluminio, bronce, cobre y pedazos de vidrio— pueden separarse por diferencia de densidades en tanques de sedimentación con agua. El aluminio también puede separarse mediante separadores electrostáticos, como separadores de corrientes de Foucault o Eddy Currents.

Gráfico 16. Separador magnético



Fuente: Empresas Selter, 2021.

Gráfico 17. Separador de corrientes Foucault



Fuente: Buntingmagnetics, 2021.

Tabla 22. Controles para el aprovechamiento

Tipo de control	Descripción
 <p>Control administrativo y señalización</p>	Las anteriores etapas deben ser llevadas a cabo por una empresa gestora de residuos que, para esta etapa de manejo, requiere de licencia ambiental para gestión de RESPEL. La práctica correcta consiste en clasificar los subproductos y, a su vez, clasificar los materiales que se pueden extraer de los subproductos para darle un valor agregado mayor y facilitar su aprovechamiento en productos de alto valor.



Tabla 23. Etapas y tecnologías disponibles para clasificación secundaria de plásticos

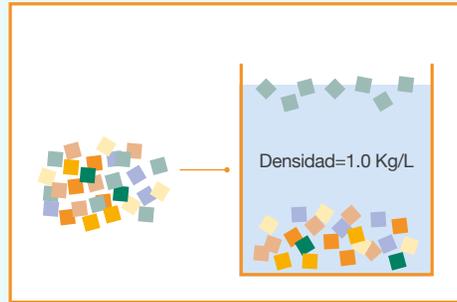
Clasificación secundaria

Gráfico 18. Dispositivo para identificar plásticos



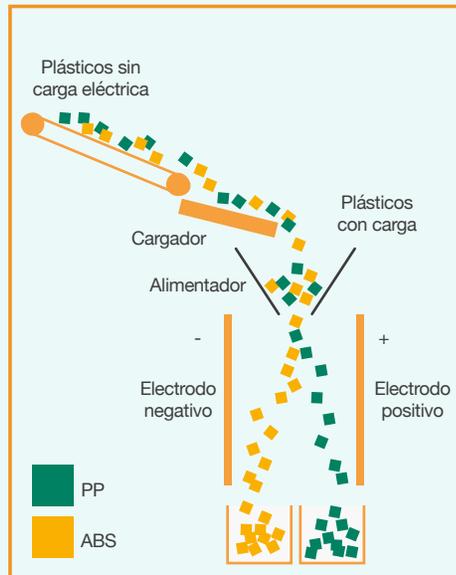
Fuente: Bill, Gasser, Haarman y Boni, 2019.

Gráfico 19. Separación por densidad



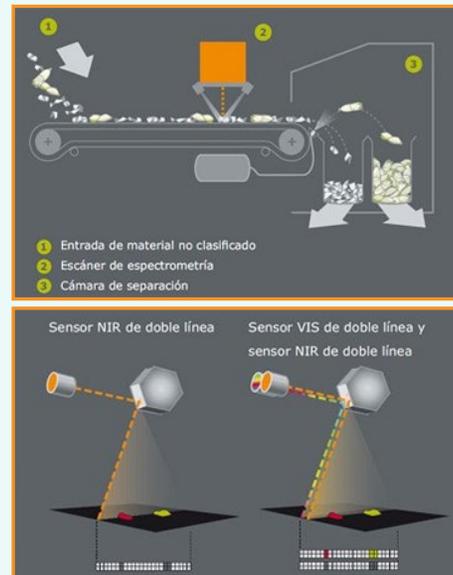
Fuente: Bill, Gasser, Haarman y Boni, 2019.

Gráfico 20. Separador electrostático



Fuente: Bill, Gasser, Haarman y Boni, 2019.

Gráficos 21 y 22. Separador por infrarrojo cercano (NIR)



Fuente: tecnologiadelosplasticos.blogspot.com.

- Identificar y clasificar los materiales plásticos según el tipo de resina plástica.
- Determinar cualitativamente el tipo de polímero para verificar la clasificación de los residuos entre los diferentes tipos de plásticos.

Una buena práctica para la identificación y clasificación de residuos plásticos es utilizar pruebas organolépticas, aunque para realizar este paso existen diferentes tecnologías: sensores basados en rayos láser (LIBS), rayos X (XRF) y ondas de infrarrojo cercano (NIR).

- Separadores por densidad.
- Separadores electrostáticos.
- Sistemas de cribado.
- Masas densimétricas.
- Separadores magnéticos. Estos no sirven para separar tipos de plásticos entre sí, sino para separar impurezas metálicas que pudieran venir en los plásticos.
- Otros.

Para realizar la clasificación secundaria —separar y clasificar los residuos plásticos según el tipo de resina— es necesario que en la planta se identifiquen, clasifiquen y separen los plásticos que se desean reciclar, ya que las mezclas de plásticos tienden a usarse en aplicaciones de muy bajo valor agregado, como madera plástica, lo cual económica y ambientalmente no sería deseable teniendo en cuenta la calidad de los plásticos que se desean reciclar. Además, esta es una aplicación que daña las principales propiedades del material para un reúso posterior.

Se sugiere que la identificación y separación de los plásticos en la planta sea realizada por métodos formales como la espectroscopía de infrarrojos IR, rayos láser (LIBS) o rayos X (XRF). Sin embargo, debido a los costos que presentan estos equipos, en una etapa preliminar puede hacerse una clasificación basada en pruebas físicas organolépticas, las cuales son sencillas de realizar y pueden hacerse en plantas de gestores o recicladores.

El protocolo de separación se define con base en las siguientes variables:

- **Aspecto inicial:** homogeneidad en el aspecto de las piezas plásticas.
- **Flotabilidad en agua,** soluciones de agua con sal u otro tipo de solventes.
- **Combustibilidad:** facilidad de combustión, color de la llama, olor, apariencia del humo, entre otros.
- **Aspecto del residuo después de la combustión.**

En el siguiente recuadro, obtenido de la *Guía de reciclaje* de Acoplásticos (1999), se reporta una diferencia en la apariencia y en los colores de llama entre el poliestireno y el policarbonato.

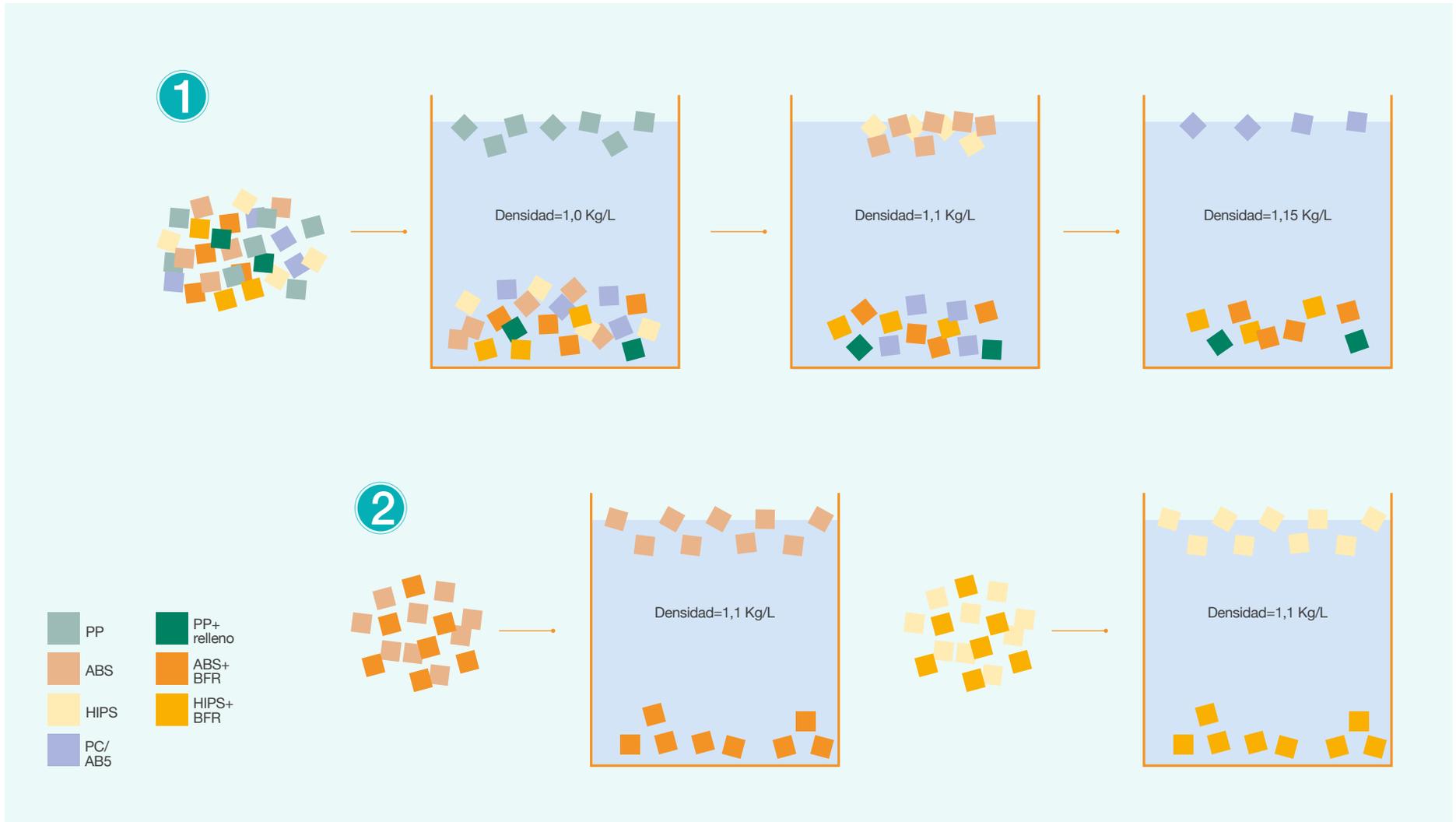
Tabla 24. Prueba de llama para identificación de plásticos

Combustibilidad								
Polímero	Aspecto inicial	Densidad g/cc	ARDE	Color llama	Olor humo	Color humo	Otras	Aspecto al final de la combustión
1. PET Poliétertereftalato	Blanco lechoso, transparente y brillante	1,33	Arde en la llama, se apaga en la ausencia de la llama	Amarilla rojiza Amarillo Naranja	Dulce aromático Olor a fruta	Humos negros	Gotea y arde retirado de la llama	Ceroso café
2. PEAD Poliétileno de alta densidad	Sólido opaco	0,94	Arde desprendiendo gotas	Azul con punta amarilla	Vela apagada	Blanco poco denso	Gotea y arde retirado de la llama	Cera derretida
3. PVC Policloruro de vinilo	Sólido transparente brillante	1,41	Arde en la llama, se apaga en la ausencia de la llama	Amarilla con borde verde	Irritante ácido	Blanco	No gotea se apaga retirado de la llama	Se carboniza
4. PEBD Poliétileno de baja densidad	Sólido opaco	0,92	Arde desprendiendo gotas	Azul con punta amarilla	Vela apagada	Blanco poco denso	Se hincha y gotea, arde retirada de la llama	Cera derretida
5. PP Polipropileno	Sólido translucido	0,91	Arde desprendiendo gotas	Brillante con centro azul	Vela apagada	Blanco poco denso	Se hincha y gotea, arde retirada de la llama	Cera derretida
6. PS Poliestireno	Sólido películas delgadas transparentes	1,05	Continúa ardiendo después del incendio	Llama vacilante amarilla	Característico de gas ciudad	Humos negros	Continúa ardiendo después del incendio	Se carboniza
7. PC Policarbonato	Filmes delgados transparentes	1,2	Arde en la llama, se apaga en la ausencia de la llama	Brillante con centro azul	Olor a fenol	Humos negros	Burbujeante	Se carboniza

Fuente: Acoplásticos, 1999.

También se pueden hacer pruebas de flotabilidad y hundimiento en soluciones de diferente densidad para separar diversos tipos de resinas.

Gráfico 23. Pruebas de hundimiento/flotación para clasificación de plásticos

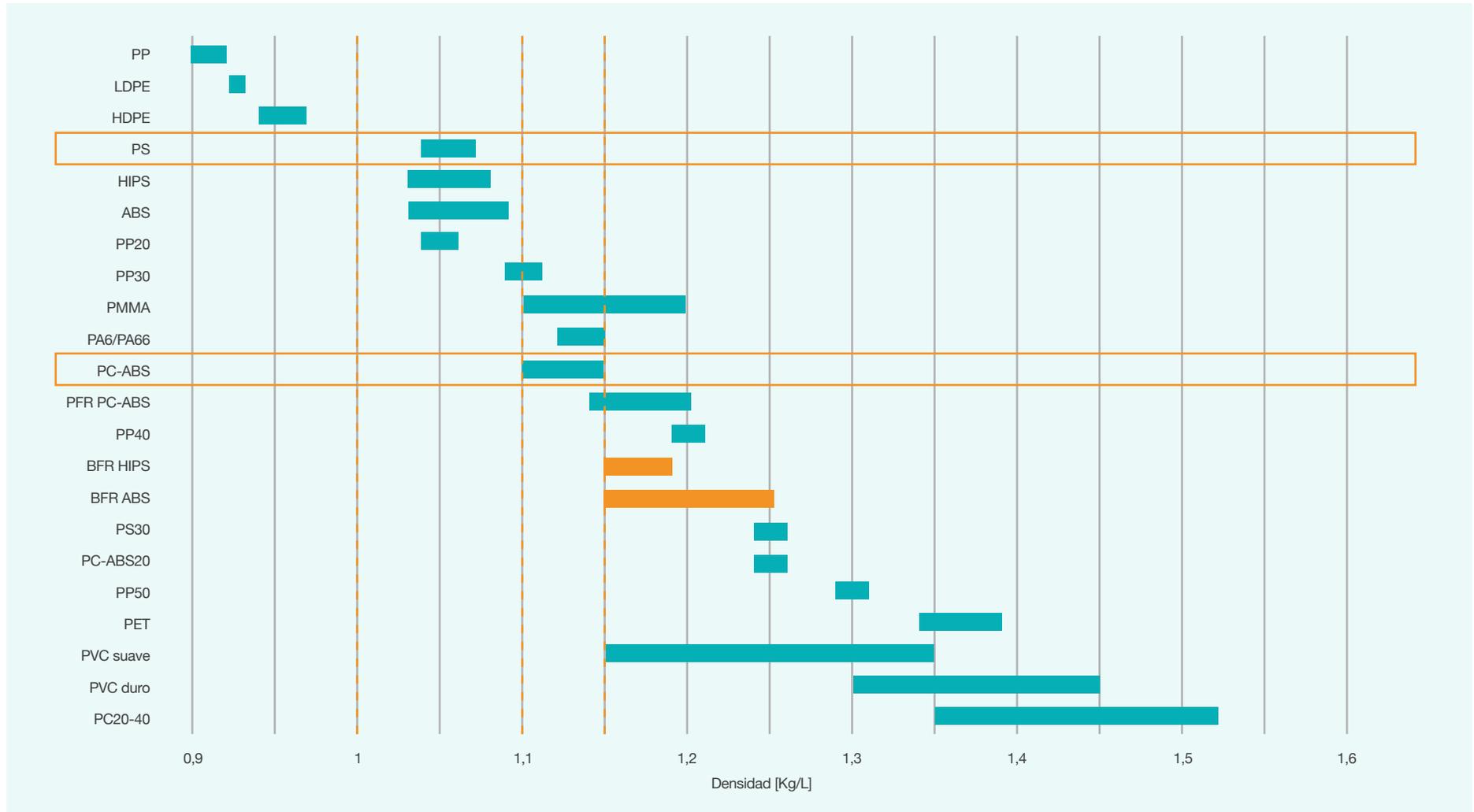


Fuente: Bill, Gasser, Haarman y Boni, 2019.

Este comportamiento se da por la diferencia de densidades entre los diversos materiales poliméricos. En el siguiente gráfico se puede verificar esta

diferencia de densidad. El poliestireno (PS) y el policarbonato (PC) son los dos principales tipos de plástico que tienen potencial de aprovechamiento.

Gráfico 24. Rangos de densidad de plásticos

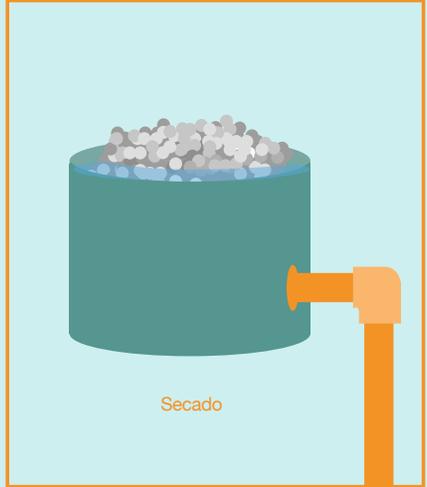


Fuente: Bill, Gasser, Haarman y Boni, 2019.

Una alternativa para realizar estas pruebas organolépticas de forma sistemática consiste en utilizar la aplicación Polyguess, creada por el ICIPC. Esta aplicación indica, mediante pasos sencillos, cómo realizar una identificación preliminar de materiales plásticos.

La clasificación por propiedades organolépticas no debería aplicarse en todos los casos, sino con una frecuencia definida y como control de calidad para hacer verificaciones periódicas de la correcta identificación de resinas plásticas.

Tabla 25. Etapas y tecnologías disponibles para el aprovechamiento de plásticos, etapa 2 y etapa 3

Reducción de tamaño	Limpieza
<p>La disminución del volumen y tamaño de los plásticos se realiza mediante procesos realizados en molinos en los que las piezas de plástico son trituradas o trozadas por separado dependiendo del tipo de plástico. Los molinos son equipos que, por lo general, utilizan cuchillas y que deben seleccionarse según su capacidad de producción y el tipo de plástico que se va a moler. En la reducción de tamaño se obtendrán diferentes tamaños de partícula y puede ser necesario que, posteriormente, se haga una peletización del material.</p>	<p>La limpieza de los residuos se puede hacer mediante procesos de lavado de residuos plásticos en los que se debe usar la menor cantidad de agua posible. Así mismo, se debe evitar o disminuir el uso de detergentes o solventes fuertes como hidróxido de sodio. El agua se debe tratar para ser reutilizada después de este proceso.</p> <p>Luego del lavado, el material debe ser secado apropiadamente para que se pueda procesar. Para asegurarse de la eliminación del agua, se pueden hacer pruebas de secado por gravimetría.</p>
<div style="display: flex; justify-content: space-around;"> <div data-bbox="153 873 506 901"> <p>Gráfico 25. Triturador de plástico</p> </div> <div data-bbox="573 873 926 901"> <p>Gráfico 26. Triturador de plástico</p> </div> </div> <div style="display: flex; justify-content: space-around; margin-top: 10px;">   </div> <div style="display: flex; justify-content: space-around; margin-top: 10px;"> <p data-bbox="153 1377 527 1404">Fuente: Mo-di-tec Titan Plus, 2021.</p> <p data-bbox="573 1377 942 1433">Fuente: Gestión de Termoplásticos, S. L., 2021.</p> </div>	<div style="display: flex; justify-content: space-around;"> <div data-bbox="1087 873 1440 901"> <p>Gráfico 27. Lavado de plásticos</p> </div> <div data-bbox="1528 873 1881 901"> <p>Gráfico 28. Secado de plásticos</p> </div> </div> <div style="display: flex; justify-content: space-around; margin-top: 10px;">   </div> <div style="display: flex; justify-content: space-around; margin-top: 10px;"> <p data-bbox="1087 1417 1457 1445">Fuente: <i>Manual de reciclaje</i>, 1999.</p> <p data-bbox="1528 1417 1898 1445">Fuente: <i>Manual de reciclaje</i>, 1999.</p> </div>

Continúa

Peletizado

La peletización puede llevarse a cabo después de la reducción de tamaño y es el proceso de comprimir o moldear un material en forma de pellets, unidades con forma de bolas pequeñas o pastillas. Este proceso tiene la ventaja de que se le da un tamaño de partícula uniforme al material, lo cual evita problemas de dosificación en máquinas de transformación como inyectoras o extrusoras. Las actuales máquinas de reciclaje de plástico incluyen varias etapas hasta llegar al peletizado.

Para ciertas aplicaciones puede no ser necesario peletizar, sino que el material molido puede ser alimentado a extrusoras o inyectoras. Esto dependerá del tamaño de las partículas del molido, de la tamización previa que se haga al material antes del proceso de transformación, de las especificaciones técnicas de las máquinas transformadoras, del tipo de plástico y de las especificaciones técnicas del producto a fabricar.

Normalmente el resultado de una molienda será un producto con un tamaño de partícula no uniforme, el cual será necesario peletizar o, al menos, tamizar para ofrecer un producto que permita una fácil dosificación en los procesos de transformación de plástico. Sin embargo, también se puede ofertar directamente material molido para ser sometido a procesos de peletización o tamizado. Además, la oferta de servicios de peletización para materiales pigmentados —en este caso para materiales claros, blancos o lechosos— no es alta, por lo cual podría ofrecerse el material molido o directamente pensar en agregar valor y peletizarlo.

Gráfico 29. Peletizadora



Fuente: maquinariaparaplastico.com, 2021.

Empaque y control de calidad

El material peletizado o triturado debe ser correctamente empacado para su posterior comercialización.

Recomendaciones:

- Empacar y pesar el material.
- Hacer muestreo para realizar control de calidad.
- Emitir certificado de calidad por lotes del producto.
- Identificar con un rotulo el tipo de plástico que contiene.

Esta etapa se lleva a cabo si el objetivo es la comercialización de pellets o del material triturado de la resina reciclada.

Gráfico 30. Lavado de plásticos

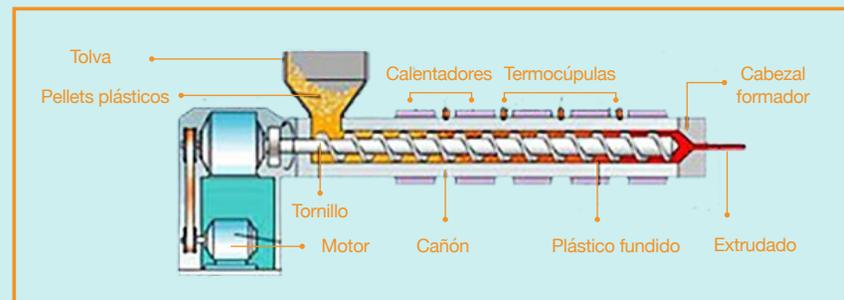


Fuente: Manual de reciclaje, 1999.

Transformación

Si la empresa tiene los equipos adecuados, se pueden elaborar productos de valor agregado mediante procesos de transformación de plásticos con la resina reciclada, como extrusión, inyección, rotomoldeo, entre otros. Este es el escenario ideal, ya que da mayor rentabilidad y se aprovechan al máximo todas las propiedades de estos materiales.

Gráfico 31. Extrusora de plásticos



Fuente: tecnologiadelosplasticos.blogspot.com.

1.10.1. Fichas técnicas

Dentro de la clasificación secundaria se debe formalizar la caracterización del material plástico mediante una ficha técnica. Esta ficha se elabora a partir de varias pruebas fisicoquímicas y mecánicas, cuyos resultados definen las aplicaciones en la cual se puede reciclar dicho material. Dentro de las pruebas que comúnmente se llevan a cabo para elaborar la ficha técnica del material se encuentran:

- Calorimetría diferencial de barrido (DSC).
- Análisis termogravimétrico (TGA).
- Índice de fluidez (MFI).
- Densidad.
- Dureza.
- Esfuerzos mecánicos: flexión, compresión, tensión.
- Otros.

Para la elaboración de las fichas técnicas de los plásticos con potencial de aprovechamiento que provienen de residuos de bombillas, partimos de una revisión de fichas técnicas de polímeros comerciales, así como de sugerencias del ICIPC. En los resultados obtenidos de las pruebas practicadas a las muestras de los plásticos de bombillas con potencial de aprovechamiento se halló que estos plásticos corresponden a familias de poliestireno y policarbonato. A continuación se presenta el modelo de la ficha técnica definida para los plásticos provenientes de los residuos de bombillas.

Gráfico 32. Modelo de fichas técnicas

Ficha técnica		Descripción general	
Policarbonato lumina-1 Policarbonato reciclado		Compuesto polimérico de resina de policarbonato proveniente de residuos aprovechables de lámparas LED, libre de COP. Es una resina de media-baja viscosidad que por sus características de fluidez es adecuada para procesos de inyección. Puede usarse pura o en combinación con resinas vírgenes de policarbonato con características similares de fluidez.	
Proveedor <div style="border: 1px solid orange; padding: 10px; text-align: center;"> Foto del material (Presentación[es] comercial[es]) </div>		Usos <ul style="list-style-type: none"> • Moldeo de piezas por inyección. • Posibilidad de usar aditivos para modificación de propiedades. 	
Propiedades			
Pruebas reológicas	Unidad	Norma de la Sociedad Americana para Pruebas y Materiales (ASTM)	Valor
Índice de fluidez MRF, Cond. G	g/10 min	D1238-13	18,47
Índice de fluidez MRF, Cond. G	cm ³ /min	D1238-13	18,10
Propiedades térmicas	Unidad	Norma ASTM	Valor
Temperatura de transición vítrea, T _g	°C	D3418-15	146,89
Propiedades mecánicas	Unidad	Norma ASTM	Valor
Densidad	g/cm ³	D792-20	1,195
Dureza Shore D	Shore D	D2240-15e1	81
Tensión y resistencia a la tensión	MPa	D638-14	27
Tensión, porcentaje elongación y ruptura	%	D638-14	1,23
Flexión y resistencia a la flexión	MPa	D790-17	46,3
Flexión y módulo de elasticidad en flexión (0,25 %)	MPa	D790-17	2492
Compresión y resistencia máxima	MPa	D695-15	70,4
Compresión y módulo de compresión	MPa	D695-15	1874
Observaciones adicionales			
Origen del material plástico difusor de lámparas tipo tubo corto de lámparas LED.			

Tabla 26. Control fichas técnicas de plásticos recuperados

Tipo de control	Descripción
 <p>Control administrativo y señalización</p>	Se elaborarán fichas técnicas con pruebas realizadas por el ICIPC de los materiales seleccionados. Se recomienda repetir estas pruebas varias veces para tener valores estadísticamente representativos y así caracterizar de manera adecuada el material y poder monitorear cambios que pueda sufrir el plástico, algo común en materiales reciclados.
	Se deben elaborar certificados de calidad por lote de cada resina plástica ofrecida. Estos certificados de calidad no tienen la obligación de reportar todas las propiedades dadas en la ficha técnica, únicamente aquellas importantes para la aplicación seleccionada. Por tanto, se concertarán con la empresa que actúa como transformadora del plástico.

6.1. Requisitos de los equipos de aprovechamiento

Tabla 27. Control de equipos para etapas de aprovechamiento de plásticos

Tipo de control	Descripción
 <p>Control de ingeniería</p>	De acuerdo con las características de los equipos se deben seguir todas las recomendaciones de seguridad, pues hay elementos giratorios, elementos cortantes y equipos de alta temperatura que representan riesgos de salud ocupacional.
 <p>Control administrativo y señalización</p>	Desarrollar e implementar un procedimiento de mantenimiento preventivo y correctivo de equipos de reciclaje, el cual incluya formato de permiso de trabajo para actividad peligrosa no rutinaria.

6.2. Instalaciones locativas

Tabla 28. Controles para las instalaciones locativas del sitio de tratamiento

Tipo de control	Descripción
 <p>Control de ingeniería</p>	Las áreas de tratamiento deben corresponder con un espacio delimitado, separado y de acceso controlado o restringido que cuente con una demarcación adecuada.
	Las áreas de almacenamiento de materia prima, producto en proceso y producto terminado deben estar debidamente demarcadas.
 <p>Control administrativo y señalización</p>	Señalización en áreas según la NTC 1461, en la cual se establecen los colores y las señales de seguridad para la prevención de accidentes y riesgos contra la salud.
 <p>Control sobre el individuo</p>	No permitir el consumo de alimentos ni bebidas en las áreas de trabajo.

6.3. Prácticas ocupacionales con trabajadores

Tabla 29. Controles ocupacionales con los trabajadores en el sitio de tratamiento

Tipo de control	Descripción
 <p data-bbox="199 1044 327 1089">Control sobre el individuo</p>	<p data-bbox="499 623 1751 669">Contar con un protocolo de selección, adquisición, entrega y control de uso de EPI apropiados e incluir mecanismos de eliminación de EPI contaminados.</p>
	<p data-bbox="499 906 1866 951">Incluir, en el protocolo de selección y adquisición de EPI, las siguientes condiciones que potencialmente pueden causar incidentes y accidentes al personal que labora en las plantas de reciclaje:</p> <ul data-bbox="453 984 1692 1057" style="list-style-type: none"> <li data-bbox="453 984 1692 1008">• Exposición a elementos cortantes, tanto residuos de vidrio, metal o plástico como las maquinas, como molinos y trituradores. <li data-bbox="453 1008 1692 1032">• Exposición a elementos giratorios, como mezcladores, tornillos de extrusoras, peletizadoras, inyectoras, entre otros. <li data-bbox="453 1032 1692 1057">• Exposición a altas temperaturas en la operación de máquinas, como peletizadoras, inyectoras y extrusoras.
	<p data-bbox="499 1292 1856 1365">Capacitar a los trabajadores en la ejecución de las actividades en cada etapa del proceso, inducción y reinducción al cargo, con énfasis en exposición y control del riesgo, reconocimiento y notificación de signos y síntomas de alarma y respuesta a eventos de accidentes industriales en las plantas de reciclaje.</p>



7. Seguimiento y control

En este capítulo se describen los controles que deben tener en cuenta los diferentes actores de la cadena de valor para hacer seguimiento y control y prevenir el riesgo de exposición a mercurio por el manejo de las bombillas con contenido de mercurio. Los controles se identifican de la siguiente manera: control interno (I) y control externo (E). Los controles internos corresponden a aquellos realizados por el actor responsable de la ejecución de esta etapa dentro del manejo del residuo, mientras que los externos corresponden a aquellos que ejercen otros actores —como autoridades de vigilancia y control, el Ministerio del Trabajo o los mismos programas de recolecciones selectiva— sobre el actor encargado de la ejecución de la actividad.

Tabla 30. Controles de seguimiento y control

Convenciones

I

Control interno

E

Control externo

Actividad	Control Interno (I)	Control Externo (E)
 Generador: canal domiciliario	Cumplimiento legal	I E
	Uso EPI	I
	Capacitación	E
	Señalización	E
	Inspecciones locativas	I
 Generador: canal institucional	Control de rotación de material	I
	Límites máximos de material almacenado	I E
	Cumplimiento legal	I E
	Uso EPI	I E
	Capacitación	I
	Señalización	I E
	Etiquetado y embalaje	I
	Inspecciones locativas	I
	Trazabilidad del residuo	I E
Auditoría	I E	
Certificación de aprovechamiento	I E	
 Aprovechamiento	Cumplimiento legal	I E
	Mediciones ambientales de mercurio en sólidos	I E
	Uso EPI	I E
	Capacitación	I
	Señalización	I E
	Etiquetado y embalaje	I
 Transporte	Cumplimiento legal	I E
	Mediciones ambientales de mercurio en el ambiente	I
	Medición ocupacional de orina	I
	Uso EPI	I E
	Capacitación	I
	Señalización	I E
 Almacenamiento	Cumplimiento legal	I E
	Mediciones ambientales de mercurio en el ambiente	I
	Medición ocupacional de orina	I
	Uso EPI	I E
	Capacitación	I
	Señalización	I E
 Tratamiento	Cumplimiento legal	I E
	Mediciones ambientales de mercurio en el ambiente	I
	Mediciones ambientales de mercurio en sólidos	I
	Medición ocupacional de orina	I
	Uso EPI	I E
	Capacitación	I
	Señalización	I E
	Etiquetado y embalaje	I
	Inspecciones locativas	I
Trazabilidad del residuo	I E	
Auditoría	I E	

Es importante desarrollar actividades de seguimiento y control para validar la implementación de las buenas prácticas sugeridas en el presente manual. Por ello, para cada componente de manejo, se recomienda aplicar ejercicios de inspección o chequeo en periodos comparativos de la siguiente forma:



1. Evaluación inicial. Realizar una evaluación inicial frente a las buenas prácticas aplicables al manejo correspondiente durante la generación del residuo y su transporte, almacenamiento y tratamiento o aprovechamiento.



2. Identificar, documentar y priorizar oportunidades de mejora necesarias para implementar o ajustar los procesos bajo la orientación de las buenas prácticas expuestas en el presente manual. Esto definiendo tiempos, recursos y responsables, entre otros factores clave, para el éxito de la implementación de las buenas prácticas de manejo.



3. Desarrollar herramientas de seguimiento en periodos trimestrales para cada oportunidad de mejora identificada hasta su cierre total.



4. Aplicar una segunda evaluación, determinando el estado total de las buenas prácticas implementadas en las etapas de tratamiento aplicables, en la que se valide el cierre de las oportunidades de mejora.



5. Desarrollar mecanismos de seguimiento para mantener de forma efectiva los ajustes aplicados a los diferentes procesos enfocados a las buenas prácticas de manejo expuestas en el presente manual.



6. Realizar auditorías con personal externo o interno al menos 1 vez al año, integrando las recomendaciones del presente manual a los criterios de evaluación de los sistemas de gestión ambiental y seguridad y salud en el trabajo de cada organización.



8. Bibliografía

- Acoplásticos. (1999). *Guía de reciclaje*. Acoplásticos.
- Air Cycle Corporation. (S. f.). *Premium Bulb Eater*. Balcan Safety Every Time. (2018). Balcan. [Http://www.cfl-lamprecycling.com/es/products/trituradores-de-l%C3%A1mparas-balcan-48.htm](http://www.cfl-lamprecycling.com/es/products/trituradores-de-l%C3%A1mparas-balcan-48.htm).
- Bill, A., Gasser, M., Haarman, A., y Boni, H. (2019). *Manual práctico de procesamiento de plásticos de RAEE*. EMPA.
- Corporación Autónoma Regional de Valle del Cauca. (2011). Resolución que otorga licencia ambiental a INNOVA.
- D, C., C, B., y E, P. (2017). *Metal Exposure at Three U. S. Electronic Scrap Recycling Facilities*. *Journal of Occupational and Environmental Hygiene*.
- Gafner, C. (2018). *La contaminación hídrica por mercurio y su manejo en el derecho colombiano*.
- Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo (INHST). (2008). *Equipos de protección respiratoria: identificación de los filtros según sus tipos y clases*. [Http://www.insht.es/InshtWeb/Contenidos/Documentacion/NTP/NTP/Ficheros/786a820/787a.pdf](http://www.insht.es/InshtWeb/Contenidos/Documentacion/NTP/NTP/Ficheros/786a820/787a.pdf).
- Michael Aucott, M. M. (2003). Release of Mercury from Broken Fluorescent Bulbs. *Journal of the Air & Waste Management Association*, (10).
- Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible (MADS). (2015). Decreto 1076 de 2015.
- Ministerio de Transporte. (2015). Decreto 1079 de 2015.
- Ministerio del Trabajo. (2015). *Guía técnica de implementación para Mipymes*. [Http://www.mintrabajo.gov.co/documents/20147/51963/Guia+tecnica+de+implementacion+del+S-G+SST+para+Mipymes.pdf/e1acb62b-8a54-0da7-0f24-8f7e6169c178](http://www.mintrabajo.gov.co/documents/20147/51963/Guia+tecnica+de+implementacion+del+S-G+SST+para+Mipymes.pdf/e1acb62b-8a54-0da7-0f24-8f7e6169c178).
- NIOSH. (1994). Mercury: Method 6009.
- NTC 1692. (S. f.). *Transporte de mercancías peligrosas: definiciones, clasificación, marcado, etiquetado y rotulado*.
- OSHA. (2012). *Datos rápidos: cómo evitar exponerse al mercurio de las bombillas fluorescentes*. [Https://www.osha.gov/Publications/osh3536.pdf](https://www.osha.gov/Publications/osh3536.pdf).
- PNUMA. (2005). *Evaluación mundial sobre el mercurio*. PNUMA Productos Químicos.
- Stewart, J. (1998). Higiene Industrial. En Organización Internacional del Trabajo (OIT), *Enciclopedia de seguridad y salud en el trabajo*. [Http://www.insht.es/InshtWeb/Contenidos/Documentacion/TextosOnline/EnciclopediaOIT/tomo1/30.pdf](http://www.insht.es/InshtWeb/Contenidos/Documentacion/TextosOnline/EnciclopediaOIT/tomo1/30.pdf).
- Stewart. (1998). *Higiene ocupacional*. Organización Internacional del Trabajo (OIT).



L--M I N A



El ambiente
es de todos

Minambiente

Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible
Bogotá D. C., Colombia
www.minambiente.gov.co

Publicación financiada por:

