



# **Guía Técnica para Generadores de Residuos de Aparatos Eléctricos y Electrónicos (RAEE) en El Salvador**

**Elaborado gracias al apoyo de:**



CENTRO NACIONAL DE  
PRODUCCIÓN MÁS LIMPIA



MINISTERIO DE  
MEDIO AMBIENTE  
Y ENERGÍA  
NATURAL



# Contenido

PARTE A. Presentación o introducción.....	7
A.1 Descripción del proyecto en el cual se desarrolla la guía .....	7
A.2 Objeto de la guía y público al cuál va dirigido.....	7
A.3 Estructura de la guía .....	8
A.4 Acrónimos	8
A.5 Glosario.	9
PARTE B. Marco referencial.....	15
B.1 Panorama mundial de los RAEE .....	15
B.2 Panorama en América Latina de los RAEE .....	17
B.2.1 Sistema de gestión de residuos electrónicos.....	17
B.3 Panorama en El Salvador de los RAEE .....	19
PARTE C. Marco conceptual.....	23
C.1 Definición RAEE.....	23
C.2 Categorización de Aparatos Eléctricos y Electrónicos.....	23
C.3 Consecuencias por Inadecuada Gestión de RAEE.....	25
a) Formación de Lixiviados.....	25
b) Incendios .....	26
c) Formación de corrosión de metales.....	26
d) Formación de Rupturas de algunos componentes de los RAEE .....	27
C.4 Características de los RAEE (materiales valiosos, sustancias peligrosas ejemplos de composición).....	27
C.5 Peligros para la salud y el medio ambiente (problemática ambiental).....	29
PARTE D. Marco regulatorio .....	35
D.1 Marco regulatorio internacional .....	35

D.1.1 Directiva RAEE, 2002/96/CE .....	35
D.1.2 Directiva RoHS.....	36
D.1.3 Convenios internacionales.....	36
D.2 Marco regulatorio nacional .....	40
D.3 Marco institucional.....	44
PARTE E. Sistema de gestión de RAEE en El Salvador .....	46
PARTE F. Lineamientos técnicos para la gestión ambientalmente adecuada en instituciones generadoras de RAEE.....	48
F.1 Generalidades y alternativas de gestión de RAEE .....	48
F.1.1 Reparación y rehabilitación .....	48
F.1.2 Reacondicionamiento.....	48
F.1.3 Donación.....	49
F.1.4 Reciclaje.....	49
F.1.5 Disposición final.....	49
F.2 Alternativas de disposición de RAEE.....	50
F.3 Gestión de Residuos de Aires Acondicionados .....	52
F.4 Gestión de Residuos de Refrigerantes.....	52
F.5 Criterios de evaluación para la asignación correcta de gestión de RAEE.....	53
F.6 Protocolos de manejo de RAEE .....	55
F.6.1 Protocolo de las Unidades Generadoras .....	55
F.6.2 Protocolo para la gestión dentro de las UTMR .....	56
F.6.3 Protocolos para el envío de RAEE a las bodegas (Unidad de Activo Fijo) .....	58
F.7 Manejo de Documentación Dentro de las UTMR.....	60
F.8 Medidas de Seguridad en la Manipulación de RAEE.....	61
F.8.1 Manipulación de lámparas de fluorescentes, de tubo y de alta presión .....	64
F.8.2. Manipulación de computadoras.....	65
F.8.3 Manipulación de impresoras .....	66

F.8.3 Manipulación de equipos de aire acondicionado .....	66
F.9 Lineamientos para un almacenamiento temporal seguro.....	67
F.9.1 Tiempo de almacenamiento .....	67
F.9.2 Iluminación .....	68
F.9.3 Ventilación .....	68
F.9.4 Control de aire .....	68
F.9.5 Seguridad .....	69
F.9.6 Inspección .....	69
F.9.7 Equipo requerido dentro y cerca de la instalación .....	70
F.9.8 Registro de operaciones dentro del lugar de almacenamiento .....	70
F.9.9 Almacenamiento de lámparas.....	71
F.9.10 Almacenamiento de condensadores.....	73
F.9.11 Almacenamiento de pilas y baterías ácido plomo.....	73
F.9.12 Almacenamiento de monitores.....	74
F.9.13 Almacenamiento de equipos para donación o reutilización y reacondicionamiento .....	75
F.9.14 Almacenamiento de los equipos pequeños y de los IT .....	76
F.10 Plan de contingencia .....	76
F.10.1 Rompimiento de tubos fluorescentes (luminarias) .....	76
F.10.2 Conato de incendio .....	77
F.10.2 Derrame o fuga.....	78
F.11 Características estructurales para la construcción de una instalación de almacenamiento nueva .....	78
F.11.1 Elementos Mínimos.....	78
Bibliografía	82
Anexo I. Categorización de AEE según Directiva 2012/19/UE (RAEE2) .....	90
Anexo II Empresas autorizadas por el MARN para la correcta gestión de RAEE .....	92

Anexo III Opciones de tratamiento al Exterior de El Salvador.....	93
Anexo IV Formatos.....	96
Anexo V Equipo de Protección Personal.....	99
Anexo VI Fichas Técnicas de Extintores .....	102
VI.I Ficha técnica de extintor de Polvo Químico .....	102
VI.II Ficha técnica de extinto base NaCl .....	104

## Tablas

Tabla 1. Promedio mundial de electrodomésticos seleccionados en propiedad per cápita, según el nivel de ingresos del país (Forti V., Baldé C.P., Kuehr R., Bel G. Observatorio Mundial de los Residuos Electrónicos. 2020).....	15
Tabla 2 Datos de generación y recolección de RAEE por continente (Forti V., Baldé C.P., Kuehr R., Bel G. Observatorio Mundial de los Residuos Electrónicos. 2020).....	16
Tabla 3 Datos de países con mayor número de generación de RAEE (Forti V., Baldé C.P., Kuehr R., Bel G. Observatorio Mundial de los Residuos Electrónicos. 2020).....	19
Tabla 4 Resultados obtenidos sobre AEE puestos en el mercado y RAEE generados en El Salvador (2010-2025) .....	20
Tabla 5 Generación de RAEE per cápita en El Salvador (2010-2019) .....	22
Tabla 6 Sustancias peligrosas encontradas en algunas fracciones de los RAEE .....	28
Tabla 7 Daños potenciales a la Salud y Peligros al Medio Ambiente de algunas sustancias peligrosas contenidas en los RAEE.....	31
Tabla 8 Alternativas propuestas de disposición de RAEE.....	51
Tabla 9 Centros de acopio con equipos de recuperación de gases refrigerantes autorizados por el MARN.....	53
Tabla 10 Tiempo de almacenamiento de RAEE.....	67
Tabla 11 Categorización de AEE Directiva 2012/19/UE (RAEE2).....	90
Tabla 12 Algunas empresas recicladoras de RAEE reconocidas en América.....	94

## Ilustraciones

Ilustración 1 Gráfica de tendencia de AEE puestos en el mercado y RAEE generados en El Salvador (2010-2025) .....	21
Ilustración 2 Indicadores de RAEE para el año 2019 .....	22
Ilustración 3 Categorización de AEE brindado por la UE para su posterior reciclaje...	25
Ilustración 4 Imagen ilustrativa sobre los componentes que se pueden encontrar en los RAEE.....	27
Ilustración 5 Sistema de Gestión de RAEE actual en El Salvado.....	47
Ilustración 6 Procedimiento a realizar por las unidades generadoras .....	56
Ilustración 7 Procedimiento a realizar por las Unidades Técnicas .....	58
Ilustración 8 Procedimiento sugerido de envío de RAEE a bodegas .....	59
Ilustración 9 Protocolo general propuesto de manejo de AEE.....	60
Ilustración 10 . Capacitores industriales de aparatos eléctricos .....	62
Ilustración 11 Pilas y acumuladores para equipos eléctricos.....	62
Ilustración 12 Cartuchos de impresoras .....	62
Ilustración 13 Monitores de tubos de rayos catódicos.....	63
Ilustración 14 Lámparas fluorescentes, de tubo y de alta presión.....	63
Ilustración 15 Lámparas de descarga de gas en pantallas LCD.....	64
Ilustración 16 Equipo de refrigeración .....	64
Ilustración 17 Depósito con tapadera para almacenamiento de RAEE.....	71
Ilustración 18 Depósitos sin tapadera para almacenamiento de RAEE .....	72
Ilustración 19 Depósitos con tapadera con mayor seguridad para almacenamiento de RAEE.....	72
Ilustración 20 Embalaje y depósitos para monitores .....	74
Ilustración 21 Montacarga con paletas de acero .....	75
Ilustración 22 Estantes para almacenamiento de equipos en buen estado .....	75

## PARTE A. Presentación o introducción

### A.1 Descripción del proyecto en el cual se desarrolla la guía

La “Guía Técnica para Generadores de Residuos de Aparatos Eléctricos y Electrónicos en El Salvador” es un producto del componente “Fortalecimiento de las iniciativas de gestión de Residuos Electrónicos” del proyecto denominado: Fortalecimiento de Iniciativas Nacionales y Mejoramiento de la Cooperación Regional para el Manejo Ambientalmente Adecuado de Contaminantes Orgánicos Persistentes en Residuos de Equipos Electrónicos o Eléctricos (RAEE) En Países Latinoamericanos”, también conocido como proyecto PREAL.

Dicho proyecto está siendo desarrollado en El Salvador desde el año 2019, gracias al financiamiento de la Organización de las Naciones Unidas para el Desarrollo Industrial (ONUDI) y el Fondo Mundial para el Medio Ambiente (GEF). El proyecto PREAL está siendo ejecutado por la Fundación Centro Nacional de Producción Más Limpia (CNPML) y monitoreado por el Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales (MARN).

### A.2 Objeto de la guía y público al cuál va dirigido

Los generadores son los primeros actores de la cadena de gestión de los RAEE, en ellos recae la responsabilidad de separar dichos residuos de los residuos sólidos comunes y asegurarse de su disposición ambientalmente adecuada. Por lo tanto, es importante que existan medios de consulta para la aplicación de mejores prácticas de gestión de RAEE.

Por lo tanto esta guía está dirigida a los *actores generadores* de Residuos de Aparatos Eléctricos y Electrónicos (RAEE) a gran volumen en El Salvador, entre los cuales se encuentran municipalidades, centros de enseñanza, hospitales, instituciones públicas, empresas privadas, entre otros. Por el gran volumen de generación, la gestión ambientalmente adecuada de los RAEE requiere de pautas mínimas de actuación. Esta guía pretende recopilar las más importantes.

De tal manera, el principal propósito del presente documento es el de brindar pautas técnicas de fácil comprensión para los generadores de RAEE para la gestión segura y ambientalmente adecuada de los RAEE, de tal forma que se logre la prevención y reducción de los impactos ambientales reales y potenciales asociados a su manejo.

### A.3 Estructura de la guía

Para lograr el objetivo plasmado, este documento presenta un contexto general que introduce al lector en la problemática existente en torno a los RAEE a nivel mundial, regional y nacional. Posteriormente se brinda un marco conceptual conteniendo las nociones técnicas más importantes a saber sobre la temática, dichos conceptos facilitan una mejor y correcta comprensión de la guía.

En un cuarto apartado, la guía recopila de manera resumida el marco jurídico aplicable a la gestión de RAEE, tanto a nivel internacional como nacional. De igual forma se presentan los actores institucionales con mayor injerencia en la problemática a nivel nacional.

En la penúltima sección se muestra mediante un esquema de la gestión de RAEE existente en El Salvador

Por último, como sección medular de la presente guía, se recopilan lineamientos técnicos y generales para un correcto manejo (segregación, almacenamiento y reciclaje) de los residuos de aparatos eléctricos y electrónicos en instituciones públicas y privadas como generadores de estos residuos.

### A.4 Acrónimos

AEE: Aparatos Eléctricos y Electrónicos.

COP: Compuestos Orgánicos Persistentes.

NE: Número de Expediente.

DNICTI: Dirección Nacional de Investigación en Ciencias Tecnología e Innovación.

EPP: Equipo de Protección Personal.

EsIA: Estudio de Impacto Ambiental.

GIRAAEE: Gestión Integral de los Residuos y Aparatos Electrónicos y Eléctricos.

GTI: Grupo Técnico Interinstitucional.

MARN: Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales.

MINED: Ministerio de Educación.

MINSAL: Ministerio de Salud.

MINTRAB: Ministerio de Trabajo y Previsión Social



OCDE: Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico.

ONUOI: Organización de las Naciones Unidas para el Desarrollo Industrial.

RAEE: Residuos de Aparatos Eléctricos y Electrónicos.

REMSRDP: Reglamento Especial en Materia de Sustancias, Residuos y Desechos Peligrosos.

REP: Responsabilidad Extendida del Productor.

SAC: Sistema Arancelario Centroamericano.

TI: Tratado Internacional.

TIC: Tecnología de la Información y la Comunicación.

UE: Unión Europea.

## A.5 Glosario.

Acopiar: acción de reunir diariamente RAEE en sitios definidos y bajo condiciones adecuadas previo a la entrega de los mismo a un gestor autorizado.

Almacenamiento: acción de resguardar temporalmente RAEE, en bodegas autorizadas, para su posterior aprovechamiento mediante gestores autorizados.

Aparatos Eléctricos y Electrónicos: son aquellos aparatos que necesitan para funcionar corriente eléctrica o campos electromagnéticos destinados a ser utilizados con una tensión nominal en corriente alterna o continua, y los aparatos necesarios para generar, transmitir y medir esas corrientes y campos.

Aprovechamiento: todo proceso industrial y/o manual, cuyo objetivo sea la recuperación o transformación de los recursos contenidos en los RAEE, garantizando el bienestar de las personas y el medio ambiente.

Autoridad competente: la autoridad gubernamental designada por un país que sea Parte en el Convenio de Basilea para recibir, en la zona geográfica que la parte considere conveniente, la notificación de un movimiento transfronterizo de desechos peligrosos o de otros desechos, así como cualquier información al respecto, y para responder a esa notificación, de conformidad con lo dispuesto en el artículo 6 del referido Convenio.

Centro de acopio: instalaciones dedicadas a la recolección y almacenamiento diario de RAEE por medio de gestores autorizados.

Centro de recuperación de RAEE: lugar donde se acopian y almacenan residuos de aparatos eléctricos y electrónicos; ya sea de manera que el residuo esté completo o se encuentre desmantelado en sus componentes. Estos centros pueden contar o no con áreas autorizadas para el desmontaje de aparatos y separación de componentes.

Ciclo de vida: etapas consecutivas o interrelacionadas de un producto o servicio, desde la adquisición de materia prima o su generación a partir de recursos naturales hasta la disposición final.

Clasificar: ordenar, organizar, separar, catalogar residuos.

Contaminación: la presencia o introducción al ambiente de elementos nocivos a la vida, la flora o la fauna, o que degraden la calidad de la atmósfera; del agua, del suelo o de los bienes y recursos naturales en general.

Contaminantes orgánicos persistentes: Productos químicos que poseen ciertas propiedades tóxicas y resistentes a la degradación. Permanecen mucho tiempo en el ambiente, pueden desplazarse a grandes distancias; entran en el cuerpo humano principalmente a través del consumo de alimentos y forman parte de la carga corporal tóxica que pasa a las futuras generaciones. La contaminación ocasionada por los COP es un problema transfronterizo que hace indispensable tomar medidas a escala internacional.

Convenio de Basilea: el Convenio de Basilea es un acuerdo sobre medio ambiente por medio del cual 170 países dentro del sistema de Naciones Unidas convinieron proteger el medio ambiente y la salud humana de los efectos nocivos provocados por la generación, manejo, movimientos transfronterizos y eliminación de desechos peligrosos.

Compuestos Orgánicos Persistentes: Según la secretaría del convenio de Estocolmo, un grupo de sustancias químicas conocido como los “contaminantes orgánicos persistentes” (COP), comparte cuatro características en una combinación particularmente peligrosa: 1) son persistentes; duran años o inclusive décadas antes de degradarse a formas menos peligrosas; 2) se evaporan y viajan largas distancias por aire o agua; 3) se acumulan en los tejidos grasos; y 4) son sumamente tóxicos (Secretaría del Convenio de Estocolmo, 2011).

Desechos peligrosos: cualquier material sin uso directo o descartado permanentemente que por su actividad química o por sus características corrosivas, reactivas, inflamables, tóxicas, explosivas, combustión espontánea, oxidante,

infecciosas, bioacumulativas, eco tóxicas o radioactivas u otras características, que ocasionen peligro o ponen en riesgo la salud humana o el ambiente, ya sea por sí solo o al contacto con otros desechos.

**Desmontar:** separar las piezas de un RAEE.

**Disposición final:** es la operación final controlada y ambientalmente adecuada de los desechos, según su naturaleza.

**Desechos voluminosos:** artículos grandes, pesados o voluminosos, tales como muebles de sala, comedor y recámara, muebles de oficina, tanques de metal y piezas de metal que no puedan ser incorporados dentro de las operaciones de esparcido, compactación y cobertura en un relleno sanitario.

**Eliminador:** toda persona natural o jurídica a la que se envíe los desechos peligrosos u otros desechos y que ejecute la eliminación de tales desechos. En el caso particular de los RAEE corresponde a toda persona natural o jurídica que realizará el aprovechamiento de los mismos.

**Embalaje:** es un recipiente o envoltura que contiene productos de manera temporal principalmente para agrupar unidades de un producto pensando en su manipulación, transporte y almacenaje.

**Empresas desensambladoras:** instituciones encargadas de realizar el proceso de desensamblaje obteniendo de este modo un valor económico. Entre las actividades que realizan están la categorización y clasificación de los componentes.

**Empresas recicladoras:** Instituciones encargadas de todo proceso de extracción y transformación de los materiales y componentes de los RAEE para su aplicación como insumos productivos.

**Empresas recolectoras:** Empresas dedicadas a la recolección residuos, incluido su almacenamiento inicial, con el objeto de transportarlos a una instalación de almacenamiento, una instalación de valorización o de eliminación, según corresponda. La recolección de residuos separados en origen se denomina diferenciada o selectiva.

**Exportación:** proceso mediante el cual los RAEE son enviados fuera del territorio nacional, bajo las autorizaciones correspondientes. El exportador es el gestor autorizado con arreglo a la legislación nacional.

**Generador de residuos:** persona natural o jurídica, pública o privada, que produce todo tipo de residuos derivados de sus actividades. Los consumidores también son generadores de residuos como resultado del consumo de bienes.

**Gestión integral:** conjunto de operaciones y procesos encaminados a la reducción de la generación, segregación en la fuente y de todas las etapas de la gestión de los desechos y residuos, hasta su disposición final.

**Gestor:** persona natural o jurídica, pública o privada, encargada de la gestión total o parcial de los RAEE, y autorizada conforme a lo establecido en las leyes y sus reglamentos.

**Gestor de residuos:** persona natural o jurídica, pública o privada que realiza cualquiera de las operaciones de manejo de residuos propios o de terceros y que se encuentra autorizada de conformidad a la normativa vigente.

**Guía Técnica:** Libro, folleto con datos, explicaciones o normas de una determinada materia que tiene como objetivo brindar lineamientos técnicos.

**Impacto ambiental:** Cualquier alteración significativa, positiva o negativa, de uno o más de los componentes del ambiente, provocados por acción humana o fenómenos naturales en un área de influencia definida.

**Impermeable:** que no permite el paso de la humedad, el agua u otro.

**Inventario:** registro de los RAEE que son almacenados para su posterior valorización y aprovechamiento.

**Manejo integral:** actividades de recolección, acopio, almacenamiento, transporte, desmontaje, aprovechamiento, tratamiento, reciclaje y disposición final de residuos eléctricos y electrónicos.

**Movimiento transfronterizo:** corresponde al proceso de transporte y tránsito de los RAEE, de un país a otro, para su aprovechamiento o disposición final.

**País de importación:** el país hacia el cual se proyecte efectuar o se efectúe un movimiento transfronterizo de desechos peligrosos o de otros desechos con el propósito de eliminarlos en ese país. También incluye el país destino donde se realizará el aprovechamiento de los RAEE sujeto a un movimiento transfronterizo.

**País de exportación:** el país desde el cual se proyecte iniciar o se inicie un movimiento transfronterizo de desechos peligrosos o de otros desechos, incluidos los movimientos para el aprovechamiento de los RAEE.

**País Parte (Estado Parte):** un Estado pasa a ser Estado Parte, y por ende miembro de la Organización del Convenio de Basilea, por uno de dos medios: la ratificación o la adhesión. El Salvador es Estado Parte por medio de ratificación.

**País de tránsito:** todo país, distinto del país de exportación o de importación, a través del cual se proyecte efectuar o se efectúe un movimiento de desechos peligrosos o de otros desechos, incluido el movimiento de RAEE.

**Productor:** persona física o jurídica que fabrique o ensamble en el territorio nacional, equipos eléctricos y electrónicos, bajo su propio nombre o su propia marca o la de un tercero. Productor es también aquel que importe para dar condiciones y vías de distribución para venta de cualquiera de los equipos que pueda generar un RAEE.

**Punto verde:** punto de acopio y recepción de residuos de aparatos eléctricos y electrónicos en instalaciones públicas o privadas.

**Reciclaje:** proceso que sufre un material o producto para ser incorporado a un ciclo de producción o de consumo, ya sea el mismo en que fue generado u otro diferente.

**Receptor:** que acepta o recibe RAEE.

**Recolección selectiva:** Operación consistente en recoger residuos, incluido su almacenamiento inicial, con el objeto de transportarlos a una instalación de almacenamiento, una instalación de valorización o de eliminación, según corresponda. La recolección de residuos separados en origen se denomina diferenciada o selectiva.

**Recuperación de componentes:** Toda actividad vinculada al rescate de los RAEE desechados por los generadores a efectos de su valorización.

**Residuos de Aparatos Eléctricos y Electrónicos (RAEE):** Aparatos que ya no puedan ser usados para el fin que han sido creados; por obsolescencia o recambio tecnológico; cuando su poseedor toma la decisión de descartarlo, dejarlo o sufrir daños de cualquier tipo.

**Residuos de Manejo Especial:** son aquellos que tienen características de gran volumen, difícil manejo, tamaño y composición y, por ende, requieren de una gestión con características diferentes a las convencionales consideradas en el servicio de recolección Municipal.

**Residuo no aprovechable:** es todo material o sustancia de origen orgánico e inorgánico, proveniente de actividades domésticas, industriales, comerciales, institucionales o de servicios, que no ofrece ninguna posibilidad de aprovechamiento, reutilización o reincorporación en un proceso productivo; por lo que, son considerados residuos que no tienen ningún valor comercial, requiriendo tratamiento y disposición final, generando costos de disposición.

**Residuo peligroso:** material que reviste características peligrosas, que después de servir a un propósito específico todavía conserva propiedades físicas y químicas útiles, y por lo tanto puede ser reusado, reciclado, regenerado o aprovechado con el mismo propósito u otro diferente.

**Residuos valorizables:** son aquellos residuos que pueden ser recuperados de la corriente de los residuos sólidos ordinarios para su valorización.

**Retardante de fuego:** los compuestos que tienden a inhibir la combustión cuando se aplican, ya sea mezclados, combinados o sobre materiales combustibles.

**Riesgos ambientales:** Es la probabilidad que se presente un nivel de consecuencias ambientales en un sitio particular y durante un período de tiempo definido.

**Separación:** procedimiento mediante el cual se evita desde la fuente generadora que se mezclen los residuos, para facilitar el aprovechamiento de materiales valorizables y se evite su disposición final.

**Sustancias nocivas:** Sustancias que por inhalación, ingestión o penetración cutánea pueden ocasionar daños de gravedad limitada.

**Sustancias peligrosas:** todo material con características corrosivas, reactivas, radioactivas, explosivas, tóxicas, inflamables o con actividades biológica. **Tratamiento:** cualquier actividad realizada por un gestor de los residuos eléctricos y electrónicos incluyendo descontaminación, trituración y preparación para proceder con la exportación y el aprovechamiento de materiales.

**Tóner:** también denominado tinta seca por analogía funcional con la tinta, es un polvo fino, normalmente de color negro, que se deposita en el papel que se pretende imprimir por medio de atracción electrostática o magnetografía.

**Tratamiento:** cualquier actividad realizada por un gestor de los residuos eléctricos y electrónicos incluyendo descontaminación, trituración y preparación para proceder con la exportación y el aprovechamiento de materiales.

**Trazabilidad:** la gestión integral de residuos deberá establecer el conjunto de procedimientos preestablecidos y autosuficientes que permitan conocer las cantidades, ubicación y trayectoria de un residuo o lote de residuos a lo largo de la cadena de manejo.

**Valorización:** conjunto de acciones asociadas cuyo objetivo es recuperar el valor de los residuos para los procesos productivos mediante la recuperación de materiales o el aprovechamiento energético para la protección de la salud y el uso racional de los recursos.

**Vertederos municipales:** Conocidos como rellenos sanitarios o vertederos controlados y gestionados por los gobiernos bajo ciertas consideraciones y estudios económicos, sociales y ambientales

## PARTE B. Marco referencial

### B.1 Panorama mundial de los RAEE

Los aparatos eléctricos y electrónicos figuran entre los vectores esenciales del desarrollo mundial y comprenden una gran variedad de productos que se utilizan en la vida cotidiana. Estos aparatos pueden encontrarse en hogares y empresas de todo el mundo. Sin embargo, el número de dispositivos en propiedad per cápita varía en función del nivel de ingresos.

*Tabla 1. Promedio mundial de electrodomésticos seleccionados en propiedad per cápita, según el nivel de ingresos del país (Forti V., Baldé C.P., Kuehr R., Bel G. Observatorio Mundial de los Residuos Electrónicos. 2020)*

Nivel de Ingresos	Altos	Altos/medios	Medios	Medios/Bajos	bajos
Tamaño medio del hogar	2.8	3.6	4.5	5.3	5
Paridad media de poder adquisitivo en USD per cápita	51,581	21,697	9,874	3,503	1,261
Electrodomésticos en propiedad per cápita	Altos	Altos/medios	Medios	Medios/Bajos	bajos
Frigoríficos	0.7	0.3	0.1	0.1	0.02
Portátiles	1.6	0.3	0.2	0.1	0.1
Lámparas	16	8	6	6	4
Lavadoras	0.4	0.2	0.1	0.01	0.001
Microondas	0.4	0.1	0.03	0.01	0.003
Telefonía móvil	1.4	1.2	1	0.9	0.6

Se sabe por el Observatorio mundial de los residuos electrónicos 2020, en 2019, se generaron unos 53,6 millones de toneladas métricas (Mt) de residuos - e (sin contar los paneles fotovoltaicos), o sea 7,3 kg per cápita. Se estima que, en 2030, se habrán generado más de 74Mt de residuos-e. Así pues, el volumen mundial de residuos-e está aumentando a un alarmante ritmo de casi 2 Mt al año. En 2019, 9,3Mt de residuos quedaron oficialmente documentados como recogidos y reciclados, lo que equivale a un 17,4% de los residuos-e generados.

Esto último permite concluir que la gran mayoría (82,6%) de los residuos-e generados en 2019 no se haya recogido formalmente, ni se haya gestionado de una manera ambientalmente racional. Esos flujos no suelen documentarse de manera coherente o sistemática. La falta de datos sobre los residuos-e recogidos y reciclados formalmente implica que la mayor parte de los residuos-e generados en 2019 (44,3 Mt) se ha gestionado al margen del sistema de recogida oficial y, en algunos casos, se ha enviado a países en desarrollo.

En los hogares de los países de renta más elevada, los dispositivos electrónicos pequeños pueden acabar en cubos de basura normales y eliminarse junto con los residuos sólidos municipales. Por tanto, no se someten a un reciclaje adecuado, lo que entraña una pérdida de materiales. Se estima que, en los países de la UE, 0,6 Mt de residuos-e acaban en cubos de basura (Rotter et al., 2016).

*Tabla 2 Datos de generación y recolección de RAEE por continente (Forti V., Baldé C.P., Kuehr R., Bel G. Observatorio Mundial de los Residuos Electrónicos. 2020)*

Continente	América	Europa	África	Asia	Oceanía
RAEE generados (Mt)	13.1	12	2.9	24.9	0.7
RAEE recogidos y reciclados adecuadamente (Mt)	1.20	5.10	0.03	2.90	0.06
Porcentaje de RAEE tratados (%)	9.2%	42.5%	1.0%	11.6%	8.6%

En 2019, la mayor parte de los residuos-e se generó en Asia (24,9 Mt), mientras que el continente que más kilogramos por persona registró fue Europa (16,2 kilogramos per cápita). Europa también es el continente con la mayor tasa documentada de recogida y reciclaje de residuos-e por vías oficiales (42,5%). En los demás continentes, el volumen de residuos-e documentados como recogidos y reciclados formalmente es notablemente inferior al de residuos-e generados. Las estadísticas actuales muestran



que, en 2019, el segundo puesto de la clasificación lo ocupó Asia (11,7%), seguida de las Américas (9,4%), Oceanía (8,8%) y, en último lugar, África (0,9%). No obstante, las estadísticas pueden variar en gran medida a escala regional, ya que las pautas de consumo y eliminación dependen de diversos factores (por ejemplo. el nivel de ingresos, la política en vigor, la estructura del sistema de gestión de residuos, etc.)

En octubre de 2019, el 71% de la población mundial se hallaba al amparo de políticas, leyes o reglamentos nacionales en materia de residuos-e. Se han llevado a cabo mejoras desde el año 2014, en el que dicho porcentaje se reducía al 44%. En la elevada tasa de cobertura influye el hecho de que los países más poblados, entre ellos China y la India, disponen de instrumentos jurídicos nacionales en vigor. Sin embargo, esta cobertura demográfica abarca tan solo 78 de los 193 países. En consecuencia, menos de la mitad de los países del mundo se halla actualmente al amparo de políticas, leyes o reglamentos.

## B.2 Panorama en América Latina de los RAEE

Los avances en materia de reglamentación a este respecto llevan tiempo en América Latina y solo unos pocos países de la zona han logrado establecer leyes sobre residuos electrónicos. Aunque en los últimos 5 a 10 años se ha avanzado de forma importante en la aplicación de reglamentos concretos sobre residuos electrónicos, el avance se limita a unos pocos países y, en cuanto al resto, el camino que queda por recorrer es todavía muy largo. Aparte de México, Costa Rica, Colombia y el Perú, que probablemente sean las principales fuerzas de la región en una gestión respetuosa con el medio ambiente de los residuos electrónicos y que, en 2020, trabajan por mejorar sus sistemas ya establecidos, solo el Brasil y Chile están estableciendo las bases para empezar a aplicar un marco normativo oficial relativo a los residuos electrónicos.

### B.2.1 Sistema de gestión de residuos electrónicos

América Latina cada vez tiene más empresas que participan en las actividades de gestión y eliminación de residuos electrónicos, especialmente a nivel local. Por un lado, hace unos años solo había tres empresas certificadas R2 al sur de México, ahora hay más de 15. Por otro, el número de recicladores de residuos electrónicos en casi todos los países ha crecido considerablemente, pero la mayoría de las nuevas empresas todavía cuentan con escasos conocimientos técnicos. Aunque ha habido algunas

iniciativas interesantes, todavía no ha sido posible establecer normas técnicas que respondan a las condiciones locales de la región.

Sin duda, el creciente número de recicladores en la región es también consecuencia del aumento en los volúmenes de los aparatos electrónicos que se recogen de forma formal al final de su vida útil. En países con un marco jurídico específico para residuos electrónicos y con objetivos de recogida obligatoria, como Colombia y el Perú, el crecimiento de los volúmenes recogidos ha sido constante y notable. Al mismo tiempo también se ha ampliado la gama de aparatos recogidos. Ahora ya no solo se trabaja con las tecnologías de la información y la comunicación

Gracias a la reglamentación, también está aumentando la importancia de los sistemas oficiales de recaudación, así como el número de planes de cumplimiento individuales o colectivos. En el sector informal se siguen manejando cantidades muy grandes de residuos o, en el mejor de los casos, se almacenan en sótanos. El sector informal forma parte de la estructura laboral de América Latina, pero solo unos pocos países, como el Brasil y Chile, están tratando con diligencia su función en relación con la gestión de los residuos electrónicos. El reconocimiento, la reglamentación y la integración de ese sector es claramente uno de los grandes problemas a los que se enfrenta la región

Otra dificultad es la falta de contribuciones desde el campo de la investigación. Apenas hay datos estadísticos sobre residuos electrónicos, y los pocos disponibles se han utilizado en exceso y han perdido validez. Es necesario contar con información actualizada y metodologías probadas que sirvan de apoyo en la elaboración de políticas y reglamentos. Solo si se aborda esa cuestión será posible tratar el tema mucho más complejo de cómo aumentar el nivel de concienciación y cómo educar a los consumidores de todo tipo para ayudar a fomentar la gestión de los residuos electrónicos en América Latina.

*Tabla 3 Datos de países con mayor número de generación de RAEE (Forti V., Baldé C.P., Kuehr R., Bel G. Observatorio Mundial de los Residuos Electrónicos. 2020)*

Subregiones	Países que más residuos generan	Cantidad de residuos (kg)
Caribe	Jamaica	18
América central	México	1,220
	Guatemala	75
	Costa Rica	51
América del Sur	Brasil	2,143
	Argentina	465
	Colombia	318

### B.3 Panorama en El Salvador de los RAEE

Actualmente El Salvador no cuenta con información específica sobre la cantidad de los aparatos eléctricos y electrónicos (AEE) puestos en el mercado, por consecuencia tampoco cuenta con un sistema de información como país (RAEE), para determinar la cantidad de residuos aparatos eléctricos y electrónicos proveniente de ellos.

Para poder brindar una aproximación del dimensionamiento de la problemática RAEE en el país, la Fundación Centro Nacional de Producción (CNPML) realizó el ejercicio de estimar los RAEE generados en el país con base en la cantidad de AEE puestos en el mercado salvadoreño.

Dicha estimación de RAEE generados en el país se llevó a través de una herramienta informática proporcionada por la Organización de las Naciones Unidas para el Desarrollo Industrial (ONUDI) y desarrollada por la Universidad de las Naciones Unidas (United Nations University).

Dicha herramienta, la E-waste generated tool fue alimentada con información acerca del Comercio Internacional de Mercancías sobre los AEE de la base de datos provista por el sitio web del Banco Central de Reserva de El Salvador, específicamente los relacionados al Sistema Arancelario Centroamericano (SAC).

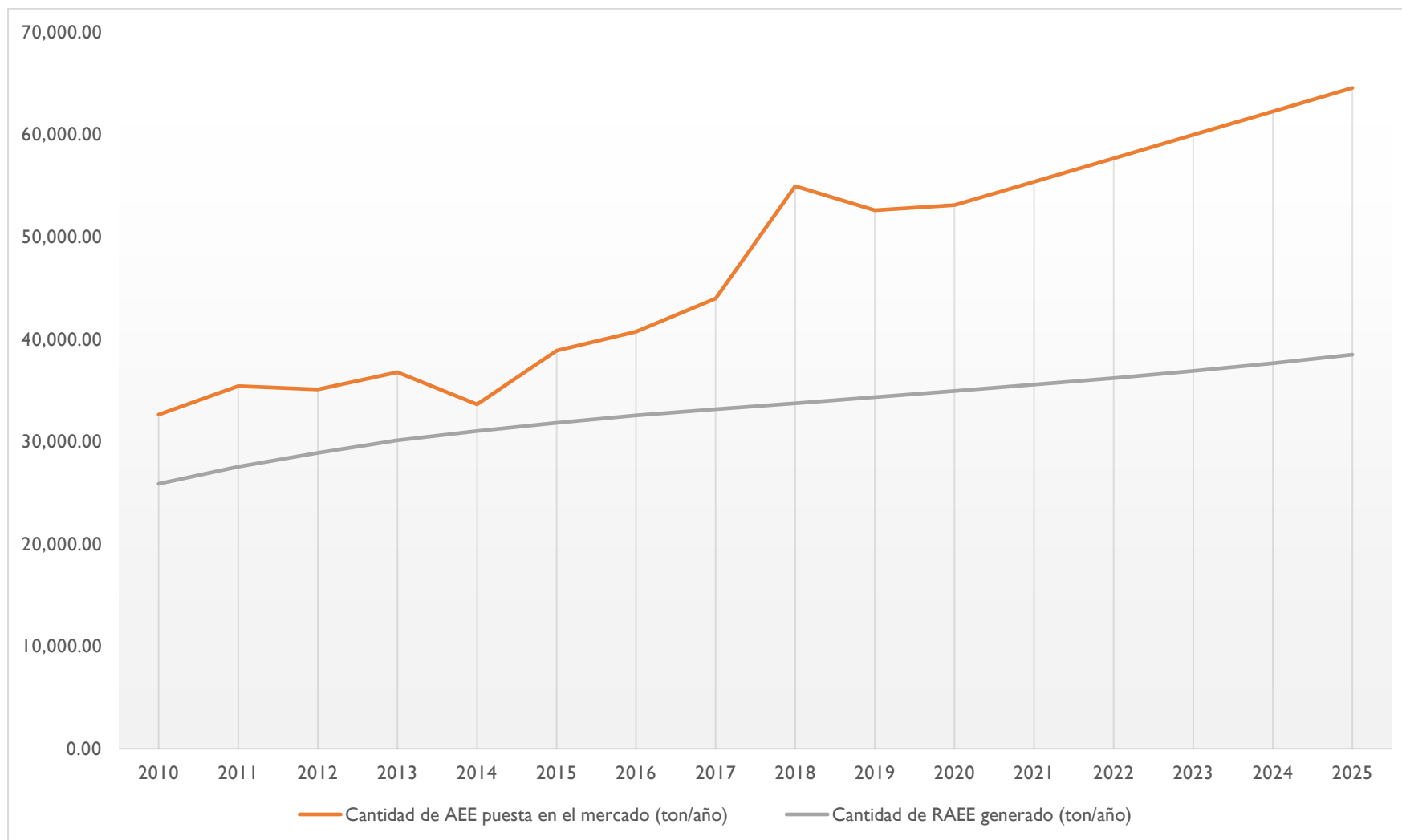
Entre los principales resultados obtenidos se encuentra la estimación de RAEE generados para el espacio temporal 2010-2025. Resaltar que los datos para los años comprendidos entre 2020 y 2025 fueron proyectados.

*Tabla 4 Resultados obtenidos sobre AEE puestos en el mercado y RAEE generados en El Salvador (2010-2025)*

Año	Cantidad de AEE puesta en el mercado (ton/año)	Cantidad de RAEE generado (ton/año)
2010	32,638.42	25,882.04
2011	35,428.02	27,534.27
2012	35,096.83	28,905.45
2013	36,774.84	30,120.42
2014	33,639.17	31,021.89
2015	38,893.57	31,825.23
2016	40,744.35	32,556.85
2017	43,976.45	33,169.96
2018	54,971.17	33,729.39
2019	52,607.81	34,354.30
2020	53,093.80	34,954.14
2021	55,385.22	35,560.32
2022	57,676.64	36,201.74
2023	59,968.06	36,896.86
2024	62,259.48	37,658.37
2025	64,550.90	38,494.59

Fuente: elaboración propia

En la Ilustración 1 se muestra de manera gráfica la tendencia de los datos de la tabla anterior



*Ilustración 1 Gráfica de tendencia de AEE puestos en el mercado y RAEE generados en El Salvador (2010-2025)*

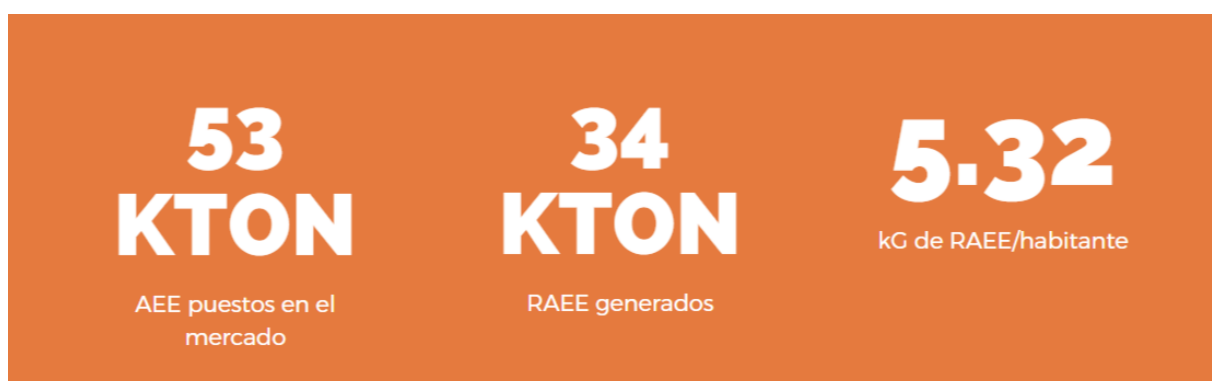
Para obtener índices de generación per cápita de RAEE en El Salvador, se consideraron datos estimados de población para los años comprendidos desde 2010-2019 (Banco Mundial , 2020). Los resultados se presentan en la Tabla 5:

*Tabla 5 Generación de RAEE per cápita en El Salvador (2010-2019)*

Año	RAEE generado (ton/año)	Población estimada	RAEE generado por habitante (kg/habitante)
2010	25,882.04	6,183,000	4.19
2011	27,534.27	6,210,568	4.43
2012	28,905.45	6,237,923	4.63
2013	30,120.42	6,266,070	4.81
2014	31,021.89	6,295,128	4.93
2015	31,825.23	6,325,124	5.03
2016	32,556.85	6,356,143	5.12
2017	33,169.96	6,388,122	5.19
2018	33,729.39	6,420,744	5.25
2019	34,354.30	6,453,553	5.32

Fuente: (Banco Mundial , 2020), elaboración propia

En resumen, para el año 2019 se presentan los principales resultados en la infografía de la Ilustración 2:



*Ilustración 2 Indicadores de RAEE para el año 2019*

## PARTE C. Marco conceptual

### C.1 Definición RAEE

Según STeP Initiative (Solving The e-waste Problem), los Aparatos eléctricos y electrónicos se convierten en Residuos de Aparatos Eléctricos y Electrónicos (RAEE) una vez que su propietario los descarta como desechos sin la intención de reutilizarlo (Step Initiative 2014). Se establece que las características que hacen que un AEE sea considerado como RAEE, en orden de prioridad son las siguientes: cuando ya no pueda ser usado para el fin que ha sido creado; por obsolescencia o recambio tecnológico; cuando ha sufrido daños de cualquier tipo (MARN, 2015).

### C.2 Categorización de Aparatos Eléctricos y Electrónicos

En materia de clasificación es necesario destacar que existen diversas formas de clasificar los AEE, esto varía de un país a otro. Por ejemplo, la clasificación enfocada desde la perspectiva de la comercialización de los equipos electrodomésticos, es decir, que tienen que ver con el ambiente del hogar, estas categorías son las líneas blanca, marrón, gris y los pequeños electrodomésticos.

Por otra parte, la Unión Europea enfocó sus esfuerzos para clasificar los AEE desde una perspectiva de gestión (ya cuando estos son considerados RAEE) más que desde la comercialización. El objetivo principal de esta clasificación es comprender que existen grandes diferencias en la gestión de los diferentes aparatos eléctricos y electrónicos cuando estos se convierten en RAEE y con ello fomentar la reutilización, el reciclaje y otras formas de valorización de estos residuos.

En el presente documento nos ceñiremos a la clasificación emanada de la Unión Europea en materia de RAEE (Directiva 2012/19/UE (RAEE2)), ya que al ser la Unión Europea el marco de referencia en materia de la gestión de los RAEE a nivel mundial, varios países de Latinoamérica que han avanzado en la reglamentación de estos residuos, han adoptado esta clasificación en su regulación <sup>1</sup>.

---

<sup>1</sup> Vid. CAMACHO, A. ESCOBAR OCAMPO, D. "Metodología para la identificación y clasificación de los residuos de aparatos eléctricos y electrónicos en Colombia", *El arrendajo escarlata*, n° 8, Colombia, 2020, pp. 43 – 44.

Dicha Directiva agrupa los aparatos eléctricos y electrónicos en 6 categorías. Las categorías actuales son:

1. Aparatos de intercambio de temperatura, esta categoría abarca los refrigeradores, congeladores, los aparatos de aire acondicionado y los calefactores.
2. Pantallas, monitores y a aparatos con pantallas de superficie superior a los 100 cm<sup>2</sup>. en esta categoría se encuentran los televisores y monitores de cristal líquido (LCD) y de diodos emisores de luz (LED), laptops y tabletas.
3. Lámparas. Estas incluyen lámparas LED, lámparas de descarga de alta intensidad y lámparas fluorescentes compactas y de tubo recto.
4. Grandes aparatos (con dimensión exterior a 50 cm). En la misma se incluyen productos como lavaplatos, lavadoras, hornos y sistemas de calefacción central, impresoras profesionales y paneles fotovoltaicos.
5. Pequeños aparatos (sin ninguna dimensión exterior superior a 50 cm). Esta categoría abarca microondas, aspiradoras, parrillas y tostadoras, hervidores eléctricos, productos de higiene personal, altavoces, cámaras, equipos de audio y auriculares, juguetes, herramientas domésticas y sistemas médicos y de monitoreo.
6. Pequeños equipos informáticos y de telecomunicaciones (sin ninguna dimensión exterior superior a los 50 cm). El equipo que abarca esta categoría incluye teléfonos móviles, Sistemas de posicionamiento global (GPS), calculadoras de bolsillo, enrutadores, computadoras personales, impresoras, teléfonos fijos.

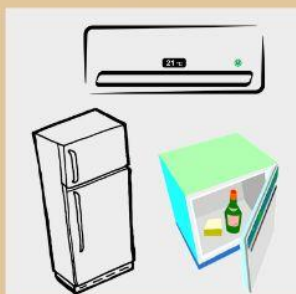
En el anexo I del presente documento, se muestra con un mayor nivel de detalle la clasificación retomada en dicha Directiva.

Cabe destacar que los sistemas y esquemas de residuos electrónicos aún no cubren ningún tipo de baterías, capacitores, o componentes eléctricos de vehículos (motores, alternadores, etc.).



# Categorización de Aparatos Eléctricos y Electrónicos

Aparatos de intercambio de temperatura



Grandes aparatos (con una dimensión exterior superior a 50 cm)



Monitores, pantallas, y aparatos con pantallas de superficie superior a los 100 cm.



Pequeños aparatos (sin ninguna dimensión exterior superior a 50 cm)



Lamparas



Equipos de informática y telecomunicaciones pequeños



*Ilustración 3 Categorización de AEE brindado por la UE para su posterior reciclaje*

Fuente: edición propia, adaptado de Unión Europea, 2012

## C.3 Consecuencias por Inadecuada Gestión de RAEE

Las sustancias presentes en los componentes y fracciones de RAEE pueden ser liberados si son gestionados inadecuadamente, causando los efectos mencionados en el apartado anterior. La inapropiada gestión de RAEE puede provocar formación de lixiviados o incendios nocivos para el medio ambiente. Además de provocar deterioros en componentes y fracciones recuperables, lo que dificulta su reciclaje y resta valor económico para su venta a empresas recicladoras.

### a) Formación de Lixiviados

La estadia de ciertos RAEE durante un prolongado periodo de tiempo en contacto con sustancias ácidas, podría dar lugar a la lixiviación. Lo que a su vez podría desprender plomo en condiciones de vertedero simuladas por el procedimiento de lixiviación.

Las sustancias pueden migrar hacia las aguas subterráneas y, con el tiempo, hacia los lagos, arroyos o pozos, y dar lugar a una posible exposición de las personas y otras especies. No obstante, el plomo no tiende a migrar en el suelo, sino que permanece más bien fijo en las partículas. Por consiguiente, cuando se bebe agua de esa procedencia la exposición al plomo como consecuencia de la lixiviación y migración a aguas subterráneas es un riesgo mínimo (PNUMA, 2003).

#### **b) Incendios**

Cuando los PCB arden, por ejemplo, a causa de un incendio en una casa o en una fábrica en la que haya condensadores, se forman sustancias químicas muy tóxicas, principalmente dibenzofuranos, cuyos efectos nocivos en la salud han sido bien demostrados. Además del peligro de que produzcan furanos en caso de incendio, los PCB son en sí sustancias peligrosas debido a su gran estabilidad y su naturaleza oleofílica, lo que significa que los tejidos adiposos de seres humanos y animales los absorben fácilmente. De este modo, pueden formarse concentraciones de PCB en el organismo, por ejemplo, en la grasa, el hígado, etc., y estas moléculas son muy difíciles de eliminar. (PNUMA productos químicos, 2002).

La oxidación de los plásticos presentes en cables, carcasas o circuitos impresos, puede ser incompleta y producir partículas de hidrocarburos y hollín (PNUMA, 2011). Además, los plásticos provenientes de cables contienen policloruro de vinilo (PVC) lo que puede formar dioxinas y furanos clorados debido a la presencia de cloro en su estructura, así como un riesgo potencial de liberación de sustancias tóxicas como el cadmio y ftalatos, también presentes en pequeñas cantidades en el PVC (Guillen, 2018).

#### **c) Formación de corrosión de metales**

La humedad provoca corrosión y la aparición de moho crea hongos en los mismos circuitos. Los condensadores contienen los congéneres menos clorados de los PCB, por lo que son más volátiles y más susceptibles a ser liberados en caso se produzcan filtraciones en las soldaduras (PNUMA, 2002).

Por otro lado, también las baterías recargables dentro de placas pueden derramarse con el tiempo, humedad o calor, y causar daño irreparable en la placa debido a las sustancias que contienen, particularmente las de níquel-cadmio. Estas sustancias pueden ser altamente básicas o ácidas y corroen los componentes de la tarjeta.

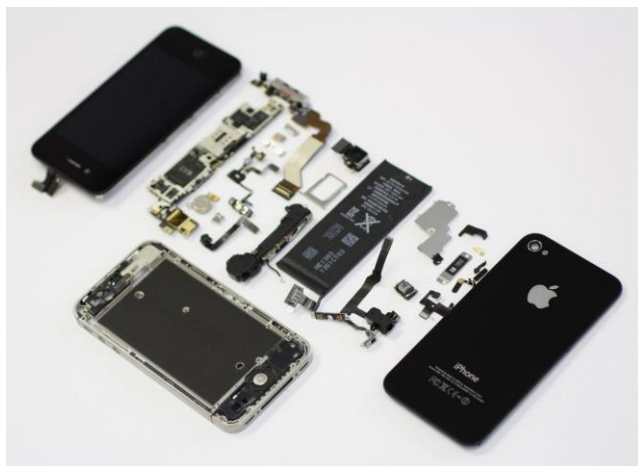
#### d) Formación de Rupturas de algunos componentes de los RAEE

El mercurio liberado por lámparas rotas y materiales contaminados con mercurio se vaporiza a temperatura ambiente. El vapor de mercurio es extremadamente tóxico. El mercurio es el único metal pesado que es líquido a temperatura ambiente. A temperatura ambiente, el mercurio se vaporiza fácilmente en un elemento invisible, inodoro, insípido y potencialmente dañino. Puede ser más dañino inhalar el vapor de una gota de mercurio que ingerir la misma gota. (The Lamp Re- cycling Outreach Project, 2003).

#### C.4 Características de los RAEE (materiales valiosos, sustancias peligrosas ejemplos de composición)

Los aparatos electrónicos son una mezcla compleja de muchos materiales, algunos de los cuales son materias primas escasas que ameritan ser recuperadas por su valor como el oro, plata, paladio y cobre.

La proporción de los metales preciosos contenidos en los desechos electrónicos es importante: se estima que, en los 230 millones de computadores y los 1.000 millones de teléfonos celulares vendidos en el mundo para el año 2006, las cantidades de oro y plata pudieron haber llegado aproximadamente a 70 toneladas y 535 toneladas respectivamente. Lo anterior muestra, que las cantidades crecientes de desechos electrónicos representan un enorme potencial de recursos.<sup>2</sup>



*Ilustración 4 Imagen ilustrativa sobre los componentes que se pueden encontrar en los RAEE.*

---

<sup>2</sup> Vid. Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial. *Lineamientos técnicos para el manejo de residuos de aparatos eléctricos y electrónicos*. Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial; Bogotá, Colombia, 2009, p. 14.

Sin embargo, los RAEE también pueden contener elementos o compuestos con características peligrosas, que, si bien no generan problema durante su uso, estos pueden ser perjudiciales cuando se convierten en residuos. Por una inadecuada gestión, dichos elementos pueden liberarse al entorno, causando impactos negativos al medio ambiente y a la salud de las personas.

Algunos de los elementos peligrosos que se pueden encontrar en los RAEE son: arsénico, cadmio, cromo hexavalente, mercurio, plomo, selenio, retardantes de llama bromados en plásticos clasificados como Compuestos Orgánicos Persistentes (COP), entre otros. También contienen materiales que al quemarse producen otras sustancias tóxicas mucho más dañinas que las originales <sup>3</sup>.

A continuación, en la Tabla 6 se recopilan algunas de las sustancias peligrosas más comunes y en cual o que elemento integrante de los RAEE se encuentran (E-waste 2016 <sup>4</sup>):

*Tabla 6 Sustancias peligrosas encontradas en algunas fracciones de los RAEE*

Sustancia Peligrosa	Localización en los RAEE
Compuestos halogenados:	
Bifenilos policlorados (PCB)	Condensadores, transformadores e interruptores de potencia.
Tetrabromo bisfenol A (TBBA) Polibromobifenilos (PBB) Éteres de difenilo polibromado (PBDE)	Retardantes de llama para plásticos (componentes termoplásticos, aislamiento del cable). TBBA es actualmente el retardante de llama más ampliamente utilizado en las tarjetas de circuito impreso y en las carcasas.
Clorofluorocarbonos (CFC)	Unidad de refrigeración y espuma del aislamiento.
Policloruro de vinilo (PVC)	Aislamiento de cables.
Metales pesados y otros metales:	
Arsénico	Pequeñas cantidades en forma de arseniuro de galio en diodos emisores de luz (LED).
Bario	Captadores (getters) en tubos de rayos catódicos (TRC).
Berilio	Fuentes de potencia que contienen rectificadores controlados de silicio y lentes de rayos X.

<sup>3</sup> Vid. MARN, *Guía ciudadana para la gestión responsable de Residuos de Aparatos Eléctricos y Electrónicos (RAEE)*, Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales (MARN), El Salvador, 2015, pp. 5-6.

<sup>4</sup> Vid. CARCAMO CORTEZ M. E., MARTINEZ LARA J. M., PEREZ CASTILLO A. E., *Propuesta de Guía técnica para la gestión de RAEE basada en la metodología de producción más limpia aplicada a empresas recicladoras de El Salvador*, Tesis de grado, Universidad de El Salvador, 2022, p. 11.

Sustancia Peligrosa	Localización en los RAEE
Cadmio	Baterías recargables de NiCd, película fluorescente (pantallas de TRC), tintas de impresora y tóner y máquinas de fotocopias (tambor de impresión).
Plomo	Pantallas de TRC, baterías y tarjetas de circuito impreso.
Litio	Baterías de litio.
Mercurio	Lámparas fluorescentes que proporcionan iluminación en LCD, en algunas pilas alcalinas y el mercurio como contacto en interruptores.
Níquel	Baterías recargables de NiCd o NiMH y cañón de electrones en los TRC.
Selenio	Máquinas de fotocopias antiguas (fototambores).
Sulfuro de Zinc	Interior de las pantallas de tubos de rayos catódicos, mezclado con metales de tierras raras.
Otros:	
Polvo de tóner	Cartuchos de tóner para impresoras láser y copiadoras.
Sustancias radioactivas:	
Americio	Equipos médicos, detectores de fuego y elementos activos de detectores de humo

### C.5 Peligros para la salud y el medio ambiente (problemática ambiental)

Como ya se ha mencionado antes, los RAEE contienen diversas sustancias peligrosas. El aumento progresivo de los niveles de RAEE, los bajos niveles de recolección y la existencia de sistemas de eliminación y tratamientos de flujos de residuos que dañan el medio ambiente son algunos factores que aumentan el riesgo de problemas para el medio ambiente y la salud de las personas (Kuehr et al., 2020).

Según el Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial (2009) Un caso particular de exposición a estos tipos de sustancias peligrosas se observa en el desensamble de RAEE en los países en desarrollo, en estos lugares se realiza principalmente por personas de bajos recursos económicos, los cuales realizan estas actividades sin ningún tipo de medidas de seguridad industrial. Una de las razones principales para la realización de estas prácticas lo constituye el aumento de los

precios de los metales, los cuales importantes en la producción los aparatos eléctricos y electrónicos.<sup>5</sup>

A continuación, se presenta una tabla con algunas sustancias nocivas, donde se encuentran en los AEE y que efectos o problemas pueden desencadenar a la salud de las personas y al medio ambiente <sup>6</sup>

---

<sup>5</sup> Vid. Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial. *Lineamientos técnicos para el manejo de residuos de aparatos eléctricos y electrónicos*. Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial; Bogotá, Colombia, 2009, p. 14.

<sup>6</sup> AREVALO, PINTO, F. A y ZEPEDA, BELLOSO, B, A., *Propuesta para el manejo adecuado de los residuos de aparatos eléctricos y electrónicos generados en la facultad de ingeniería y arquitectura de la universidad de El Salvador*, Tesis de grado, Universidad de El Salvador, 2022, pp. 30- 39

*Tabla 7 Daños potenciales a la Salud y Peligros al Medio Ambiente de algunas sustancias peligrosas contenidas en los RAEE*

Sustancia	Presente en	Daños Potenciales a la Salud	Peligros al Medio Ambiente
Plomo (Pb)	Soldaduras de circuitos integrados y en placas de baterías; en forma de óxido de plomo también se encuentra en los tubos de rayos catódicos de los computadores y televisores.	Peligro por inhalación y por ingestión. La exposición de corta duración puede causar efectos en: el tracto gastrointestinal, la sangre, el sistema nervioso central y el riñón, dando lugar a cólicos, shock, anemia, daño renal y encefalopatías. La exposición prolongada o repetida afecta incluso al sistema inmunológico, dando lugar a cólicos graves, parálisis muscular, anemia, cambios en la personalidad, retardo en el desarrollo mental, nefropatías irreversibles. Además, puede causar retardo en el desarrollo en los recién nacidos (Hidalgo, 2010).	Afecta la flora y fauna, ya que da lugar a la bioacumulación en los vegetales y animales, especialmente en los peces (Hidalgo, 2010).
Mercurio (Hg)	En el 2006, el mercurio que se encontraba en las baterías se estimaba que era alrededor del 90% de todo el mercurio que se destinaba a los AEE (Rodríguez, 2006), sin embargo, en los últimos años países han implementado leyes en las que se prohíbe el uso de mercurio para la elaboración de ciertos tipos de baterías, aun así, el	Afecta principalmente al sistema nervioso y puede producir graves daños en el cerebro en estado fetal. Es activamente perjudicial para el sistema cardiovascular y puede ser cancerígeno (Díaz et al., 2016). La inhalación o ingestión de distintos compuestos de Hg o tras la exposición cutánea a ellos producen trastornos neurológicos y del comportamiento. Las sales de Hg inorgánicas son corrosivas para la piel, los ojos y el tracto intestinal	El mercurio emitido en el aire finalmente va a parar en el agua o en el suelo. (EPA, 2018). El metilmercurio es una de las formas con elevada toxicidad y es muy fácilmente incorporado en la cadena alimenticia y bioacumulado en seres vivos. (Rodríguez, 2006) Puede llegar a convertirse en metilmercurio debido a la acción de microorganismo, esta es una forma altamente

Sustancia	Presente en	Daños Potenciales a la Salud	Peligros al Medio Ambiente
	mercurio sigue siendo muy requerido para el funcionamiento de las lámparas de descarga y en pequeñas cantidades también se encuentra en los relés y circuitos eléctricos	y, al ser ingeridas, pueden ser tóxicas para los riñones. (OMS, 2017).	tóxica que se acumula en los pescados, mariscos y animales que comen pescado. (EPA, 2018)
Cadmio (Cd)	Se concentra mayormente en las baterías de tipo recargables, y en pequeñas cantidades se encuentra en algunos componentes de los circuitos integrados para generar resistencias de chips SMD, semiconductores o detectores de presencia y en cables. También se encuentran en los tubos de rayos catódicos de monitores más antiguos.	Ingresa por vía respiratoria o por vía oral, se transporta a la sangre y se concentra en el hígado y el riñón. El cadmio tiene la capacidad de acumularse en estos órganos vitales lo que produce daños irreversibles aún para concentraciones reducidas. El tiempo de permanencia en estos órganos puede ser muy elevado, en el riñón puede alcanzar los 30 años (Díaz, 2016).	Tiene tendencia a acumularse en las plantas. El cadmio causa severos desequilibrios en los procesos de nutrición y transporte de agua en las plantas. La favorabilidad de acumulación de cadmio en las plantas ha llevado a considerarlas como potenciales candidatos para tareas de fitorremediación de este metal (Díaz, 2016).
Litio (Li)	Las baterías de litio	Por arriba de 2 meq/L en el plasma sanguíneo puede surtir efectos tóxicos graves de intoxicación: insuficiencia renal, arritmias cardíacas, coma, convulsiones y la muerte (Arévalo C. y Castañeda K., 2012).	Según el geólogo Fernando Díaz, puede estimarse que por cada tonelada de litio extraída se evaporan alrededor de dos millones de litros de agua (BioGuia, 2017). Por calentamiento intenso o en contacto con el agua puede ocasionar incendio o explosión. De la reacción con agua se forma gas de hidrógeno altamente inflamables y humos



Sustancia	Presente en	Daños Potenciales a la Salud	Peligros al Medio Ambiente
			corrosivos de hidróxido de litio. (Instituto Nacional de Seguridad y Salud en el Trabajo (INSST), 1999)
BFR	El grupo más importante lo constituyen los retardantes de llama bromados (BFR's), los cuales son utilizados en plásticos, textiles y productos electrónicos.	Pueden entrar en la cadena alimentaria acumulándose en la grasa, tanto en los animales como en los aceites vegetales. La vía principal de exposición humana a la mayoría de BFR's es la ingestión (Guillen, 2018). En el caso de ingerir sustancia BTBPE (1,2-Bis(2,4,6-tribromofenoxi) etano) el cual se utiliza en los plásticos, su metabolito (2, 4, 6-tribromofenol), hace que la tiroides sea alterada,	Los plásticos con retardantes de llama cuando se desprenden de los plásticos llegando a depositarse en los suelos y ríos. El TBBPA se degrada parcialmente bajo condiciones aeróbicas y anaeróbicas en el suelo, sedimentos y agua. Según el tipo de suelo, humedad y composición, entre el 40-90% del TBBPA permanece en el suelo después de 56-64 días (Barrera, Castro y Gavilán, 2007).
Gases ácidos: HBr, HF, HCl, óxidos de azufre (SO <sub>2</sub> , SO <sub>3</sub> )	Son sustancias que se pueden generar por la combustión de los RAEE	Problemas respiratorios y cardiovasculares	Liberación, precipitación de estas sustancias y posterior incorporación a cuerpos de agua y suelos.
Dioxinas y Furanos halogenados	Se pueden llegar a formar por reacciones de combustión de los RAEE	Pueden dar lugar a alteraciones en el sistema neurológico, inmunológico y reproductivo. La ingestión oral es la vía mayoritaria de incorporación al organismo, principalmente a los alimentos grasos. También puede ingresar al organismo por	Cuando las PCDD/Fs son liberadas a la atmósfera, se depositan en suelos y en la vegetación. Estos quedan fijos a los suelos o sedimentos, se degradan lentamente. Por lo que posteriormente se incorporan a la cadena alimenticia.

Sustancia	Presente en	Daños Potenciales a la Salud	Peligros al Medio Ambiente
		<p>inhalación y contacto dérmico. La 2,3,7,8-tetraclorodibenzo-pdioxina (2,3,7,8-TCDD) se considera el compuesto más tóxico sintetizado por el hombre hasta la fecha y ha sido catalogado como cancerígeno para el ser humano por la Agencia Internacional para la Investigación sobre el Cáncer.</p>	

## PARTE D. Marco regulatorio

### D.1 Marco regulatorio internacional

#### D.1.1 Directiva RAEE, 2002/96/CE

La cantidad de residuos de aparatos eléctricos y electrónicos (en su conjunto denominados RAEE o residuos electrónicos) que se generan cada año en la UE (Unión Europea) está aumentando rápidamente. Ahora es uno de los flujos de residuos de más rápido crecimiento.

Las normas de la UE sobre RAEE tienen por objeto contribuir a la producción y el consumo sostenibles. Abordan cuestiones medioambientales y de otro tipo causadas por el creciente número de productos electrónicos descartados en la UE.

La Directiva RAEE tiene por objeto contribuir a la producción y el consumo sostenible:

- prevención de la creación de RAEE como primera prioridad
- contribuir al uso eficiente de los recursos y a la recuperación de materias primas secundarias mediante la reutilización, el reciclado y otras formas de recuperación
- mejorar el desempeño medioambiental de todos los involucrados en el ciclo de vida de los AEE

Para alcanzar estos objetivos, la Directiva:

- requiere la recogida separada y el tratamiento adecuado de los RAEE y establece objetivos para su recogida, así como para su recuperación y reciclado.
- ayuda a los países europeos a luchar más eficazmente contra las exportaciones ilegales de residuos al dificultar que los exportadores encubran los envíos ilegales de RAEE
- reduce la carga administrativa al exigir la armonización de los registros nacionales de AEE y del formato de reporte

La Directiva RAEE, 2002/96/CE, es una ley en vigor desde el 13 de agosto del 2005 en todo el ámbito de la Unión Europea. Pretende promover el reciclaje, la reutilización y la recuperación de los residuos de estos equipos para reducir su contaminación. La Directiva 2002/96/CE fue sustituida por la Directiva 2012/19/UE del Parlamento Europeo y del Consejo, de 4 de julio de 2012, sobre residuos de aparatos eléctricos y electrónicos.

El aumento de la producción y el uso de productos eléctricos y electrónicos, como teléfonos móviles, computadoras y aparatos de cocina, ha dado lugar a un volumen creciente de desechos eléctricos y electrónicos. Durante el uso, la recogida, el tratamiento y la eliminación de dichos residuos, los productos pueden liberar sustancias nocivas (peligrosas) como el plomo, el mercurio y el cadmio, lo que puede causar graves problemas ambientales y de salud.

Para hacer frente a estos desafíos, la legislación de la UE restringe el uso de determinadas sustancias peligrosas en equipos eléctricos y electrónicos a través de la Directiva RoHS (Restriction of Hazardous Substances in Electrical and Electronic Equipment)

### D.1.2 Directiva RoHS

La Directiva RoHS restringe actualmente el uso de diez sustancias: plomo, cadmio, mercurio, cromo hexavalente, bifenilo polibromado (PBB) y éteres de difenilo polibromados (PBDE), ftalato de bis(2-etilhexilo) (DEHP), ftalato de butilo bencilo (BBP), ftalato de dibutilo (DBP) y ftalato de diisobutilo (DIBP).

Todos los productos con un componente eléctrico y electrónico, a menos que se excluyan específicamente, deben cumplir con estas restricciones.

La Directiva RoHS tiene como objetivo prevenir los riesgos para la salud humana y el medio ambiente relacionados con la gestión de residuos electrónicos y eléctricos.

Lo hace restringiendo el uso de ciertas sustancias peligrosas en AEE que pueden ser sustituidas por alternativas más seguras. Estas sustancias restringidas incluyen metales pesados, retardantes de llama o plastificantes.

La Directiva promueve la reciclabilidad de los AEE, ya que los AEE y sus componentes que se han convertido en residuos contienen menos sustancias peligrosas. Al mismo tiempo, garantiza unas condiciones de competencia equitativas para los fabricantes e importadores de AEE en el mercado europeo.

La directiva RoHS 2002/95/CE entró en vigor en 2006, dicha directiva fue sustituida por la directiva RoHS 2011/65/UE (RoHS2) que entró en vigor en enero 2013.

### D.1.3 Convenios internacionales

El manejo de desechos electrónicos a nivel internacional ha sido motivo de mucho interés, en los últimos años principalmente por las sustancias que los componentes,

esto ha generado un análisis más detallado de los convenios enfocados al tratamiento de estas sustancias peligrosas como los son: Convenios de Basilea, Estocolmo y Montreal, los cuales han sido ratificados por nuestro país, esto implica que según el Artículo 144 de nuestra constitución el cual cita:

“Los tratados internacionales celebrados por El Salvador con otros Estados o con organismos internacionales, constituyen leyes de la República al entrar en vigencia, conforme a las disposiciones del mismo tratado y de esta Constitución”

A continuación, se presenta una breve descripción de cada uno de estos y cómo estos influyen en el manejo adecuado de los desechos electrónicos:

- **Convenio de Basilea**

Convenio de Basilea sobre el Control de los Movimientos Transfronterizos sobre los Desechos Peligrosos y su Eliminación. El objetivo primordial del Convenio de Basilea es reducir al mínimo los movimientos transfronterizos de desechos peligrosos entre Estados Partes, así como a prohibir la importación o exportación de desechos peligrosos si particularmente son países en desarrollo, o si se tienen razones para creer que tales desechos no serán sometidos a un manejo ambientalmente racional, entendido este como la adopción de todas las medidas posibles para garantizar que los desechos peligrosos y otros desechos se manejen de manera que queden protegidos el medio ambiente y la salud humana contra los efectos nocivos que pueden derivarse de tales desechos.

El ámbito de aplicación del Convenio de Basilea cubre una amplia variedad de desechos definidos como “desechos peligrosos” sobre la base de su origen o composición, o en virtud de sus características peligrosas.

*El Convenio de Basilea fue firmado por el país en el año de 1990 y ratificado en 1991.*

El convenio de Basilea se incorpora en la legislación nacional mediante la Ley del Medio Ambiente y su Reglamento Especial en materia de Sustancias, Residuos y Desechos Peligrosos. En el marco del cumplimiento del Convenio de Basilea se pueden autorizar exportaciones de residuos y desechos peligrosos a Estados Parte que cuenten con tecnologías que garanticen que los mismos serán manejados de forma de prevenir contaminación ambiental y que no causarán daños a la salud o el medio ambiente, de conformidad a lo establecido en los artículos 4 y 6 del citado Convenio.

La importación de desechos peligrosos se encuentra PROHIBIDA, de conformidad a lo establecido en el literal a, del artículo 4 del citado Convenio. Además, dicha prohibición se encuentra establecida en el artículo 59 de la Ley del Medio Ambiente, el cual cita: "Se prohíbe la introducción en el territorio nacional de desechos peligrosos, así como su tránsito, liberación y almacenamiento".

Además, se cuenta con un Acuerdo Regional Centroamericano que prohíbe la importación de desechos peligrosos a la región, de conformidad a lo establecido en el artículo 11 del Convenio de Basilea.

- Convenio de Montreal

La comunidad científica acuerda que los países deben tomar medidas preventivas para controlar equitativamente el total de emisiones mundiales de las sustancias agotadoras de ozono, tales como el clorofluorocarbón (CFC). Este acuerdo reconoce que la emisión de estas sustancias puede modificar la capa de ozono en una forma que podría tener repercusiones nocivas sobre la salud y el medio ambiente.

El Protocolo de Montreal tiene como objetivo proteger la capa de ozono impulsando la reducción de la producción y consumo de numerosas sustancias que se hayan estudiado que interaccionan y se creen responsables de esta.

Los CFC más típicamente usados para los refrigeradores y congeladores fueron el R12 en el circuito y el R11 para la espuma aislante. Cabe mencionar que estos compuestos no sólo poseen un alto Potencial de Agotamiento de Ozono, sino que también un alto Potencial de Calentamiento Global. Las alternativas que sucedieron a los CFC fueron los hidroclorofluorocarbonos (HCFC) que cuentan en general con menores potenciales de agotamiento de la capa de ozono.

La alternativa a los HCFC son los hidrofluorocarbonos (HFC), dado que no dañan la capa de ozono. Sin embargo, los HFC cuentan con altos potenciales de calentamiento global, por tanto, el desafío actual es su eliminación. Por ello, los Estados Parte del Protocolo de Montreal acordaron en Kigali Ruanda una enmienda al mismo, con el propósito de incluir a los HFC en los compromisos de eliminación y pasar a alternativas que no destruyan la capa de ozono y tengan un reducido impacto en el clima.

El Salvador es signatario del Protocolo de Montreal y ha ratificado todas sus enmiendas. Con la ratificación de la Enmienda de Kigali, oficializada en mayo de 2021, los HFC estarán reguladas y controladas en el país, a partir de 2024.

Este Protocolo es revisado periódicamente de modo que puede ajustarse y/o enmendarse. Las enmiendas se aplican a las nuevas sustancias o a las modificaciones de las disposiciones, a excepción de las medidas de control sobre sustancias ya incluidas. Algunas enmiendas ratificadas son:

- Se añadió un mecanismo de control sobre CFCs adicionales, el tetracloruro de carbono y el metilcloroformo. Además, introdujo a los HCFCs, pero sólo exigió presentar datos de producción y consumo.
- Medidas de control para el consumo de los HCFCs y también para dos nuevos grupos de sustancias, los HBFC y el metilbromuro.
- Sistemas de concesión de licencias que permitan controlar y vigilar el comercio de sustancias controladas en virtud del Protocolo, con el objetivo principal de evitar el creciente comercio ilegal de sustancias.
- Disposiciones para los países desarrollados deberán eliminar su producción y consumo desde el 2019 al 2036 y los países en desarrollo desde el 2024 al 2047.
- Convenio de Estocolmo

El objetivo del Convenio de Estocolmo es proteger la salud humana y el medio ambiente frente a los Contaminantes Orgánicos Persistentes (COPs), teniendo presente el principio de precaución contemplado en el Principio 15 de la Declaración de Río sobre el Medio Ambiente y el Desarrollo, del año 1992, donde se establece que, con el fin de proteger el medio ambiente, los Estados deberán aplicar ampliamente el criterio de precaución conforme a sus capacidades.

Propiedades de los COPs de acuerdo al Convenio: “Los contaminantes orgánicos persistentes tienen propiedades tóxicas, son persistentes a la degradación, se bio-acumulan y son transportados por el aire, el agua y las especies migratorias, a través de las fronteras internacionales y depositados lejos del lugar de su liberación, acumulándose en ecosistemas terrestres y acuáticos”.

El Convenio de Estocolmo sobre Contaminantes Orgánicos Persistentes comenzó regulando inicialmente 12 sustancias, que comprendían nueve plaguicidas (Aldrina, Clordano, Dieldrina, Endrina, Toxafeno, Mirex, Heptacloro y Hexaclorobenceno), un grupo de sustancias de uso industrial (Bifenilos policlorados) y dos grupos de sustancias de producción no intencional (Dioxinas y Furanos).

*El Convenio de Estocolmo sobre los Contaminantes Orgánicos Persistentes, fue firmado por El Salvador el 30 de julio de 2001, ratificado por la Asamblea Legislativa el*

21 de febrero de 2008 y publicado en el Diario Oficial número sesenta, tomo 379, del 3 de abril de 2008.

El Convenio de Estocolmo tiene abierta la posibilidad de ampliar el número de sustancias o productos químicos a ser regulados, con la condición de que sean “compuestos orgánicos persistentes”.

Durante la cuarta y quinta Conferencia de las Partes del Convenio de Estocolmo celebrada en Ginebra en mayo de 2009 y abril de 2011, se adoptaron las decisiones SC-4/10 a la SC-4/18 y la decisión SC-5/3 para enmendar los anexos A, B y C del Convenio mediante la inclusión de 10 nuevos productos químicos:

- Pesticidas: Clordecona, Alfa hexaclorociclohexano, Beta hexaclorociclohexano, Lindano, Pentaclorobenceno;
- Sustancias químicas industriales: Hexabromobifenil, Hexabromodifenil éter y Heptabromodifenil éter, Pentaclorobenceno, ácido Perfluorooctanosulfónico, sus sales y Perfluorooctanosulfonato de flúor (PFOs), Tetrabromodifenil éter y Pentabromodifenil éter, Endosulfán y sus isómeros relacionados; y
- Subproductos: Alfa Hexaclorociclohexano, Beta Hexaclorociclohexano y Pentaclorobenceno.

## D.2 Marco regulatorio nacional

A continuación, se retoman las actuaciones existentes de algunos instrumentos normativos actuales que regulan aspectos relacionados con desechos peligrosos, residuos de manejo especial y residuos electrónicos.

De acuerdo a un estudio denominado “Lineamientos para la Gestión de Desechos Electrónicos y Eléctricos” /Documento técnico, realizado por la Corte Suprema de Justicia en el año 2017, en nuestro sistema normativo actual no existe disposiciones puntuales en cuanto a la regulación de la importación de aparatos electrónicos, ni para el manejo de residuos de este tipo que se generan en hogares, empresas del sector privado e instituciones del sector público.

Sin embargo, de acuerdo a investigaciones realizadas existen instrumentos legales actuales que abordan el tema de residuos peligrosos, los cuales describimos a continuación:

- a. Constitución de la República: En su artículo 117, dispone que “es deber del Estado proteger los recursos naturales, así como la diversidad e integridad del medio



ambiente para garantizar el desarrollo sostenible” y declara de interés social la protección, conservación, aprovechamiento racional y restauración de los recursos naturales. Basándose en este mandato, se crea el Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales (MARN) y sus competencias se establecen en el Reglamento Interno del Órgano Ejecutivo, emitido por el Consejo de ministros el 19 de mayo de 1997.

b. Artículo. No.114 de la Ley de Medio Ambiente en el cual se emitieron los Reglamentos Especiales sobre:

- Control de las Sustancias Agotadoras de la Capa de Ozono. Decreto Ejecutivo No.38.
- Sustancias, Residuos y Desechos Peligrosos. Decreto Ejecutivo No.41
- Manejo Integral de los Desechos Sólidos mediante Decretos Ejecutivos No.42

Entre estos se destacan o tienen vinculación directa el Decreto Ejecutivo No 38 sobre el Control de Sustancia Agotadoras de la Capa de Ozono específicamente relacionado con RAEE de equipos de Refrigeración, El Decreto Ejecutivo No 41 Sobre Sustancias, Residuos y Desechos Peligrosos, Específicamente en Capítulo V: De la Generación de desechos peligrosos, Art 23 Desechos peligrosos

Adicionalmente se identifica la Ley de Medio Ambiente: En su Artículo 52: Referido a la Contaminación y disposición de los desechos sólidos, Capítulo V: Riesgos Ambientales y Materiales Peligrosos.

Reglamento General de la Ley de Medio Ambiente: Capítulo IV: de la Protección Ambiental, Capítulo Único: De la Prevención y el Control de la Contaminación Artículos del 64-74

c. Ley Integral de Gestión de Residuos y Fomento al Reciclaje

El país cuenta desde diciembre de 2019 con una Ley de Gestión Integral de Residuos y Fomento al Reciclaje, su principal objetivos es: Lograr el aprovechamiento y disposición final sanitaria y ambientalmente segura de los residuos, a fin de proteger la salud de las personas, el medio ambiente y fomentar una economía circular, a través del establecimiento de una visión sistémica en la gestión integral de los residuos, la determinación de los actores y su forma de interacción, y la asignación de responsabilidades para lograr cambios conductuales en la población.

Adicionalmente en dicha Ley se presentan los siguientes principios:

- Acceso a la información
- Corresponsabilidad
- Desarrollo sustentable y sostenible
- Gradualidad
- Jerarquía en la Gestión de Residuos
- Participación
- Prevención en la fuente
- Precautorio
- Producción Más Limpia
- Retribución
- Residuo Cero
- Responsabilidad del generador
- Trazabilidad

Dentro de las Competencias de la Ley y/o asidero legal en materia de Medio Ambiente podemos describir los siguientes artículos:

Artículo 6, Establece que “El Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales, será el rector en materia de gestión integral de residuos y reciclaje, para regular, dirigir, emitir autorizaciones, monitorear, evaluar, controlar, sancionar, y realizar los demás actos que sean necesarios para el cumplimiento de la presente ley, sus reglamentos y demás normativa técnica aplicable.

Adicionalmente, “Las municipalidades son responsables por la gestión de los residuos que se generen en todo el ámbito de su jurisdicción, y les compete promover y garantizar los servicios de gestión de residuos prestados por sí o a través de la contratación y participación de terceros, emitiendo las normativas municipales correspondientes. Así como también, establecer sanciones municipales por el incumplimiento de los deberes establecidos en esta ley.

Artículo 9, Establece “El Ministerio de Educación, en colaboración con el Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales, deberá incluir en el currículo nacional la temática de gestión integral de residuos y el fomento al reciclaje, tanto en los niveles de educación parvularia, básica, media, como en el nivel de educación superior, así como implementar acciones de buenas prácticas en el entorno educativo y en las comunidades circundantes”.

Artículo 10, Establece “El Ministerio de Salud tiene la facultad para realizar inspecciones sanitarias en la infraestructura e instalaciones relacionadas con la Gestión Integral de Residuos, tales como: rellenos sanitarios, composteras, plantas de transferencia, sitios de recuperación, centros de acopio, plantas de separación, plantas de reciclaje y plantas de tratamiento, entre otros gestores; sean estos públicos o privados, con el fin de evaluar condiciones de saneamiento ambiental con incidencia en la salud humana”.

Asimismo, la Ley Define una serie de Instrumentos que son necesarios para la Gestión de Residuos los cuales se presentan a continuación:

- Diagnóstico Nacional de Residuos
- Plan Nacional para la Gestión Integral de Residuos
- Manuales de Gestión de Residuos
- Jerarquía en la Gestión Integral de Residuos
- Sistema de Gestión Integral de Residuos (SGI)
- Sistema de información de la gestión integral de residuos (SIGIR)

Adicionalmente la Ley incluye una Clasificación de Residuos los cuales se describen a continuación:

#### *Residuos de Manejo Especial*

En el Art. 28.- Los residuos de manejo especial, en adelante RME, son aquellos que tienen características de gran volumen, difícil manejo, tamaño y composición y, por ende, requieren de una gestión con características diferentes a las convencionales consideradas en el servicio de recolección Municipal.

Se clasifican de la siguiente manera:

- a. Chatarra
- b. Desperdicios producidos por construcción, remodelación, mantenimiento y demolición en general. Exceptuando aquellos con características peligrosas, como, por ejemplo, materiales con asbesto u otros establecidos en los Convenios Internacionales ratificados por el país.
- c. Aparatos eléctricos y electrónicos excluidos en el Convenio de Basilea.
- d. Llantas usadas.
- e. Residuos de gran volumen: colchones, muebles, podas, entre otros.
- f. Los residuos no peligrosos, pero que, por su tamaño, volumen y composición, necesitan de un manejo especial. Los listados de estos residuos serán

elaborados, actualizados y publicados por el MARN en coordinación con las municipalidades.

### *Residuos peligrosos*

Art. 29.- Los residuos peligrosos, en adelante RP, son aquellos que, en estado sólido, líquido o gaseoso, poseen alguna de las características de corrosividad, reactividad, explosividad, toxicidad, inflamabilidad o que contienen agentes biológicos infecciosos que les confieran peligrosidad, así como materiales, envases, recipientes, embalajes y suelos que hayan estado en contacto con residuos o material peligroso.

Asimismo, se consideran como residuos peligrosos los catalogados en el Convenio de Basilea sobre el Control de los Movimientos Transfronterizos de Desechos Peligroso y su Eliminación, el Acuerdo Regional Centroamericano sobre el Control de los Movimientos Transfronterizos de Desechos Peligrosos, el Convenio de Estocolmo sobre Contaminantes Orgánicos Persistentes y sus respectivos anexos y normativa vigente sobre la materia.

Además, se consideran residuos peligrosos aquellos productos que no siéndolo, adquieren las características de estos a través del uso, siendo responsabilidad del generador bajo el cual se da la transformación su adecuada gestión.

Los residuos peligrosos serán gestionados según lo establecido en la Ley de Medio Ambiente, el Reglamento Especial en Materia de Sustancias, Residuos y Desechos Peligrosos y Convenios Internacionales suscritos sobre la materia.

## **D.3 Marco institucional**

La gestión de los RAEE involucra a una diversidad de actores con sus complejidades, desde los usuarios y fabricantes de productos muy diversos, a los distintos tipos de operadores que intervienen en la recolección, el almacenamiento o el tratamiento de RAEE:

- Formales: Son las empresas privadas, organizaciones de la sociedad civil y de la economía popular que cumplen alguna o todas las funciones de las distintas etapas de la cadena de valor y que cuentan con las autorizaciones y requisitos legales para su funcionamiento, además de cumplir con las normas de seguridad y los estándares técnicos, ambientales y de calidad que se establezcan para la gestión de los RAEE.

En El Salvador se sabe que las compañías telefónicas son una de las causas que contribuyen en la generación de RAEE, debido a ello algunas compañías telefónicas se han unido al trabajo de crear consciencia ejecutando campañas y proyectos de recolección de RAEE. Además, en el año 2013, la empresa Telefónica participa en el Taller Centroamericano de capacitaciones sobre gestión ambiental responsable de residuos de aparatos eléctricos y electrónicos, con el objetivo de proporcionar formación sobre la gestión de RAEE al final de su vida útil.

- Informales: recogen los RAEE de la vía pública, de basureros o del descarte que, en muchos casos, se genera en la misma cadena de valor. Pueden trabajar de forma independiente o vinculados a gestores formales u otros mediadores para vender materiales o encargarse de la disposición final de manera irregular. Es una amplia gama de unidades informales y trabajadores: recolectores, chatarreros, desmontadores.

Más allá de los riesgos laborales y el déficit de trabajo decente que presenta la informalidad, la falta de registro de la actividad representa otras dificultades para el sector, una de ellas, la imposibilidad de garantizar trazabilidad de los materiales recuperados.

- Industrias usuarias de materiales recuperados: En un esquema de economía circular, ocupan un lugar fundamental las industrias que incorporan como insumos los materiales obtenidos a partir de la valorización de los RAEE. El cierre del ciclo de la cadena de valor depende de la presencia de estas industrias
- Sector Académico: Muchas universidades e instituciones educativas de todo el país hace tiempo que se interesan por la gestión de los RAEE y suelen realizar campañas de concientización y recolección.

Si bien la oferta es aún limitada, el sector académico es fundamental para el avance de la profesionalización del sector y el fortalecimiento de las capacidades nacionales, al incorporar cursos y programas universitarios que aborden o estén vinculados a la gestión de los RAEE.

- El Estado, como planificador, regulador, articulador y formulador de políticas públicas, cumple un papel fundamental para poder avanzar hacia sistemas de

gestión integral de RAEE. En cada uno de sus niveles nacional, departamental, municipal habrá competencias, responsabilidades y funciones determinadas.

## **PARTE E. Sistema de gestión de RAEE en El Salvador**

En la siguiente ilustración se presenta el sistema de gestión de los RAEE que actualmente se presenta en El Salvador:



*Ilustración 5 Sistema de Gestión de RAEE actual en El Salvador*

## PARTE F. Lineamientos técnicos para la gestión ambientalmente adecuada en instituciones generadoras de RAEE

### F.1 Generalidades y alternativas de gestión de RAEE

Es recomendable encargar las gestiones de RAEE a una Unidad Técnica de Mantenimiento y Reparación de AEE. Es decir, asignar preferentemente a un equipo especializado o que sea designado en el tema. También es importante validar con antelación las normas internas de procesamiento de los aparatos electrónicos que además cuentan, como activo fijo en la institución a la que se le aplicará el ejercicio.

Tradicionalmente el mecanismo para la gestión consiste en dos alternativas: reparación o descarte. La presente guía involucra tres nuevas alternativas para la gestión de RAEE, componiendo un total de cinco alternativas de gestión, las cuales son:

#### F.1.1 Reparación y rehabilitación

Cuando la reparación es posible, dentro de la unidad generadora, como se mencionó antes, se recomienda la existencia de sitios (UTMR) que se encargaran de recibir, reparar y restaurar equipos de computadoras, impresoras, UPS y equipos de aire acondicionado; para que se entregue el mayor volumen posible de equipos eléctricos y electrónicos para su uso. Además, fuera de la institución existen instituciones autorizadas en reparar equipos electrónicos, a las cuales se puede acudir para reparar sus aparatos en caso no sea posible realizarlos internamente.

#### F.1.2 Reacondicionamiento

Los aparatos que contienen componentes en buen estado, pueden ser extraídos y acoplados en otros aparatos para así alargar la vida útil de estos. Por ejemplo, los ventiladores de las PC, unidad de discos, dispositivos de memoria, diferentes componentes electrónicos, etc., pueden ser utilizados otra vez para el mismo propósito sin pérdida funcional. Esta es una forma de reutilizar que consiste en desarmar los equipos y recuperar partes en buen estado.



### F.1.3 Donación

Los aparatos que estén desfasados u obsoletos por el surgimiento de nuevas tecnologías, pero que se encuentran en buen estado funcional, pueden utilizarse en las bibliotecas de las Universidades, escuelas o unidades administrativas para consulta de estudiantes.

### F.1.4 Reciclaje

Los RAEE destinados para reciclaje necesitan ser trasladados para ser gestionados por las plantas de gestores autorizados por el Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales (MARN) (anexo II); puesto que estos residuos contienen fracciones valiosas que todavía pueden ser aprovechadas. Una vez que los residuos llegan a estas plantas, se retiran todos los elementos contaminantes y los aprovechables (plástico, aluminio, cobre, vidrio, otros metales, etc.) se procesan en materias primas para fabricar nuevos productos.

### F.1.5 Disposición final

Es la operación final controlada y ambientalmente adecuada de los desechos, según su naturaleza. Algunos RAEE debido a sus características o a la dificultad de extraer las fracciones valiosas y a la presencia de sustancias peligrosas no es posible reciclarlos. Para la disposición final se tienen las alternativas de incineración y coprocesamiento,

La incineración controlada tiene como objetivo principal asegurar la disposición o la transformación segura del material en una forma inerte (Colombia 2009).

Las plantas de incineración modernas y los confinamientos seguros son opciones comunes para la disposición de residuos en los países pertenecientes a la OCDE (Organización de Cooperación y Desarrollo Económicos), pero que tienen una inversión y costos de operación altos y necesitan personal calificado. Un horno rotatorio de cemento eficiente puede proporcionar una opción de tratamiento/recuperación de mayor rentabilidad y saludable para el ambiente para una gran cantidad de residuos (Holcim y GTZ 2006).

El coprocesamiento se conoce como la sustitución del combustible primario y las materias primas por residuos, lo que permite la recuperación de energía y de materiales a partir de residuos. Los materiales y residuos usados para el

coprocesamiento se conocen como combustibles y materias primas alternativas (Holcim y GTZ 2006).

El coprocesamiento de residuos peligrosos en la producción de cemento se ha reconocido como un método de disposición saludable para el ambiente en el contexto de la Convención de Basilea (Holcim y GTZ 2006). En El Salvador se encuentra la multinacional Geocycle con tecnologías desarrolladas para el coprocesamiento con la asociación de la productora de cemento Grupo LafargeHolcim.

Actualmente las empresas autorizadas por el MARN para la eliminación y disposición final de los residuos peligrosos en El Salvador son únicamente Geocycle El Salvador S.A. de C.V. y MIDES, S.E.M. de C.V (MARN 2021). A pesar que ambas no reciben directamente aparatos eléctricos y electrónicos como residuos, en Geocycle se procesan fracciones de RAEE como plásticos contaminados y no contaminados, así como desechos con PCB con un costo asociado (*Guía técnica para la gestión integral de los residuos de aparatos eléctricos y electrónicos de El Salvador, MARN 2017*).

Las múltiples opciones mencionadas anteriormente, hacen necesario establecer criterios de evaluación (apartado F.5) sobre los aparatos averiados y en desuso, que faciliten la selección de la mejor alternativa.

## F.2 Alternativas de disposición de RAEE

De acuerdo a la Ley de Gestión integral de residuos y fomento al reciclaje en el Art. 21, todo Gestor de Residuos deberá: estar autorizado como gestor por el MARN. Por lo cual, se recomienda al momento de la contratación de servicios de reciclaje o disposición final de RAEE, se pida algún comprobante a la empresa recicladora o gestora que efectivamente está autorizada por el MARN para dicho servicio.

También es oportuno que después que se realice la gestión de los residuos se solicite un comprobante que certifique que los desechos han sido tratados de acuerdo a lo acordado entre la empresa gestora y la institución en que se desarrolle el ejercicio.

En la siguiente tabla se proponen algunas las alternativas de disposición de RAEE.

*Tabla 8 Alternativas propuestas de disposición de RAEE*

RAEE	Alternativas de Gestión
CPU	<p>La opción es reciclaje con las empresas gestoras autorizadas, al ser estos desechos que son aceptados con facilidad.</p> <p>Para información de las empresas gestoras autorizadas véase Anexo II.</p>
Fotocopiadoras	
UPS	
Impresoras	
Aires Acondicionado	
Misceláneos (mouses, teclados, etc.)	
Pantalla de cristal líquido (LCD)	Se recomienda que se realice el embalaje de estas y se almacenen en una bodega hasta que se encuentre una alternativa de gestión de estos residuos.
Monitores TRC	Exportación a países con empresas que tiene algún proceso para la gestión de estos residuos. Para más información ver Anexo III
Lámparas y Tubos fluorescentes	ALMACENAMIENTO TODO VERDE tiene autorización para proporcionarles “almacenamiento” a estos residuos.
Pilas y baterías	<p>Algunos gestores de RAEE en el país tienen servicios de manejo de estos residuos.</p> <p>ALMACENAMIENTO TODO VERDE tiene autorización para almacenamiento de estos residuos.</p>
Cartuchos de tinta y tóner vacíos	<p>Dependiendo como que se realice la adquisición de estos: ya sea con fabricantes y distribuidores. Se recomienda que estos recojan y gestionen estos residuos. Algunos gestores de RAEE en el país tienen servicios de manejo de estos residuos.</p> <p>ALMACENAMIENTO TODO VERDE tiene servicios de disposición de este tipo de residuos.</p>

### F.3 Gestión de Residuos de Aires Acondicionados

Los aires acondicionados pueden utilizar varios tipos de refrigerantes, entre ellos el R-410 y R-22. Los cuales requieren de recargas periódicas en los mismos.

El R-22 son hidroclorofluorocarbonos o conocidos también como HCFC (dañan la capa de ozono y aportan al calentamiento global); este debería de ser remplazado por otro refrigerante, o en su defecto los equipos de intercambio de temperatura usados deberían de ser sustituidos. Además, de acuerdo a la agenda 2030 se debe reducir el uso de los HCFC. Por otro lado, El refrigerante R-410 es un HFC. Aunque, no dañan la capa de ozono, también contribuye de manera significativa al calentamiento global.

Por esto último se recomienda que, al finalizar la vida útil de este tipo de aparatos, se reciclen con gestores autorizados y en su lugar se adquieran aparatos de intercambio de temperatura que utilicen Hidro Fluoro Olefinas (HFO), Hidrocarburos (HC) o también HFC.

### F.4 Gestión de Residuos de Refrigerantes

A fin de evitar las emisiones de gas refrigerante al medio ambiente, es muy importante que estos se recuperen y reciclen. Existen aparatos que extraen el gas. Una vez retirado el gas puede ser reusado o almacenado para su destrucción (caso de los CFC). (MARN, 2015)

En El Salvador existen tres centros de acopio colaboradores con el MARN que cuentan con equipos especializados para la recuperación de los gases con mayor agotamiento de la capa de ozono. También la Asociación Salvadoreña de Aire Acondicionado y Refrigeración (ASAIRE) cuenta con equipos proporcionados por el MARN para recuperar y reutilizar refrigerante (MARN, 2015).

Los centros de acopio de los gases con mayor agotamiento de la capa de ozono se enlistan en la siguiente tabla.

*Tabla 9 Centros de acopio con equipos de recuperación de gases refrigerantes autorizados por el MARN*

Centro de acopio con equipos para recuperación de gases refrigerantes	Información
ALPES REFRIGERACIÓN	Ubicación: Zona Occidental, calle oriente y 10 Av. Sur, Local N° 2, Sonsonante. Tel: 7851-3727
Asociación Salvadoreña de Aire Acondicionado y Refrigeración (ASAIRE)	Ubicación: Zona Central, calle Gerardo Barrios # 16-A, Urb. Gerardo Barrios, San Salvador. Tel: 7769-7026
Refrigeración ICEBERG	Ubicación: Zona Oriental, 5ª. Calle Oriente y 8ª Av. Sur Barrio El Calvario N°413, San Miguel. Tel: 7792-7868

Adaptado de: (MARN, 2015)

## F.5 Criterios de evaluación para la asignación correcta de gestión de RAEE

Para la asignación de la gestión correcta de cada aparato averiado o en desuso, se propone la implementación de los siguientes criterios de evaluación. Para la elaboración de este apartado se tomaron en cuenta los tiempos de vida útil de los AEE.

Se propone que la reparación de un AEE se considere económicamente factible si el costo de la reparación es menor al 70% del valor del AEE nuevo. Cuando la reparación de un AEE no sea económicamente factible estos pasaran a ser considerados como RAEE.

- Para todos los aparatos que sus diagnósticos sean económicamente factibles de reparar, no se deben considerar como RAEE sino como AEE y se debe proceder con su reparación.
- Para el caso de computadoras, si el resultado del diagnóstico no es económicamente factible, y el equipo ha sido adquirido en un tiempo menor a 5 años (serán considerados como RAEE), si se pueden considerar sus componentes como aptos para ser utilizadas para prolongar la vida útil de otro aparato. En dicho caso debe ser gestionada como reacondicionamiento.

- c) Para las impresoras, si el resultado del diagnóstico no es económicamente factible, y el equipo ha sido adquirido en un tiempo menor a 2 años (serán considerados como RAEE), si se pueden considerar sus componentes como aptos para ser utilizadas para prolongar la vida útil de otro aparato. En dicho caso debe ser gestionada como reacondicionamiento.
- d) Los evaporadores y los condensadores de aire acondicionado por el tamaño y el nivel de complejidad, no son elegibles para el reacondicionamiento; excepto las turbinas incorporadas en caso que en las instalaciones existan equipos del mismo diseño y capacidad. Estos serán considerados como RAEE.
- e) Para el caso de cualquier aparato en general que se deja de utilizar estando en buenas condiciones, ya sea por haber sido sustituido por otro más sofisticado, o porque su utilización ya no es requerida; no se deberá considerar ni gestionar como RAEE, sino que deberán ser gestionadas como aparato a donar.
- f) Para el caso de computadoras, si el resultado del diagnóstico no es económicamente factible, y el equipo ha sobrepasado los 5 años, se debe gestionar como aparatos a reciclar (serán consideradas como RAEE).
- g) Para las impresoras, si el resultado del diagnóstico no es económicamente factible, y el equipo ha sido adquirido en un tiempo mayor a 2 años, se debe gestionar como aparatos a reciclar (serán consideradas como RAEE).
- h) Para todos los dispositivos periféricos (teclado, mouse, audífonos, etc.) que son sustituidos por presentar fallas o daños, deben ser gestionados como aparatos a reciclar. Estos deberán ser considerados como RAEE.
- i) Para todo aparato pequeño averiado proveniente de laboratorio, debe ser gestionado como aparatos a reciclar. Estos deberán ser considerados como RAEE.
- j) Los teléfonos, celulares y cualquier otro aparato pequeño de telecomunicación averiado no mencionado anteriormente, debe ser gestionado como aparatos a reciclar. Estos deberán ser considerados como RAEE.
- k) Toda fracción extraída mediante la reparación de cualquier aparato debe ser gestionada para reciclar, excepto las baterías y capacitores.
- l) Todas las lámparas fluorescentes, lámparas de tubo y de alta presión, que han sido averiadas deben ser gestionadas para disposición final. Estas deberán ser considerados como RAEE.
- m) Los monitores y televisores de tipo CRT, deberán ser gestionadas para disposición final. Estos deberán ser considerados como RAEE.

- n) Los aparatos grandes como equipos de laboratorio, que hayan sido averiados y los cuales difícilmente puedan ser reciclados; deberán ser gestionados para disposición final. Estos deberán ser considerados como RAEE.
- o) Todas las baterías y capacitores extraídos para reparar o dar mantenimiento a los aparatos, deberán ser gestionados para disposición final.

## F.6 Protocolos de manejo de RAEE

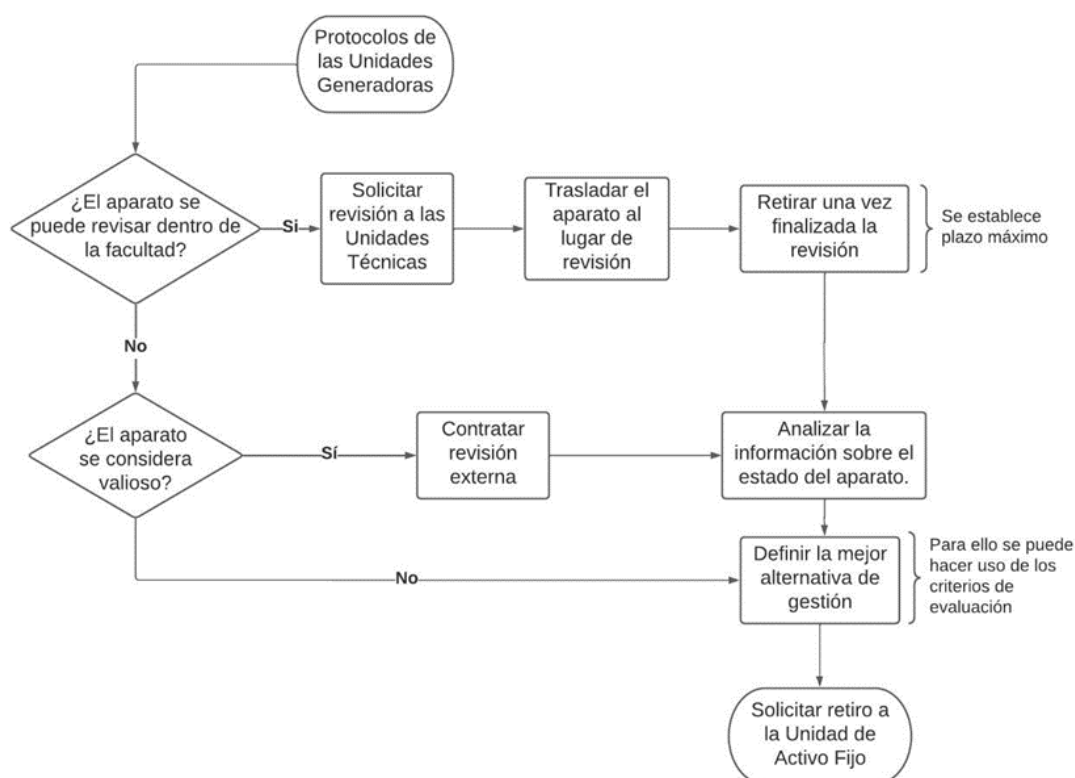
Los protocolos son necesarios para un adecuado sistema de gestión.

### F.6.1 Protocolo de las Unidades Generadoras

- a. Las Unidades Generadoras que tengan problemas con el funcionamiento de un aparato, o deseen realizar el mantenimiento preventivo, deberán solicitar a su Unidad Técnica la revisión de dichos aparatos.
- b. Una vez aceptada la solicitud, deberán hacer llegar el aparato a la Unidad Técnicas de Mantenimiento y Reparación de la institución.
- c. Las Unidades Generadoras deberán cumplir con el retiro de los AEE en un tiempo máximo establecido, para evitar la saturación de AEE dentro de las instalaciones de las UTRM. Se propone que en caso de tratarse de reparación no debe superar los 3 días hábiles después de recibida la notificación; mientras que, para los diagnósticos, debido a las diligencias que conlleva la asignación de recursos, la respuesta puede ser hasta en un máximo de 10 días hábiles después de recibido el diagnóstico.
- d. Para los aparatos averiados de precios elevados (monitores, fotocopadoras, equipos grandes de laboratorio, etc.), de los cuales no pueden ser revisados ni obtener diagnóstico dentro de la institución, se debe contratar un servicio externo para la realización del diagnóstico.
- e. Con toda la información en su poder, la Unidad Generadora deberá asignar, por medio de los criterios establecidos en el apartado F.5, la mejor alternativa de gestión de los aparatos averiados y en desuso.
- f. Si la Unidad Generadora lo considera necesario, puede hacer una solicitud a la Unidad de Activo Fijo de la institución para el retiro de los aparatos averiados y en desuso de los cuales son poseedores. Esto con la finalidad de que sean retirados de su inventario y puedan ser gestionadas para el almacenamiento temporal en bodega. La solicitud deberá ser enviada mediante una carta donde

describan el listado de aparatos asignados para reacondicionamiento, donación, reciclaje y disposición final.

En la siguiente ilustración se presenta el flujograma que representa el procedimiento propuesto de las unidades generadoras.



*Ilustración 6 Procedimiento a realizar por las unidades generadoras*

## F.6.2 Protocolo para la gestión dentro de las UTMR

Las Unidades Técnicas deben realizar la revisión de los aparatos siguiendo con las medidas de seguridad establecidas en el apartado F.8. La gestión en estas unidades empieza cuando reciben los aparatos y finaliza cuando los aparatos son retirados de sus instalaciones, cumpliendo con el siguiente protocolo:

- i. Las Unidades Técnicas deberán dar respuesta inmediata a las solicitudes hechas para reparación, mantenimiento o diagnóstico de aparatos. La respuesta debe indicar y garantizar las fechas en que se puede recibir el aparato, acoplándose para ello a la demanda existente.
- ii. Las Unidades Técnicas realizarán la revisión de los respectivos aparatos siguiendo las medidas de seguridad establecidas en F.8
- iii. Para el caso de la realización de diagnósticos, las UTMR deberán determinar y dar a conocer los componentes o fracciones averiados.



- iv. Para el caso que se lleve a cabo la sustitución de partes o fracciones del aparato, las Unidades Técnicas deberán:
  - a. Separar y clasificar las fracciones extraídas según lo establecido en los literales “k” y “o” del apartado F.5.
  - b. Tener una lista de las cantidades y tipos de piezas extraídas tanto para ser gestionadas para reciclaje, como para disposición final. Dichas listas deberán ser entregadas mensualmente a la Unidad de Activo Fijo.
  - c. El traslado de las partes o fracciones extraídas dentro de las instalaciones hacia el lugar de almacenamiento temporal, puede realizarse semanal o mensualmente dependiendo las cantidades presentes. Para ello no se necesita efectuar solicitud a la Unidad de Activo Fijo, puesto que la pieza extraída no contiene código de inventario (en caso contenga deberá ser devuelta a la Unidad Generadora). Para efectuar el retiro únicamente es necesario solicitarlo al personal de limpieza para que realicen el traslado.
- v. Llevar el manejo de documentación establecido en el F.7
- vi. La Unidad Técnica, deberá notificar a las Unidades Generadoras en cuanto complete la documentación establecida en F.7, el estado del aparato entregado mediante la documentación respectiva enviada de manera digital o física.

En la siguiente ilustración se presenta el flujograma que representa los procedimientos de las unidades técnicas.

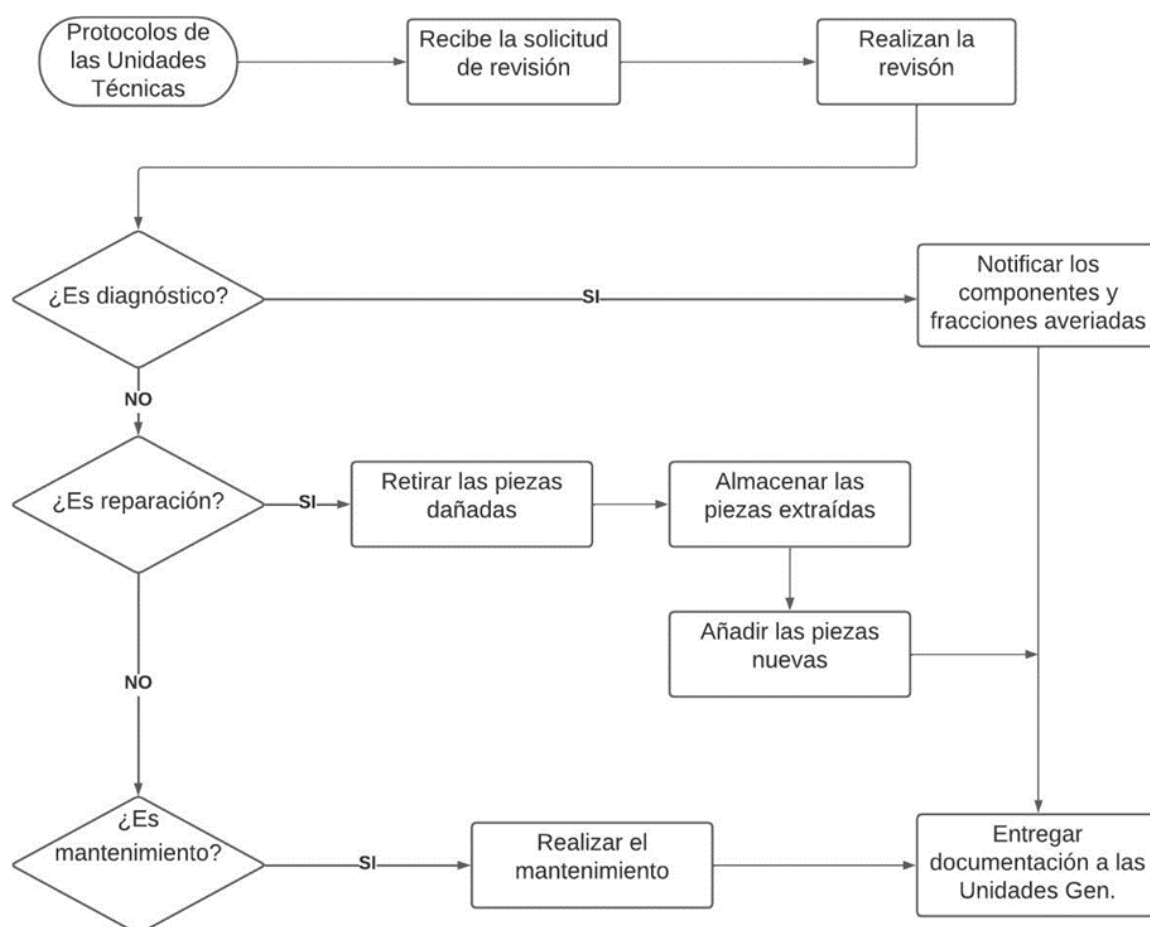


Figura 1.

*Ilustración 7 Procedimiento a realizar por las Unidades Técnicas*

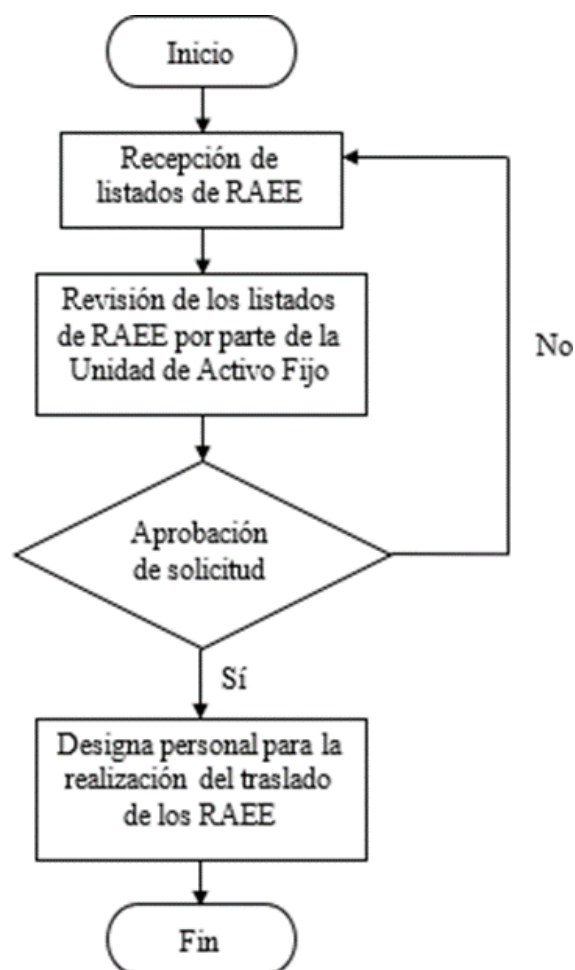
### F.6.3 Protocolos para el envío de RAEE a las bodegas (Unidad de Activo Fijo)

Este apartado va dirigido tanto al personal encargado de la Unidad de Activo Fijo, como al personal de limpieza capacitado para manipulación de RAEE.

- i. El encargado o encargada de la Unidad de Activo Fijo, una vez tengan la solicitud del numeral f del apartado F.6.1; deberá aprobar la solicitud en un lapso no mayor a los 10 días hábiles, para ello puede realizar una verificación de dichos listados si considera necesario.
- ii. El encargado o encargada de la Unidad de Activo Fijo deberá solicitar al personal de limpieza capacitado que el traslado sea efectuado.
- iii. El personal de limpieza hará uso de las medidas de seguridad mencionadas en el apartado F.8 para cada traslado que efectué a las bodegas.

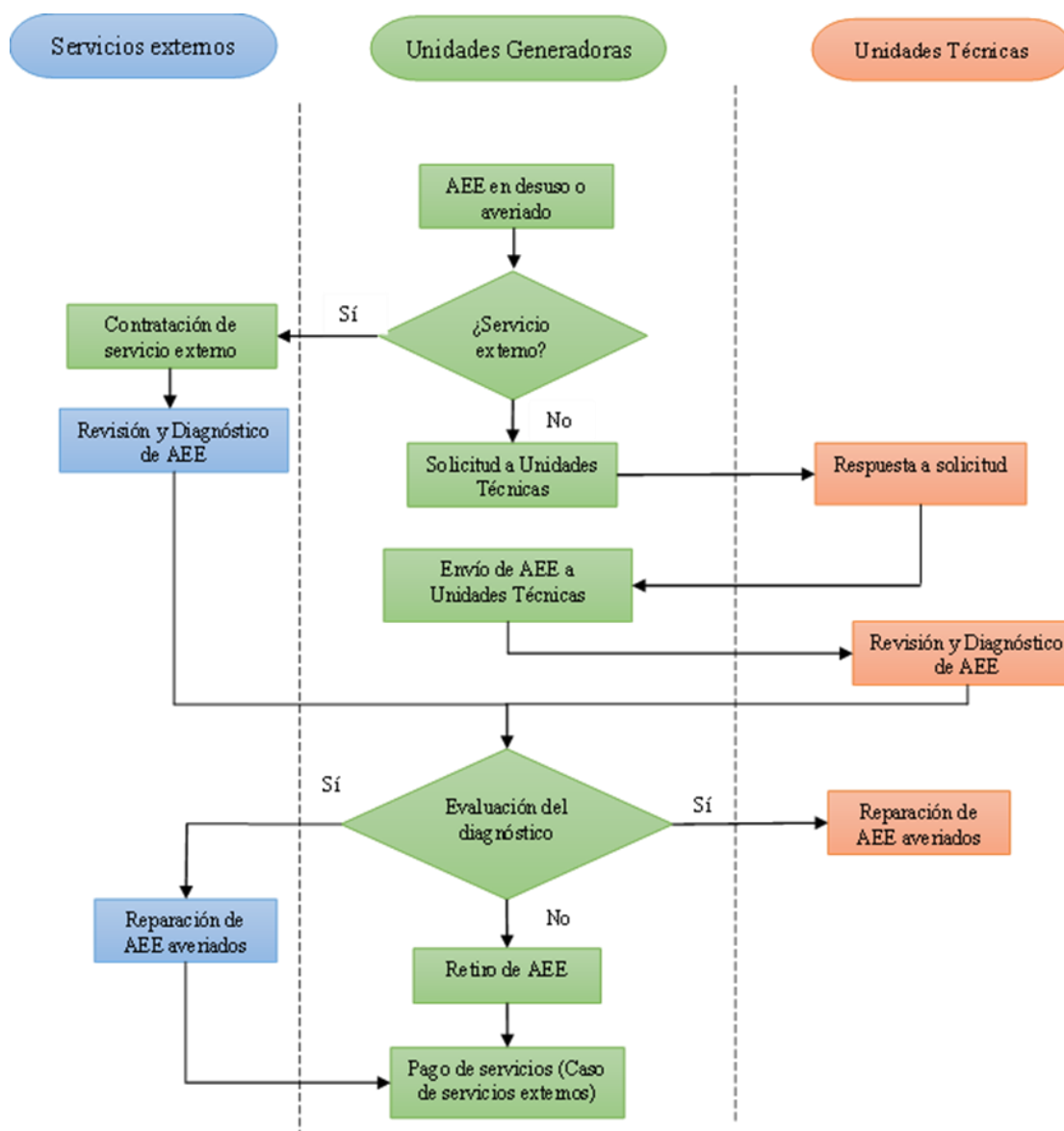
- iv. También el personal de limpieza capacitado para manipulación de RAEE, dentro de sus funciones cotidianas, puede realizar el retiro de lámparas instaladas en aulas, corredores, baños, etc. Para ello deberá cumplir con las medidas de seguridad para lámparas mencionados en el apartado F.8.

En la siguiente ilustración se presenta el flujograma que representa los procedimientos de envío de RAEE a las bodegas.



*Ilustración 8 Procedimiento sugerido de envío de RAEE a bodegas*

En la siguiente ilustración se presentan las interacciones de las unidades generadoras con las unidades técnicas.



*Ilustración 9 Protocolo general propuesto de manejo de AEE*

## F.7 Manejo de Documentación Dentro de las UTMR

La documentación deberá manejarse para cada aparato que gestionen las Unidades Técnicas. Dicha información deberá ser dirigida a las unidades generadoras, para que estas tomen la correcta decisión sobre la gestión adecuada de disposición final, reparación, donación, reciclaje o reacondicionamiento. Para el control interno de dicha información se puede hacer uso de los sistemas informáticos, o a través del llenado de formularios físicos.

La documentación debe tener la siguiente información por cada aparato gestionado por el personal técnico de mantenimiento y reparación. En el Anexo IV se presenta una

propuesta de formatos para el envío de información a la Unidades Generadoras y para el registro de las Unidades técnicas.

- a. Nombre de la dependencia que posee el aparato: esto es el nombre de la unidad generadora dependencia del área que posee el aparato.
- b. Código de inventario: es el código que de conformidad al reglamento o inventario de la institución generadora.
- c. Tipo de gestión: la gestión dentro de las unidades técnicas puede ser la reparación, diagnóstico o mantenimiento preventivo.
- d. Fecha que se realizó la gestión: corresponde a la fecha que se llena la ficha o formulario.
- e. Observaciones: se deberá colocar el diagnóstico o descripción de la situación del aparato.

La ficha o formulario se deberá realizar por cada aparato y por cada tipo de gestión. En caso de realizado el diagnóstico y las unidades generadoras proporcionen los recursos para su reparación, se deberá llenar otra ficha o formulario para su reparación.

## F.8 Medidas de Seguridad en la Manipulación de RAEE

Durante la manipulación de RAEE se tiene el potencial de exponer a los trabajadores a sustancias nocivas, incendios y explosiones, cortes y laceraciones, lesiones musculoesqueléticas, etc. Por lo tanto, los equipos de protección y la gestión de riesgos deben considerar toda la gama de peligros. En el Anexo V se muestra el equipo de protección personal que se recomienda utilizar durante la manipulación de cada AEE.

Dentro de la manipulación se debe tener cuidado especialmente aquellos aparatos, componentes y fracciones mencionados en el anexo VII de la Directiva de RAEE de la Unión Europea 2012 (Directiva 2012/19/UE, 2012). Algunos de estos aparatos son:

- a. Condensadores que contienen policlorobifenilos (PCB) o cualquier condensador electrolítico que contenga sustancias de riesgo. Se consideran que los condensadores con altura y diámetro mayor a 25 mm o volumen de proporciones similares, debe ser gestionado para eliminación puesto que existe la alta posibilidad que contengan cantidades significativas de sustancias peligrosas. En la siguiente ilustración se muestran algunos capacitores industriales para usos en los aparatos eléctricos.



*Ilustración 10 . Capacitores industriales de aparatos eléctricos*

- b. Pilas y acumuladores. Hace referencia a una fuente de energía eléctrica obtenida por transformación directa de energía química y constituida por uno o varios elementos primarios (no recargables) o por uno o varios elementos secundarios (recargables). En la siguiente ilustración se presentan ejemplos de pilas.



*Ilustración 11 Pilas y acumuladores para equipos eléctricos*

- c. Cartuchos de tóner, de líquido y pasta, así como tóner de color. Presentes en las impresoras y fotocopadoras. En la siguiente ilustración se muestran algunos ejemplos de estas fracciones de RAEE.



*Ilustración 12 Cartuchos de impresoras*

- d. Monitores de tubos de rayos catódicos: son los monitores considerados obsoletos por el surgimiento de las pantallas planas de cristal LCD y plasmas. En la siguiente ilustración se muestra un ejemplo de un monitor CRT.



*Ilustración 13 Monitores de tubos de rayos catódicos*

- e. Lámparas fluorescentes y de alta presión. Contienen gas de mercurio mezclado con gas inerte (neón o argón) en el interior del tubo de descarga. Los focos de alta presión utilizamos comúnmente para iluminar vía pública, contienen hasta 150 miligramos de mercurio, 30 veces más que uno fluorescente, cantidad con la que se puede contaminar 20 mil litros de agua. En la siguiente ilustración se muestran las gamas de lámparas que se podrían encontrar en la facultad.



*Ilustración 14 Lámparas fluorescentes, de tubo y de alta presión*

- f. Pantallas de cristal líquido. El especial cuidado que se debe tener radica en las bombillas con iluminación de fondo, las cuales contienen componentes con mercurio. En la siguiente ilustración se presenta un ejemplo de lámparas de descarga de gas de pantallas LCD.



*Ilustración 15 Lámparas de descarga de gas en pantallas LCD*

- g. Aparatos que contienen gases de refrigeración. La extracción de los gases debe realizarse con cuidado para evitar quemaduras en el personal y la liberación de estos a la atmósfera. En la siguiente ilustración se muestra un aire acondicionado (equipo de refrigeración).



*Ilustración 16 Equipo de refrigeración*

### F.8.1 Manipulación de lámparas de fluorescentes, de tubo y de alta presión

Para la manipulación de lámparas, tanto las que están presentes como luminarias como las que están presentes en las pantallas de cristal líquida, se deberán tomar las siguientes medidas:

- a. Utilizar guantes del tipo carnaza o similares que proporcionen seguridad contra cortes menores y objetos punzantes.
- b. Utilizar gafas de protección industrial.
- c. Utilizar mascarillas cuando se remueva material polvoriento proveniente de las fracturas de lámparas.
- d. En caso de existir material polvoriento se debe hacer uso de aspiradoras para evitar la expansión de polvo y la inhalación de estos.



- e. El restante de las fracturas o daño deben ser almacenadas en recipientes sellados exclusivos para este tipo de material.
- f. Las lámparas que no ha sufrido fracturas deben se almacenados en los recipientes abiertos asignados para tal fin.
- g. En la zona de almacenamiento se debe tener el cuidado de no provocar fracturas al momento de colocarlas (colocarlas cuidadosamente). También, se debe tener cuidado en el traslado de estos residuos para evitar fracturas.

### F.8.2. Manipulación de computadoras

Los equipos de computadora como CPU y laptops contienen capacitores de diferentes tamaños y tarjetas de circuitos impresos de grandes dimensiones; es por tal motivo que la Unidad Técnica encargada debe tomar las siguientes medidas de seguridad para su correcta manipulación.

- a. Verificar si existe derrame de líquido o formación de sales alrededor de los capacitores.
- b. En caso de existir derrame de sustancia en los capacitores, utilizar gafas de protección industrial para evitar el contacto con los ojos. Además, se deberá extraer los capacitores y limpiar la zona del aparato utilizando guantes resistentes, fáciles de lavar y que brinden protección contra químicos. Se puede utilizar guantes de PVC, neopreno o caucho.
- c. En caso no existan derrame de sustancia en los capacitores, se puede utilizar guantes de carnaza o similares que proporcionen seguridad contra cortes menores y objetos punzantes.
- d. Los capacitores deben ser almacenados en recipientes impermeables, resistentes, con tapadera y en óptimas condiciones (el recipiente tiene que estar en condición integras para el almacenamiento de los RAEE. El material puede ser de plástico y deberá estar rotulado con imágenes y letras de gran tamaño que expongan el tipo de material presente.
- e. El recipiente deberá estar retirado de áreas de consumo de alimentos (comedores) y en un ambiente con temperaturas no mayor a los 33°C.
- f. Para el traslado de capacitores a las bodegas se debe utilizar guantes desechables y gafas de protección.
- g. Evitar contacto con los ojos y la boca hasta retirarse la indumentaria.

### F.8.3 Manipulación de impresoras

El cuidado en la manipulación de impresoras radica en los tóner y cartuchos de tinta, puesto que estos una vez averiados deben ser extraídos y almacenados en los depósitos adecuados para su posterior reciclaje. Las unidades generadoras pueden realizar el retiro y almacenamiento de los cartuchos de tinta o tóner, siguiendo con las siguientes medidas de seguridad.

- a. Usar guantes sanitarios desechables o de protección contra riesgos químicos de nitrilo.
- b. Evitar el contacto con los ojos y la boca hasta retirarse la indumentaria.
- c. Depositar los cartuchos o tóner en un recipiente exclusivo de plástico resistente y con tapadera. El recipiente deberá estar retirado de las áreas de almuerzo y en un ambiente con temperaturas no mayor a los 33°C.

### F.8.3 Manipulación de equipos de aire acondicionado

Dentro de los circuitos de refrigeración de los equipos de aire acondicionados se encuentran gases a presión capaces de ocasionar quemaduras de primer grado al contacto directo con la piel; además de contener condensadores de diferentes tamaños. Por tal motivo se deben seguir las siguientes medidas de seguridad en su manipulación:

- a. Verificar si existe derrame de líquido o formación de sales alrededor de los capacitores.
- b. En caso de existir derrame de sustancia en los capacitores, utilizar gafas de protección industrial para evitar el contacto con los ojos. Además, se deberá extraer los capacitores y limpiar la zona del aparato utilizando guantes resistentes, fáciles de lavar y que brinden protección contra químicos. Se puede utilizar guantes de PVC, neopreno o caucho.
- c. Previamente a la manipulación se recomienda vaciar el circuito de refrigeración para evitar fugas de gas accidentales en las tuberías o conexiones.
- d. La extracción del gas se debe realizar utilizando guantes largos de carnaza o similares (véase Anexo V).
- e. El gas extraído se debe almacenar en recipientes cilindros metálicos para su posterior uso o disposición final.
- f. La Unidad Técnica encargadas deberá tener un lugar adecuado para almacenar temporalmente los recipientes cilíndricos metálicos que contienen gas.

- g. En caso no se tenga previsto la reutilización de un gas refrigerante dentro de la Facultad. Se debe entregar dichos gases a las empresas suministradoras de gases, para su correcta gestión en conformidad con las leyes vigentes.
- h. Se deberá evitar todo contacto con los ojos y la boca hasta retirarse la indumentaria.

En el Anexo IV se presenta un formato de registro de recargas de gases refrigerantes. El registro de las recargas de refrigerantes de los aires acondicionados es información relevante en ejercicios de inventario de Huella de Carbono en organizaciones

## F.9 Lineamientos para un almacenamiento temporal seguro

Los siguientes lineamientos fueron elaborados tomando en cuenta: a) las cantidades y tipos de RAEE generadas en la facultad; b) el reglamento general de prevención de riesgos en lugares de trabajo; la guía técnica nacional aplicable en RAEE; c) la Directiva 2012/19/UE y; d) los documentos emitidos por la Agencia de Protección Ambiental (EPA) de los Estados Unidos de América, en lo referente a puestos de control, seguridad ocupacional y acciones de contingencias.

### F.9.1 Tiempo de almacenamiento

En la siguiente. se sugiere un tiempo de almacenamiento a partir de la primera fecha de acumulación; esto para buscar darle pronta salida especialmente a los RAEE a reciclar o los que serán gestionados para su disposición final.

*Tabla 10 Tiempo de almacenamiento de RAEE*

RAEE	Tiempo Máximo Sugerido
CPU, UPS, Impresoras, Otros equipos IT.	6 meses
Baterías y condensadores	4 meses
Monitores	1 año
Lámparas	6 meses
Otros equipos pequeños	1 año
Cartuchos	3 meses

### F.9.2 Iluminación

Las condiciones de luz dentro del lugar de almacenamiento deberán ser las apropiadas considerando la existencia de aparatos frágiles que se deben almacenar, haciendo fácil distinción de las diferentes áreas y contenedores, y además se debe evitar desmoronamientos al momento de colocarlos uno sobre otros. Por lo cual las condiciones de seguridad y salud del personal dependerá del nivel de iluminación del lugar de almacenamiento.

También dentro de las instalaciones se deberán realizar inspecciones según apartado F.9.6, para la detección de derrames o rupturas; por lo que asume una actividad adicional en donde se requerirá condiciones de visibilidad estrictas. El nivel medio de iluminación mantenido para tal caso, deberá ser igual o mayor a los 200 lux, según lo establecido por el Reglamento General de Prevención de Riesgos en los Lugares de Trabajo (Decreto Ejecutivo No 89, 2012), en lo referente a puestos de control.

### F.9.3 Ventilación

La ventilación deberá ser requerida en caso de ser necesario, con la finalidad de controlar las temperaturas a niveles inferiores a los 33 °C, dependerá de los materiales de construcción utilizados, y si éstos son capaces de aislar térmicamente del exterior. Por lo general, si el lugar de almacenamiento tiene un nivel de piso superior, se tiene mayor aislamiento térmico en la parte superior, por lo que las temperaturas serán inferiores. Sin embargo, si la asignación del lugar de almacenamiento no cuenta con un nivel de piso superior, el techo deberá ser lo suficientemente alto para evitar altas temperaturas, o utilizar material aislante térmico.

Por otra parte, si el lugar de almacenamiento es bajo tierra, es decir, en forma de sótano, las condiciones de temperatura serán inferiores y por lo general no es requerido la utilización de sistemas de ventilación.

### F.9.4 Control de aire

Se debe limitar la exposición del personal a cualquier sustancia peligrosa presente en forma de gases, vapor, emanaciones o polvo. Esto se puede realizar haciendo mediciones en el aire de la concentración de las sustancias presentes; posteriormente los resultados de la concentración se comparan con los umbrales límites disponible en la fuente *Valores Umbrales Límites para Sustancias Químicas y Agentes Físicos en el*

*Ambiente de Trabajo con Intención a Cambio para el 1983-84*, y adoptado por la Conferencia Americana de Higienistas Industriales Gubernamentales (Escuela de Asuntos Ambientales Universidad Metropolitana (UMET), 2012).

Los Valores Umbrales Límites se refiere a las concentraciones de sustancias y representan las condiciones bajo las cuales se cree que casi todos los trabajadores pueden estar repetidamente expuestos día tras día sin efectos adversos.

Cuando tales controles no sean factibles para lograr el pleno cumplimiento, se deberá usar equipo de protección u otras medidas de protección para mantener alejada la exposición de los trabajadores a los contaminantes del aire, especialmente en las áreas de almacenamiento de residuos de lámparas y monitores.

#### F.9.5 Seguridad

Se deberá contar con una salida de emergencia fácil de abrir desde la parte interior del edificio, además se debe evitar la entrada inadvertida y minimizar la posibilidad de entrada no autorizada de personas en las instalaciones. Se debe colocar un letrero con la leyenda "Peligro Mantener Fuera al Personal No Autorizado" en cada entrada habilitada para la instalación, y en otros lugares, en cantidades suficientes para ser visto desde cualquier acercamiento a la zona.

#### F.9.6 Inspección

El encargado de la inspección puede ser una persona delegada de la Unidad de Activo Fijo o el jefe del personal de mantenimiento. Éste debe inspeccionar las instalaciones en busca de mal funcionamiento y deterioro, errores del personal en el correcto almacenamiento que puedan estar causando, o puedan conducir a: 1) liberación de constituyentes de residuos peligrosos al medio ambiente o; 2) una amenaza para la salud humana. El encargado debe realizar estas inspecciones con la frecuencia que considere necesario para identificar los problemas a tiempo, para de este modo, corregirlos antes de que dañen la salud humana o el medio ambiente.

El encargado de la inspección deberá anotar en el libro de registro de operación (véase apartado F.9.8), la hora, fecha y detalles de cualquier incidente que requiera implementar el plan de contingencia. Además, dentro de los 15 días posteriores a la inspección, deberá presentar un informe a la Administración sobre las medidas tomadas a causa del incidente.

### F.9.7 Equipo requerido dentro y cerca de la instalación

Dentro del lugar de almacenamiento se debe tener los siguientes equipos.

- a. Un sistema de comunicaciones o alarma capaz de proporcionar instrucciones de emergencia inmediatas (voz o señal) al personal dentro y fuera de la instalación;
- b. Un dispositivo, como un teléfono (disponible de inmediato en el lugar de las operaciones) o una radio portátil de dos vías, capaz de llamar a la asistencia de emergencia de los departamentos de policía locales, departamentos de bomberos o equipos de respuesta de emergencia estatales o locales;
- c. Extintores de incendios portátiles, equipos de control de incendios (incluidos los equipos especiales de extinción, como los que utilizan espuma, gas inerte o productos químicos secos), equipos de control de derrames y de descontaminación (ver plan de contingencias);
- d. Grifos de agua potable cerca de las instalaciones con el volumen y la presión adecuados para suministrar chorros de mangueras de agua, equipos que produzcan espuma, rociadores automáticos o sistemas de rociado de agua.

Todos los sistemas de alarma o comunicaciones de la instalación y el equipo de protección contra incendios, cuando sea necesario, deben probarse y mantenerse en lugares adecuados para garantizar su funcionamiento en caso de emergencia.

### F.9.8 Registro de operaciones dentro del lugar de almacenamiento

El personal autorizado de ingresar a las instalaciones, deberá describir en un libro de registro de operaciones, todas las actividades realizadas dentro de las instalaciones, especificando fecha y hora, material y equipo utilizado, y demás información pertinente, durante su labor en las operaciones de almacenamiento, retiro, inspección, limpieza, contingencia, etc.

En caso de que la operación sea de almacenamiento, para cada área se deberá elaborar un listado donde se detallen las cantidades de aparatos y residuos almacenados. En caso de realizar inspecciones, se deberá elaborar en forma de informe resumido, el detalle de los incidentes que requieran la implementación del plan de contingencias.

Para el caso que la operación es de retiro de RAEE o AEE en desuso fuera de la facultad, se debe anexar una copia de la resolución del CSU con el listado de los Aparatos inventariados, mientras que para las fracciones extraídas que no cuentan con código de inventario (por ejemplo lámparas, baterías, cartuchos de impresoras o condensadores), se deberá anexar la copia del aviso firmada y sellada por la Administración. Sin embargo, si la extracción de un aparato es para el uso al interior de la facultad, se debe anexar el aviso que especifica el aparato o componente a retirar, emitido por la Administración.

La Unidad de Activo Fijo, la Administración, o cualquier persona encargada para autorizar el ingreso a las instalaciones por medio de llaves u otro mecanismo; deberá poseer también dicho libro, y prestarlo al personal que ingrese al lugar de almacenamiento. El personal que ingresa a las instalaciones, deberá llenar el libro de registro una vez finalizada la operación, para ser devuelto a la persona encargada. Se recomienda que la persona encargada de las llaves tenga también el libro de registro de operación.

#### F.9.9 Almacenamiento de lámparas

Consiste en disponer las lámparas fluorescentes, de tubo y de alta presión descartadas en forma temporal y segura, dentro de las instalaciones asignadas, de manera tal que se evite que se quiebren. Se recomienda que deben estar totalmente encerradas con depósitos similares al de la siguiente ilustración, para evitar la caída de partículas calientes y para estar protegidas contra colisiones mecánicas por derrumbes, caídas de equipos, o materiales de construcción de los alrededores.



*Ilustración 17 Depósito con tapadera para almacenamiento de RAEE*

Las lámparas pueden también ser almacenadas en contenedores abiertos, similares a las de la siguiente figura, siempre que se aseguren que no existe material alrededor que pueda colisionar y ocasionar fracturas.



a)



b)

*Ilustración 18 Depósitos sin tapadera para almacenamiento de RAEE*

Previamente la manipulación de las lámparas, se debe verificar que no existan fracturas, en caso de existir se deben almacenar en recipientes sellados similares a la ilustración 18 a) con una capacidad de 55 galones con diámetro de 56 cm y una altura de 89 cm; o en el recipiente de la ilustración 18 b) que tiene una capacidad de 140 L y unas dimensiones: 62 cm de largo, 67.5 cm de ancho y 130 cm de alto. El equipo de protección a utilizar deberá ser en todo momento las descritas en F.8.1, considerando la posibilidad que se presenten fracturas durante la manipulación.



a)



b)

*Ilustración 19 Depósitos con tapadera con mayor seguridad para almacenamiento de RAEE*



#### F.9.10 Almacenamiento de condensadores

Para el almacenamiento de los condensadores primeramente se debe verificar visualmente que no haya fugas. En caso de existir fuga en los capacitores, utilizar gafas de protección para evitar el contacto con los ojos, además de utilizar guantes de PVC, neopreno o caucho (véase Anexo IV No se deberá ingerir alimentos hasta finalizada la manipulación y después de retirada la indumentaria).

Los PCB con fugas deben colocarse en una bolsa doble y colocarse en un tambor que contenga al menos 3 pulgadas de vermiculita o arcilla como material absorbente de sustancias de riesgos y colocarlos en contenedores similares a la Ilustración 18.

El contenedor con condensadores siempre debe estar cerrado durante el almacenamiento, excepto cuando sea necesario agregar o quitar desechos. Además, los contenedores que acumulen estos desechos peligrosos no deben abrirse, manipularse o almacenarse de manera que pueda romper el recipiente o causar que se derrame.

#### F.9.11 Almacenamiento de pilas y baterías ácido plomo

La inflamabilidad de las pilas y acumuladores es la principal causa de incendios en los lugares de almacenamiento de RAEE, en gran medida también, por las grandes cantidades de baterías de litio provenientes en la recolección de celulares. Se pueden almacenar sobre contenedores como los de la Ilustración 18.

Como medida de prevención, al momento de almacenar las baterías de aparatos eléctricos, se pueden agregar en el depósito capas de vermiculita u otro material ignífugo, puesto que las baterías necesitan una protección a los sobrecalentamientos por el incremento de temperaturas.

La vermiculita es un mineral del grupo de las micas que está formado por silicatos de hierro o magnesio, se trata de un material con una alta capacidad de retención de agua (Acosta, 2019). Según buildex (2021), 100 gramos de vermiculita absorben de 400 a 530 ml de agua.

Debido a su efectividad como absorbente, la vermiculita se usa comúnmente cuando se envían materiales peligrosos en contenedores marítimos, puesto que, como material inorgánico, la vermiculita no es inflamable. Por esta razón, se usa comúnmente para

enviar baterías de litio, que a veces explotan o se incendian cuando se empaquetan incorrectamente.

Carles (2021), recomienda la utilización de extintores especiales para baterías de litios, conocidos como extintores de AVD (Solución Acuosa de Vermiculita) para extinguir el fuego donde se tengan presentes baterías de litio. Puesto que dicha solución se adhiere a los gases de combustión para extinguir el fuego.

#### F.9.12 Almacenamiento de monitores

Los monitores son aparatos con gran peso y volumen, que están conformado por más del 40% en peso de vidrio. Debido a ello, el transporte y almacenamiento de dichos aparatos puede resultar complicado si se busca que se conserven intactos hasta el reciclaje.

Se pueden almacenar en contenedores sin tapadera como las mostradas en la Ilustración 17, con dimensiones en los lados de 1 a 1.20 metros, y de 1 a 1.40 metros de profundidad. Estás deberán estar siempre sobre tarimas de madera y la colocación de los monitores se tendrá que realizar llenando primero los espacios de la base, para posteriormente encimar los monitores hasta el límite superior.

En caso se tenga demasiada cantidad de monitores, y el contenedor no dieran abasto, se deberá empezar a formar los embalajes de los monitores enrollándolos con suficiente plástico transparente, como se muestra en la siguiente figura:



*Ilustración 20 Embalaje y depósitos para monitores*

Las tarimas de madera deben garantizar resistencia para ser desplazadas por montacargas como la siguiente ilustración o sistema similar.



*Ilustración 21 Montacarga con paletas de acero*

### F.9.13 Almacenamiento de equipos para donación o reutilización y reacondicionamiento

Los aparatos potenciales a donar o reacondicionar mencionados en el F.5 literales b), c) y e), pueden ser almacenados en estantes como la Ilustración 21 con la finalidad de colocarlas y retirarlas fácilmente.



*Ilustración 22 Estantes para almacenamiento de equipos en buen estado*

Los equipos de aire acondicionados que hace referencia el literal d) del apartado F.5 pueden ser almacenados en la misma área sin embargo se deberá colocar sobre el piso.

El almacenamiento de estos aparatos dentro de las instalaciones de almacenamiento temporal debe dar lugar cerca de la puerta principal de acceso. Evitando atravesar el

inmueble cada vez que se realicen una entrada o salida de estos aparatos, puesto que estos no representan peligro.

#### F.9.14 Almacenamiento de los equipos pequeños y de los IT

Todos los equipos pequeños sin ninguna dimensión exterior superior a 50 cm (por ejemplo: UPS, calculadoras, tester, distribuidor de Switch, etc.); así como los equipos informáticos y de telecomunicación (por ejemplo: CPU, impresoras, teclados, bocinas, etc.), pueden ser almacenados en un mismo contenedor similar a la Ilustración 17 con área igual o mayor a 1 m<sup>2</sup>.

### F.10 Plan de contingencia

Una contingencia es un suceso que puede suceder o no, específicamente un problema que se materializa de forma imprevista. En la manipulación y almacenamiento de RAEE existen varias contingencias que son relevantes: incendio, sismo, rompimiento de tubos fluorescentes, etc. Para las cuales es necesario tener medidas de acción y protocolos de cómo actuar ante tales situaciones.

Cómo anteriormente se ha mencionado en el apartado F.9.7 sobre los equipos requeridos, es necesario que se cuente con: dispositivos de comunicación para dar instrucciones al personal, medios de extinción en caso de incendios y materiales de control de derrames.

Es necesario que exista un plano de la distribución de la bodega de almacenamiento de RAEE, en el cual deberá estar marcadas e identificadas las diferentes áreas. También es necesario que se tengan identificados el equipo en caso de alguna emergencia: extintores, alarmas contra incendios, salidas de emergencia.

#### F.10.1 Rompimiento de tubos fluorescentes (luminarias)

Es necesario que durante la emergencia se ventile el área y se evite la inhalación de vapores tóxicos.

1. Colocarse equipo de protección personal (EPP).
2. Identificar la magnitud del incidente.
3. Comunicarse con los encargados pertinentes (jefe de mantenimiento, encargados del plan de emergencias o contingencias)
4. Hacer uso de aspiradoras para evitar la expansión de polvo y la inhalación de estos.

### F.10.2 Conato de incendio

Un conato de incendio es el inicio de un incendio que puede ser sofocado, utilizando los extinguidores convencionales, generalmente extintores con polvo químico seco.

La elección de los tipos de extintores se realiza en función al tipo de fuego que se podría dar en un conato de incendios. De acuerdo al Reglamento General de Prevención de Riesgos en los Lugares de Trabajo en el Art. 119 se presenta la clasificación de fuegos:

- Clase A. Son los fuegos en materiales combustibles comunes como madera, tela, papel, caucho y muchos plásticos.
- Clase B. Fuegos de líquidos inflamables y combustibles, grasas de petróleo, alquitrán, bases de aceites para pintura, solventes, lacas, alcoholes y gases inflamables
- Clase C. Son los fuegos que involucran equipos eléctricos energizados.
- Clase D. Son los fuegos en metales combustibles como Magnesio, Titanio, Circonio, Sodio, Litio y Potasio.
- Clase E. Fuegos en aparatos de cocina que involucren un medio combustible para cocina (aceites minerales, animales y grasas).

Se cree que en la bodega de almacenamiento de RAEE en caso de un conato de incendio debido a la naturaleza de los residuos almacenados puedan dar lugar a fuegos: Clase A y Clase D. Los extintores recomendables son el extintor de polvo químico para fuegos Clase A, B y C; y el extintor a base de NaCl para fuegos de Clase D que deberá estar ubicado cerca del área de almacenamiento de baterías.

En el Anexo P se presentan las fichas técnicas de los tipos de extintores recomendados disponibles en el país.

Es necesario que, para disminuir el alcance de los incendios exista personal previamente capacitado para la utilización de extintores. Además, se deberá distribuir responsabilidades en caso de ocurrir este incidente, delegando personal encargado de dar primeros auxilios (debidamente capacitado), así como personal encargado de evacuar las zonas.

Dependerá de la magnitud del conato de incendio para el implementar las medidas correspondientes: en caso que el fuego se propague demasiado, es necesario llamar a bomberos y salir del lugar, si el lugar está lleno de humo, salir con las rodillas

flexionadas e inclinando la cabeza hacia abajo, cubriéndose la nariz y la boca con un pañuelo húmedo para evitar la inhalación de gases.

### F.10.2 Derrame o fuga

En caso de derrame o fuga es necesario el tener disponibilidad de materiales de control de derrames (materiales absorbentes inertes como arena). Es necesario hacer uso de equipo de protección personal para evitar la exposición del personal. En el Anexo Q se presenta un procedimiento de lavado para superficies que han estado en contacto con PCBs.

## F.11 Características estructurales para la construcción de una instalación de almacenamiento nueva

Los diseños de estructuras que son 'apropiados' para un sitio en particular, generalmente se determinan con referencia a los tipos de residuos, la cantidad y el tiempo en que se almacenen o traten y el propósito de la infraestructura (por ejemplo, protección ambiental, minimización de la contaminación de las aguas superficiales limpias y de lluvia, prevención de daños a RAEE o resguardo de componentes potencialmente reutilizables, etc.).

### F.11.1 Elementos Mínimos

Como mínimo se debe contar los siguientes elementos para la construcción de una infraestructura de almacenamiento de RAEE.

- i. Superficies impermeables; significa una superficie o pavimento construido y mantenido a un nivel suficiente para evitar la transmisión de líquidos más allá de la superficie del pavimento. La impermeabilidad de una superficie dependerá de cómo esté construida y del uso que se le dé. Una superficie no será impermeable y por lo tanto será inaceptable si, por ejemplo,
  - a. Tiene losas o pavimentos mal unidos o sellados;
  - b. Está compuesto únicamente por suelo duro formado por ladrillos triturados o rotos u otros tipos de agregados, incluso si los RAEE también se almacenan en contenedores; o
  - c. Los derrames o el agua superficial no se contendrán dentro del sistema.
- ii. Cubierta resistente a la intemperie para las áreas apropiadas; el propósito de la cubierta en el almacenamiento de RAEE es: 1) minimizar la contaminación de

las aguas superficiales limpias y de lluvia; 2) facilitar la reutilización de los aparatos y componentes completos destinados a la reutilización y; 3) ayudar en la contención de materiales y sustancias peligrosas. El tipo de cubierta impermeable requerida dependerá en algunos casos, de los tipos y cantidades de RAEE y del tiempo de residencia. En algunas circunstancias, la cubierta resistente a la intemperie puede implicar simplemente una tapa o una cubierta sobre un contenedor, pero en otras, como el caso de la Facultad, implica la construcción de un edificio techado.

- iii. Almacenamiento adecuado de aparatos o fracciones desmontadas para reutilización; el propósito es preservar en las mejores condiciones aquellos aparatos en buenas condiciones que están destinados a donar; así como aquellos componentes que podrían ser utilizados para alargar la vida útil de otros aparatos. Dichos aparatos y componentes no deben ser considerados como RAEE, aunque el almacenamiento puede darse en el mismo lugar, para ello se debe tener fácil acceso a estos evitando que sean traspuestas una sobre otras, además se debe evitar la acumulación de polvo en el área.
- iv. Recipientes adecuados para el almacenamiento de fracciones peligrosas como baterías, condensadores que contengan PCB o PCTS y lámparas; estos residuos se deberían almacenar sobre superficies impermeables y en contenedores o bahías apropiados con cubierta resistente a la intemperie. Los contenedores deben estar claramente etiquetados para identificar su contenido y deben ser seguros para que los líquidos, incluida el agua de lluvia, no puedan entrar en ellos. Los componentes deben separarse teniendo en cuenta sus posibles destinos y la compatibilidad de los tipos de componentes. Todas las baterías deben manipularse y almacenarse teniendo en cuenta el riesgo potencial de incendio asociado con ellas.
- v. Señalización de las diferentes RAEE, y AEE en desuso; consiste en la distinción fácil de cada una de las áreas dentro del lugar de almacenamiento.
- vi. Los equipos mencionados en el apartado F.9.7 sobre los equipos requeridos dentro de la instalación, los cuales son: a) un sistema de comunicaciones o alarma; b) un teléfono (disponible de inmediato en el

lugar de las operaciones) o una radio portátil de dos vías y; c) extintores de incendios, equipos de control de derrames y de descontaminación.

Las normas de diseño de almacenamiento establecen un sistema de barreras entre los residuos peligrosos de la unidad y el entorno circundante, además de medidas específicas para evitar la infiltración de residuos en la unidad o la migración al entorno adyacente.

El edificio de contención debe estar completamente cerrado con cuatro paredes, un piso y un techo. El piso, las paredes y el techo deben estar contruidos con materiales artificiales (concreto, hierro, etc.) que posean una resistencia estructural suficiente para soportar el movimiento de desechos, personal y equipo pesado dentro de la unidad. Además, la construcción deber ser en base a materiales retardadores al fuego de al menos una hora, no porosos, de fácil limpieza y que no se reblandezcan al entrar en contacto con agua o los productos que se almacenen.

El piso debe tener un porcentaje de desnivel del 1 % dirigido hacia el sistema de retención y recolección de derrames. Además, contar con una distancia mínima de 2.50 metros entre el piso y el techo, según lo establecido por el Art. 5 del Reglamento General de Prevención de Riesgos en los Lugares de Trabajo.

No es necesario que las puertas y ventanas cumplan con estos estándares, pero el edificio debe diseñarse estratégicamente con paredes interiores y tabiques para garantizar que los desechos no entren en contacto con ellos.

Se deben usar dispositivos de control de polvo, como puertas con esclusas de aire o sistemas de presión de aire negativa (que atraen aire hacia el edificio de contención), según sea necesario para evitar que el polvo fugitivo se escape a través de estas salidas del edificio.

Además, debe contemplar la clasificación de 4 de las 5 alternativas de gestión propuestas, estas son:

- a. Reacondicionamiento
- b. Donación
- c. Reciclaje
- d. Disposición final



El personal encargado de almacenar los RAEE deberá ser conocedor de cada una de las áreas dentro de la bodega; del lugar correcto de depositar cada aparato, así como de seguir los lineamientos de seguridad establecidos.

## Bibliografía

- Acosta, B. (2019). *Vermiculita: qué es, usos y cómo hacerla*. Recuperado de: <https://www.ecologiaverde.com/vermiculita-que-es-usos-y-como-hacerla-2219.html>
- Acuerdo No. 409. publicado en el Diario Oficial No. 210. *Listado de COP*. Tomo No. 417, del 10 de noviembre de 2017.
- Agencia Española de Cooperación Internacional para el Desarrollo, Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales y Ministerio de Salud de Costa Rica. (2017). *Guía técnica para la gestión integral de los residuos de aparatos eléctricos y electrónicos en El Salvador*. San Salvador: Unidad de Comunicaciones MARN. Obtenido de <http://rcc.marn.gob.sv/bitstream/handle/123456789/196/Gu%C3%ADa%20t%C3%A9cnica%20para%20la%20gesti%C3%B3n%20integral%20de%20los%20residuos%20de%20aparatos%20el%C3%A9ctricos%20y%20electr%C3%B3nicos%20en%20El%20Salvador.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Arévalo, C. & Castañeda, K. (2012). *Investigación De La Presencia De Litio Por Fotometría De Llama En Muestras De Agua Provenientes De La Zona Noroeste De La Isla Chachagaste Del Lago De Ilopango* (Tesis de pregrado). Universidad de El Salvador, San Salvador, El Salvador.
- AREVALO, PINTO, Félix, Alejandro y ZEPEDA, BELLOSO, Bernabé, Arquímedes., *Propuesta para el manejo adecuado de los residuos de aparatos eléctricos y electrónicos generados en la facultad de ingeniería y arquitectura de la universidad de El Salvador*, Tesis de grado, Universidad de El Salvador, 2022.

- Balcázar, G. (2011). *Reciclaje de Lámparas de Mercurio: Brasil toma la delantera por aminorar los riesgos tóxicos al medio ambiente*. Revista Energía 360.
- Baldé, C. P., Bel, G., Kuehr, R., y Forti, V. (2020). *The Global E-waste Monitor 2020: Quantities, flows and the circular economy potential*. United Nations University (UNU), International Telecommunication Union (ITU) & International Solid Waste Association (ISWA). Bonn, Geneva, Rotterdam.
- Baldé, C. P.; Blumenthal, K.; Fondeur Gill, S.; Huisman, J.; Kern, M.; Kuehr, R.; Magpantay, E.; Micheli, E. P. (2015). *E-waste statistics: Guidelines on classification, reporting and indicators 2015*. United Nations University, IAS - SCYCLE, Bonn, Germany.
- Barrera, J.; Castro, J.; Gavilán, A. (2007). *Los retardantes de flama polibromados ¿nuevas sustancias de prioridad ambiental?* Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático. Recuperado de: <http://www2.inecc.gob.mx/publicaciones2/libros/438/cap4.html>
- Bioguia: BIOGUÍA (2017). ¿Qué es el litio y cuál es el impacto ambiental de su extracción? BIOGUÍA SALUD. Recuperado de: [https://www.bioguia.com/salud/que-es-el-litio-y-cual-es-el-impacto-ambiental-de-su-extraccion\\_29283722.html](https://www.bioguia.com/salud/que-es-el-litio-y-cual-es-el-impacto-ambiental-de-su-extraccion_29283722.html)
- Boeni Heinz. (2020). *Fracciones Peligrosas de RAEE* [Webinar]. Instituto Federal de Materiales y Tecnologías (Empa, Suiza). <https://residuoselectronicosal.org>
- Buildex. (2021). *Cómo utilizar la vermiculita en la construcción: una solución alternativa de aislamiento térmico*. Recuperado de: <https://buildex.techinfus.com/es/montazhnye-raboty/vermikulit-teploprovodnost.html>
- CAMACHO, Ángel y ESCOBAR OCAMPO, Diego, "Metodología para la identificación y clasificación de los residuos de aparatos eléctricos y electrónicos en Colombia", *El arrendajo escarlata*, n° 8, Colombia, 2020, pp. 40-49.
- CARCAMO CORTEZ Mario Eduardo., MARTINEZ LARA, Jose, Miguel y PEREZ CASTILLO, Antonia, Elizabeth ., *Propuesta de Guía técnica para la gestión de RAEE basada en la metodología de producción más limpia aplicada a empresas recicladoras de El Salvador*, Tesis de grado, Universidad de El Salvador, 2022.

Carles Solé. (2021). *Baterías de litio: Riesgos y Prevención*. Toyota Material Handling. Recuperado de: <https://blog.toyota-forklifts.es/baterias-litio-riesgos-y-prevencion>

CENTRO NACIONAL DE PRODUCCION MÁS LIMPIA, BANCO MUNDIAL, *Propuesta de política nacional sobre gestión de RAEE*, Centro nacional de Producción Más Limpia, El Salvador, 2021.

Centro Nacional de Producción Más Limpia. (2020). *Anexo 1 Documento de Análisis de Marco Legal*.

Centro Nacional de Producción Más Limpia. (2020). *Anexo2 Cálculo de las Ventas y los residuos eléctricos y electrónicos generados en El Salvador*.

Centro Panamericano de Ecología Humana y Salud. 1995. *Guía para la salud y bioseguridad*. México 1995.

Colombia. Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial; Centro Nacional de Producción más Limpia. (2009). *Lineamientos técnicos para el manejo de residuos de aparatos eléctricos y electrónicos*. Bogotá, D.C. Colombia.

Courtois, J.; Haarman, A.; y Magalini, F. (2020). *Study on the Impacts of Brominated Flame Retardants on the Recycling of WEEE plastics in Europe*. Sofie.

Decreto Ejecutivo 41 (2000). *Reglamento Especial en Materia de Sustancias, Residuos y Desechos Peligrosos*. 01 de junio de 2000. D.O.101

Decreto Ejecutivo No. 27 del 17 de mayo de 1997. *Creación de Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales*, publicado en Diario Oficial No. 88 Tomo No.335 del 16 de mayo de 1997.

Decreto Ejecutivo No. 89 de fecha 27 de abril de 2012, publicado en el Diario Oficial No. 78 de Tomo 395 de fecha 30 de abril de 2012,

Decreto Legislativo No 527. (2019). *Ley de Gestión Integral y Fomento al Reciclaje*. Diario Oficial 27 de febrero del 2020.

Decreto Legislativo No 595, del 22 de febrero del 2017, publicado en Diario Oficial No 37 Tomo 414.

Decreto Legislativo No. 233, del 2 de marzo de 1998. *Ley de Medio Ambiente de la Republica de El Salvador*, publicado en el D.O. N° 79, Tomo 339, del 4 de mayo de 1998.)

Decreto Legislativo No. 871 de fecha 13 de abril de 2000, publicado en el Diario Oficial No. 79, Tomo 347 de fecha 28 de abril de 2000.

Decreto No 1 de la Corte de Cuentas de fecha 1 de mayo del 2007. *Normas Técnicas de Control Interno Específicas para La Universidad de El Salvador*. Publicado en el Diario Oficial, Tomo 375, del 13 de junio del año 2007.

Díaz, M., González, E.E., Reyes, Y. C., Torres, O. E., Vergara, I. (2016). *Contaminación Por Metales Pesados: Implicaciones en Salud, Ambiente y Seguridad Alimentaria*. Revista Ingeniería, Investigación y Desarrollo. 16 (2): 66-77.

DiGangi, J. (2013). *Guía de interés público sobre los Retardantes de Llama Tóxicos*. IPEN.

Dirección General de Agua y Saneamiento Ambiental/Unidad de Desechos Sólidos y Peligrosos del MARN. (2017). *Empresas autorizadas para el almacenamiento y aprovechamiento de RAEE*. Portal de Transparencia. <https://www.transparencia.gob.sv>

Directiva 2002/96/CE del Parlamento Europeo y del Consejo. Diario Oficial de la Unión Europea, 27 de enero del 2003.

Directiva 2012/19/UE del Parlamento Europeo y del Consejo. Diario Oficial de la Unión Europea, 4 de julio del 2012

EPSON EUROPE B.V. (2015). *Ficha de datos de seguridad*. Azie building, Atlas ArenA, Hoogoorddreef 5,1101 BA Amsterdam Zuidoost The Netherlands. Recuperado de <https://valdes.com.sv/wp-content/uploads/2013/12/Safety-Data-Sheet-T741X00.pdf>

Escuela de Asuntos Ambientales Universidad Metropolitana. (2012). *Seguridad y Salud para Personal que Responde a Emergencias con Materiales Peligrosos*. Universidad Metropolitana. Bayamón, Puerto Rico.

ETI (Environmental Technology International); PNUMA. (2020). *MANUAL. Manejo de los PCB en los Equipos Eléctricos*. Chur, Suiza.

Fajardo, A., Rodríguez, A. y Téllez, J. (2006). Contaminación por Monóxido de Carbono: un Problema de Salud Ambiental. Revista de Salud Pública, 8(1).

[http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0124-00642006000100010](http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0124-00642006000100010)

Fakhredin, F. y Huisman, J. (2013). Analyzing end of life LCD TV WEEE flows in Europe. In Proceedings of conference EcoDesign 2013 (Vol. 2013). Recuperado de <https://www.researchgate.net/publication/259146226>

Flamenco, C. y Luna, H. (2022). *ESTUDIO DE HUELLA DE CARBONO EN LA FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA DE LA UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR*. <https://ri.ues.edu.sv/id/eprint/26643/1/Estudio%20Huella%20de%20Carbono%20en%20la%20Facultad%20de%20Ingenieria%20y%20Arquitectura%20de%20la%20Universidad%20de%20El%20Salvador%20para%20el%20a%C3%B1o%202019.pdf>

Forti V, Baldé CP, y Kuehr R. (2018). *E-Waste Statistics Guidelines on Classification, Reporting and Indicators*. Editado por United Nations University. Bonn, Germany.

Gaia (2021). Infografía – Convenio de Basilea: historia y desafíos. Gaia. Recuperado de <https://www.no-burn.org/>

García, N. O. (2014). *Descomposición térmica de residuos de aparatos eléctricos y electrónicos: Estudio cinético y formación de contaminantes*. Universidad de Alicante. España.

Guerra, P. (2011). *Análisis de retardantes de llama emergentes y su impacto en el medio ambiente y en humanos*. Universidad de Barcelona. Cataluña.

Guillen, A. S. (2018). *Reducción de contaminantes en la descomposición térmica de residuos de Aparatos Eléctricos y Electrónicos*. Universidad de Alicante. España.

Hidalgo, L. (2010). La Basura Electrónica y la Contaminación Ambiental. *Revista AIDIS de Ingeniería y Ciencias Ambientales*. 1(1):46-61.

Holcim; GTZ (Agencia Alemana de Cooperación Técnica). (2006). *Guía para el Co-Procesamiento de Residuos en la Producción de Cemento*. Suiza.

Instituto Nacional de Seguridad y Salud en el Trabajo. (1999). *Litio*. International Labour Organization. [https://www.ilo.org/dyn/icsc/showcard.display?p\\_lang=es&p\\_card\\_id=0710&p\\_version=2](https://www.ilo.org/dyn/icsc/showcard.display?p_lang=es&p_card_id=0710&p_version=2)

- Javier F. y Rivera S. (2021). Convenio de Basilea. Control de los movimientos transfronterizos de los desechos peligrosos y su eliminación.
- León, M., Mendoza, J., Miller, C., Mucio, S. y Sánchez, E. (2009). Los contaminantes ambientales bifenilos policlorados (PCB) y sus efectos sobre el Sistema Nervioso y la salud. *Salud Mental*, 32(4). [http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0185-33252009000400009](http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0185-33252009000400009)
- Martínez, O. P. (2013). *Situación e impacto de los residuos de Aparatos Eléctrico y Electrónicos (RAEE). Caso de Estudio: los Ordenadores*. Universidad Politécnica de Barcelona. Cataluña.
- Mercury Lamp Recycling Outreach Project. (2003). *Training Module (1-hour version) for Generators and Handlers Of Fluorescent and Mercury-Containing Lamps (and Ballasts)*. USEPA.
- Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales. (2015). *Lineamientos técnicos para el adecuado manejo de los Residuos de Aparatos Eléctricos y Electrónicos, RAEE*. República de El Salvador.
- Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales. (2017). *Guía técnica para la gestión integral de los residuos de aparatos eléctricos y electrónicos de El Salvador*. República de El Salvador. <http://rcc.marn.gob.sv/bitstream/handle/123456789/196/Gu%C3%ADa%20t%C3%A9cnica%20para%20la%20gesti%C3%B3n%20integral%20de%20los%20residuos%20de%20aparatos%20el%C3%A9ctricos%20y%20electr%C3%B3nicos%20en%20El%20Salvador.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales. (2021). *Listado de entidades autorizadas para la eliminación y disposición final de desechos peligrosos* [Archivo PDF]. CIDOC. <https://cidoc.marn.gob.sv/documentos/listado-de-entidades-autorizadas-para-la-eliminacion-y-disposicion-final-de-desechos-peligrosos/>
- Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial. *Lineamientos técnicos para el manejo de residuos de aparatos eléctricos y electrónicos*. Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial; Bogotá, Colombia, 2009.

- Ministerio del Ambiente-Dirección General de Gestión de Residuos Sólidos de Perú. 2020. *Listado de Rellenos Sanitarios y de Seguridad* [Archivo Excel]. <https://www.gob.pe/institucion/minam/informes-publicaciones/279709-listado-de-rellenos-sanitarios-a-nivel-nacional>
- Núñez Cabrera, J. A. (2017). *Lineamientos para la Gestión de Desechos Electrónicos y Eléctricos*.
- Organización Mundial de la Salud. (11 de octubre de 2021). Intoxicación por plomo. <https://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/lead-poisoning-and-health>
- Organización Mundial de la Salud. (31 de marzo de 2017). El mercurio y la salud. <https://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/mercury-and-health>
- Ortíz, C. y Romero, D. (21 de octubre de 2021). BUENAS PRACTICAS PARA EL MANEJO DE LOS RESIDUOS DE APARATOS ELÉCTRICOS Y ELECTRÓNICOS (RAEE). <https://www.minvivienda.gov.co/sites/default/files/procesos/grf-m-03-manual-de-buenas-practicas-para-el-manejo-de-los-residuos-de-aparatos-electricos-y-electronicos-raee-1.0-.pdf>
- Poma, P. (2008). Intoxicación por plomo en humanos. Anales de la Facultad de Medicina, 69 (2). [http://www.scielo.org.pe/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1025-55832008000200011](http://www.scielo.org.pe/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1025-55832008000200011)
- Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (2014). *Convenio de Basilea sobre el control de los movimientos transfronterizos de los desechos peligrosos y su eliminación*.
- Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente Productos Químicos. (2002). *Transformadores y condensadores con PCB: desde la gestión hasta la reclasificación y eliminación*. <https://chm.pops.int/Portals/0/download.aspx?d=UNEP-POPS-PCB-GUID-TRANSCAP.Spanish.PDF>
- Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente Productos Químicos y la Secretaría del Convenio de Basilea. (2003). *Manual de capacitación para la preparación de un plan nacional de manejo ambientalmente adecuado de los*



*bifenilos policlorados (PCB) y de equipos contaminados con PCB.* Châtelaine, Suiza.

Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente Productos Químicos (2003). *Directrices técnicas para el manejo ambientalmente racional de los acumuladores de plomo de desecho.* Châtelaine, Suiza.

Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente Productos Químicos (2004). *Directrices técnicas para el reciclado/regeneración ambientalmente racional de metales y compuestos metálicos.* Ginebra.

Rodrigues, A. C. (2006). *El crecimiento de los residuos de aparatos eléctricos y electrónicos fuera de uso: el impacto ambiental que representan.* Revista AIDIS de Ingeniería y Ciencias Ambientales. 1(1).

Secretaría del Convenio de Estocolmo. (2011). *Décimo Aniversario: Los Principales Logros.* Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA). Ginebra, Suiza.

Secretaría del Convenio de Rotterdam. (2010). Recuperado 5 de junio de 2021, de UNO Environment Programme website: <http://www.pic.int/ElConvenio/Generalidades/>

Servicio Nacional de Consumidor. (2017). *Baterías de Litio: dilemas entre diseño y seguridad.* Santiago de Chile: Seguridad de Productos. Recuperado de [https://www.seguridaddeproductos.cl/estudios\\_investigaci/baterias-de-litio-dilemas-entre-diseno-y-seguridad/](https://www.seguridaddeproductos.cl/estudios_investigaci/baterias-de-litio-dilemas-entre-diseno-y-seguridad/)

United States Environmental Protection Agency. (2005). Introduction to Containment Buildings (40 CFR Parts 264/265, Subpart DD). [https://www.epa.gov/sites/default/files/2015-07/documents/con-bld05\\_0.pdf](https://www.epa.gov/sites/default/files/2015-07/documents/con-bld05_0.pdf)

United States Environmental Protection Agency. (2018). Mercury Emissions: The Global Context. <https://www.epa.gov/international-cooperation/mercury-emissions-global-context>

## Anexo I. Categorización de AEE según Directiva 2012/19/UE (RAEE2)

*Tabla 11 Categorización de AEE Directiva 2012/19/UE (RAEE2)*

Nº	Nombre de la categoría	Lista no exhaustiva de AEE incluidos en la categoría
1	Aparatos de intercambio de temperatura	Frigoríficos, congeladores, aparatos que suministran automáticamente productos fríos, aparatos de aire acondicionado, equipos de deshumidificación, bombas de calor, radiadores de aceite y otros aparatos de intercambio de temperatura que utilicen otros fluidos que no sean el agua.
2	Monitores, pantallas, y aparatos con pantallas de superficie superior a los 100 cm <sup>2</sup>	Pantallas, televisores, marcos digitales para fotos con tecnología LCD, monitores, ordenadores portátiles, incluidos los de tipo «notebook».
3	Lámparas	Lámparas fluorescentes rectas, lámparas fluorescentes compactas, lámparas fluorescentes, lámparas de descarga de alta intensidad, incluidas las lámparas de sodio de presión y las lámparas de haluros metálicos, lámparas de sodio de baja presión y lámparas LED.
4 a	Grandes aparatos	Lavadoras, secadoras, lavavajillas, cocinas, cocinas y hornos eléctricos, hornillos eléctricos, placas de calor eléctricas, luminarias; aparatos de reproducción de sonido o imagen, equipos de música (excepto los órganos de tubo instalados en iglesias), máquinas de hacer punto y tejer, grandes ordenadores, grandes impresoras, copiadoras, grandes máquinas tragaperras, productos sanitarios de grandes dimensiones, grandes instrumentos de vigilancia y control, grandes aparatos que suministran productos y dinero automáticamente
4 b	Paneles fotovoltaicos	Paneles fotovoltaicos

N°	Nombre de la categoría	Lista no exhaustiva de AEE incluidos en la categoría
5	Pequeños aparatos	Aspiradoras, limpiamoquetas, máquinas de coser, luminarias, hornos microondas, aparatos de ventilación, planchas, tostadoras, cuchillos eléctricos, hervidores eléctricos, relojes, maquinillas de afeitar eléctricas, básculas, aparatos para el cuidado del pelo y el cuerpo, calculadoras, aparatos de radio, videocámaras, aparatos de grabación de vídeo, cadenas de alta fidelidad, instrumentos musicales, aparatos de reproducción de sonido o imagen, juguetes eléctricos y electrónicos, artículos deportivos, ordenadores para practicar ciclismo, submarinismo, carreras, remo, etc., detectores de humo, reguladores de calefacción, termostatos, pequeñas herramientas eléctricas y electrónicas, pequeños productos sanitarios, pequeños instrumentos de vigilancia y control, pequeños aparatos que suministran productos automáticamente, pequeños aparatos con paneles fotovoltaicos integrados.
6	Aparatos de informática y de telecomunicaciones pequeños (sin ninguna dimensión exterior superior a los 50 cm)	Teléfonos móviles, GPS, calculadoras de bolsillo, encaminadores, ordenadores personales, impresoras, teléfonos.

Fuente: (Parlamento Europeo y el Consejo de la Unión Europea , 2012), elaboración propia

## Anexo II Empresas autorizadas por el MARN para la correcta gestión de RAEE

Empresa	Descripción	Información de contacto	Actividades de gestión de RAEE autorizado por el MARN
AUTOCONSA, S.A. DE C.V.	Es una empresa fundada en 1971 dedicada al campo de la telecomunicación. Está ubicada en la Colonia Flor Blanca, San Salvador y entre sus actividades principales están la consultoría, diseño de sistemas, venta, instalación y mantenimiento de equipos. Además, cuenta con la autorización del MARN y ha recibido donaciones de entidades como el Instituto Salvadoreño de Desarrollo Municipal (ISDEM) para disponer de los RAEE (CNPML, 2020).	Facebook: <a href="https://www.facebook.com/Autoconsa-SA-de-CV-515641805128654/">https://www.facebook.com/Autoconsa-SA-de-CV-515641805128654/</a> Perfil en la web: <a href="https://1673-sv.all.biz/">https://1673-sv.all.biz/</a> Teléfono: 2256-1200	Transporte
Zartex S.A. de C.V.	Es una empresa de reciclaje de desechos electrónicos ubicada en Soyapango. Su misión es recolectar los RAEEs y, al mismo tiempo, asegurar que los equipos procesados por Zartex también sean reciclados. Han hecho campañas de reciclaje con causas como "Limpiemos El Salvador." (CNPML, 2020).	Facebook: <a href="https://www.facebook.com/Zartex-SA-De-CV-651909648202890/">https://www.facebook.com/Zartex-SA-De-CV-651909648202890/</a> Teléfono: 2121-1400 Correo: <a href="mailto:rgarcia@zartex-escrap.com">rgarcia@zartex-escrap.com</a>	Transporte, almacenamiento, desensamblaje
Almacenamiento o Todo Verde	Es una empresa que se dedica al reciclaje y revalorización de productos que han cumplido con su vida útil y no a su destrucción o transporte. También, han participado en campañas de reciclaje con "Limpiemos El Salvador", Boys Scout, Almacenes Simán, Radio Corporación FM y la Fundación Empresarial para la Acción Social (FUNDEMÁS) (CNPML, 2020).	Facebook: <a href="https://www.facebook.com/ALMACENAMIENTO.TODOVERDE/">https://www.facebook.com/ALMACENAMIENTO.TODOVERDE/</a> Teléfono: 7928-3729 Correo: <a href="mailto:almacenamientotodoverde_sv@yahoo.es">almacenamientotodoverde_sv@yahoo.es</a>	Almacenamiento

## Anexo III Opciones de tratamiento al Exterior de El Salvador

Al contener sustancias categorizadas como peligrosas, los RAEE sólo pueden ser exportados bajo el marco del convenio de Basilea. El MARN en su guía técnica para la gestión de los RAEE (MARN, 2017), describe una serie de pasos necesarios para exportar desechos y residuos peligrosos, los cuales se retoman a continuación:

Paso 1. Ingreso de formularios y documentación por parte del titular al MAR  
Presentación de los formularios de notificación de movimientos transfronterizos de residuos/desechos peligrosos y Formulario Ambiental por parte del titular, con toda la documentación descrita en la lista de requisitos.

Paso 2. Procesamiento de la información en la base de datos del Sistema de Evaluación Ambiental (SEA) por parte de la recepción

Paso 3. Revisión de la documentación por parte del MARN.

Paso 4. Envío de formularios de notificación a las autoridades competentes de los países que intervienen en el movimiento. Envío de formularios de movimiento transfronterizos al Estado de importación y Estado o Estados de tránsito.

Paso 5. Recepción del consentimiento de las autoridades competentes de los países partes:

- De ser afirmativa las respuestas del Estado de importación y Estado o Estados de tránsito, en las cuales otorgan el consentimiento en los formularios respectivos, se procede a firmar el formulario de movimiento transfronterizo otorgando el consentimiento y emitir el Dictamen Técnico Favorable, que sirve de fundamento a la resolución respectiva. Seguir al paso 6.
- De ser negativa la respuesta del Estado de importación y Estado o Estados de tránsito o al menos uno de ellos, se procede a emitir el dictamen técnico no favorable con la resolución de no otorgamiento del permiso ambiental.

Paso 6. En caso de ser autorizado el movimiento para la exportación de los residuos/desechos peligrosos. El titular debe ingresar el documento de inicio de movimiento.

Paso 7. Revisión por parte del MARN del formulario de inicio de movimiento para la exportación de los residuos/desechos peligrosos, previo a cada envío.

Existen empresas fuera de El Salvador que se dedican a reciclar diferentes tipos de residuos electrónicos, llevando a cabo los procedimientos manuales y mecánicos necesarios para la valorización de los metales, plásticos y vidrios obtenidos por los RAEE. En la siguiente tabla se mencionan algunas empresas recicladoras ubicadas en Estados Unidos, Canadá y Centroamérica.

*Tabla 12 Algunas empresas recicladoras de RAEE reconocidas en América*

Nombre	Tipos de RAEE	Ubicación	Tel	Pag Web
Southeastern Data	Computadores y Periféricos, Copiadoras, Conectores, Teléfonos, Monitores TRC, LCD y LED, Impresoras, Equipos de proyección, Escáneres, Equipos de Radio.	USA/Florida, Georgia, Indiana, Ohio, Carolina del Norte.	800.810.0432	<a href="https://www.southeasterndata.com/">https://www.southeasterndata.com/</a>
Quantum Canadá	Computadoras portátiles y de escritorio, celulares, monitores de TRC, Televisores LED, LCD y plasmas, servidores, impresoras y fotocopadoras, cartuchos de tóner y tinta, equipos de red.	Canadá/Otaw	888-676-4992	<a href="https://quantumlifecycle.com/">https://quantumlifecycle.com/</a>
Solirsa	Computadoras portátiles y de escritorio, Teléfonos celulares, TVs Plasma y LCD Monitores, Escáneres, Impresores, lámparas fluorescentes y bombillos de bajo consumo, gases refrigerantes.	Costa rica	+(506) 2296-0086	<a href="https://solirsa.com/index.php">https://solirsa.com/index.php</a>

Nombre	Tipos de RAEE	Ubicación	Tel	Pag Web
Quantum Costa Rica	Computadoras portátiles y de escritorio, celulares, monitores de TRC, Televisores LED, LCD y plasmas, servidores, impresoras y fotocopadoras, cartuchos de tóner y tinta, equipos de red.	Costa Rica/Cartago.	+(506)22019595	<a href="https://quantumlifecycle.com/">https://quantumlifecycle.com/</a>
Fortech	Realizan el proceso de reciclaje responsable trazable, y seguro.	Costa Rica	+(506) 2573-8634	<a href="https://fortech.cr/">https://fortech.cr/</a>
Valu Shred	Computadoras y periféricos, Servidores, Impresoras, Escáneres, Teléfonos, Calculadoras, Monitores CRT, Equipos médicos, Maquinas de Fax, Cámaras.	Costa rica	+(506) 2441-8226	<a href="https://www.valushred.com/">https://www.valushred.com/</a>
ScrapEx	Computadoras y Laptops, Monitores, impresoras y teclados, Celulares y teléfonos, Router, Cables, Fotocopadoras, Servidores, Luminarias de tipo espirales, bombillas y tubos fluorescentes.	Guatemala	+(502) 2386-9999	<a href="http://scrapexgt.com/">http://scrapexgt.com/</a>

*Nota.* Elaboración propia.

## Anexo IV Formatos

Tabla IV.1. *Formato para envío de información a Unidades Generadoras*

NOMBRE DE LA UNIDAD TÉCNICA			
FORMATO PARA ENVÍO DE INFORMACIÓN A UNIDADES GENERADORAS			
UNIDAD GENERADORA	FECHA RECEPCIÓN	DE APARATO ELÉCTRICO Y ELECTRÓNICO	CÓDIGO DE INVENTARIO
TIPO DE GESTIÓN			
OBSERVACIONES			



Tabla IV. 2. *Formato de Registro para Unidades Técnicas*


NOMBRE DE LA UNIDAD TÉCNICA					
FORMATO DE REGISTRO DE UNIDADES TÉCNICAS					
UNIDAD GENERADORA	FECHA DE RECEPCIÓN	APARATO ELÉCTRICO Y ELECTRÓNICO	CÓDIGO DE INVENTARIO	TIPO DE GESTIÓN (DIAGNOSTICO O REPARACIÓN)	OBSERVACIONES






Tabla IV.3. *Formato de Registro de Recargas de Gases Refrigerantes*





UNIDAD GENERADORA						
FORMATO DE REGISTRO DE RECARGAS DE GASES REFRIGERANTES						
UNIDAD	FECHA DE RECARGA	TIPO DE REGRIGERANTE	CANTIDAD	PROVEEDOR	RESPONSIBLE DE LA RECARGA	FIRMA

## Anexo V Equipo de Protección Personal

Tabla V.1. *Equipo de Protección Personal para manejo de RAEE*

RAEE/Equipo de Protección	Guante de carnaza	Guante de caucho	Guante de nitrilo	Gafas protectoras	Mascarilla
Lámparas					 <p>Respirador Reusable Media Cara con Diafragma Parlante, ayuda a proteger contra partículas y una amplia variedad de gases y vapores cuando</p>

RAEE/Equipo de Protección	Guante de carnaza	Guante de caucho	Guante de nitrilo	Gafas protectoras	Mascarilla
Computadoras					Respirador para partículas 8720, PFF-1 de 3M 
Impresoras					Respirador para partículas 8720, PFF-1 de 3M 

RAEE/Equipo de Protección	Guante de carnaza	Guante de caucho	Guante de nitrilo	Gafas protectoras	Mascarilla
Aire Acondicionado	 (evitar quemaduras por fugas de gases)	 (derrame de condensadores)			 Respirador Reusable Media Cara con Diafragma Parlante, ayuda a proteger contra partículas y una amplia variedad de gases y vapores cuando

## Anexo VI Fichas Técnicas de Extintores

### VI.I Ficha técnica de extintor de Polvo Químico

En la Figura VI.1 se tiene una representación gráfica de un extintor de Polvo Químico



Figura VI.1. *Extintor de Polvo Químico*

#### 1. AGENTE EXTINTOR

Utiliza polvo químico seco, especialmente fluidizado y siliconado de fosfato monoamónico ABC60 con Sello IRAM 3569.

#### 2. FUNCIONAMIENTO

Aísla químicamente los fuegos Clase A, fundiéndose a aproximadamente a 177 °C y cubre la superficie a la que se aplicó, sofoca y rompe la reacción en cadena de los fuegos Clase B y no conduce electricidad hacia el operador. Son los indicados para combatir el fuego en lugares de máximo riesgo, una sola persona puede trasladarlo con facilidad y operarlo con sencillez y seguridad, gracias a su exclusiva válvula de disparo.

#### 3. COMPONENTES

- a. El cilindro está construido en chapa de acero al carbono laminada en frío de primera calidad, tratado químicamente en su interior y recubierto

exteriormente con pintura en polvo termo convertible, con alta resistencia a la intemperie.

- b. Válvula de latón cobreado forjado pulido con rosca M30, con palancas de acero al carbono recubiertas con pintura en polvo termo convertible,
- c. Vástago de latón, con asiento y/o ring de caucho sintético.
- d. Manguera de descarga de caucho sintético con tobera en plástico industrial negro liso.
- e. Manómetro con cuerpo de latón, caja de acero inoxidable y visor de plástico, con Sello IRAM 3533 y fabricados según Norma ABNT NBR 15808.
- f. Caño de pesca construido en acero al carbono.
- g. Placa de instrucciones de uso y mantenimiento de fácil lectura.

#### 4. MANTENIMIENTO

El equipo está presurizado con Nitrógeno Seco.

La garantía de fabricación es de 12 meses. Por su principio de funcionamiento (presión incorporada) son sencillos de mantener y de bajo costo, además de tener un gran poder extintor.

#### 5. CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS

Rango de temperatura: -20°C a +55°C Presión de trabajo: 1.4 MPa

Presión de ensayo: 3.5 MPa

En la Tabla VI.1 se presentan las especificaciones técnicas de los extintores ABC.

Tabla VI.1. *Especificaciones Técnicas del Extintor ABC*

Especificación	Valor
Capacidad nominal	10 kg
Peso con carga	16.3 kg
Agente Extintor	Polvo químico ABC 60
Profundidad	175 mm
Altura	690 mm
Ancho	230 mm
Potencial Extintor	6 <sup>a</sup> 60B:C

Especificación	Valor
Alcance	6-7 m
Tiempo de descarga	18 s
Norma IRAM	3523
Tipo de fuego	ABC

## VI.II Ficha técnica de extinto base NaCl

En la Figura VI.2 se tiene una representación gráfica de un extintor a base de NaCl.



Figura VI.2. *Extintor a base de NaCl*

### 1. AGENTE EXTINTOR

EL MODELO B570 contiene una mezcla especial de cloruro de sodio basado en un agente extinguidor químico seco. El calor del incendio provoca que el agente se apelmace y forme una corteza que consume el oxígeno, disipando el calor del metal en llamas. Con este extintor se pueden apagar con éxito incendios metálicos de magnesio, sodio, potasio y aleaciones de sodio y potasio. Hay datos que muestran que los incendios de circonio, uranio, titanio y aluminio en polvo pueden ser controlados y extinguidos con este extintor único.

El aplicador de extensión de caudal suave de Amerex es particularmente adecuado para combatir incendios de Clase D. Permite que el operador se mantenga alejado del calor extremo y de los humos tóxicos causados por el material en llamas.



La descarga, fácilmente controlable y uniforme, proporciona una aplicación no dispersante del agente extinguidor. El aplicador de extensión puede desprenderse rápidamente para proporcionar una corriente recta del producto químico cuando se requiera un mayor alcance.

## 2. CARACTERÍSTICAS DEL EXTINTOR

- Resistente
- Diseño de presión almacenada Cilindros de acero estirado fiables
- Pintura amarilla especial y resistente a la corrosión Acabado de pintura con código de color de Clase D Válvula de metal
- Rango de temperatura: de -40°F a 120°F
- Exclusivo aplicador de extensión de “caudal suave” con boquilla de largo alcance integrada Clavija de seguridad de acero inoxidable en forma de anilla grande
- Etiquetas bilingües y con código QR

En la Figura VI.2 se tiene una representación gráfica de un extintor Clase D de NaCl.

Tabla VI.2. *Especificaciones Técnicas de Extintor Clase D de Cloruro de Sodio*

Especificación	Valor
Capacidad	30 lb
Peso con carga	53 lb
Agente Extintor	NaCl
Profundidad	175 mm
Altura	35 in
Ancho	13 mm
Alcance	3-6 ft
Profundidad	8 in
Tiempo de descarga	24 s
Tipo de fuego	D