

UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR
FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
ESCUELA DE INGENIERÍA QUÍMICA E INGENIERÍA DE ALIMENTOS



**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**

PRESENTADO POR:

FÉLIX ALEJANDRO ARÉVALO PINTO

BERNABÉ ARQUÍMIDES ZEPEDA BELLOSO

PARA OPTAR AL TÍTULO DE:

INGENIERO QUÍMICO

CIUDAD UNIVERSITARIA, NOVIEMBRE DE 2022

UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR

RECTOR:

MSC. ROGER ARMANDO ARIAS ALVARADO

SECRETARIO GENERAL:

ING. FRANCISCO ANTONIO ALARCÓN SANDOVAL

FACULTAD DE INGENIRÍA Y AQUITECTURA

DECANO:

DR. EDGAR ARMANDO PEÑA FIGUEROA

SECRETARIO:

ING. JULIO ALBERTO PORTILLO

ESCUELA DE INGENIERÍA QUÍMICA E INGENIERÍA DE ALIMENTOS

DIRECTORA:

ING. SARA ELISABETH ORELLANA BERRÍOS

UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR

FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA

ESCUELA DE INGENIERÍA QUÍMICA E INGENIERÍA DE ALIMENTOS

Trabajo de Graduación previo a la opción al Grado de:

INGENIERO QUÍMICO

Título:

**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**

Presentado por:

FÉLIX ALEJANDRO ARÉVALO PINTO

BERNABÉ ARQUÍMIDES ZEPEDA BELLOSO

Trabajo de Graduación Aprobado por:

Docente asesora:

ING. EUGENIA SALVADORA GAMERO DE AYALA

Asesora externa:

ING. ROSMERY ARELY CERÓN MORALES

SAN SALVADOR, NOVIEMBRE 2022

Trabajo de Graduación Aprobado por:

Docente asesora:

ING. EUGENIA SALVADORA GAMERO DE AYALA

Asesora externa:

ING. ROSMERY ARELY CERÓN MORALES

Agradecimientos por: Félix Alejandro Arévalo Pinto

A Dios todopoderoso, por mostrarme siempre su amor, misericordia y su bondad; por proveer a mi familia y por permitirme culminar mis estudios poniendo siempre en mi camino las personas correctas.

A mis padres, por siempre proveer para el sostenimiento del hogar en los años de mi formación académica. Nunca podré compensar lo que han hecho por mí, solo puedo mostrar mi gratitud y amor con la misma proporción con la que se han esforzado para que yo llegase donde estoy. Este logro es de ellos.

A mi hermano mayor Cesar Eduardo Arévalo Pinto, por haberme motivado a estudiar en la universidad y darme los consejos correctos en el primer año de adaptación. A mi hermano menor Amadeo Ernesto Arévalo Pinto, por su apoyo a mi persona y mostrar siempre sentirse orgulloso de mis avances académicos.

A mi compañero de trabajo de graduación y buen amigo Bernabé Zepeda, quien me ayudó a salir de situaciones difíciles prestando su atención en escucharme y dándome consejos en esta última etapa de mi formación académica.

A mis compañeros y amigos Jairo Palacios, Cristian Mendoza y Miguel Morales con quienes compartí desde el inicio de la carrera hasta el final.

A mis compañeros por quienes recibí motivación a seguir estudiando en los momentos más difíciles de la carrera, Steven Díaz, Jonathan Jiménez, Rafael Rodríguez, Julio Zeceña, Verónica Rivera, Rebeca Viera, Gustavo Carranza, etc.

Al personal docente de la Escuela de Ingeniería Química e Ingeniería de Alimentos, Ing. Cecilia Díaz, Ing. Delmy Rico, Ing. Miguel Arévalo, Ing. Teodoro Ramírez, Ing. Tania Torres, Ing. Juan Ramírez; especialmente a nuestras asesoras quienes han dedicado su tiempo para apoyarnos en el presente trabajo: Ing. Eugenia Gamero e Ing. Rosmery Cerón.

Agradecimientos por: Bernabé Arquímedes Zepeda Belloso

A Dios todopoderoso, por mostrarme darme la oportunidad de existir, por su misericordia, por su amor. Por brindarnos darnos el pan de cada día, por darnos la salvación, por brindarme a mi familia, por permitirme culminar la carrera.

A mi padre, por apoyarme siempre durante mi vida. A mi madre, por darme la vida, por guiarme siempre y aconsejarme durante todo mi camino. Por todo su sacrificio para darme una mejor vida.

A mi mejor amiga Valeria Valencia, por siempre estar ahí para escucharme, apoyarme que me sentía mal y por siempre tenerme en cuenta. A pesar que ya no poder vernos y hablar tan seguido siempre recordaré todo lo que hizo por mí.

A mi querida amiga Valerie Valle y su familia, por estar ahí en momentos difíciles, darme consejo y ayudarme. Siempre los tendré en cuenta y les deseo lo mejor.

A mis mejores amigos Gerardo León y José Segundo, fue un honor haberlos conocido y compartir tiempo con ellos. A mi compañero de trabajo de graduación y buen amigo Félix Arévalo, por un placer haberlo conocido y estudiar con su persona desde el inicio hasta el final de la carrera.

A mi querida amiga Clarisa Flamenco, fue un honor poder estudiar, ser compañeros de estudio y trabajo. A mi buen amigo Steven Díaz fue un placer el haber compartido los últimos años de mi carrera con él; siempre estaré agradecido por todo lo que ha hecho por mí y deseo que su futuro este lleno de éxitos.

A todas las personas que tuve la dicha de conocer y compartir a lo largo de este camino, siempre los tendré en mi memoria, Ernesto Dubón, Jonathan Jiménez, Rafael Rodríguez, Gustavo Carranza, Alexander Rivas, Raúl Díaz, Jaquelin Vásquez, Mario Umaña, Francisco Alvarado, Miguel Morales, etc.

A los docentes de la Escuela de Ingeniería Química e Ingeniería de Alimentos, Ing. Cecilia Díaz, Ing. Delmy Rico, Ing. Teodoro Ramírez, Ing. Tania Torres, Ing. Juan Ramírez, Ing. Manuel Pacheco, Ing. Sara Orellana, Ing. Nelson Vaquero; especialmente a nuestras estimadas asesoras: Ing. Eugenia Gamero e Ing. Rosmery Cerón. Por compartir su conocimiento, experiencia con nosotros, formarnos como buenos profesionales y tenernos paciencia.

Resumen

El presente trabajo tiene como objetivo principal desarrollar una propuesta de gestión integral de los Residuos de Aparatos Eléctricos y Electrónicos (RAEE) de la facultad de ingeniería y arquitectura de la universidad de El Salvador. Para ello fue necesario en primer lugar, conocer la situación actual de la Facultad en el manejo de los RAEE, e identificar sus riesgos para la salud y medio ambiente.

El trabajo está dividido en tres capítulos, el primer capítulo consta de una recopilación bibliográfica donde se presentan las sustancias mayormente peligrosas de los aparatos eléctricos y electrónicos; la normativa vigente en El Salvador referente a las sustancias y residuos peligrosos. Además, se mencionan algunas empresas que gestionan este tipo de residuos dentro del país; así como otras alternativas de gestión fuera del país.

El segundo capítulo presenta los resultados de la situación actual de la facultad de ingeniería y arquitectura en el manejo de los RAEE. Entre los resultados se obtuvieron las cantidades de RAEE presentes, los mecanismos de comunicación llevados a cabo por los diferentes actores que intervienen en la gestión de los RAEE. Por otro lado, se identificaron diferentes riesgos para la salud y el medio ambiente asociados por las condiciones actuales de almacenamiento.

Por último, en el tercer capítulo se describe una propuesta de la gestión integral de los RAEE en la facultad de ingeniería y arquitectura, donde se mencionan cinco alternativas de gestión las cuales son: reparación, donación, reacondicionamiento, reciclaje y disposición final. En este capítulo se establecen los roles de los actores involucrados, los protocolos a seguir por los actores, medidas de seguridad para el personal que manipula este tipo de aparatos, así como especificaciones técnicas del lugar de almacenamiento.

Índice

	Pág.
Introducción	1
1. Marco Teórico	2
1.1 Conceptos Generales	2
1.1.1 Definición de AEE y RAEE	2
1.1.2 Desechos Peligrosos	2
1.1.3 Residuos Peligrosos	3
1.1.4 Compuestos Orgánicos Persistentes (COP's)	3
1.2 Clasificación de AEE	3
1.3 Clasificación de RAEE.....	4
1.4 Componentes y Fracciones de RAEE	5
1.5 Estadísticas de RAEE	10
1.5.1 Estadísticas de RAEE Mundiales.....	10
1.5.2 Estadísticas de RAEE en Latinoamérica.....	12
1.5.3 Estadísticas de RAEE en El Salvador	12
1.6 Marco Regulatorio Vigente	16
1.6.1 Marco Regulatorio Internacional Aplicable.....	16
1.6.2 Marco Regulatorio Nacional Aplicable	20
1.7 Problemáticas Ambientales por Sustancias Peligrosas	30
1.8 Consecuencias por Inadecuada Gestión de RAEE	40
1.9 Opciones de Tratamiento en el País	41
1.9.1 Empresas Gestoras de RAEE.....	41
1.9.2 Alternativas de Aprovechamiento Energético	44
1.9.3 Exportación de RAEE.....	45
1.10 Opciones de Tratamiento al Exterior del País	49
1.10.1 Reciclaje de RAEE en el Exterior.....	49
1.10.2 Rellenos de Seguridad en el Exterior.....	51
2. Diagnóstico de la Gestión Actual de los RAEE en la Facultad de Ingeniería y Arquitectura de la Universidad de El Salvador	52

2.1	Cantidad de RAEE Inventariadas en Bodegas.	54
2.2	Procedimientos Actuales en la Gestión de RAEE en la FIA de la UES.	57
2.3	Estado de la Bodega y Situaciones de Riesgos.	61
2.4	Situaciones de Riesgos del Personal Involucrado.	65
3.	Propuesta de Gestión Integral de los RAEE en la FIA	70
3.1	Guía Técnica	70
	Índice de Guía Técnica	70
3.1.1	Clasificación de RAEE	71
3.1.2	Generalidades.....	72
3.1.3	Alternativas de disposición de RAEE.....	74
3.1.4	Gestión de Residuos de Aires Acondicionados y Residuos de Gases Refrigerantes... 76	
3.1.4.1	Gestión de Residuos de Refrigerantes	76
3.1.5	Criterios de evaluación	77
3.1.6	Protocolos de manejo de RAEE.....	79
3.1.6.1	Protocolo de las Unidades Generadoras	79
3.1.6.2	Protocolo para la gestión dentro de las UTMR.....	80
3.1.6.3	Protocolos para el envío de RAEE a las bodegas (Unidad de Activo Fijo).....	82
3.1.7	Manejo de Documentación Dentro de las UTMR	86
3.1.8	Medidas de Seguridad en la Manipulación de RAEE.....	86
3.1.8.1	Manipulación de lámparas de fluorescentes, de tubo y de alta presión	90
3.1.8.2	Manipulación de computadoras	90
3.1.8.3	Manipulación de impresoras	91
3.1.8.4	Manipulación de equipos de aire acondicionado	91
3.1.9	Lineamientos para Almacenamiento en la Instalación	92
3.1.9.1	Tiempo de almacenamiento	92
3.1.9.2	Iluminación	93
3.1.9.3	Ventilación.....	93
3.1.9.4	Control de aire.....	94
3.1.9.5	Seguridad.	94
3.1.9.6	Inspección	94
3.1.9.7	Equipo requerido dentro y cerca de la instalación	95

3.1.9.8 Registro de operaciones dentro del lugar de almacenamiento	95
3.1.9.9 Almacenamiento de lámparas	96
3.1.9.10 Almacenamiento de condensadores	98
3.1.9.11 Almacenamiento de baterías	99
3.1.9.12 Almacenamiento de monitores	99
3.1.9.13 Almacenamiento de equipos para donación o reutilización y reacondicionamiento	100
3.1.9.14 Almacenamiento de los equipos pequeños y de los IT	101
3.1.9.15 Plan de contingencia	101
3.2 Estructura de Instalación	104
3.2.1 Elementos Mínimos	104
3.2.2 Dimensión y Plano de Distribución de la Instalación	106
CONCLUSIONES	109
RECOMENDACIONES	111
Referencias 113	
A. Anexo A. Anexo III del convenio de Basilea	120
B. Anexo B. Clasificación UNU-KEY	124
C. Anexo C. Anexo I del Convenio de Basilea	130
D. Anexo D. Anexo III del convenio de Basilea	134
E. Anexo E. Lista de COP's regulados por el Convenio de Estocolmo y Sus Enmiendas	138
F. Anexo F. Productos Químicos Sujetos al Procedimiento de CFP	141
G. Anexo G. Clasificación de riesgo y número de identificación de la categoría de acuerdo al Reglamento Especial de Sustancias, Residuos y Desechos Peligrosos de El Salvador	142
H. Anexo H. Categorías de materiales peligrosos	145
I. Anexo I. Rellenos de seguridad en el exterior del país	148
J. Anexo J. Representación Ilustrativa de cada RAEE	151
K. Anexo K. Diseño de Entrevistas	162
L. Anexo L. Plan de Acción	167
M. Anexo M. Resolución del MARN	170
N. Anexo N. Formatos	174
O. Anexo O. Equipo de Protección Personal	177

P. Anexo P. Ruta de Evacuación	179
Q. Anexo Q. Fichas Técnicas de Extintores	180
R. Anexo R. Procedimiento de Lavado para superficies con PCB.....	185

Índice de Tablas

Tabla	Pág.
Tabla 1.1. <i>Componentes y fracciones de RAEE con sustancias tóxicas</i>	6
Tabla 1.2. <i>Estadísticas a nivel mundial de RAEE generados 2019</i>	12
Tabla 1.3. <i>Resultados obtenidos sobre AEE puestos en el mercado y RAEE generados en El Salvador 2010-2025</i>	13
Tabla 1.4. <i>Generación de RAEE per cápita en El Salvador 2010-2019</i>	15
Tabla 1.5. <i>Resumen de Marco Jurídico aplicable a la gestión de RAEE en El Salvador</i>	27
Tabla 1.6. <i>Peligrosos a la salud y medio ambiente de sustancias presentes en algunos componentes de RAEE</i>	30
Tabla 1.7. <i>Empresas que dan algún tratamiento a RAEE</i>	42
Tabla 1.8. <i>Algunas empresas reconocidas recicladoras de RAEE en América</i>	49
Tabla 2.1: <i>Instrumentos y Resultados de la Investigación</i>	52
Tabla 2.2. <i>Cronograma de actividades para la recolección de datos</i>	53
Tabla 2.3. <i>Cantidad de RAEE en la FIA de la UES de acuerdo a los datos proporcionados por la Unidad de Activo Fijo</i>	54
Tabla 2.4. <i>Total de RAEE según la clasificación UE-6</i>	56
Tabla 2.5. <i>Matriz de Peligros</i>	67
Tabla 3.1. <i>Clasificación de AEE</i>	71
Tabla 3.2. <i>Alternativas propuestas de disposición de RAEE</i>	75
Tabla 3.3. <i>Centros de acopio con equipos de recuperación de gases refrigerantes autorizados por el MARN</i>	77
Tabla 3.4. <i>Tiempo de almacenamiento de RAEE</i>	93
Tabla A.1. <i>Lista de características peligrosas según anexo III del convenio de Basilea</i>	120
Tabla B.1. <i>Clasificación UNU-KEYS de AEE</i>	124
Tabla C.1. <i>Categorías de desechos a controlar</i>	130
Tabla C.2. <i>Desechos que tengan como constituyentes</i>	132
Tabla D.1. <i>Lista de características peligrosas según anexo III del convenio de Basilea</i>	134
Tabla E.1. <i>COP's regulados en los anexos A, B y C del Convenio de Estocolmo a marzo de 2020</i>	138

Tabla G.1. <i>Clasificación y número de identificación de las Categorías</i>	142
Tabla G.2. <i>Subdivisión de las Categorías</i>	143
Tabla H.1. <i>Categorías de materias peligrosos y sus descripciones</i>	145
Tabla I.1. <i>Rellenos de seguridad en Perú</i>	148
Tabla J.1. <i>Ilustraciones de RAEE presentes en bodega</i>	151
Tabla N.1. <i>Formato para envío de información a Unidades Generadoras</i>	174
Tabla N.2. <i>Formato de Registro para Unidades Técnicas</i>	175
Tabla N.3. <i>Formato de Registro de Recargas de Gases Refrigerantes</i>	176
Tabla O.1. <i>Equipo de Protección Personal para manejo de RAEE</i>	177
Tabla Q.1. <i>Especificaciones Técnicas del Extintor ABC</i>	182

Índice de Figuras

Figura	Pág.
Figura 1.1. <i>Componentes y fracciones de un computador</i>	6
Figura 1.2. <i>Aumento de RAEE generados y RAEE recolectados entre 2004 y 2019</i>	10
Figura 1.3. <i>Porcentajes globales de residuos electrónicos en 2019</i>	11
Figura 1.4. <i>Gráfica de tendencia de AEE puestos en el mercado y RAEE generados en El Salvador (2010-2025)</i>	14
Figura 1.5. <i>Gráfico histórico de RAEE generados en El Salvador por categorización UE6</i>	16
Figura 1.6. <i>Procedimiento para la exportación de residuos/desechos peligrosos</i>	47
Figura 2.1. <i>Gráfico comparativo de tipo de RAEE según clasificación EU-6</i>	57
Figura 2.2. <i>Procedimiento general de la gestión de RAEE en la FIA de la UES</i>	59
Figura 2.3. <i>Procedimiento realizado por FIA-NET en equipos informáticos.</i>	61
Figura 2.4. <i>Aglomeración de RAEE, mobiliario, etc. en la bodega donde estos se almacenan en la FIA de la UES.</i>	62
Figura 2.5. <i>Exposición de la bodega donde se encuentran los RAEE</i>	63
Figura 2.6. <i>Cuarto dentro de la bodega repleto de RAEE</i>	64
Figura 2.7. <i>Tubos fluorescentes presentes en las aglomeraciones de la bodega</i>	65
Figura 3.1. <i>Alternativas de gestión consideradas en la presente guía</i>	73
Figura 3.2. <i>Procedimiento realizado por las unidades generadoras</i>	80
Figura 3.3. <i>Procedimientos de las Unidades Técnicas</i>	82
Figura 3.4. <i>Procedimiento de envío a RAEE a bodegas</i>	83
Figura 3.5. <i>Protocolo general de manejo de AEE en la FIA</i>	85
Figura 3.6. <i>Capacitores industriales de aparatos eléctricos</i>	87
Figura 3.7. <i>Pilas y acumuladores para equipos eléctricos</i>	87
Figura 3.8. <i>Cartuchos de impresoras</i>	88
Figura 3.9. <i>Monitores de tubos de rayos catódicos</i>	88
Figura 3.10. <i>Lámparas fluorescentes, de tubo y de alta presión</i>	89
Figura 3.11. <i>Lámparas de descarga de gas en pantallas LCD</i>	89
Figura 3.12. <i>Equipo de refrigeración</i>	89
Figura 3.13. <i>Depósito con tapadera para almacenamiento de RAEE</i>	97

Figura 3.14. <i>Depósitos sin tapadera para almacenamiento de RAEE</i>	97
Figura 3.15. <i>Depósitos con tapadera con mayor seguridad para almacenamiento de RAEE</i>	98
Figura 3.16. <i>Embalaje y depósitos para monitores</i>	100
Figura 3.17. <i>Montacarga con paletas de acero</i>	100
Figura 3.18. <i>Estantes para almacenamiento de equipos en buen estado</i>	101
Figura 3.19. <i>Dimensiones y plano de distribución de la instalación</i>	107
Figura P.1 <i>Ruta de Evacuación</i>	179
Figura Q.1. <i>Extintor de Polvo Químico</i>	180
Figura Q.2. <i>Extintor a base de NaCl</i>	183

Abreviaturas y Acrónimos

ABS: Acrilonitrilo butadieno estireno

AECID: Agencia Española de Cooperación Internacional para el Desarrollo

AEE: Aparato Eléctricos y Electrónicos

AND: Autoridades Nacionales Designadas

A/C: Aire Acondicionado

BBP: Butilbencilftalato

Be: Berilio

BFR's: Retardantes de Llama Bromados

BPC's: Bifenilos Policlorados

BTBPE: 1,2-Bis(2,4,6-tribromofenoxi) etano

Cd: Cadmio

CFP: Consentimiento Fundamentado Previo

CIDOC: Centro de Información y Documentación del MARN

CNPML: Centro Nacional de Producción Más Limpia.

COP's: Contaminantes Orgánicos Persistentes

CPU: Unidad Central de Proceso (CPU, por sus siglas en ingles)

CSU: Consejo Superior Universitario

DBP: Ftalato de dibutilo

DEHP: di(2-etilhexil) ftalato

DIBP: Diisobutilftalato

EISI: Escuela de Ingeniería de Sistemas Informáticos

EPA: Agencia de Protección al Medioambiente de los Estados Unidos de América.

FIA: Facultad de Ingeniería y Arquitectura

FUNDEMÁS: Fundación Empresarial para la Acción Social

GEF: Fondo para el Medio Ambiente Global

GPS: Sistemas de Posicionamiento Global

GTZ: Agencia Alemana de Cooperación Técnica

HBCD: hexabromociclododecano

Hg: Mercurio

HIPS: poliestireno de alto impacto

insst: Instituto Nacional de Seguridad y Salud en el Trabajo

ISDEM: Instituto Salvadoreño de Desarrollo Municipal

IT: Informáticos y de Telecomunicaciones.

kg: kilogramo

kt: kilotones

kVA: kilovoltiamperio

LCD: Pantalla de Cristal Líquido

LED: Diodo Emisor de Luz

Li: Litio

MARN: Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales

Mn: Manganeseo

Mt: Megatonelada

Nd: Neodimio

Ni: Níquel

OCDE: Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico

ONUDI: Organización de las Naciones Unidas para el Desarrollo Industrial

p. ej.: por ejemplo

Pb: Plomo

PBB's: Polibromo Fenilos

PBDEs: Polibromodifenil Éteres

PC: Computadora personal

PCB: Policlorobifenilos

PIC: Consentimiento Fundamentado Previo

PNUMA: Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente

PP: Polipropileno

PVC: Policloruro de Vinilo

RAEE: Residuos de Aparatos Eléctricos y Electrónicos

Sb: Antimonio

SMD: Dispositivo de montaje superficial

SMD: Dispositivo de Montaje Superficial

Sn: Estaño

SRI: Sustainable Recycling Industries

STeP Initiative (Solving The e-waste Problem)

TBBPA: Tetrabromobisfenol A

TBECH: 1, 2-Dibromo-4-(1, 2-dibromoetil) ciclohexano

TI: Tratado Internacional

TIC: Tecnología de la Información y la Comunicación

TRC: Tubos de Rayos Catódicos

UCR: Universidad de Costa Rica

UE: Unión Europea

UES: Universidad de El Salvador

ULIMA: Universidad de Lima

UNU: Universidad de las Naciones Unidas

UPS: Fuente de Alimentación Ininterrumpida (UPS por sus siglas en ingles)

UTMR: Unidades Técnicas de Reparación y Mantenimiento de la FIA.

Zn: Zinc

Introducción

Con el crecimiento demográfico y la evolución de las tecnologías de la información y los aparatos eléctricos y electrónicos, la cantidad de residuos de aparatos eléctricos y electrónicos aumenta de manera desmesurada. Debido a lo anterior, la facultad de ingeniería y arquitectura de la universidad de El Salvador se ha visto obligada a sustituir los AEE existentes con la aparición de nuevas tecnologías y reemplazarlos ya sea por obsolescencia o por daños.

La inadecuada acumulación de RAEE puede perjudicar la salud de las personas y el medio ambiente si las sustancias peligrosas presentes son liberadas. La liberación de estas sustancias químicas peligrosas puede realizarse por rupturas en vidrio de monitores o de lámparas fluorescentes, por lixiviados de metales peligrosos presentes en placas electrónicas o baterías, por humo tóxico ocasionado por incendios, etc.

Debido a la búsqueda de la excelencia académica, apertura de nuevas sedes, actualizaciones en infraestructura, entre otros, la facultad de ingeniería y arquitectura ha adquirido numerosos aparatos eléctricos y electrónicos, dejando en muchos casos a otros en desuso. Esto ha implicado una remoción de aparatos averiados u obsoletos hacia bodegas al interior de la facultad donde permanecen durante mucho tiempo junto a otros bienes en desuso.

El presente trabajo pretende evaluar y dar a conocer las cantidades y tipos de RAEE presentes en la facultad de ingeniería y arquitectura, así como las condiciones en que están almacenados y los peligros para la salud y medio ambiente que presenta su gestión actual. Además, el presente documento propone una gestión integral de los RAEE basada en los principios de economía circular y tomando en cuenta lineamientos técnicos, sistemas de comunicación y medidas de seguridad.

1. Marco Teórico

1.1 Conceptos Generales

1.1.1 Definición de AEE y RAEE

Los aparatos eléctricos y electrónicos son una amplia gama de productos con circuitos o componentes eléctricos que funcionan a base de suministro de energía eléctrica o de batería. Son casi todos los productos de uso doméstico o comercial como electrodomésticos básicos de cocina, juguetes, herramientas para escuchar música y elementos de Tecnología de la Información y Comunicación (TIC), como teléfonos móviles, laptops, etc. (Baldé, Kuehr y Forti, 2020).

Además del uso diario doméstico y comercial, los Aparatos Eléctricos y Electrónicos AEE se utilizan cada vez más en generadores de energía, este es el caso de los paneles solares que son considerados como AEE con características diferentes al resto. También se emplean cada vez más AEE en el sector en expansión conocido como el Internet de las Cosas (IdC), como sensores o dispositivos relacionados con el concepto de "hogar inteligente" o "ciudades inteligentes" (Baldé, Kuehr y Forti 2020).

Según STeP Initiative (Solving The e-waste Problem), los AEE se convierten en 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).

1.1.2 Desechos Peligrosos

El convenio de Basilea en su artículo 1 establece que: a) son desechos peligrosos aquellos que pertenezcan a cualquiera de las categorías enumeradas en el Anexo I de dicho convenio, a menos que no tengan ninguna de las características descritas en su Anexo III y; b) son desechos peligrosos los no incluidos en el apartado a), pero definidos o considerados peligrosos por la legislación interna de la Parte. Mientras que la Ley de Medio Ambiente de El Salvador define desechos peligrosos como: "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, ecotóxicas 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 otro desecho” (Decreto Ejecutivo No 233, 1998).

1.1.3 Residuos Peligrosos

El Reglamento Especial de Sustancias, Residuos y Desechos Peligrosos define como residuo peligroso a cualquier: “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” (Decreto Ejecutivo No 41, 2000).

Por otra parte, el convenio de Basilea en su anexo III en lista características de peligrosidad que de cumplirlas los desechos indicados en su anexo I, deben ser considerados como peligrosos (el anexo III de Basilea se encuentra en Anexo A del presente trabajo). Entre algunas de esas características están la toxicidad, la inflamabilidad, la corrosividad, la reactividad y la radioactividad, las cuales están presentes en ciertos RAEE (Boeni 2020).

1.1.4 Compuestos Orgánicos Persistentes (COP's)

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).

1.2 Clasificación de AEE

Un sistema de clasificación para las estadísticas de residuos electrónicos debe categorizar los productos por función similar, composición de material comparable (en términos de sustancias peligrosas y materiales valiosos) y atributos relacionados con el final de la vida.

Según Baldé, et al. (2015), actualmente hay solo un sistema de clasificación que cumple esos criterios, la cual fue desarrollada por la Universidad de las Naciones Unidas (UNU) y se deno-

mina UNU-KEYS. En el Anexo B del presente documento se presenta esta clasificación que divide los AEE en 54 categorías diferentes centradas en productos.

Actualmente, esta categorización cumple tanto con la directiva RAEE adoptada por los estados miembros europeos y el marco internacional reconocido para las estadísticas de residuos electrónicos mencionado anteriormente (Baldé et al., 2015).

1.3 Clasificación de RAEE

La clasificación de RAEE surge por la necesidad de armonizar eficazmente la medición de los residuos electrónicos, y así conducir a indicadores sensibles. Y con ello elaborar informes con datos de calidad que puedan ser utilizados para evaluación comparativa y formulación de políticas eficaces.

Originalmente la Directiva de RAEE de la Unión Europea enumeró 10 categorías para las que se debían recopilar datos (Directiva RAEE 2002/96/EC). Estos son: (1) Grandes electrodomésticos; (2) Pequeños electrodomésticos; (3) equipos de telecomunicaciones y tecnología de la información; (4) Equipo de consumo; (5) Equipo de iluminación; (6) Herramientas eléctricas y electrónicas (con excepción de las herramientas industriales estacionarias de gran escala); (7) Juguetes, equipamiento deportivo y de ocio; (8) Dispositivos médicos (con la excepción de todos los productos implantados e infectados); (9) Instrumentos de seguimiento y control; y (10) Dispensadores automáticos.

Sin embargo, la Directiva 2012/19/UE, que es la normativa más reciente de parte de la Unión Europea en materia de RAEE, agrupa los aparatos eléctricos y electrónicos en 6 categorías en lugar de 10, las cuales son:

1. **Equipo de intercambio de temperatura**, más comúnmente conocidos como equipos refrigerantes y congeladores. Entre esta categoría se destacan las refrigeradoras, freezer, aires acondicionados, calefactores.
2. **Monitores, pantallas, y a aparatos con pantallas de superficie superior a los 100 cm²**. Comúnmente incluye televisores, monitores, laptops, notebooks y tabletas.
3. **Lámparas**. generalmente incluye lámparas fluorescentes, lámparas de descarga de alta intensidad y lámparas LED.

4. **Grandes aparatos (con dimensión exterior a 50 cm).** incluye lavadoras, secadoras de ropa, lavavajillas máquinas, estufas eléctricas, gran impresión máquinas, fotocopiadoras y paneles fotovoltaicos.
5. **Pequeños aparatos (sin ninguna dimensión exterior superior a 50 cm).** El equipo típico incluye aspiradoras, microondas, ventilación equipos, tostadoras, hervidores eléctricos, máquinas de afeitarse, balanzas, calculadoras, aparatos de radio, videocámaras, juguetes eléctricos y electrónicos, pequeñas herramientas eléctricas y electrónicas, pequeños dispositivos médicos, pequeña monitorización y control de Instrumentos.
6. **Pequeños equipos informáticos y de telecomunicaciones (sin ninguna dimensión exterior superior a los 50 cm).** El equipo típico incluye teléfonos móviles, Sistemas de posicionamiento global (GPS), calculadoras de bolsillo, enrutadores, computadoras personales, impresoras, teléfonos fijos.

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

1.4 Componentes y Fracciones de RAEE

Referirse de un AEE en específico es, de una u otra manera, también referirse de numerosas partes y componentes que la conforman, por ejemplo: piezas y carcasas de diversos materiales, plaquetas de circuitos impresos, tubos de rayos catódicos, pantallas de cristal líquido, cables, capacitancias, resistores, sensores y relés, alambre, cartuchos de impresión, baterías, etc.; muchos de las cuales están fabricados por elementos químicos altamente peligrosos capaces de dañar los ecosistemas y la salud de las personas.

Según Boeni (2020), dentro de los RAEE se encuentran diferentes componentes los cuales pueden tener más de una fracción, un ejemplo de ello es un computador que tiene entre sus componentes el disco duro la cual posee un magneto de neodimio (Nd), como se refleja en la Figura 1.1.

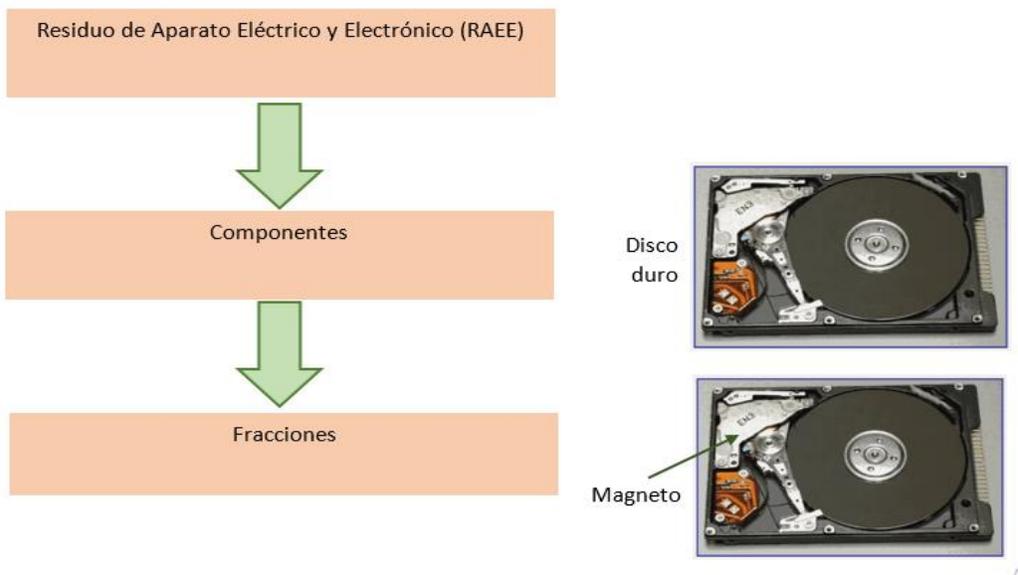


Figura 1.1. Componentes y fracciones de un computador
Adaptado de: (Boeni, 2020)

Existen grandes cantidades de fracciones y componentes de RAEE considerando los equipos de todas las categorías. En la Tabla 1.1 se mencionan algunos componentes y fracciones sobre los que se debe tener cuidado por sus sustancias tóxicas. En el caso de las baterías con litio también se presenta peligrosidad por inflamabilidad.

Tabla 1.1. Componentes y fracciones de RAEE con sustancias tóxicas

Componentes y Fracciones de RAEE	Sustancias tóxicas
Tarjetas de circuito impresos	BFR, Pb, Be, Hg
Condensadores que contengan policlorobifenilos (PCB) y condensadores electrolíticos que contengan sustancias de riesgo	PCB y otras sustancias de riesgos

Continúa...

Tabla 1.1. Componentes y fracciones de RAEE con sustancias tóxicas (Continuación)

Componentes y Fracciones de RAEE	Sustancias tóxicas
Plásticos que contengan materiales piroretardantes bromados	BFR, Cd, Pb
Pantallas de cristal líquido de más de 100 cm ² de superficie y todas las provistas lámparas de descarga de gas como iluminación de fondo	Cristales líquidos
Tubos de Rayos Catódicos (TRC)	Pb, Cd, Li
Pilas y acumuladores	Hg, Cd, Li
Cartuchos de tóner, de líquido y pasta, así como tóner de color	Benzol, Estireno
Lámparas de descarga de gas	Hg
Cables eléctricos exteriores	Pb, BFR

Fuente: (Heinz Boeni, 2020).

a) Tubos de Rayos Catódicos

Se presentan en los televisores y pantallas de ordenador considerados obsoletos por el surgimiento de las pantallas planas de cristal LCD y plasmas. A nivel mundial la sustitución progresiva de televisores y monitores TRC por Plasmas y/o LCD está produciendo un gran volumen de flujo de residuos. El flujo de residuos TRC aumentó de 15 millones en 1996 a 20 millones de unidades en el 2009 (Fakhredin y Huisman, 2013).

El plomo puede regenerarse a través de una planta industrial para la regeneración del vidrio o el plomo, donde se debe prevenir peligros tales como exposición a fósforos tóxicos y silicosis (Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente Productos Químicos (PNUMA),

2004). Según Boeni (2020), hasta en julio del 2020, en Europa existe solamente una empresa encargada para el tratamiento de los tubos de rayos catódicos donde la demanda es grande.

b) Tarjetas de circuito impresos

Presentan una mezcla compleja de muchos materiales incluyendo los más valiosos de los RAEE como oro, plata, paladio. Sin embargo, al contener sustancias tóxicas hace que requieren un tratamiento específico para recuperar y separar todos los metales. Según Boeni (2020) en procesos industriales se pueden recuperar hasta 17 metales.

Es un componente de RAEE el cual para su tratamiento adecuado se deben separar sus fracciones entre las cuales se encuentran procesadores que tienen un valor económico importante y fracciones peligrosas como baterías, condensadores y relés.

c) Condensadores

Se encuentran en casi todos los RAEE debido a que se colocan pequeños condensadores en los circuitos impresos. También se pueden encontrar en mayores tamaños en microondas y balastos eléctricos de tubos fluorescentes (Boeni, 2020).

El tamaño de estos condensadores varía en gran medida, desde el de un cubo de hielo hasta el de un refrigerador. Frecuentemente pueden reconocerse por las letras “kvar” en su placa de identificación. Estas letras muestran la clasificación eléctrica de un capacitor, que usualmente esté posicionado entre 5 y 200 kVA. Todos los condensadores fabricados entre 1930 y 1977 como sustitutos de líquidos dieléctricos contienen PCB. (PNUMA y Secretaría del Convenio de Basilea, 2003).

d) Baterías

Son requeridas en la mayoría de los pequeños equipos informáticos y de telecomunicaciones, también son requeridas en algunos equipos pequeños como calculadoras, juguetes, etc. y en lámparas portátiles.

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 (Rodriguez, 2006), sin embargo, en los últimos años países han implementados leyes en las que se prohíbe el uso de mercurio para la elaboración de ciertos tipos de baterías sustituyéndolas por componentes menos tóxicas.

El uso masivo de las baterías de litio y la rápida obsolescencia de los equipos que la utilizan como fuente de energía, ha generado una gran cantidad de baterías como producto de desecho. Se estima que, a nivel mundial en el año 2013 fueron producidas 4.800 millones de células de litio y que su producción llegará a 8.000 millones en 2025 (Servicio Nacional de Consumidor, 2017).

e) Lámparas de Descarga

Contienen gas de mercurio mezclado con gas inerte (neón o argón) en el interior del tubo de descarga. Algunas fuentes se refieren a lámparas de descarga como lámparas de vapor de mercurio a alta presión. No solamente se encuentra en los aparatos categorizados como lámparas, sino también en televisores al estar presentes en LCD.

Según Balcázar (2011), los focos de alta presión (o de descarga) contienen hasta 150 miligramos de mercurio, 30 veces más que uno fluorescente, cantidad con la que se puede contaminar 20 mil litros de agua.

f) Plásticos (carcasas)

Los plásticos de RAEE tienen componentes como poliestireno de alto impacto (HIPS), acrilonitrilo butadieno estireno (ABS) y Polipropileno (PP) los cuales no son peligrosos y pueden ser reciclados. Sin embargo, uno de los desafíos a los que se enfrentan los recicladores de plástico de RAEE es la presencia de aditivos peligrosos como los retardantes de llama bromados (BFR), los plásticos que contienen BFR deben eliminarse durante el proceso de tratamiento de los RAEE de acuerdo con los requisitos del Anexo VII de la Directiva RAEE para que no acaben en los materiales reciclados. (Courtois, Haarman y Magalini, 2020)

Según Garcia (2014) en 2001 el consumo de BFR en equipos electrónicos fue en su mayoría dirigido a carcasas con un 59%, mientras que el 30% fue utilizado para tarjetas de circuito impreso, el 9% a conectores y relés y el 2% a cables.

g) Cables

Se encuentra en aparatos tanto pequeños como grandes, su función es transportar la electricidad a las partes necesarias a fin de lograr el funcionamiento deseado.

Los cables comunes utilizan cobre la cual puede ser fácilmente incorporado al mercado, sin embargo, el material plástico puede incorporar aditivos peligrosos como policloruro de vinilo

(PVC, como aislante), ftalatos de bajo peso molecular (como DEHP, BBP, DBP y DIBP utilizados como plastificantes) y metales pesados (como compuestos de plomo y cadmio utilizados como estabilizadores) (Courtois, Haarman y Magalini, 2020).

1.5 Estadísticas de RAEE

1.5.1 Estadísticas de RAEE Mundiales

En 2019, se generaron mundialmente aproximadamente 53.6 millones de toneladas (Mt) de residuos electrónicos (excluidos los paneles fotovoltaicos), o 7.3 kg per cápita. Se estima que la cantidad de residuos electrónicos generados superará las 74 Mt en 2030. Por lo tanto, la cantidad global de residuos electrónicos está aumentando a un ritmo alarmante de casi 2 Mt por año (Baldé et al., 2020).

En 2019, la recolección y el reciclaje formalmente documentados fue de 9.3 Mt, es decir, un 17.4% en comparación con los residuos electrónicos generados. Creció 1.8 Mt desde 2014, un crecimiento anual de casi 0.4 Mt. Sin embargo, la generación total de residuos electrónicos aumentó en 9.2 Mt, con un crecimiento anual de casi 2 Mt. Esto ilustra que las actividades de reciclaje no van a la par con el crecimiento global de los residuos electrónicos (Baldé et al., 2020).

Lo anterior refleja que la tasa de reciclaje de RAEE por medios formales apenas aumentó un 0.5% en 5 años, tal como se refleja en la Figura 1.2.

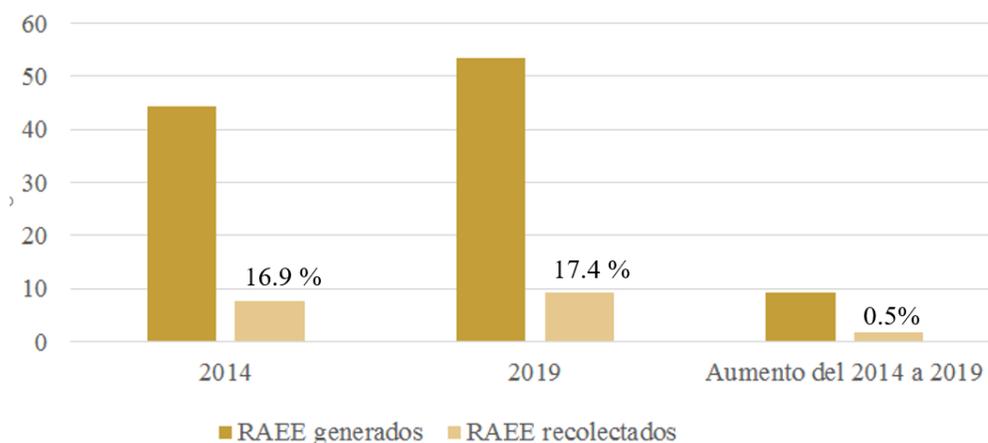


Figura 1.2. Aumento de RAEE generados y RAEE recolectados entre 2004 y 2019
Adaptado de: (Baldé et al., 2020)

La falta de datos sobre los residuos electrónicos recopilados y reciclados formalmente implica que la mayoría de los residuos electrónicos generados en 2019 (44.3 Mt) se gestionan fuera del sistema de recolección oficial (Baldé et al., 2020).

La cantidad global de residuos electrónicos en 2019 se refleja en la Figura 1.3. Se compone principalmente de equipos pequeños (17.4 Mt), equipos grandes (13.1 Mt) y equipos de intercambio de temperatura (10.8 Mt). Las pantallas y monitores, los pequeños equipos informáticos y de telecomunicaciones y las lámparas representan una proporción menor de los residuos electrónicos generados en 2019: 6.7 Mt, 4.7 Mt y 0.9 Mt, respectivamente.

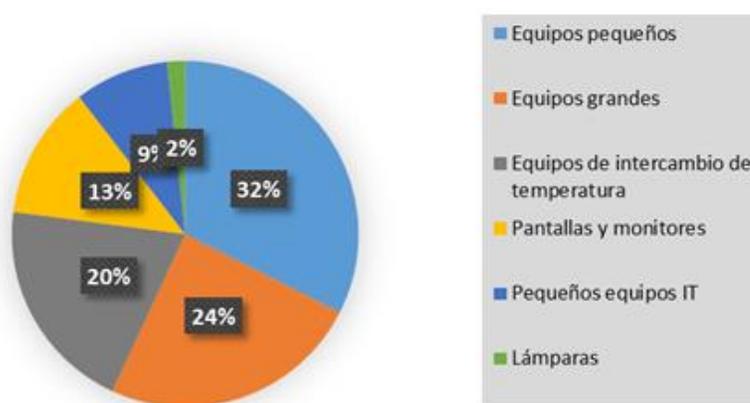


Figura 1.3. Porcentajes globales de residuos electrónicos en 2019

Adaptado de: (Baldé et al., 2020)

En la Tabla 1.2 se reflejan los RAEE generados por cada continente. La mayor parte de los residuos electrónicos se generó en Asia (24.9 Mt), mientras que el continente que más genera en kg per cápita es Europa (16.2 kg per cápita). Europa es también el continente con la tasa de recolección y reciclaje formal de residuos electrónicos más alta documentada (42.5%). En América se generaron 13.1 Mt de los cuales el 9.4% fueron recolectadas y recicladas.

Tabla 1.2. *Estadísticas a nivel mundial de RAEE generados 2019*

Continente	Cantidad (Mt)	Porcentaje Recolectado	Kg per cápita
África	2.9	0.9 %	2.5
América	13.1	9.4 %	13.3
Asia	24.9	11.7 %	5.6
Europa	12	42.5 %	16.2
Oceanía	0.7	8.8 %	16.1

Adaptado de: (Baldé et al., 2020)

1.5.2 Estadísticas de RAEE en Latinoamérica

Según Baldé et al. (2020), en el año 2019 se produjeron en el Caribe 0.1 Mt siendo Jamaica el país con mayor generación con 18 kt. En México y Centroamérica se produjeron 1.5 Mt de RAEE y en Sudamérica 3.9 Mt, siendo Brasil, Argentina y Colombia los mayores generadores con 2,143, 465 y 318 kilotoneladas respectivamente.

1.5.3 Estadísticas de RAEE en El Salvador

La Tabla 1.3 fue elaborada por Centro Nacional de Producción Más Limpia (CNPML) a partir de los datos del Banco Central de Reserva. En la segunda columna se presentan las cantidades de AEE puestos en el mercado que para los años 2010 al 2019 y se realizaron proyecciones para los años 2020 al 2025. En la tercera columna de dicha Tabla se presentan los resultados que obtuvo el CNPML a partir de la herramienta en Excel desarrollada por la ONUDI y la Universidad de las Naciones Unidas para el cálculo de la cantidad de RAEE generados (Centro Nacional de Producción Más Limpia (CNPML), 2020).

Tabla 1.3. 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

Continúa...

Tabla 1.3. Resultados obtenidos sobre AEE puestos en el mercado y RAEE generados en El Salvador 2010-2025 (Continuación)

Año	Cantidad de AEE puesta en el mercado (ton/año)	Cantidad de RAEE generado (ton/año)
2023	59,968.06	36,896.86
2024	62,259.48	37,658.37
2025	64,550.90	38,494.59

Fuente: (CNPML, 2020)

En la Figura 1.4 se reflejan las cantidades AEE puesta en el mercado y RAEE generado a partir del año 2015 y con una proyección hasta el año 2025.

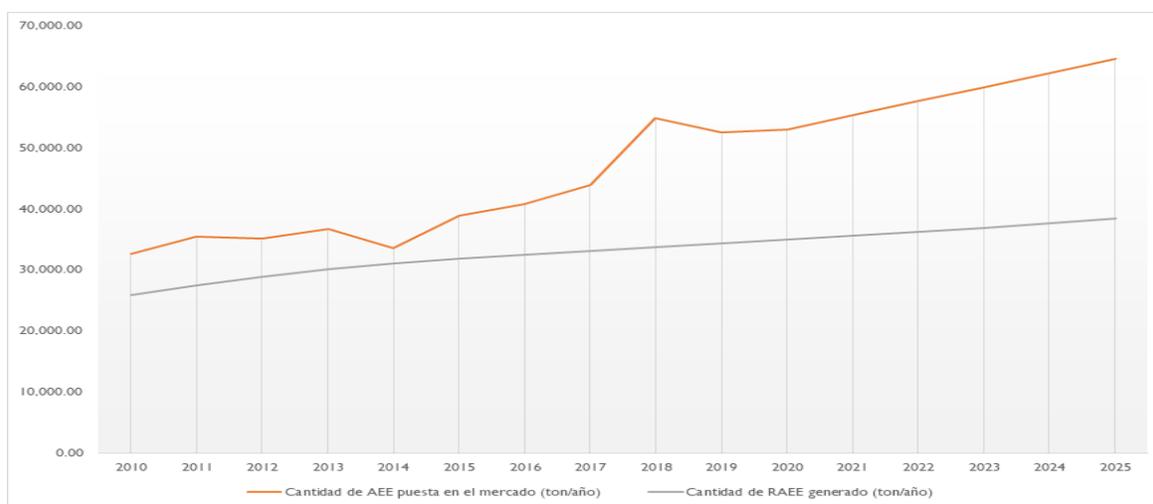


Figura 1.4. Gráfica de tendencia de AEE puestos en el mercado y RAEE generados en El Salvador (2010-2025)

Fuente: (CNPML, 2020)

En la Tabla 1.4 se presentan los datos de los índices de generación per cápita de RAEE en El Salvador para los años comprendidos desde 2010 - 2019 elaborada por el CNPML.

Tabla 1.4. *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: (CNPML, 2020)

En la Figura 1.5 se tiene los datos de generación históricos en El Salvador obtenidos a partir de la herramienta de Excel por categoría UE6 (CNPML, 2020).

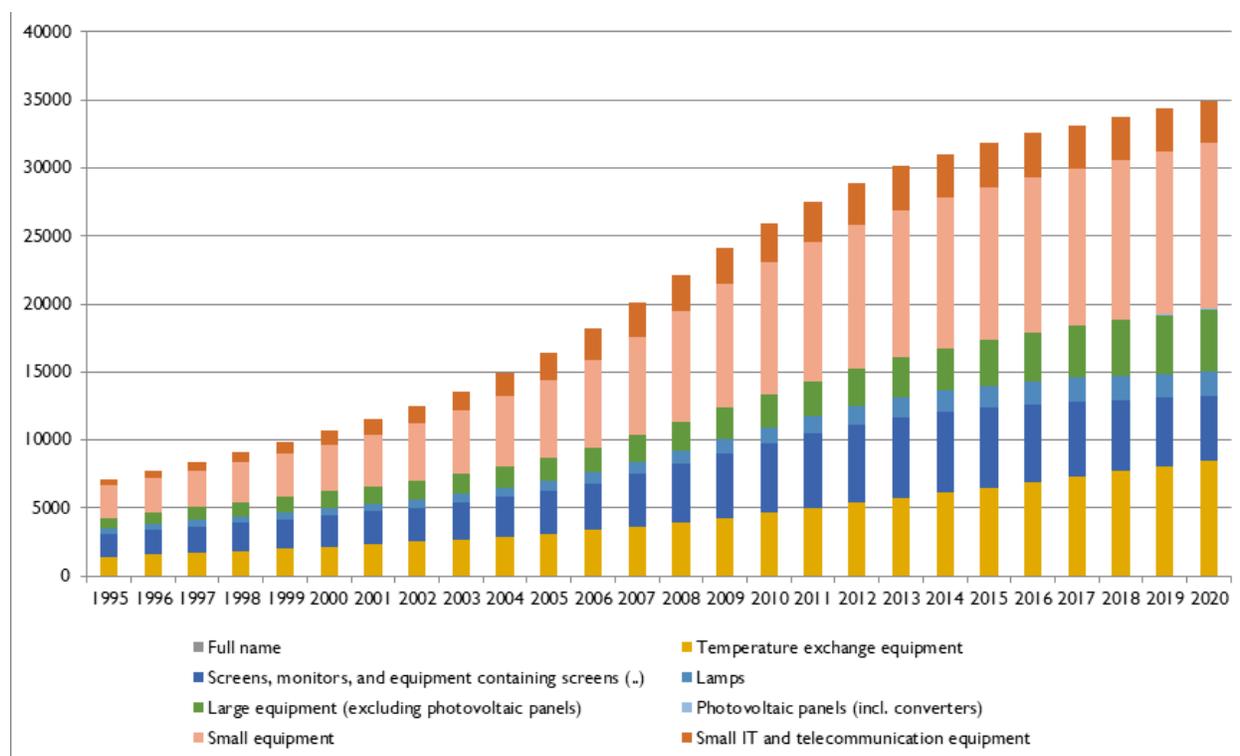


Figura 1.5. Gráfico histórico de RAEE generados en El Salvador por categorización UE6

Fuente: (CNPML, 2020)

1.6 Marco Regulatorio Vigente

El Salvador tiene como regulación aplicable en RAEE la ratificación de convenios internacionales y reglamentos internos, los que tienen como objetivo proteger la salud y medio ambiente de los daños que estos residuos pueden ocasionar.

1.6.1 Marco Regulatorio Internacional Aplicable

1.6.1.1. Convenio de Basilea

El *Convenio de Basilea* sobre el control de los movimientos transfronterizos de los desechos peligrosos y su eliminación, fue ratificado el 19 de abril de 1991, este convenio tiene como objetivo el regular el movimiento transfronterizo de residuos peligrosos para proteger la salud humana y el ambiente. De acuerdo al Art. 1 de este Convenio se reconocerán como desechos peligrosos que sean objeto de movimiento transfronterizos:

- a. Los desechos que pertenezcan a cualquiera de las categorías enumeradas en el Anexo I del Convenio de Basilea (Véase Anexo C), a menos que no tengan ninguna de las características descritas en el Anexo III del Convenio de Basilea (Véase Anexo D).
- b. Los desechos no incluidos en el anterior apartado, pero definidos o considerados peligrosos por la legislación interna de la Parte que sea Estado de exportación, de importación o de tránsito.

No serán objeto de este Convenio los desechos radioactivos y los desechos derivados de operaciones normales de los buques estas categorías estarán reguladas por otros instrumentos internacionales (PNUMA, 2014).

Los principios por los que se rige este convenio son:

- a. El tránsito transfronterizo de residuos peligrosos se debe reducir al máximo,
- b. Los residuos peligrosos deben ser tratados y dispuestos en el país que se generan tanto como sea posible,
- c. Los residuos se deben de reducir y minimizar en origen y
- d. Los residuos deben tener un manejo adecuado y una gestión ambiental racional.

El órgano rector del Convenio de Basilea es La Conferencia de las Partes y fue establecido de conformidad al Art. 15 de este Convenio, está compuesto por gobiernos de países que han ratificado, aceptado o adherido al Convenio

La Conferencia de las Partes revisa y evalúa la implementación de la Convención. Considera y adopta, según sea necesario, enmiendas al Convenio y sus anexos, y promueve la armonización de políticas, estrategias y medidas apropiadas para minimizar los daños a la salud humana y al medio ambiente causados por desechos peligrosos y otros desechos.

Enmienda de Prohibición

Es un acuerdo para prohibir a los estados miembros de la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico (OCDE), la Unión Europea (EU) y Liechtenstein, la exportación de desechos peligrosos de desechos peligrosos según lo definido por el convenio de Basilea hacia otros países, principalmente a países en desarrollo o países con economías en transición. Sin embargo,

los flujos entre exportadores e importadores que no ratificaron la enmienda, quedan fuera de la enmienda y de la prohibición (Gaia, 2021).

Enmienda para Plásticos

Esta Enmienda exige que los países exportadores tengan el consentimiento de los países importadores, la Enmienda para plásticos será efectiva desde el 2021 (Gaia, 2021).

1.6.1.2. Convenio de Estocolmo

El Convenio de Estocolmo sobre los Contaminantes Orgánicos Persistentes (COP) fue firmado por El Salvador el 30 de julio de 2001, ratificado por la Asamblea Legislativa el 21 de febrero de 2008 (Acuerdo 409, 2017).

Los COP's controlados por el convenio se encuentran enumerados en los Anexos A, B y C del Convenio de Estocolmo. Las sustancias químicas enumeradas en el Anexo A de dicho convenio están sujetas a eliminación de producción y uso; por lo que las Partes deben prohibir o emprender las medidas jurídicas y administrativas necesarias para eliminar la producción, uso, importación y exportación de dichas sustancias. Las sustancias químicas enumeradas en el Anexo B de dicho convenio están sometidas a severas restricciones de producción y uso; La producción y el uso de estas sustancias químicas sólo están permitidos para exenciones específicas y fines aceptables indicados en el anexo. (Secretaría del Convenio de Estocolmo, 2011)

Mientras que en el Anexo C de dicho convenio se encuentran las sustancias químicas que se forman no intencionalmente y salen liberadas de los procesos térmicos en los que intervienen materia orgánica y cloro como resultado de la combustión incompleta o de reacciones químicas. También pueden formarse y liberarse de otras fuentes tales como la quema abierta de residuos, instalaciones y calderas industriales alimentadas por combustibles fósiles y los procesos de producción de determinados químicos especiales. (Secretaría del Convenio de Estocolmo, 2011)

Cuando recién se aprobó el Convenio en 2001 se incluyó una lista inicial de 12 COP y luego se agregaron 9 más mediante enmienda de los anexos del Convenio en 2009. Además, en las siguientes reuniones se ha incorporado más COP's hasta tener la lista reflejada en anexo E del presente documento. De todas las sustancias listadas por el convenio y sus enmiendas, se tienen sustancias de las cuales pueden tener presencia en los RAEE (véase cuarta columna de Anexo E).

1.6.1.3. Convenio de Rotterdam

El Convenio de Rotterdam Para la Aplicación del Procedimiento de CFP (Consentimiento Fundamentado Previo) a Ciertos Plaguicidas y Productos Químicos Peligrosos Objeto de Comercio Internacional CFP es un mecanismo para obtener y difundir oficialmente las decisiones de las Partes importadoras acerca de si desean recibir en el futuro expediciones de los productos químicos enumerados en el Anexo III del Convenio y para garantizar el cumplimiento de esas decisiones por las Partes exportadoras (Secretaría del Convenio de Rotterdam, 2020).

El Anexo III del Convenio incluye plaguicidas y productos químicos industriales que han sido prohibidos o severamente restringidos por razones sanitarias o ambientales, por dos o más Partes, y para los cuales la Conferencia de las Partes decidió incluirlos en el procedimiento de CFP (Secretaría del Convenio de Rotterdam, 2020).

El convenio define "producto químico" como toda sustancia, sola o en forma de mezcla o preparación, ya sea fabricada u obtenida de la naturaleza, excluidos los organismos vivos. Ello comprende las siguientes categorías: plaguicida, (incluidas las formulaciones plaguicidas extremadamente peligrosas) y producto químico industrial.

Aunque inicialmente se contaba con una lista de 6 productos químicos industriales en regulación, en la actualidad se cuenta con 17, entre las cuales muchos tienen presencia en los RAEE (véase Anexo F).

Todas las Partes deben decidir si permitirán la importación en el futuro de cada uno de los productos químicos del Anexo III del Convenio. Las Autoridades Nacionales Designadas (AND) remiten esas decisiones, denominadas respuestas sobre importación, a la Secretaría. Esta a su vez distribuye a todas esas autoridades una lista de las respuestas sobre la importación de cada producto químico sujeto a procedimiento de CFP cada seis meses, por medio de la Circular CFP. disponible en el sitio web del Convenio (Secretaría del Convenio de Rotterdam, 2020).

Todas las Partes exportadoras deben asegurarse de que no se realicen exportaciones de los productos químicos sujetos al procedimiento de CFP en contra de la decisión de cada Parte importadora. Además, deben velar por que las respuestas sobre la importación publicadas en la Circular CFP sean inmediatamente comunicadas a sus exportadores, la industria y cualquiera otra autoridad competente, como el Departamento de Aduanas (Secretaría del Convenio de Rotterdam, 2020).

1.6.1.4. Convenio de Minamata sobre el Mercurio

El Convenio de Minamata fue adoptado en la Conferencia de Plenipotenciarios en 2013 en Kumamoto, Japón y entró en vigor en agosto de 2017. Fue ratificado por El Salvador mediante Decreto Legislativo No 595 y publicado en Diario Oficial No 37 Tomo 414 de fecha 22 de febrero del 2017.

Para las Partes que han ratificado el Convenio de Basilea, las definiciones pertinentes del Convenio de Basilea sobre el control de los movimientos transfronterizos de los desechos peligrosos y su eliminación se aplican a los desechos incluidos en el Convenio de Minamata, tal como lo estipula el artículo 11.

El artículo 11 establece además, que cada Parte adoptará las medidas apropiadas para que los desechos de mercurio: a) Sean gestionados, de manera ambientalmente racional; b) sean recuperados, reciclados, regenerados o reutilizados directamente solo para un uso permitido a la Parte en virtud del presente Convenio o para la eliminación ambientalmente racional y; c) En el caso de las Partes en el Convenio de Basilea, no sean transportados a través de fronteras internacionales salvo con fines de su eliminación ambientalmente racional.

En el artículo 18 del Convenio se estipula que cada Parte, con arreglo a sus capacidades, promoverá y facilitará el acceso del público a información disponible sobre, entre otros, los efectos del mercurio y los compuestos de mercurio para la salud y el medio ambiente. Así como alternativas al mercurio y los compuestos de mercurio; los resultados de las actividades de investigación, desarrollo y vigilancia; y las actividades destinadas a cumplir las obligaciones contraídas en virtud del presente Convenio.

También se destaca el compromiso de cada Parte en promover y facilitar la formación, la capacitación y la sensibilización del público en relación con los efectos de la exposición al mercurio para la salud humana y el medio ambiente. Ello en colaboración con organizaciones intergubernamentales y no gubernamentales pertinentes y hacia poblaciones vulnerables, según proceda.

1.6.2 Marco Regulatorio Nacional Aplicable

La principal base legal de toda normativa, ley y reglamento en gestión de residuos, se sostiene en el artículo 117 de la constitución de la república donde establece que, “es deber del estado proteger los recursos naturales, así como la diversidad e integridad del medio ambiente, para garan-

tizar el desarrollo sostenible”. En el año 2000 dicho artículo fue ampliado mediante decreto legislativo No 871 para incorporar la siguiente declaratoria de interés social: “Se declara de interés social la protección, conservación, aprovechamiento racional, restauración o sustitución de los recursos naturales, en los términos que establezca la Ley” (Decreto Legislativo No 871, 2000).

Mediante Decreto Ejecutivo no. 27 del 17 de mayo de 1997, se establece el Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales, conocido por sus abreviaturas como MARN, como una Secretaría de Estado encargada de formular, planificar y ejecutar las políticas del Gobierno en materia de medio ambiente siendo el rector de la gestión ambiental nacional. (Decreto Ejecutivo No 27, 1997)

1.6.2.1 Ley de Medio Ambiente

La Ley de Medio Ambiente fue promulgada en el año 1998 teniendo como objeto el uso sostenible de los recursos naturales, normar la gestión y protección ambiental, y asegurar la aplicación de los tratados o convenios internacionales celebrados por El Salvador en esta materia (Decreto Legislativo No 233, 1998).

A lo relativo a instituciones públicas, como el caso de la Universidad de El Salvador, el artículo 4 establece la declaratoria de interés social donde se estipula que, “Las instituciones públicas o municipales están obligadas a incluir, de forma prioritaria en todas sus acciones, planes y programas, el componente ambiental y la variación climática.”

En lo relativo a gestión de RAEE, el artículo 42 de dicha Ley estipula que “toda persona natural o jurídica, el Estado y sus entes descentralizados están obligados a evitar las acciones deteriorantes del medio ambiente”. Además, el Art. 60 establece que “Toda persona natural o jurídica que use, genere, recolecte, almacene, reutilice, recicle, comercialice, transporte, haga tratamiento o disposición final de sustancias, residuos y desechos peligrosos, deberá obtener el Permiso Ambiental correspondiente, de acuerdo a lo establecido en esta Ley.”

1.6.2.2 Reglamento Especial en Materia de Sustancias, Residuos y Desechos Peligrosos

Este reglamento tiene como objeto el reglamentar lo concerniente a la Ley de Medio Ambiente, en lo que se refiere a las actividades relacionadas con sustancias, residuos y desechos peli-

grosos. De acuerdo al reglamento la entidad a la cual le compete la aplicación de este reglamento es el MARN, en coordinación con las demás instituciones que tengan competencia (Decreto Ejecutivo 41, 2000). Un punto que es importante mencionar acerca de este reglamento es que a pesar que se entiende que se hace distinción entre sustancias, residuos y desechos peligrosos; sólo se definen los residuos peligrosos.

Posteriormente en el Art. 4, se mencionan las atribuciones y competencias del MARN para la aplicación del presente reglamento como lo son: identificar qué sustancias, residuos y desechos son peligrosos y publicar sus listados; realización de auditorías en el momento que se considere necesario, etc.

En el Capítulo III se menciona información concerniente a los generadores de residuos peligrosos. En el Art. 17, se reconoce que los generadores tendrán la responsabilidad del cumplimiento de las disposiciones de la Ley, de este Reglamento y así como las reglas técnicas que de él se deriven. Los generadores están obligados a determinar la peligrosidad y a registrarse en el Consejo, y mantenerse actualizados en dicho registro. Además, se mencionan los protocolos que están obligados a seguir, así como: la solicitud de inscripción, la realización de un informe semestral sobre los movimientos que hayan realizado con residuos peligrosos en dicho periodo.

En el Capítulo IV se definen los desechos o residuos considerados peligrosos, tomando como base la categorización realizada por el Convenio de Basilea. En el Cap. VIII, se menciona acerca de las disposiciones comunes para sustancias peligrosas, residuos y desechos peligrosos. De acuerdo al Art. 49, el MARN deberá exigir y evaluar el Estudio de Impacto Ambiental, en este estudio es necesario el especificar los materiales peligrosos a manejar, así como sus cantidades. También se menciona que, si los generadores no cuentan con servicio de manejo y tratamiento, se deberán contratar aquellos que cuenten con el Permiso Ambiental correspondiente.

Para la importación y exportación de sustancias y residuos peligrosos; la exportación de desechos peligrosos, su transporte y su eliminación, se regirán por las leyes y normas jurídicas internas de El Salvador, incluyéndose los convenios ratificados por el país.

Con respecto al transporte de sustancias, desechos y residuos peligrosos; se menciona que es necesario que el titular cuente con un documento que tenga la información necesaria para la i-

dentificación de los materiales peligrosos, entre los cuales están la clasificación de riesgo y el número de identificación correspondiente que se presenta en el Anexo G del presente documento.

De igual manera los vehículos que transportan estos tipos de materiales peligrosos deberán de tener en lugar visible y fácilmente distinguible, un cartel que contenga el color indicador de la clase de riesgo, el número o nombre de esa clase y el número de identificación de las sustancias, residuos o desechos peligrosos, según las reglas técnicas, normas y disposiciones legales aplicables.

Cada extremo y cada lado de un vehículo de motor, carro de ferrocarril, contenedor de carga o tanque portátil que contenga materiales peligrosos debe tener un rótulo en forma de diamante según los materiales que transporte. Estos materiales peligrosos deben identificarse con las clases indicadas en el Anexo H del presente documento.

Se mencionan las responsabilidades, protocolos y documentos que deberán de seguir las partes involucradas (transportistas, destinatarios, generadores almacenadores y encargados de disposición final) en el transporte. Más adelante se mencionan las especificaciones y características que deberán cumplir estos materiales peligrosos: envase, embalaje y etiquetado.

Con respecto al control del transporte y movimientos que se realicen en el interior del país, de acuerdo al reglamento estos se registrarán de acuerdo a normas jurídicas nacionales, y tomando como base los procedimientos internacionales mencionados en el presente Reglamento y en instrumentos internacionales en la materia.

Luego se mencionan las condiciones en las cuales deben estar las áreas de almacenamiento de estos materiales peligrosos, las acciones e información relevante en caso de derrames de sustancias, desechos y residuos peligrosos.

En el Cap. IX se mencionan las medidas de control como las inspecciones y auditorías, las cuales son responsabilidad del MARN y las denuncias que se pueden realizar antes las autoridades competentes. Por último, en el Cap. X, establece las infracciones y sanciones que serán determinadas de acuerdo a la Ley de Medio Ambiente y de igual manera se podrán aplicar otras sanciones contempladas en otras leyes nacionales en la materia. En caso de las medidas preventivas son aplicables las de la Ley y en caso de accidente con sustancias peligrosas es necesario el suspender la actividad generadora de este por el tiempo necesario para superar la amenaza.

1.6.2.3 Guía Técnica para la Gestión Integral de los RAEE

Fue elaborado por el MARN en el año 2017 junto con el Ministerio de Salud de Costa Rica y la Agencia Española de Cooperación Internacional para el Desarrollo (AECID). Esta conformado por 4 secciones, en la primera hace referencia a la normativa aplicable, en la segunda se mencionan medidas de precauciones para los ciudadanos en general, mientras que en la tercera y cuarta sección se brindan lineamientos dirigidos a gestores autorizados para la gestión de los RAEE en el país.

Dentro de los requerimientos mínimos se les exige a los gestores llevar en su documentación los datos de trazabilidad de cada tipo de RAEE en las etapas de recepción, acopio temporal, almacenamiento y aprovechamiento. También se establecen algunas condiciones para las instalaciones. Así mismo, en cada etapa se enumeran procedimientos dirigidos a los gestores enfocados a prevenir siniestros y daños a la salud del personal, haciendo mayor énfasis al manejo de monitores.

1.6.2.3 Acuerdo No 409 de Listado de COP's

Este acuerdo fue elaborado por el MARN y publicado en el Diario Oficial el 10 de noviembre de 2017. Cuenta con 3 artículos y se establecen el listado de COP's controlados por el convenio de Estocolmo y las alternativas para su eliminación.

En el artículo 1 se definen a través de una Tabla, los COP's junto con sus principales sales y éteres que están controlados por el Convenio de Estocolmo. Mientras que en el segundo artículo se establecen diferentes alternativas que se pueden llevar a cabo para la eliminación de los productos químicos del anexo A del Convenio de Estocolmo (véase Anexo D). En caso sean plaguicidas el proceso debe ser inmediato, sin embargo, podrán Continuar en funcionamiento los equipos que contengan aceites dieléctricos que posean sustancias identificadas como Bifenilos policlorados (PCB) hasta el final de su vida útil. Posteriormente deberán ser eliminados siguiendo cualquiera de las alternativas establecidas por dicho artículo.

1.6.2.4 Ley de Gestión Integral de Residuos y Fomento al Reciclaje

La Ley fue aprobada por la Asamblea Legislativa el 19 de diciembre del 2019 y publicada por el diario oficial el 27 de febrero del 2020. La cual tiene alcance tanto en los residuos ordinarios como peligrosos y de manejo especial.

Considerando que los RAEE tienen sustancias peligrosas se sujetan al cumplimiento de dicha Ley, y como lo establece el artículo 2: será objeto de la regulación especial que desarrolla las medidas particulares complementarias para su manejo en lo que corresponde a su naturaleza. Por otra parte, el Art. 29 de dicha Ley, otorga que la gestión de estos residuos sea gestionada 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. (Decreto Legislativo No 527., 2019)

Dentro de las instituciones que intervienen en la implementación de la presente ley, se tiene el MARN como el ente rector en materia de gestión integral de residuos y reciclaje; las municipalidades que son responsable de la gestión de residuos que se generan en el ámbito de su jurisdicción. En el Art. 6 de dicha Ley se mencionan las competencias de estas instituciones y en el Art. 7 y 8 se enumeran sus atribuciones (Decreto Legislativo No 527., 2019).

En la Ley se establecen nuevas directrices para el funcionamiento de las empresas gestoras. El artículo 15 enumera ciertas especificaciones sobre las cuales cada gestor deberá elaborar un Manual de Gestión de Residuos; entre ellos se menciona:

- a. Criterios para la planificación general de la gestión de residuos, desglose de los procesos y actividades a realizar, aspectos técnicos y operativos.
- b. Indicación expresa de los sitios en donde se recuperarán, procesarán, almacenarán y manipularán los residuos para su posterior valorización o disposición final, cuando sea aplicable.
- c. Acciones de mejora, preventivas como correctivas, relacionadas al manejo de los residuos.
- d. Preparación y respuesta de emergencias relacionadas al manejo de residuos.

En dicho artículo también se especifica que los manuales deberán actualizarse al menos cada tres años, o cuando fuera requerida la realización de cambios en el mismo. Además, en el artículo 21 se establece que para el funcionamiento de las empresas gestores estos manuales deberán ser

aprobados por el MARN. También establece que los gestores deben presentar un reporte anual sobre las actividades realizadas.

1.6.3 Marco Regulatorio de la UES

Ley Orgánica de la UES y su Reglamento

Los aparatos eléctricos y electrónicos son considerados como bienes muebles, por lo que el artículo 64 de la ley orgánica de la Universidad de El Salvador, en su inciso tercero establece que los bienes muebles que formen parte del patrimonio universitario y que no tengan valor cultural declarado legalmente, sólo podrán ser enajenados o gravados previa autorización del Consejo Superior Universitario, en los términos que fije el reglamento general de esta Ley.

Para los efectos del inciso tercero del artículo 64 de la Ley Orgánica, el reglamento establece que el Consejo Superior Universitario (CSU) nombrará una comisión que determinará sobre el valúo y gravamen de los bienes muebles, así como la conveniencia de hacerlo. Además, para su autorización, el CSU deberá contar previamente con el acuerdo de las Juntas Directivas de las Facultades, cuando los bienes estén bajo su responsabilidad y/o de la Rectoría cuando sean responsabilidad de oficinas centrales.

Aunque actualmente no exista una legislación exclusiva en RAEE, se han ratificado cuatro convenios internacionales que tienen alcance en los RAEE. También a nivel nacional se han elaborado leyes y reglamentos que regulan el manejo de estos residuos, además de que se dispone de guías técnicas proporcionadas por el MARN dirigidas a los gestores en RAEE.

En la Tabla 1.5 se presenta un resumen del marco jurídico relacionado a la gestión de RAEE en El Salvador.

Tabla 1.5. Resumen de Marco Jurídico aplicable a la gestión de RAEE en El Salvador

Tratados Internacionales	
Ley o normativa	Descripción
Convenio de Basilea	<p>Este Convenio fue creado con el propósito de darle una adecuada gestión a los desechos peli-grosos. Para impedir que el manejo de estos provoque contaminación y reducir las consecuencias sobre la salud humana y el ambiente (Nuñez, 2017).</p> <p>En algunos componentes de los RAEE existen una serie de sustancias que están contempladas en este convenio, específicamente en el Anexo I y Anexo III del Convenio (Nuñez, 2017).</p>
Convenio de Minamata sobre el Mercurio	<p>Este convenio tiene como objeto la protección de la salud humana y el medio ambiente de las emisiones y liberaciones antropógenas de mercurio y sus compuestos.</p>
Convenio de Estocolmo	<p>Este Convenio tiene como objeto el limitar la contaminación ocasionada por COP's, también establece las reglas de producción, importación y exportación de estas sustancias (Nuñez, 2017).</p> <p>También prohíbe el uso de una serie de COP's.</p> <p>En los RAEE algunos tienen BPC's que es una de las sustancias que el Convenio de Estocolmo prohíbe (Nuñez, 2017).</p> <p>Los BPC's están presentes en balastos, capacitores, plásticos, etc. (Nuñez, 2017).</p>

Continúa...

Tabla 1.5. Resumen de Marco Jurídico aplicable a la gestión de RAEE en El Salvador
(Continuación)

Ley o normativa	Descripción
Convenio de Rotterdam	<p>Este tiene como objeto el mejorar la normativa internacional del comercio de determinados productos químicos prohibidos o severamente restringidos y plaguicidas peligrosos (Nuñez, 2017).</p> <p>En este Convenio se regulan más de 30 productos químicos a los que se aplica el “Consentimiento Fundamentado Previo” (PIC), el cual establece que cualquier producto sólo puede exportarse con el consentimiento previo del importador. Entre estas sustancias químicas se encuentran: PBB’s (hexa-, octa- y deca-) y BPC’s; que están presentes en algunos de los componentes de los RAEE como se ha mencionado anteriormente (Nuñez, 2017).</p> <p>Los PBB’s son aditivos que se utilizan en retardantes de llama en plásticos de RAEE.</p>
Leyes y Reglamentos Nacionales relacionados a la gestión de RAEE	
Ley o normativa	Descripción
Constitución de la Republica de El Salvador	En ella se sostiene que es deber del estado proteger los recursos naturales, así como la diversidad e integridad del medio ambiente, para garantizar el desarrollo sostenible.
Ley de Medio Ambiente	Se amplía el artículo No 117 de la Constitución de la República declarando de interés social la protección, conservación, aprovechamiento racional, restauración o sustitución de los recursos naturales

Continúa...

Tabla 1.5. *Resumen de Marco Jurídico aplicable a la gestión de RAEE en El Salvador*
(Continuación)

Ley o normativa	Descripción
Reglamento Especial en Materia de Sustancias, Residuos y Desechos Peligrosos	Los RAEE tal como su nombre lo dice caen en la categoría de residuos peligrosos, por lo cual este reglamento es importante cuando se habla de estos, ya que es necesario cumplirlo. En este se reglamenta lo concerniente a la Ley de Medio Ambiente, en lo que se refiere a las actividades relacionadas con sustancias, residuos y desechos peligrosos. En el Capítulo IV se definen los desechos o residuos considerados peli-grosos, tomando como base la categorización realizada por el Convenio de Basilea. Además, se mencionan los actores involucrados en el manejo y gestión de RAEE, como los generadores, los gestores de RAEE (transportistas, destinatarios, encargados de disposición final, etc.) y los protocolos que estos deberán de seguir para el manejo de las sustancias, residuos y desechos peligrosos.
Guía Técnica para la Gestión Integral de los RAEE	Dirigida a los gestores autorizados de RAEE en El Salvador. Tiene como objetivo brindar lineamientos técnicos para la gestión integral de los RAEE en sus etapas de generación, manipulación, transporte, acopio, aprovechamiento y disposición.
Acuerdo No 409 de Listado de COP's	Se definen a través de una Tabla, los COP's junto con sus principales sales y éteres que están controlados por el Convenio de Estocolmo
Ley de Gestión Integral de Residuos y Fomento al Reciclaje	En la Ley se establecen nuevas directrices para el funcionamiento de las empresas gestoras de residuos.

1.7 Problemáticas Ambientales por Sustancias Peligrosas

En la Tabla 1.6 se reflejan algunas sustancias presentes y también se mencionan algunas sustancias peligrosas que se pueden llegar a formar con las condiciones propicias (humedad, temperatura, etc.) y sus efectos a la salud y medio ambiente.

Tabla 1.6. Peligrosos a la salud y medio ambiente de sustancias presentes en algunos componentes de RAEE

Sustancia	Presente en	Peligros a la salud	Peligros al medio ambiente
Plomo (Pb)	<p>Se puede presentar en 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. Se calcula que un televisor contiene cerca de 2 kg de plomo y un computador personal cerca de 0,4 kg (Rodrigues, 2006). Aunque la evaporación a temperatura ambiente es despreciable, se puede alcanzar rápidamente una concentración nociva de partículas en el aire (Hidalgo, 2010).</p>	<p>Peligro por inhalación y por ingestión. La exposición de corta duración puede causar efectos en el tracto gastrointestinal, sangre, sistema nervioso central y 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).</p>	<p>Afecta la flora y fauna, ya que da lugar a la bioacumulación en los vegetales y animales, especialmente en los peces (Hidalgo, 2010).</p>

Continúa...

Tabla 1.6. Peligrosos a la salud y medio ambiente de sustancias presentes en algunos componentes de RAEE (Continuación)

Sustancia	Presente en	Peligros a la salud	Peligros al medio ambiente
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 (Rodrigues, 2006), sin embargo, en los últimos años países han implementados leyes en las que se prohíbe el uso de mercurio para la elaboración de ciertos tipos de baterías, aun así, el 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.	<p>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).</p> <p>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 y, al ser ingeridas, pueden ser tóxicas para los riñones. (OMS, 2017)</p> <p>El mercurio es el único metal pesado líquido a temperatura ambiente.</p>	<p>El mercurio emitido en el aire finalmente va a parar en el agua o en el suelo. (EPA, 2018)</p> <p>El metilmercurio es una de las formas con elevada toxicidad y es muy fácilmente incorporado en la cadena alimenticia y bioacumulado en seres vivos. (Rodrigues, 2006)</p> <p>Puede llegar a convertirse en metilmercurio debido a la acción de microorganismo, esta es una forma altamente tóxica que se acumula en los pescados, mariscos y animales que comen pescado. (EPA, 2018)</p>

Continúa...

Tabla 1.6. Peligros a la salud y medio ambiente de sustancias presentes en algunos componentes de RAEE (Continuación)

Sustancia	Presente en	Peligros a la salud	Peligros al medio ambiente
Mercurio (Hg)		Inhalar el vapor de una gota de mercurio que ingerir la misma gota es más dañino. A temperatura ambiente, el mercurio se vaporiza fácilmente en un elemento invisible, inodoro, insípido y dañino. (Mercury Lamp Recycling Outreach Project, 2003).	
Cadmio (Cd)	Se concentra mayormente en las baterías de tipo recargables, y en pequeñas cantidades se encuentra en determinados 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).

Continúa...

Tabla 1.6. Peligrosos a la salud y medio ambiente de sustancias presentes en algunos componentes de RAEE (Continuación)

Sustancia	Presente en	Peligros a la salud	Peligros al medio ambiente
Bario (Ba)	Se presenta generalmente en los paneles frontales de los tubos de rayos catódicos con el propósito de proteger de la radiación a los usuarios.	Se puede absorber por ingestión. La sustancia irrita los ojos, la piel y el tracto respiratorio. Estudios han demostrado, que ciertas exposiciones al bario han causado aumento y endurecimiento del cerebro, flaqueza muscular, daños al corazón y al hígado (Rodrigues, 2006).	<p>Cuando peces y otros organismos acuáticos absorben los compuestos del Bario, el Bario se acumulará en sus cuerpos. Los compuestos del Bario que son persistentes usualmente permanecen en la superficie del suelo, o en el sedimento de las aguas. El Bario es encontrado en la mayoría de los suelos en bajos niveles. Estos niveles pueden ser más altos en vertederos de residuos peligrosos.</p> <p>Se ha observado que las cantidades de 5.8 mg/l de Bario impiden la reproducción y crecimiento de la <i>Daphnia</i> spp., se deduce que en condiciones similares pueden representar un riesgo para otros organismos acuáticos (Centro Panamericano de Ecología Humana y Salud, 1995).</p>

Continúa...

Tabla 1.6. Peligros a la salud y medio ambiente de sustancias presentes en algunos componentes de RAEE (Continuación)

Sustancia	Presente en	Peligros a la salud	Peligros al medio ambiente
Litio (Li)	El uso masivo de las baterías de litio y la rápida obsolescencia de los equipos que la utilizan como fuente de energía, ha generado una gran cantidad de baterías como producto de desecho. Se estima que, a nivel mundial en el año 2013 fueron producidas 4.800 millones de células de litio y que su producción llegará a 8.000 millones en 2025	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).	El problema principal radica en la explotación de este recurso que da lugar en los salares. Según el geólogo Fernando Díaz, puede estimarse que por cada tonelada de litio extraída se e-vaporan 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 corrosivos de hidróxido de litio. (Instituto Nacional de Seguridad y Salud en el Trabajo (insst), 1999)

Continúa...

Tabla 1.6. Peligros a la salud y medio ambiente de sustancias presentes en algunos componentes de RAEE (Continuación)

Sustancia	Presente en	Peligros a la salud	Peligros al medio ambiente
BFR	Tienen como función disminuir la flammabilidad de gran cantidad de productos de consumo habitual. El grupo más importante lo constituyen los retardantes de llama bromados (BFR's), los cuales son utilizados en plásticos, textiles y productos electrónicos. Los BFR's incluyen los siguientes compuestos: polibromodifeniléteres (PBDE's), hexabromociclododecano (HBCD) y tetrabromobisfenol A (TBBPA) (Guerra, 2011).	<p>Pueden entrar en la cadena alimentaria acumulándose en la grasa, tanto en los animales como en los aceites vegetales.</p> <p>La vía principal de exposición humana a la mayoría de BFR's es la ingestión (Guillen, 2018).</p> <p>En el caso de ingerir sustancia BTBPE (1,2-Bis(2,4,6-tribromofenoxi) etano) el cual se utiliza en los plásticos, su metabolismo (2, 4, 6-tribromofenol), hace que la tiroides sea alterada, este compuesto ya se ha detectado en la sangre del cordón umbilical. También el TBECH (1, 2-Dibromo-4-(1, 2-dibromoetil) ciclohexano) se utiliza en aislamiento para el hogar, en cables, plásticos y adhesivos, y es mutagénico para las células de los mamíferos (DiGangi, 2013).</p>	Una de las preocupaciones que tienen los plásticos con retardantes de llama es cuando estos 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).

Continúa...

Tabla 1.6. Peligrosos a la salud y medio ambiente de sustancias presentes en algunos componentes de RAEE (Continuación)

Sustancia	Presente en	Peligros a la salud	Peligros al medio ambiente
PCB	Pueden encontrarse en condensadores de diversos tamaños, sellados herméticamente: desde los que van integrados a lámparas fluorescentes, que contienen unos cuantos gramos de PCB, hasta unidades de alto voltaje, que contienen hasta 60 Kg de líquido con PCB (PNUMA Productos Químicos, 2002).	Se ha demostrado que los PCB afectan la función de los sistemas endocrino, inmunológico y nervioso. También afectan la función reproductora. Estos actúan como inmunotoxinas por lo cual afecta la respuesta inmune. Los PCB y sus metabolitos son carcinogénicos debido a la generación de especies reactivas de oxígeno que puede producir daño oxidativo al ADN, provocar aberraciones cromosómicas y generar cáncer de mama, hígado, tracto biliar, gastrointestinal, cerebral, etc. (León, M., 2009)	Pequeños organismo y peces pueden absorber PCB del agua y sedimentos en el hábitat. Po lo cual los PCB se acumulan en la cadena alimenticia cuando otros peces más grandes los consumen

Continúa...

Tabla 1.6. Peligros a la salud y medio ambiente de sustancias presentes en algunos componentes de RAEE (Continuación)

Sustancia	Presente en	Peligros a la salud	Peligros al medio ambiente
Gases ácidos: HBr, HF, HCl, óxidos de azufre (SO₂, SO₃)	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.
CO	Es un producto de la combustión incompleta de los RAEE.	De acuerdo a un estudio realizado por Fajardo, Rodríguez y Téllez en el 2006: la exposición a concentraciones altas de CO puede causar la formación de carboxihemoglobina, que reduce la capacidad de la sangre para transportar oxígeno y puede causar dificultad respiratoria, desmayo, convulsiones, coma y la muerte. En intoxicación crónica las manifestaciones clínicas pueden variar dependiendo del tiempo de exposición, las concentraciones del tóxico y la susceptibilidad individual. Los principales efectos crónicos por exposición a CO son alteraciones cardiovasculares y neuropsicológicas.	Contribuye a la formación de gases de efecto invernadero, calentamiento global. Puede tener efectos nocivos en la fauna.

Continúa...

Tabla 1.6. Peligros a la salud y medio ambiente de sustancias presentes en algunos componentes de RAEE (Continuación)

Sustancia	Presente en	Peligros a la salud	Peligros al medio ambiente
Dioxinas y Furanos halogenados	Se pueden llegar a formar por reacciones de combustión de los RAEE	Los PCDD/Fs 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 inhalación y contacto dérmico. La 2,3,7,8-tetraclorodibenzo-p-dioxina (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.	Las PCDD/Fs son liberadas a la atmósfera, se depositan en suelos y en la vegetación. Estos quedan fijos a los úselos o sedimentos, se degradan lentamente. Por lo que posteriormente se incorporan a la cadena alimenticia.

Continúa...

Tabla 1.6. Peligrosos a la salud y medio ambiente de sustancias presentes en algunos componentes de RAEE (Continuación)

Sustancia	Presente en	Peligros a la salud	Peligros al medio ambiente
Hidrocarburos aromáticos halogenados (bencenos halogenados, fenoles halogenados, naftalenos halogenados, etc.)	Se pueden llegar a formar por reacciones de combustión de los RAEE	La toxicidad de los hidrocarburos aromáticos halogenados se caracteriza por irritación aguda de los ojos, las mucosas y los pulmones, así como síntomas gastrointestinales y neurológicos (náuseas, cefalea y depresión del sistema nervioso central). También pueden presentarse acné (cloracné) y disfunciones hepáticas (hepatitis, ictericia, porfiria). Se han registrado alteraciones reproductivas (abortos, mortinatos y recién nacidos de bajo peso) y también ciertos efectos carcinogénicos.	La mayoría de estos compuestos son tóxicos para los organismos acuáticos en bajas concentraciones, son persistentes en el medio ambiente y con tendencia a bioacumularse, llegando a transmitirse a través de la cadena alimenticia.

1.8 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 estada 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 libera-

ción 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 cría 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 Recycling Outreach Project, 2003).

1.9 Opciones de Tratamiento en el País

1.9.1 Empresas Gestoras de RAEE

Según el listado publicado por la Dirección General de Agua y Saneamiento Ambiental/Unidad de Desechos Sólidos y Peligrosos del MARN (2017), disponible en el sitio web Portal de Transparencia, en El Salvador existen tres empresas que cuentan con autorización para el almacenamiento y aprovechamiento de RAEE.

Por otra parte, también existen empresas que manipulan únicamente residuos informáticos y tecnológicos, almacenando en sus instalaciones aparatos como impresoras y computadoras

con la intención de darles una segunda vida útil. El CNPML (2020) reporta algunas empresas que manipulan RAEE en El Salvador, en donde se encuentran las publicadas por el MARN como gestores autorizados, y también empresas que no poseen autorización y buscan darles una segunda vida a los aparatos, componentes y fracciones. En la Tabla 1.7 se presenta información recopilada de las empresas gestoras de RAEE en El Salvador.

Tabla 1.7. *Empresas que dan algún tratamiento a RAEE*

Empresa	Descripción	Información de contacto	Con permiso
E-Scrap El Salvador	E-Scrap El Salvador es un centro de acopio de desechos electrónicos ubicado en Mejicanos, San Salvador. Son gestores autorizados para retirar y almacenar residuos informáticos y tecnológicos. Cuentan con servicio a domicilio donde reciclan y dan una segunda vida a las materias primas. Además, certifican la destrucción de los equipos, si es necesario (CNPML, 2020).	Facebook: https://www.facebook.com/pages/category/Recycling-Center/E-Scrap-El-Salvador-1847411422164168/ Twitter: https://twitter.com/doug260671 Teléfono: 7930-7291 Correo: e-scrap@hotmail.com	No

Continúa...

Tabla 1.7. *Empresas que dan algún tratamiento a RAEE (Continuación)*

Empresa	Descripción	Información de contacto	Con permiso
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: https://www.facebook.com/Autoconsa-SA-de-CV-515641805128654/ Perfil en la web: https://1673-sv.all.biz/ Teléfono: 2256-1200	Si
Zartex S.A. de C.V.	Es una empresa de reciclaje de desechos electrónicos ubicada en Soyapango. Su misión es recolectar los RAEEES 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: https://www.facebook.com/Zartex-SA-De-CV-651909648202890/ Teléfono: 2121-1400 Correo: rgarcia@zartex-escrap.com	Si

Tabla 1.7. Empresas que dan algún tratamiento a RAEE (Continuación)

Empresa	Descripción	Información de contacto	Con permiso
Almacenamiento Todo Verde	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: https://www.facebook.com/ALMACENAMIEN TO.TODOVERDE/ Teléfono: 7928-3729 Correo: almacenamientotodoverde_sv@yahoo.es	Si
Prink Group El Salvador	Prink group somete los cartuchos de tóner a un proceso de desarmado, seleccionando sus diferentes partes para luego entregarlos a empresas autorizadas como centros de reciclaje de desechos electrónicos e informáticos.	Página web: ¡Error! Referencia de hipervínculo no válida. Teléfono: 2130-7436 Facebook: https://www.facebook.com/PrinkGroupElSalvador/	No

1.9.2 Alternativas de Aprovechamiento Energético

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 co-procesamiento 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 co-procesamiento se conocen como combustibles y materias primas alternativas (Holcim y GTZ, 2006).

El co-procesamiento 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 co-procesamiento con la asociación de la productora de cemento Grupo LafargeHolcim.

Actualmente las empresas autorizadas 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's.

1.9.3 Exportación de RAEE

Los RAEE sólo pueden ser exportados bajo el marco del convenio de Basilea al contener sustancias categorizadas como peligrosas. En la Figura 1.6 se describe una serie de pasos necesarios para exportar desechos y residuos peligrosos proporcionados por el MARN en su guía técnica para la gestión de los RAEE (MARN, 2017).

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:

- a. 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.
- b. 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.

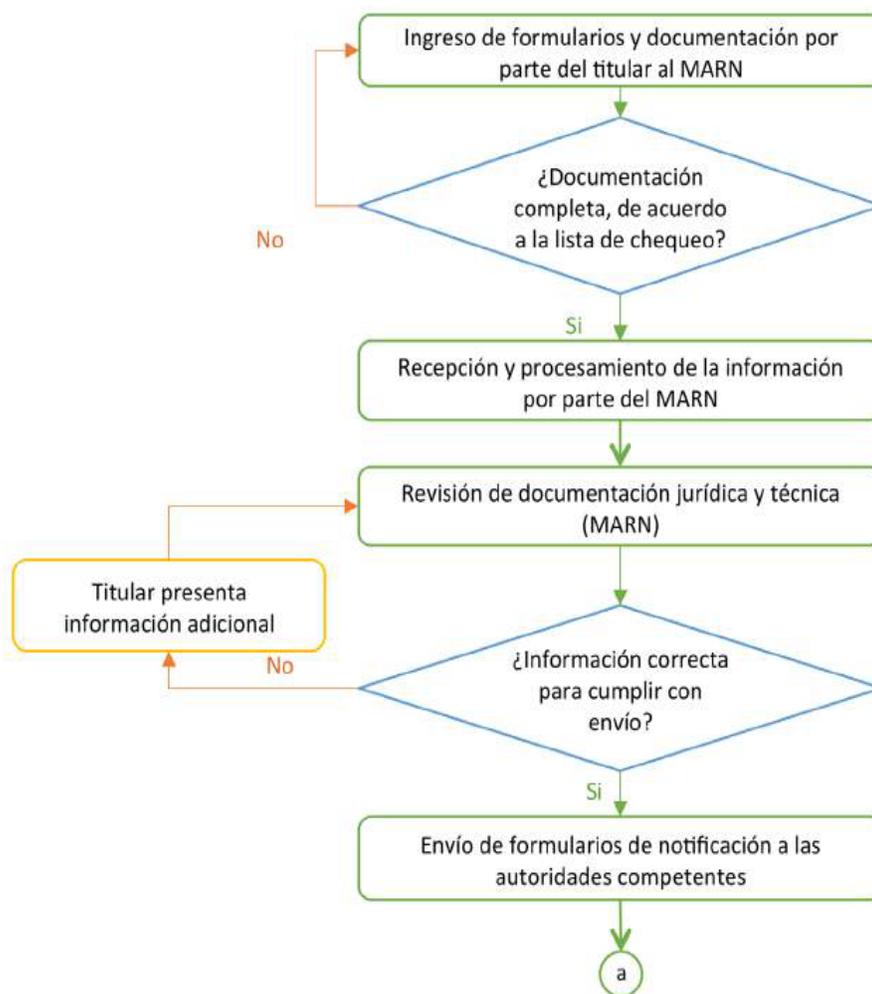


Figura 1.6. *Procedimiento para la exportación de residuos/desechos peligrosos*

Continúa...

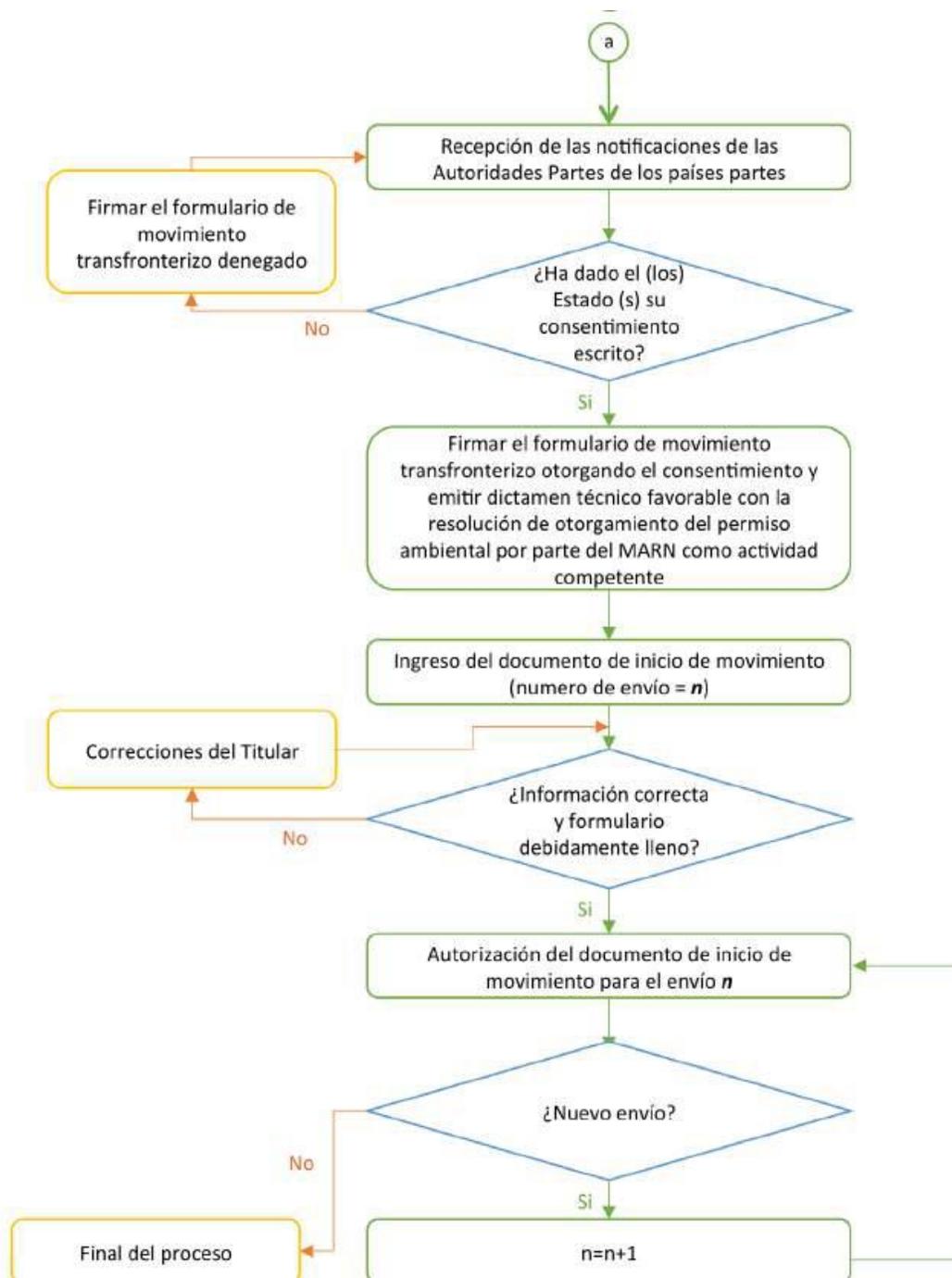


Figura 1.6. Procedimiento para la exportación de residuos/desechos peligrosos.

Fuente: (MARN, 2017)

1.10 Opciones de Tratamiento al Exterior del País

La mayoría de empresas autorizadas para la gestión de RAEE en El Salvador exportan los componentes hacia países desarrollados con la finalidad de ser reciclados.

1.10.1 Reciclaje de RAEE en el Exterior

Existen empresas 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 Tabla 1.8 se mencionan algunas empresas recicladoras ubicadas en Estados Unidos, Canadá y Centroamérica.

Tabla 1.8. *Algunas empresas reconocidas recicladoras de RAEE en América*

Nombre	Tipos de RAEE	Ubicación	Teléfono	Sitio Web
Southeastern Data	Computadores y Periféricos, Copiadoras, Conectores, Teléfonos, Monitores TRC, LCD y LED, Impresoras, Equipos de proyección, Es-cáneres, Equipos de Radio.	USA/Florida, Georgia, Indiana, Ohio, Carolina del Norte.	800.810.0432	https://www.southeasterndata.com/
Quantum Canadá	Computadoras portátiles y de escritorio, celulares, monitores de TRC, Televisores LED, LCD y plasmas, servidores, impresoras y fotocopiadoras, cartuchos de tóner y tinta, equipos de red.	Canadá/Otaw	888-676-4992	https://quantumlifecycle.com/

Continúa...

Tabla 1.8. *Algunas empresas reconocidas recicladoras de RAEE en América (Continuación)*

Nombre	Tipos de RAEE	Ubicación	Teléfono	Sitio Web
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	https://solirsa.com/index.php
Quantum Costa Rica	Computadoras portátiles y de escritorio, celulares, monitores de TRC, Televisores LED, LCD y plasmas, servidores, impresoras y fotocopiadoras, cartuchos de tóner y tinta, equipos de red.	Costa Rica/Cartago.	+(506)22019595	https://quantumlifecycle.com/
Fortech	Realizan el proceso de reciclaje responsable trazable, y seguro.	Costa Rica	+(506) 2573-8634	https://fortech.cr/
Valu Shred	Computadoras y periféricos, Servidores, Impresoras, Escáneres, Teléfonos, Calculadoras, Monitores CRT, Equipos médicos, Máquinas de Fax, Cámaras.	Costa rica	+(506) 2441-8226	https://www.valushred.com/

Continúa...

Tabla 1.8. *Algunas empresas reconocidas recicladoras de RAEE en América (Continuación)*

Nombre	Tipos de RAEE	Ubicación	Teléfono	Sitio Web
ScrapEx	Computadoras y Laptops, Monitores, impresoras y teclados, Celulares y teléfonos, Router, Cables, Fotocopiadoras, Servidores, Luminarias de tipo aspirales, bombillas y tubos fluorescentes.	Guatemala	+(502) 2386-9999	http://scrapexgt.com/

1.10.2 Rellenos de Seguridad en el Exterior

Si se requiere la disposición de las fracciones sobrantes en los procesos de reciclaje e incineración, ésta debe realizarse en rellenos de seguridad, al igual que los componentes con contenido de sustancias peligrosas que no cuenten con procesos de aprovechamiento adecuados. Se recomienda acudir a los rellenos de seguridad para disponer de fracciones sobrantes en los procesos de aprovechamiento de RAEE, las cuales ya no se pueden reciclar ni incinerar. En el anexo I se mencionan algunos rellenos de seguridad ubicados en la región de Latinoamérica.

2. Diagnóstico de la Gestión Actual de los RAEE en la Facultad de Ingeniería y Arquitectura de la Universidad de El Salvador

Se realizó la investigación con enfoque cualitativo para conocer la situación actual de RAEE de la Facultad de Ingeniería y Arquitectura. Esto con el fin de crear un precedente que sustente una propuesta apegada a las necesidades de la Facultad, puesto que no se cuentan con estudios previos en relación a los RAEE generados ni a su gestión.

La investigación busco responder a las siguientes preguntas ¿Qué procesos se llevan a cabo en el manejo actual de RAEE? ¿Qué riesgos representan el manejo actual de los RAEE? y ¿Qué tipos de RAEE y qué cantidades están presentes en la FIA? Partiendo de ello, se determinó que los siguientes instrumentos reflejados en la Tabla 2.1, eran las adecuadas para obtener los resultados requeridos en la investigación.

Tabla 2.1: *Instrumentos y Resultados de la Investigación*

Preguntas	Instrumentos	Resultados
¿Qué tipos de RAEE y qué cantidades están presentes en la FIA?	-Revisión de documentos	- Cantidad y tipos de RAEE (2.1)
¿Qué procesos se llevan a cabo en el manejo actual de RAEE?	- Entrevistas	- Descripción de procesos (2.2)
¿Qué riesgos representan el manejo actual de los RAEE?	-Proceso inductivo	- Riesgos y amenazas (2.3 y 2.4)

2.1 Cantidad de RAEE Inventariadas en Bodegas.

Esta fase consistió en la adquisición de información de tipo bibliográfico, acudiendo a informes oficiales de la Unidad de Activo Fijo, dependencia de Administración Financiera de la Facultad de Ingeniería y Arquitectura.

Cabe mencionar que, según información de parte de los responsables, las cantidades reflejadas en el Tabla 2.3 de este documento son las equivalentes a las acumuladas desde el año 2007. En anexo J se muestra una representación ilustrativa de cada RAEE.

Tabla 2.3. Cantidad de RAEE en la FIA de la UES de acuerdo a los datos proporcionados por la Unidad de Activo Fijo.

Clasificación	RAEE	TOTAL	Porcentaje
Aparatos de informática y telecomunicaciones pequeños	CPU	90	20.74%
Pantallas y monitores	Monitores CRT	66	15.21%
Pequeños aparatos	UPS	43	9.91%
Aparatos de informática y telecomunicaciones pequeños	Teclado	42	9.68%
Pequeños aparatos	Tester	35	8.06%
Aparatos de informática y telecomunicaciones pequeños	Impresora	28	6.45%
Pequeños aparatos	Calorímetro	20	4.61%
Pequeños aparatos	Proyectores	19	4.38%
Pequeños aparatos	Generador	12	2.76%
Pequeños aparatos	Voltímetro	9	2.07%
Aparatos de informática y telecomunicaciones pequeños	Baterías	7	1.61%
Aparatos de informática y telecomunicaciones pequeños	Distribuidor de Switch	7	1.61%

Continúa...

Tabla 2.3. Cantidad de RAEE en la FIA de la UES de acuerdo a los datos proporcionados por la Unidad de Activo Fijo (Continuación)

Clasificación	RAEE	TOTAL	Porcentaje
Pequeños aparatos	Osciloscopio de 20 MHZ de doble trazo	7	1.61%
Aparatos de informática y telecomunicaciones pequeños	Escáner	6	1.38%
Aparatos de informática y telecomunicaciones pequeños	Teléfono	6	1.38%
Pequeños aparatos	Bocinas	4	0.92%
Aparatos de informática y telecomunicaciones pequeños	Mouse	3	0.69%
Pantallas y monitores	Televisor	3	0.69%
Aparatos de intercambio de temperatura	Aire acondicionado	2	0.46%
Pequeños aparatos	Audífono	2	0.46%
Pequeños aparatos	Cafeteras	2	0.46%
Pequeños aparatos	Regulador de voltaje (estabilizador)	2	0.46%
Pequeños aparatos	Reproductor de video	2	0.46%
Pequeños aparatos	Amplificador Dual	2	0.46%
Pequeños aparatos	Aparato Millikan Palmer	2	0.46%
Pequeños aparatos	Generador de onda	2	0.46%
Aparatos de informática y telecomunicaciones pequeños	Fax	1	0.23%
Aparatos de informática y telecomunicaciones pequeños	Tóner	1	0.23%
Grandes aparatos	Fotocopiadora	1	0.23%
Pantallas y monitores	Laptop	1	0.23%

Continúa...

Tabla 2.3. Cantidad de RAEE en la FIA de la UES de acuerdo a los datos proporcionados por la Unidad de Activo Fijo (Continuación)

Clasificación	RAEE	TOTAL	Porcentaje
Pequeños aparatos	Fuente de poder	1	0.23%
Pequeños aparatos	Máquina de escribir eléctrica	1	0.23%
Pequeños aparatos	Radios	1	0.23%
Pequeños aparatos	Regleta	1	0.23%
Pequeños aparatos	Ventilador	1	0.23%
Pequeños aparatos	Dispositivo de alimentación con tensión continua estabilizada	1	0.23%
Pequeños aparatos	Generador de señales	1	0.23%
TOTAL		434	100.00%

De acuerdo con la clasificación UE de las 6 categorías, se tiene mayor cantidad de aparatos de informática y telecomunicaciones pequeños con 191 aparatos, tal como se observa en la Tabla 2.4 de este documento.

Tabla 2.4. Total de RAEE según la clasificación UE-6.

Categoría	Cantidad	Porcentaje
Aparatos de informática y telecomunicaciones pequeños (Pequeños IT)	191	44.01%
Pequeños aparatos	170	39.17%
Pantallas y monitores	70	16.13%
Aparatos de intercambio de temperatura	2	0.46%
Grandes aparatos	1	0.23%
Total general	434	100.00%

Los pequeños IT y los pequeños aparatos, ocupan la gran mayoría de RAEE en la FIA de la UES con un total de 44.01 % cómo se observa en la Figura 2.1. Por otra parte, las cantidades de los Grandes aparatos y aparatos de intercambio de temperatura son inferiores al 1%.

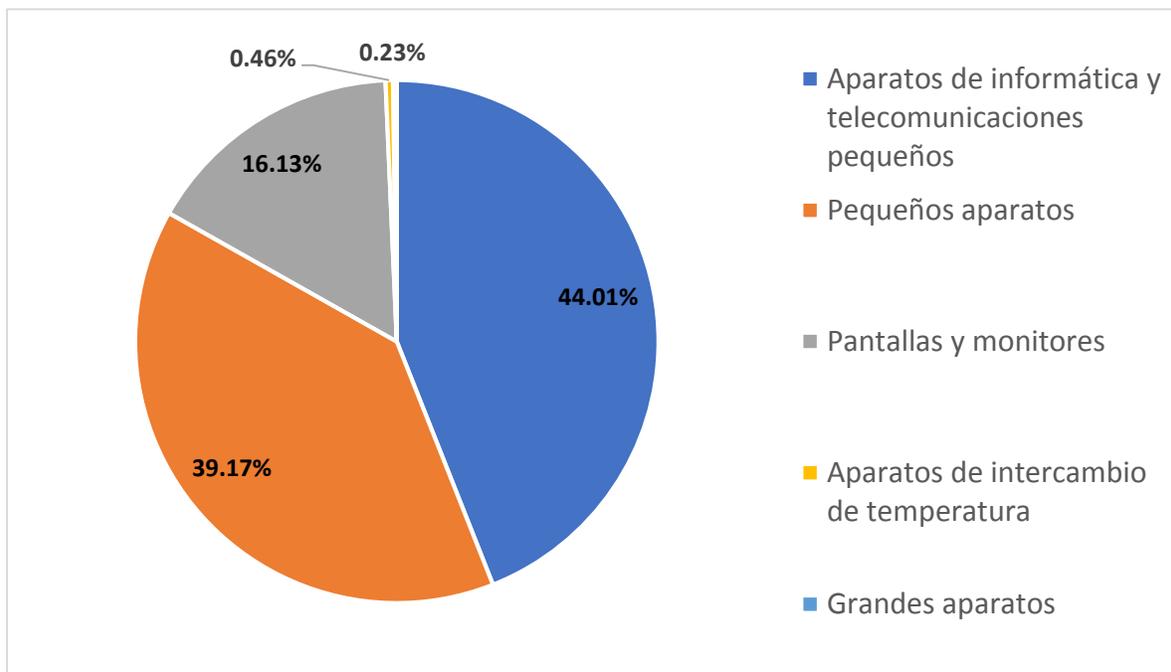


Figura 2.1. Gráfico comparativo de tipo de RAEE según clasificación EU-6

2.2 Procedimientos Actuales en la Gestión de RAEE en la FIA de la UES.

Para determinar los procedimientos llevados a cabo, se elaboraron dos listados de preguntas las cuales se dirigieron a dos diferentes grupos del personal que manipula de alguna manera, los RAEE generados. Las entrevistas se encuentran en el anexo K, siendo diseñadas también para que, dentro de la conversación con los entrevistados, se pudiera obtener cualquier otra información adicional que enriqueciera la investigación.

El primer sector de personas entrevistadas fueron los encargados de brindar manteniendo a todas las instalaciones de la facultad. Este grupo de trabajadores, por lo que comentan, tienen distintos nombres en sus cargos. Se entrevistaron a dos personas que ostentan el cargo de ‘empleado calificado’, y cuatro personas de ‘servicios generales’, realizando un total de seis entrevistas.

El segundo sector de personas entrevistadas fueron los encargados de reparar o diagnosticar, aquellos aparatos con potencial e interés de recuperación. En este rubro, las entrevistas fueron

dirigidas a dos personas encargadas de solventar fallas de computadoras para las dependencias administrativas y las escuelas (exceptuando la EISI) de la FIA, una persona encargada de dar mantenimiento preventivo y correctivo a equipos de cómputo de la EISI, y una persona encargada de reparar y dar mantenimiento a equipos de aire acondicionado de toda la facultad.

Con las entrevistas realizadas se determinó que, en primera instancia se busca reutilizar los AEE o piezas de AEE averiadas (especialmente si se tratan de computadoras, UPS, impresoras o equipos A/C), para prolongar su vida útil. En este caso, la gestión pasa por una unidad técnica donde al realizarse un diagnóstico, posteriormente es reparado o descartado definitivamente.

Por otro lado, se tienen AEE los cuales al no ser funcional o al ser remplazados por otros más sofisticados, se descarta por completo. Para estos casos se realiza un procedimiento más generalizado que se describe a Continuación y se esquematiza en la Figura 2.2:

- i. Las escuelas, unidades administrativas, biblioteca, etc., conocidas en este capítulo como Unidades Generadoras; acumulan dentro de sus instalaciones una cantidad considerada de aparatos (computadoras, monitores, UPS, teléfonos, impresores, routers, teclados, microondas, etc.). Dichas cantidades pueden ser entre 2 a 6 impresores, 2 a 4 computadoras, de 3 hasta 6 UPS, dependiendo si existe un espacio libre. Estas no poseen un espacio designado para la acumulación de RAEE. Los RAEE en desuso son colocados en un espacio libre donde no obstruya el paso y no interfieran con las actividades.
- ii. Las Unidades Generadoras solicitan al jefe de mantenimiento que se retiren dichos aparatos una vez se tenga un acumulado, esto puede ser en lapsos de 1 hasta 4 meses.
- iii. El jefe de mantenimiento en función delega al personal de servicios generales para el transporte de los RAEE a las bodegas.
- iv. El personal de servicios generales transporta los RAEE a las bodegas y las acomoda según considere conveniente.
- v. La Unidad de Activo Fijo solicita a las Unidades Generadoras un informe sobre todos los bienes destinados para descarte.
- vi. La Unidad de Activo Fijo se encarga de poseer la información de todos los bienes destinados para descarte.
- vii. Los RAEE son liberados de la universidad por medio de resolución de Consejo Superior Universitario (CSU), y entregados a comerciantes del sector informal. Puesto que esto sola-

mente se ha realizado en una ocasión al momento de realizada esta investigación, no se cuenta con un procedimiento específico para este caso.

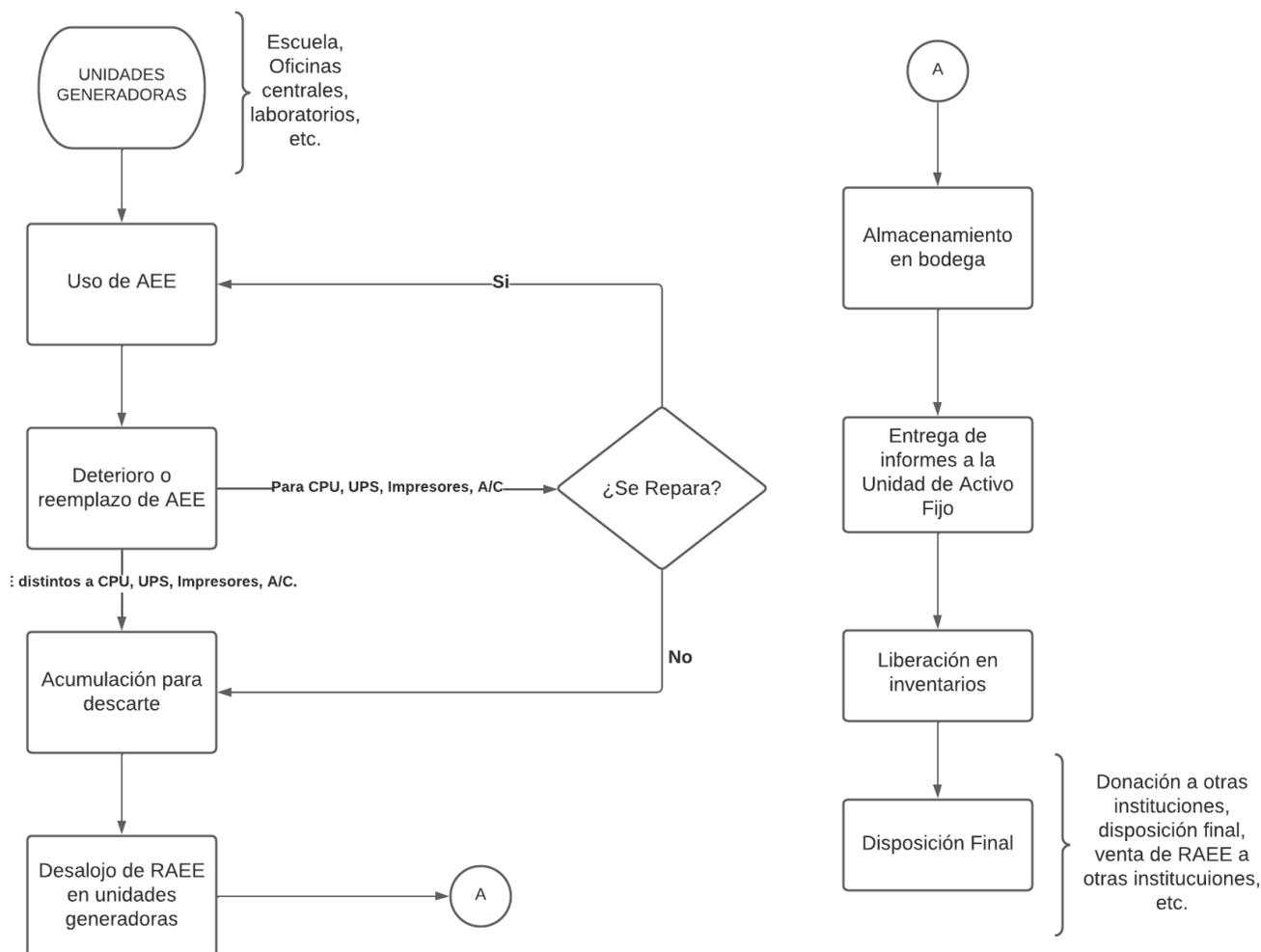


Figura 2.2. Procedimiento general de la gestión de RAEE en la FIA de la UES

Para los casos que se busca prolongar la vida útil de los AEE o piezas de AEE averiadas (especialmente si se tratan de computadoras, UPS, impresoras o equipos A/C), la gestión pasa por una unidad técnica delegada, siguiendo el siguiente procedimiento.

- i. Las unidades generadoras solicitan revisión técnica de sus aparatos a las unidades delegadas para tal fin. Se identificaron 3 unidades técnicas delegadas, las cuales son:
 - a. FIA-NET: Encargada de revisar y realizar mantenimiento únicamente a computadoras de las unidades administrativas y escuelas (excepto EISI) de la FIA.

- b. Técnico de la Escuela de Ingeniería en Sistemas Informáticos (EISI): encargado de brindar mantenimiento correctivo y preventivo a computadoras del laboratorio de cómputo de la EISI, así como de reparar UPS e impresoras.
 - c. Técnicos de reparación de equipos de A/C: encargados de brindar mantenimiento preventivo y correctivo de todos los equipos de A/C presentes en la facultad.
- ii. Los técnicos delegados realizan un diagnóstico del equipo y notifican a las unidades generadoras.
 - iii. Las unidades generadoras evalúan y toman decisión si se procede o no con la reparación.
 - iv. Los equipos que no se reparan son llevadas nuevamente a las unidades generadoras.
 - v. Las unidades generadoras inician con el procedimiento general de descarte, reflejando en la Figura 2.2.
 - vi. Los equipos reparados son involucrados nuevamente como equipos en funcionamiento.

En la Figura 2.3 se refleja el procedimiento llevado a cabo por la FIA-NET en los equipos con potencial e interés de recuperación, dicho procedimiento se puede generalizar para todas unidades delegadas.

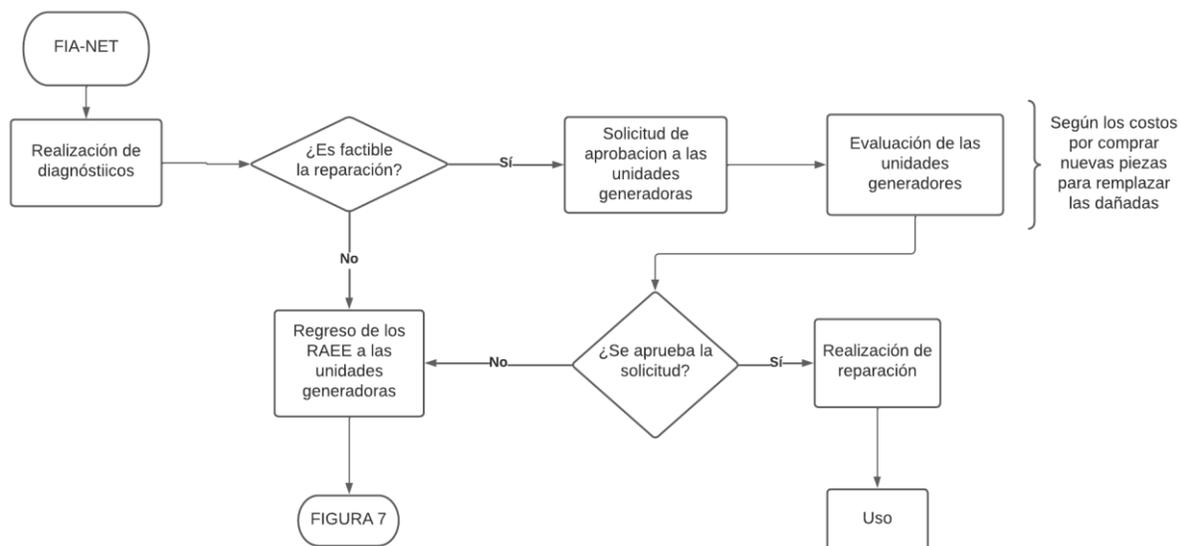


Figura 2.3. Procedimiento realizado por FIA-NET en equipos informáticos.

2.3 Estado de la Bodega y Situaciones de Riesgos.

Ante la falta de conciencia sobre los componentes peligrosos presentes en los RAEE; en la bodega no se realiza una separación entre los RAEE y los demás muebles en desuso que forman parte del inventario de la facultad. Esto puede provocar dificultades tanto para el almacenaje como para el desalojo.

Los RAEE antes de ser llevados a las bodegas, deben de ser acumulados por un tiempo dentro de las unidades generadoras hasta tener una cantidad considerable de éstos. De esta manera el traslado de las unidades generadoras a la bodega se realiza por varios aparatos a la vez. El personal de mantenimiento es el encargado del transporte y almacenamiento de los RAEE; sin embargo, al no tener lineamientos técnicos sobre el almacenamiento, son lanzadas formando grandes acumu-

laciones superpuestas unas sobre otras que parten del suelo hasta llegar al techo, como se observa en la Figura 2.4.



Figura 2.4. Aglomeración de RAEE, mobiliario, etc. en la bodega donde estos se almacenan en la FIA de la UES.

La situación actual de la bodega amenaza con afectar la salud de las personas y el medioambiente, principalmente por los siguientes factores.

- a) Presencia de vectores
- b) Corrosión por humedad
- c) Peligro de desmoronamiento
- d) Peligro por fracturas de vidrio de monitores y de lámparas de tubo
- e) Peligro por propagación de incendios

Presencia de vectores: Tal como se puede apreciar en la Figura 2.5 de este documento, no se disponen de vidrios en las ventanas, lo que permite el ingreso de aguas lluvias, lo que humedece los objetos dentro de la bodega. También puede dar lugar a la proliferación de vectores tales como: insectos, roedores, etc. que son un peligro para la salud de las personas que ingresan a las bodegas o circulan en la zona.



Figura 2.5. *Exposición de la bodega donde se encuentran los RAEE*

Corrosión por humedad: De igual manera lo anterior puede dar lugar a corrosión de los metales presentes en los RAEE y formación de lixiviados.

Peligro de desmoronamiento: Algunos de los entrevistados manifestaron sentir temor al momento de almacenar objetos. Esto debido a experiencias de ver cómo los aparatos se caen al momento de acomodar objetos nuevos sobre las acumulaciones superpuestas unas sobre otras que alcanzan una altura mayor a los 2 metros, lo que podrían ocasionarles lesiones. En la Figura 2.6 se puede apreciar un cuarto de la bodega repleto de RAEE, tal como algunos de los entrevistados mencionaron, se puede apreciar que ese cuarto es totalmente inaccesible e incluso el tratar de mover algo en las acumulaciones superpuestas unas sobre otras pueden ser peligroso.



Figura 2.6. *Cuarto dentro de la bodega repleto de RAEE*

Peligro por fracturas de vidrio de lámparas de tubo: En la Figura 2.7 se puede apreciar luminaria rota en un cúmulo de RAEE. Esto debido a que los nuevos residuos son colocados encima uno sobre otros, sin importar que debajo se tengan residuos más frágiles que pueden ser rotos. Lo que complica aún más el proceso de desalojo de la bodega, puesto que se debe tener el cuidado de no herirse con los restos de vidrios que incluso pueden llegar a tener tamaños muy diminutos.



Figura 2.7. *Tubos fluorescentes presentes en las aglomeraciones de la bodega*

Peligro por propagación de incendios. Los efectos que pudiera ocasionar un incendio dentro de la bodega son grandes, tanto para las personas como para el medioambiente en general. Dentro de las bodegas existen cajas y muebles de madera, los cuales, si se suman a las grandes cantidades de plásticos esparcidos sobre la bodega, se tiene suficiente combustible para propagar un incendio. Esto provocaría la liberación sin control de todos los materiales peligrosos presentes, además de la eliminación a la posibilidad de reciclar.

2.4 Situaciones de Riesgos del Personal Involucrado.

Dentro de las entrevistas, los trabajadores del personal de servicios generales mencionaron realizar prácticas que representan peligro; sin embargo, por la falta de concientización sobre el tema, desconocen que en dichas prácticas son expuestos a sustancias peligrosas.

Entre las prácticas se destacan las siguientes:

- a. Utilización de escoba y pala para el retiro de material polvoriento esparcida sobre el suelo, proveniente de las rupturas de las lámparas de tubo. Al realizar esta práctica el material polvoriento es dispersado con facilidad.
- b. Retiro y manipulación de RAEE sin equipos de protección.
- c. Almacenamiento de RAEE en las bodegas formando excesivo hacinamiento de distintos tipos de RAEE y otros tipos de bienes muebles.
- d. Lanzamiento de los RAEE en las bodegas sobre la parte superior de las acumulaciones superpuestas unas sobre otras.

El personal mencionó también haber tenido experiencias como:

- e. Retiro de residuos de lámparas de tubo esparcidas sobre el suelo sin uso de mascarillas.
- f. Explosión de lámparas de tubos en el momento de extraerlas o colocarlas en los soportes instalados sobre los techos. Al no utilizar guantes, mascarillas ni gafas, fueron expuestos directamente con los materiales peligrosos presentes en las lámparas.
- g. Contacto directo con el líquido proveniente de los capacitores de las computadoras y equipos de aire acondicionado, sin la utilización de guantes, gafas o mascarilla.

En la Tabla 2.5 se realiza un resumen de los peligros a los que están expuestas las personas por la actual situación de la bodega donde se almacenan los RAEE y se mencionan las sustancias peligrosas que pueden ser liberadas en caso que se materialicen los peligros; además, se presentan los efectos a la salud humana y al medio ambiente. Para la elaboración de la presente Tabla se hizo uso de la información presentada en el Capítulo I apartado 1.4 y de la Tabla 1.6.

Tabla 2.5. Matriz de Peligros

Peligro	Descripción	Clasificación	Causales	Sustancias Químicas involucradas	Efectos a la Salud	Efectos al Medio Ambiente
Presencia de vectores	Proliferación de vectores: insectos, roedores, hongos, etc.	Biológico	Exposición a la intemperie	N/A	Enfermedades por agentes biológicos	Incorporación de sustancias peligrosas a la cadena alimenticia
Corrosión	Corrosión de metales en RAEE y mobiliario presente en la bodega	Químico	Exposición a la intemperie	PCB	Afectan la función del sistema endocrino, inmunológico y nervioso. También afectan la función reproductora. Además pueden dar lugar a generar cáncer.	Formación de lixiviados, que puede filtrarse a suelos y posteriormente contaminar cuerpos de agua
Desmoronamientos	Por la acumulación y superposición de los RAEE y el mobiliario presente en la bodega. Puede dar lugar a la liberación de sustancias por fracturas a los RAEE.	Físico / Químico	Falta de orden y condiciones necesarias para que evitar la acumulación de forma desordenada	Varias	Fracturas y contusiones. Daños a la salud de las personas que entren a las bodegas, del edificio, etc.	Liberación de sustancias al medio ambiente.
Fracturas de vidrio de luminarias	Liberación de sustancias químicas al medio ambiente	Químico	Incorrecto orden y disposición de desechos	En lámparas de descargar de gas hay presencia de Hg	Tiene efectos en el sistema nervioso central, periférico. y cardiovascular. Derivados de Hg pueden producir trastornos neurológicos y del comportamiento. Las sales de Hg pueden ser tóxicas para los riñones.	Acumulación en suelos y cuerpos de agua. Fácil incorporación a la cadena alimenticia.

Continúa...

Tabla 2.5. Matriz de Peligros (Continuación)

Peligro	Descripción	Clasificación	Causales	Sustancias Químicas involucradas	Efectos a la Salud	Efectos al Medio Ambiente
Fracturas de vidrio de monitores CRT	Liberación de sustancias químicas al medio ambiente	Químico	Falta de orden y condiciones necesarias para que evitar la acumulación de forma desordenada	Plomo	De acuerdo a un estudio realizado por el Dr. Pedro A. Poma en el año algunas consecuencias en la salud del plomo pueden ser variadas: durante el embarazo afecta al desarrollo del feto; puede afectar los sistemas renal, endocrino y sanguíneo.	Presencia de algunas sustancias químicas ajenas a este, y que puede afectar a la fauna, cuerpos de aguas, suelos, etc.
				Cadmio	Puede acumularse en órganos vitales lo que produce daños irreversibles aún en concentraciones reducidas.	Al igual como se ha mencionado anteriormente como en el caso del plomo y mercurio este puede llegar acumularse en cuerpos de agua y suelos. Otra característica de este metal es que se adhiere a la materia orgánica (plantas).
Propagación de Incendios	Debido a la presencia de materiales como: cartón, madera, plásticos, etc. hay suficiente combustible para la proliferación de un incendio.	Químico	Siniestros y mal almacenamiento de baterías	Gases ácidos: HBr, HF, HCl, óxidos de azufre (SO ₂ , SO ₃)	Problemas respiratorios y cardiovasculares.	Emisión de estos gases a la atmósfera que luego se precipitan y se reincorporan a cuerpos de agua, suelos, etc.
				Metales pesados (Hg, Cd y Pb)	Los efectos de estos metales pesados y sus derivados se han mencionado anteriormente en esta misma Tabla.	

Continúa...

Tabla 2.5. Matriz de Peligros (Continuación)

Peligro	Descripción	Clasificación	Causales	Sustancias Químicas involucradas	Efectos a la Salud	Efectos al Medio Ambiente
Propagación de incendios	Debido a la presencia de materiales como: cartón, madera, plásticos, etc. hay suficiente combustible para la proliferación de un incendio.	Químico	Siniestros y mal almacenamiento de baterías	CO	A altas concentraciones provoca dificultad respiratoria, desmayo, convulsiones, coma y la muerte. Los principales efectos crónicos por exposición a monóxido de carbono son alteraciones cardiovasculares y neuropsicológicas.	Emisión de estos gases a la atmosfera que luego se precipitan y se reincorporan a cuerpos de agua, suelos, etc.
				Dioxinas y furanos halogenados.	Los PCDD/Fs pueden dar lugar a alteraciones en el sistema neurológico, inmunológico y reproductivo. Estos compuestos son cancerígenos.	
				Hidrocarburos aromáticos halogenados (bencenos halogenados, fenoles halogenados, naftalenos halogenados, etc.)	La toxicidad de los hidrocarburos aromáticos halogenados se caracteriza por irritación aguda de los ojos, las mucosas y los pulmones, así como síntomas gastrointestinales y neurológicos. También pueden presentarse acné (cloracné) y disfunciones hepáticas (hepatitis, ictericia, porfiria). Se han registrado alteraciones reproductivas y también ciertos efectos carcinogénicos.	La mayoría de estos compuestos son tóxicos para los organismos acuáticos en bajas concentraciones, son persistentes en el medio ambiente y con tendencia a bioacumularse, llegando a incorporarse a la cadena alimenticia.

En el anexo L se presenta un plan de acción aplicable para la Facultad, en relación a la gestión adecuada de los RAEE y partiendo de la situación actual presentada en este capítulo.

3. Propuesta de Gestión Integral de los RAEE en la FIA

La problemática actual en gestión de los RAEE generados en la facultad, así como la mayor parte de instituciones educativas de países con baja o nulas políticas de RAEE, recae en la acumulación excesiva de dichos aparatos, almacenamiento inapropiado, no optimización de los recursos, afectaciones al medio ambiente y salud humana, riesgos por proliferación de vectores, entre otros riesgos mencionados en el capítulo segundo.

En la presente propuesta se mencionan medidas para que los RAEE generados sean almacenados y manipulados de manera adecuada, asegurando la salud y la disminución del deterioro medioambiental. Además, se considera una aportación económica que implica entregar ciertos RAEE a las empresas gestoras autorizadas dentro del país, ya que existen aparatos que contienen materiales de importante valor para el mercado actual.

3.1 Guía Técnica

Índice de Guía Técnica

3.1.1 Clasificación de RAEE

3.1.2 Generalidades

3.1.3 Alternativas de disposición de RAEE

3.1.4 Gestión de Residuos de Aires Acondicionados y Residuos de Gases Refrigerantes

3.1.4.1 Gestión de Residuos de Refrigerantes

3.1.5 Criterios de Evaluación

3.1.6 Protocolos de manejo de RAEE

3.1.6.1 Protocolo de las Unidades Generadoras

3.1.6.2 Protocolo para la gestión dentro de las Unidades Técnicas

3.1.6.3 Protocolo para el envío de RAEE a bodegas (Unidad de Activo Fijo)

3.1.7 Manejo de Documentación de las UTMR

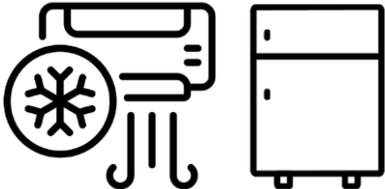
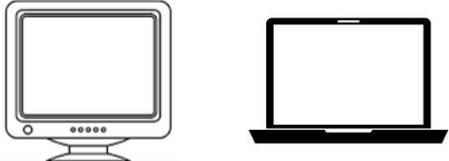
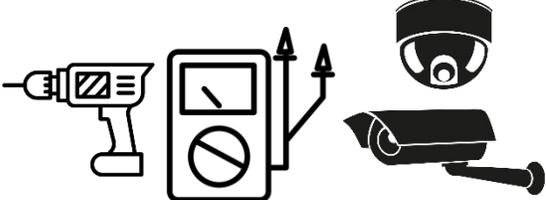
3.1.8 Medidas de Seguridad en la Manipulación de RAEE

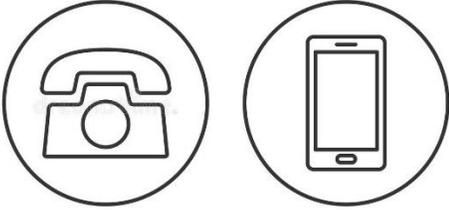
3.1.9 Lineamiento para Almacenamiento en la Instalación

3.1.1 Clasificación de RAEE

En la Tabla 3.1 se presenta la clasificación de AEE/RAEE para efectos de la elaboración de esta guía que se utilizará de Unión Europea para clasificar los RAEE.

Tabla 3.1. Clasificación de AEE

Categoría de AEE	Representación
1. Aparatos de intercambio de temperatura	
2. Monitores, pantallas, y aparatos con pantallas de superficie superior a los 100 cm.	
3. Lámparas	
4. Grandes aparatos (con una dimensión exterior superior a 50 cm)	
5. Pequeños aparatos (sin ninguna dimensión exterior superior a 50 cm)	

<p>6. Equipos de informática y telecomunicaciones pequeños (sin ninguna dimensión exterior superior a los 50 cm)</p>	
--	--

Adaptado de: (Unión Europea, 2012)

3.1.2 Generalidades

Durante la recolección de la información, se lograron identificar Unidades Técnicas de Mantenimiento y Reparación de AEE, que para efectos de este capítulo serán mencionados como Unidad Técnica o UTMR. El objetivo de estas unidades es cumplir con los deberes de conservar los bienes de la universidad.

A pesar que en la facultad existan Unidades Técnicas, éstas no comparten procedimientos o protocolos, ni son supervisadas por una unidad en común. Lo que hace que carezcan de identidad para las funciones que realizan.

Como primer punto se propone que sea la unidad de activo fijo la vigilante y encargada de dichas unidades técnicas, puesto que el artículo 47 de las Normas Técnicas de Control Interno Específicas para la Universidad de El Salvador (Decreto No 1 de la Corte de Cuentas, 2007), estipula lo siguiente:

“Se deberá contar con programas de mantenimiento preventivo y correctivo de los activos fijos y emplear todos los medios que permitan prolongar su vida útil del bien; para el mantenimiento y reparación de los bienes, estos deben ser propiedad de la Universidad y estar incorporados en el sistema de control de activo fijo.” Dicho artículo lleva como epígrafe: Mantenimiento y Reparaciones de los Activos Fijos.

Actualmente el mecanismo que existe en la gestión consiste en:

1. Reparación,
2. Descarte.

En la presente propuesta se exponen tres alternativas nuevas de gestión de RAEE, componiendo un total de 5 alternativas de gestión, las cuales son y se esquematiza en la Figura 3.1:

- a) Reparación
- b) Donación
- c) Reacondicionamiento
- d) Reciclaje
- e) Disposición Final

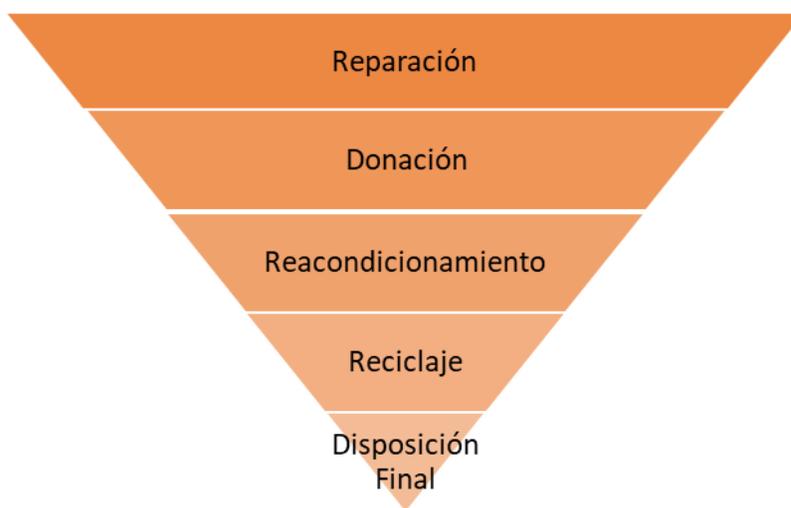


Figura 3.1. *Alternativas de gestión consideradas en la presente guía*

A Continuación, se describen las alternativas de gestión propuestas en la siguiente guía:

a) Reparación y rehabilitación

Cuando la reparación es posible, dentro de la facultad existen sitios (UTMR) que reciben, reparan y restauran 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, externamente a la universidad existen instituciones autorizadas en reparar equipos electrónicos, las cuales la facultad puede acudir para reparar sus aparatos en caso no sea posible realizarlos internamente.

b) 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, uni-

dad 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.

c) Donación

Los aparatos que han sido obsoletos por el surgimiento de nuevas tecnologías, pero que se encuentran en buen estado funcional, pueden utilizarse en las bibliotecas de la Universidad para consulta de estudiantes, pueden ser utilizadas en otras escuelas o unidades administrativas de la Universidad; también podría ser donadas a asociaciones de estudiantes en la FIA.

d) Reciclaje

Los RAEE destinados para reciclaje necesitan ser trasladados para ser gestionados por las plantas de gestores autorizados (véase apartado 1.9); 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.

e) 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 mencionadas en el 1.9 y 1.10, y son aplicadas para los casos de baterías, condensadores con PCB y residuos de lámparas.

Las múltiples opciones mencionadas anteriormente, hacen necesario establecer criterios de evaluación (véase apartado 3.1.5) sobre los aparatos averiados y en desuso, que faciliten la selección de la mejor alternativa.

3.1.3 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 es necesario que para la contratación de servicios de reciclaje o disposición final se pida algún comprobante que la empresa recicladora o gestora está autorizada 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 universidad.

En la Tabla 3.2 se proponen algunas las alternativas propuestas de disposición de RAEE.

Tabla 3.2. *Alternativas propuestas de disposición de RAEE*

RAEE	Alternativas de Gestión
CPU's	<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 Tabla 1.7.</p>
Fotocopiadoras	
UPS	
Impresoras	
Aires Acondicionado	
Misceláneos (mouses, teclados, etc.)	
Pantalla de cristal líquido (LCD)	<p>Se recomienda que se realice el embalaje de estas y se almacenen en la bodega hasta que se encuentre una alternativa de gestión de estos residuos.</p>
Monitores TRC	<p>Exportación a países con empresas que tiene algún proceso para la gestión de estos residuos. Para más información ver apartados 1.9.3 (Exportación de RAEE) y 1.10.1.</p>
Lámparas y Tubos fluorescentes	<p>ALMACENAMIENTO TODO VERDE tiene autorización para proporcionarles “almacenamiento” a estos residuos. Véase permiso ambiental en el Anexo M.</p>
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. Véase permiso ambiental en el Anexo M.</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</p>

	<p>recojan y gestionen estos residuos. Algunos gestores de RAEE en el país tienen servicios de manejo de estos residuos. ALMACENAMIENTO TODO VERDE tiene servicios de disposición de este tipo de residuos. Véase permiso ambiental en el Anexo M.</p>
--	--

3.1.4 Gestión de Residuos de Aires Acondicionados y Residuos de Gases Refrigerantes

En la FIA se utilizan dos tipos de refrigerantes R-410 y R-22 para los cuales se realizan las recargas en los aires acondicionados (Flamenco, C. y Luna, H., 2022).

El R-22 a ser un hidroclorofluorocarbonos o conocidos también como HCFC (dañan la capa de ozono y generan calentamiento global); este debería de ser remplazado por otro o los equipos de intercambio de temperatura que utilicen este debería de ser cambiados. También de acuerdo a la agenda 2030 se debe reducir el uso de los HCFC.

El R-410 es un HFC. Aunque, no dañan la capa de ozono, contribuye de manera significativa al calentamiento global.

Por lo cual se recomienda que, al finalizar la vida útil de estos aparatos de intercambio de temperatura, se reciclen con gestores autorizados. Y se adquieran aparatos de intercambio de temperatura que utilicen Hidro Fluoro Olefinas (HFO), Hidrocarburos (HC) o también HFC.

3.1.4.1 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 en listan en la Tabla 3.3.

Tabla 3.3. 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)

3.1.5 Criterios de evaluación

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 sí: 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.

- i. 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.
- ii. 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), 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.

- iii. 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), 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.
- iv. 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.
- v. 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.
- vi. 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).
- vii. 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).
- viii. 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.
- ix. Para todo aparato pequeño averiado proveniente de laboratorio, debe ser gestionado como aparatos a reciclar. Estos deberán ser considerados como RAEE.
- x. 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.
- xi. Toda fracción extraída mediante la reparación de cualquier aparato debe ser gestionada para reciclar, excepto las baterías y capacitores.
- xii. 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.

- xiii. Los monitores y televisores de tipo CRT, deberán ser gestionadas para disposición final. Estos deberán ser considerados como RAEE.
- xiv. 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.
- xv. Todas las baterías y capacitores extraídos para reparar o dar mantenimiento a los aparatos, deberán ser gestionados para disposición final.

3.1.6 Protocolos de manejo de RAEE

Los protocolos son necesarios para un adecuado sistema de gestión.

3.1.6.1 Protocolo de las Unidades Generadoras

- i. Las Unidades Generadoras que tengan problemas con el funcionamiento de un aparato, o deseen realizar el mantenimiento preventivo; deberán solicitar a las Unidades Técnicas la revisión de dichos aparatos.
- ii. Una vez aceptada la solicitud, deberán hacer llegar el aparato a las instalaciones de las Unidades Técnicas de Mantenimiento y Reparación.
- iii. 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 UTMR. 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.
- iv. Para los aparatos averiados de precios elevados (monitores, fotocopiadoras, equipos grandes de laboratorio, etc.), de los cuales no pueden ser revisadas ni obtener diagnóstico dentro de la Facultad, se debe contratar un servicio externo para la realización del diagnóstico.
- v. Las unidades generadoras deberán hacer cuando consideren necesario, una solicitud a la Unidad de Activo Fijo para el retiro de los aparatos averiados y en desuso de los cuales son poseedoras, esto con la finalidad de que sean retiradas de su inventario y puedan ser gestionadas para el almacenamiento temporal en bodega. La solicitud deberá ser enviada median-

te una carta donde describan el listado de aparatos asignados para reacondicionamiento, donación, reciclaje y disposición final.

En la Figura 3.2 se presenta el flujograma que representa los procedimientos de las unidades generadoras.

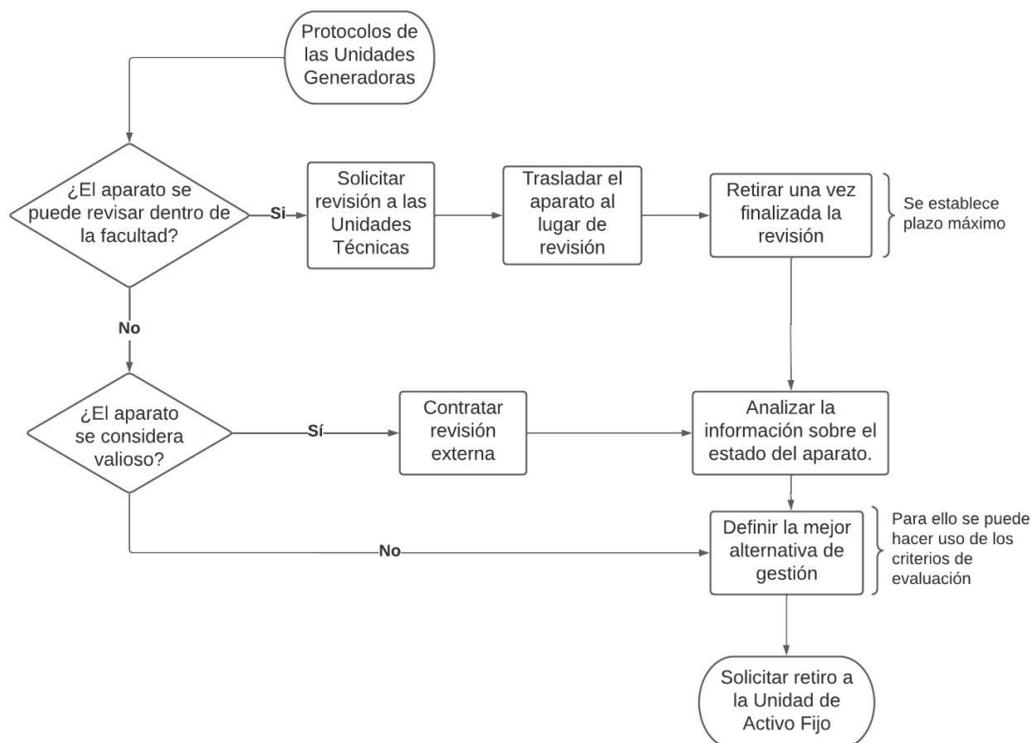


Figura 3.2. Procedimiento realizado por las unidades generadoras

3.1.6.2 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 3.1.8. 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 3.1.8.
- 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 3.1.5.
 - 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 3.1.7
- vi. La Unidad Técnica, deberá notificar a las Unidades Generadoras y la Unidad de Activo Fijo en cuanto complete la documentación establecida en 3.1.7, el estado del aparato entregado mediante la documentación respectiva enviada de manera digital o física. Así mismo las unidades técnicas deberán, cuando la Unidad de Activo Fijo considere necesario, dar una asesoría sobre la conveniencia de reparar, reutilizar o dar por finalizada la vida útil de los aparatos.

En la Figura 3.3 se presenta el flujograma que representa los procedimientos de las unidades técnicas.

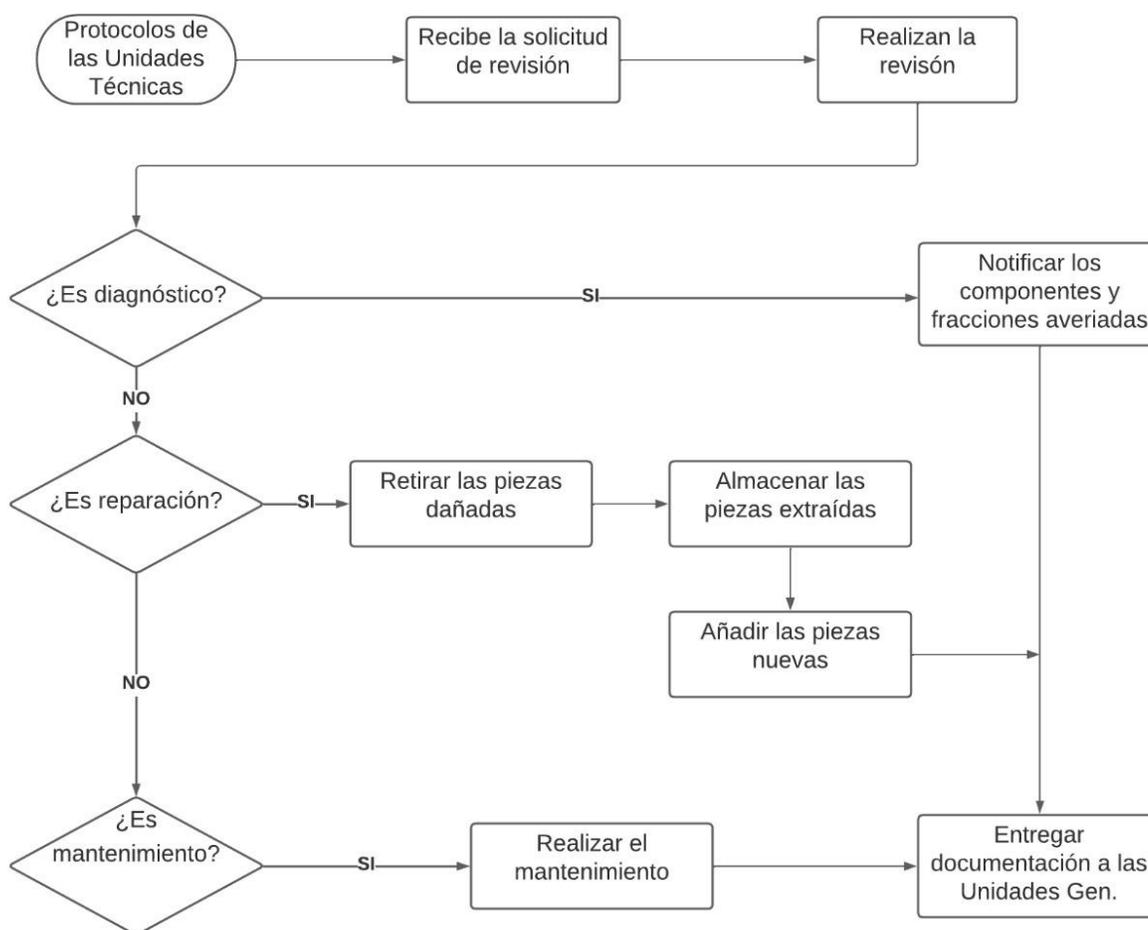


Figura 3.3. *Procedimientos de las Unidades Técnicas*

3.1.6.3 Protocolos para el envío de RAEE a las bodegas (Unidad de Activo Fijo)

Los protocolos para el almacenamiento en bodega van dirigidos 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 5 del apartado 3.1.6.1; 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 3.1.8. para cada traslado que efectuó 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 3.1.8
- v. Con toda la información en su poder, y con la asesoría del personal técnico correspondiente, la unidad de activo fijo deberá asignar, por medio de los criterios establecidos en el apartado 3.1.5, la mejor alternativa de gestión de los aparatos averiados y en desuso.

En la Figura 3.4 se presenta el flujograma que representa los procedimientos de envío de RAEE a las bodegas.

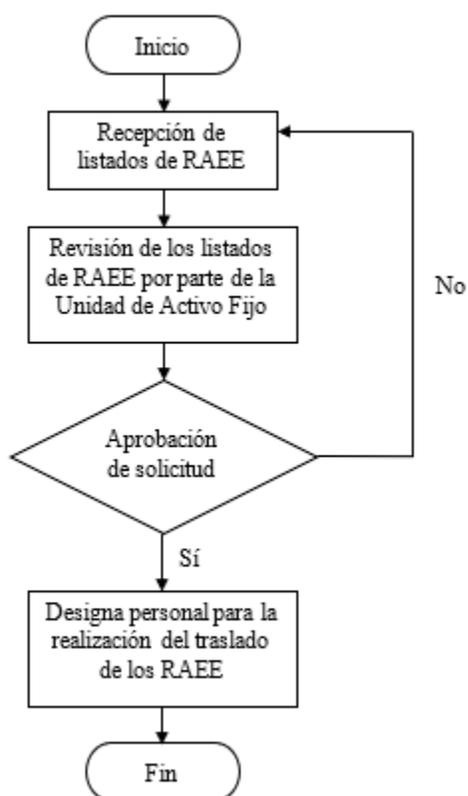


Figura 3.4. Procedimiento de envío a RAEE a bodegas

En la Figura 3.5 se presentan las interacciones de una manera general, entre las unidades generadoras, unidad de activo fijo, unidades técnicas internas y de servicios externos.

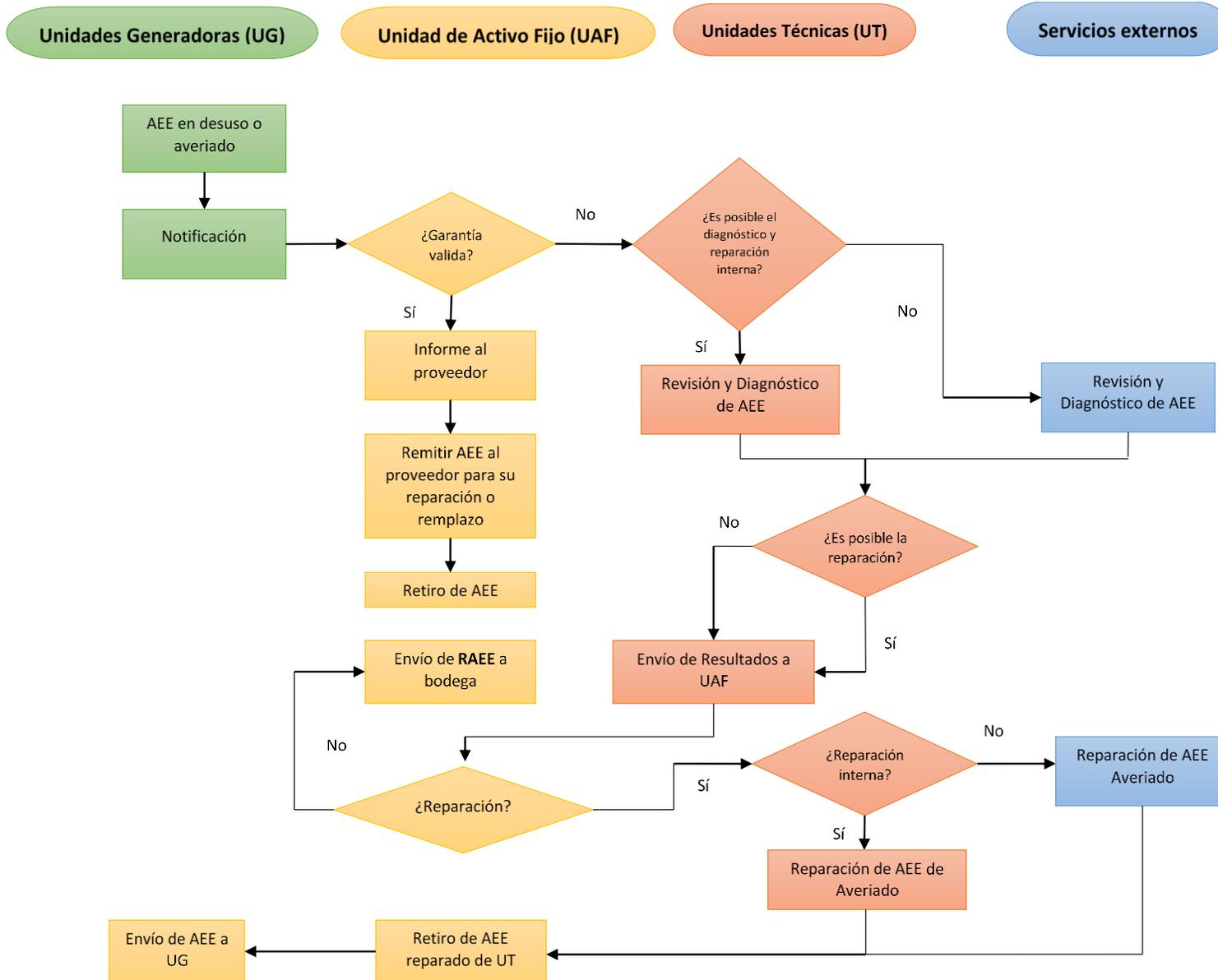


Figura 3.5. Protocolo general de manejo de AEE en la FIA

3.1.7 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 N 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 de la FIA que posee el aparato.
- b. Código de inventario: es el código que de conformidad al reglamento se le asignada a todos los bienes muebles de la UES.
- 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.

La Unidad de Activo Fijo debe ser la responsable como ente supervisor para que las demás unidades tengan la documentación de manera ordenada, así como hacer cumplir la documentación requerida para el registro de operaciones en bodega, mencionado en el apartado 3.1.9.8.

3.1.8 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 O 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) y de los cuales existan probabilidad de estar presentes en la Facultad. Estas son:

- a. Condensadores que contengan policlorobifenilos (PCB) o cualquier condensador electrolítico que contengan 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 Figura 3.6 se muestran algunos capacitores industriales para usos en los aparatos eléctricos.



Figura 3.6. *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 Figura 3.7 se presentan ejemplos de pilas.



Figura 3.7. *Pilas y acumuladores para equipos eléctricos*

- c. Cartuchos de tóner, de líquido y pasta, así como tóner de color: presentes en las impresoras y fotocopiadoras. En la Figura 3.8 se muestran algunos ejemplos de estas fracciones de RAEE.



Figura 3.8. *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 Figura 3.9 se muestra un ejemplo de un monitor CRT.



Figura 3.9. *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 Figura 3.10 se muestran las gamas de lámparas que se podrían encontrar en la facultad.



Figura 3.10. 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. La Figura 3.11 se presenta un ejemplo de lámparas de descarga de gas de pantallas LCD.

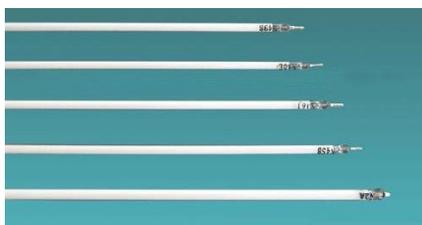


Figura 3.11. Lámparas de descarga de gas en pantallas LCD

- g. Aparatos que contienen gases de refrigeración: la extracción de los gases debe realizar con cuidado para evitar quemaduras en el personal y la liberación de estos a la atmósfera. En la Figura 20 se muestra un evaporador de aire acondicionado. En la Figura 3.12. se muestra un aire acondicionado (equipo de refrigeración).



Figura 3.12. Equipo de refrigeración

3.1.8.1 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 (dichos recipientes se pueden ver en el apartado 3.1.9.9).
- f. Las lámparas que no ha sufrido fracturas deben ser 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 a velocidades bajas). También, se debe tener cuidado en el traslado de estos residuos para evitar fracturas.

3.1.8.2 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 las Unidades Técnicas encargadas deben 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, véase apartado 3.1.9.10). 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.

3.1.8.3 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.

3.1.8.4 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 O).
- 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.

De acuerdo a un estudio de huella de carbono realizado dentro del curso de especialización en Ecoeficiencia de Procesos Industriales realizado dentro de la FIA, por Clarisa Flamenco y Hugo Luna: en la FIA no se tienen un registro (bitácora) de las recargas de gases refrigerantes. Por lo cual se cree que es oportuno que se realice el registro ya que puede servir para futuros estudios. En el Anexo O se presenta un formato de registro de recargas de gases refrigerantes.

3.1.9 Lineamientos para Almacenamiento en la Instalación

Los lineamientos son 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; c) la guía técnica nacional aplicable en RAEE; d) la Directiva 2012/19/UE y; e) 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.

3.1.9.1 Tiempo de almacenamiento

En la Tabla 3.4 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 3.4. *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

3.1.9.2 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 3.1.9.6, 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.

3.1.9.3 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.

3.1.9.4 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.

3.1.9.5 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.

3.1.9.6 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 3.1.9.8), 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.

3.1.9.7 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.

3.1.9.8 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.

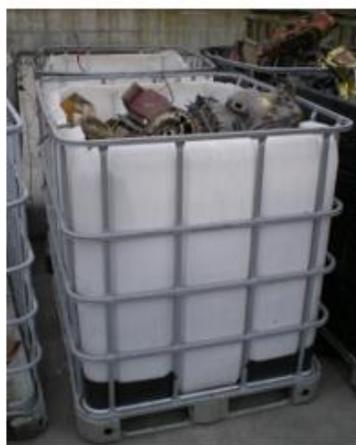
3.1.9.9 Almacenamiento de lámparas

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 Figura 3.13, 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.



Figura 3.13. *Depósito con tapadera para almacenamiento de RAEE*

Las lámparas pueden también ser almacenadas en contenedores abiertos, similares a las de la Figura 3.14, siempre que se aseguren que no existe material alrededor que pueda colisionar y ocasionar fracturas.



a)



b)

Figura 3.14. *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 Figura 3.15 a) con una ca-

pacidad de 55 galones con diámetro de 56 cm y una altura de 89 cm; o en el recipiente de la Figura 3.15 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 3.1.8.1, considerando la posibilidad que se presenten fracturas durante la manipulación.



Figura 3.15. Depósitos con tapadera con mayor seguridad para almacenamiento de RAEE

3.1.9.10 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 O). 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 las de la Figura 3.15 a).

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.

3.1.9.11 Almacenamiento de baterías

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 Figura 3.15 a).

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.

3.1.9.12 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 Figura 3.14, 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 Figura 3.16.



Figura 3.16. *Embalaje y depósitos para monitores*

Las tarimas de madera deben garantizar resistencia para ser desplazadas por montacargas como la Figura 3.17 o sistema similar.



Figura 3.17. *Montacarga con paletas de acero*

3.1.9.13 Almacenamiento de equipos para donación o reutilización y reacondicionamiento

Los aparatos potenciales a donar o reacondicionar mencionados en el 3.1.5 literales b), c) y e), pueden ser almacenados en estantes como la Figura 3.18 con la finalidad de colocarlas y retirarlas fácilmente.



Figura 3.18. *Estantes para almacenamiento de equipos en buen estado*

Los equipos de aire acondicionado que hace referencia el literal d) del apartado 3.1.5 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.

3.1.9.14 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 Figura 3.14 con área igual o mayor a 1 m².

3.1.9.15 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 3.1.9.7 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. En el Anexo P se presenta la de la ruta de evacuación en el croquis de la estructura propuesta.

a. 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.

b. 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 Q 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.

c. 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 R se presenta un procedimiento de lavado para superficies que han estado en contacto con PCBs.

3.2 Estructura de Instalación

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.).

3.2.1 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 utilizadas para alargar la vida de 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 peligrosos 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 3.1.9.7 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 para la FIA, 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.

3.2.2 Dimensión y Plano de Distribución de la Instalación

En la Figura 3.19 se presenta la infraestructura, donde se consideran las dimensiones mínimas sobre las cuales se puede realizar una construcción para el adecuado almacenamiento de los RAEE en la facultad. Dicha propuesta se ha basado en: a) las cantidades y tipos de RAEE generados en la facultad (reflejadas en el capítulo II); b) lo establecido por el apartado 3.1.9.1 sobre los tiempos de almacenamiento; c) lo establecido por el 3.1.9.5 sobre seguridad y; d) lo mencionado en 3.1.9.9 al 3.1.9.14 sobre los contenedores propuestos para el almacenamiento de RAEE.

La infraestructura tiene un área de 47.94 m², con unas dimensiones de 6.80 m de ancho y un largo de 7.05 m. El espacio entre la pared y los recipientes es de 0.25 cm para facilitar la limpieza. El espacio entre las hileras de los contenedores tipo 1, 2 y 3 es de 1.70 m para facilitar el desplazamiento de estos.

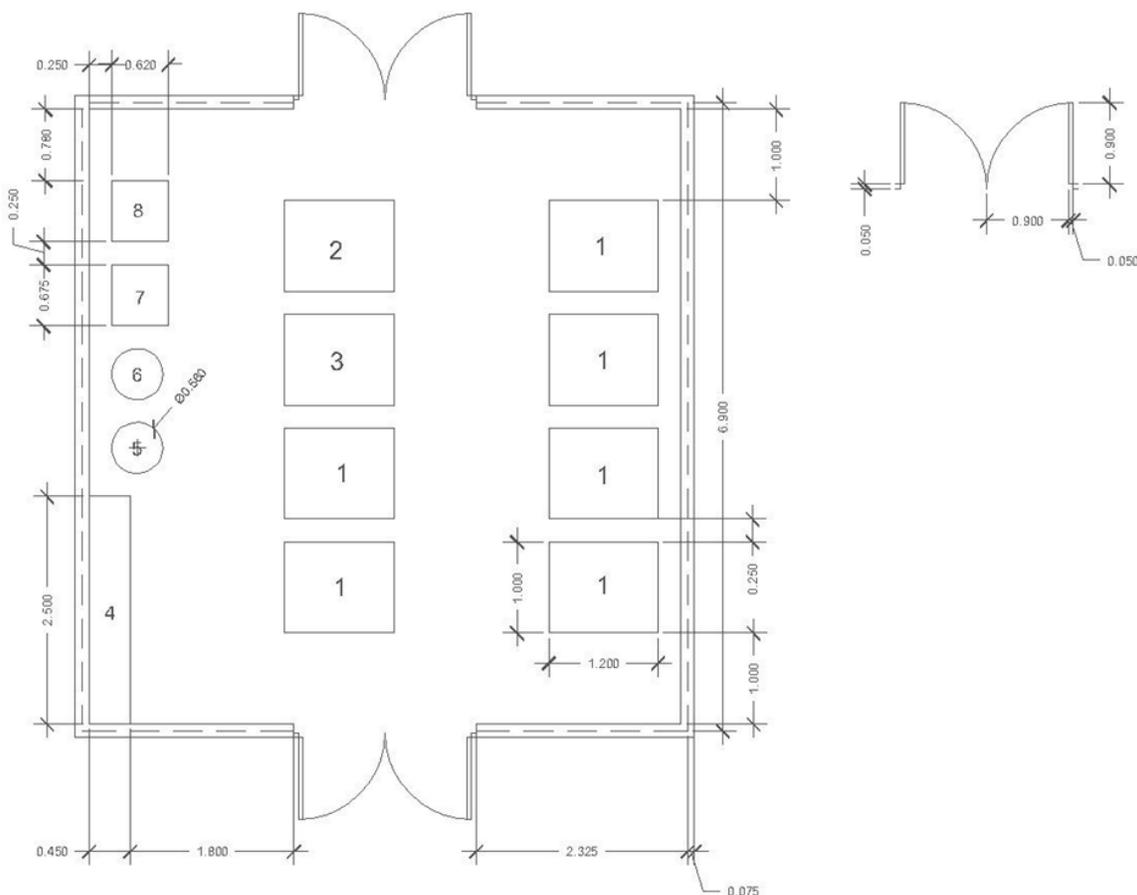


Figura 3.19. Dimensiones y plano de distribución de la instalación

Las áreas enumeradas en la Figura 3.19 se describen a Continuación:

- 1- Las áreas enmarcadas tienen dimensiones de 1.20x1.00 metros idénticos a los de la Figura 3.14 a), y es el espacio asignado para el almacenamiento de monitores y televisores
- 2- El área enmarcada tiene dimensiones de 1.20x1.00 metros idénticos a los de la Figura 3.14 a), y es el espacio asignado para el almacenamiento de las lámparas en buen estado, que no ha sufrido fracturas por lo que pueden ser recicladas.
- 3- El área enmarcada tiene dimensiones de 1.20x1.00 metros idénticos a los de la Figura 3.14 a), y es el espacio asignado para el almacenamiento de todos los aparatos pequeños

- y los de tipo informáticos y de telecomunicación, por ejemplo, CPU, UPS, impresores, calculadoras, teclados, equipos pequeños de laboratorio, etc.
- 4- El área es estantes sobre la pared, similar a la Figura 3.18, para ser ocupada por los equipos asignados para donación o reacondicionamiento.
 - 5- El área enmarcada es un contenedor cilíndrico similar al de la Figura 3.15 a), con diámetro de 0.56 metros y asignada para el almacenamiento de lámparas con fracturas, destinadas para disposición final.
 - 6- El área enmarcada es un contenedor cilíndrico similar al de la Figura 3.15 a), con diámetro de 0.56 metros y asignada para el almacenamiento de baterías y acumuladores. Estos residuos serán gestionados para disposición final.
 - 7- El área enmarcada es un depósito similar a la Figura 3.15 b), para el almacenamiento de cartuchos de tinta provenientes de impresoras.
 - 8- El área enmarcada es un depósito similar a la Figura 3.15 b), asignada para el almacenamiento de capacitores.

CONCLUSIONES

1. Los RAEE generados en la facultad son gestionados por cuatro actores, las cuales son: a) las unidades generadoras, encargadas de administrar el uso y solicitar las reparaciones; b) las unidades técnicas en mantenimiento y reparación de equipos, encargadas de responder las solicitudes de reparación o mantenimiento de las unidades generadoras; c) el personal de limpieza, encargado de realizar el traslado y almacenamiento de los RAEE y; d) la unidad de activo fijo, encargada de llevar el control de inventario y gestionar el retiro hacia el exterior de la Universidad.
2. Los actores involucrados en la gestión de RAEE no disponen de lineamientos técnicos, procedimientos o protocolos, así como de medidas de seguridad para quienes son expuestos a sustancias peligrosas durante su manipulación. Del mismo modo, se identificó durante la investigación cualitativa, que en el lugar de almacenamiento no existe una distinción entre los RAEE y los demás bienes muebles en desuso generados en la facultad.
3. El lugar actual de almacenamiento de los RAEE no cumple con la función de resguardar en mejores condiciones los aparatos, por lo que puede representar mayores riesgos a la salud y al medio ambiente.
4. De acuerdo con la investigación realizada el actual manejo de los RAEE en la Facultad de Ingeniería y Arquitectura puede ocasionar fracturas y contusiones al personal en caso de desmoronamiento; además puede facilitar la proliferación de vectores, la propagación de incendios y liberación de sustancias peligrosas que pueden afectar la salud de las personas y el medio ambiente.
5. En la Facultad de Ingeniería y Arquitectura se tienen almacenados un total de 434 aparatos eléctricos en desuso sin incluir lámparas y se clasificaron de acuerdo a la clasificación de AEE de la Unión Europea; los cuales en su mayoría son equipos de computación entre las que se destacan: 90 CPU, 66 monitores, 42 teclados y 28 impresoras.

6. Dentro del país existen pocas empresas gestoras de RAEE, por lo que dificulta que todos los aparatos tengan una disposición adecuada. Uno de los aparatos con mayor presencia en la facultad, y de los cuales no se identificaron empresas que cuenten con autorización para gestionarlos son los monitores TRC y LCD.
7. En caso de los residuos que no puedan ser recibidos por las empresas gestoras autorizadas, como los monitores TRC y LCD, se deben embalar y ser almacenadas hasta que se les pueda realizar una disposición final segura.
8. Se proponen 5 alternativas de gestión, las cuales son reparación, donación, reacondicionamiento, reciclaje y disposición final. 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; se propone que no debe considerarse ni gestionarse como RAEE, sino como aparato en desuso a donar o a reutilizar.
9. Actualmente en la facultad no se siguen procedimientos de gestión integral los cuales contemplan aspectos como: a) protocolos y modos de comunicación; b) documentación a manejar que deje constancia de la gestión, el estado y cantidades de los aparatos y; c) medidas de seguridad que se deben seguir. La falta de procedimientos de gestión integral en la facultad es debida a factores como la falta de información sobre la problemática y la no supervisión.
10. Un lugar de almacenamiento adecuado de RAEE deberá ser capaz de proteger completamente el medio ambiente de los componentes peligrosos presentes en los RAEE; además de prevenir de daños los RAEE o componentes potencialmente reutilizables. Además, para su diseño se deberá tomar en cuenta los tipos y cantidades de RAEE generados, las dimensiones de los contenedores a utilizar y el tiempo en que se almacenarán los diferentes tipos de RAEE.

RECOMENDACIONES

1. Se propone la implementación de las medidas propuestas en la guía técnica: protocolos de manejo de RAEE, manejo de documentación, medidas de seguridad en la manipulación de RAEE y los lineamientos para el almacenamiento en las instalaciones.
2. Es necesario que los lugares de almacenamiento de RAEE tengan los elementos descritos en el presente trabajo, para evitar la liberación de sustancias peligrosas que estén presentes en algunos componentes de los RAEE y también para evitar la formación de otras sustancias peligrosas al medio ambiente que puedan afectar tanto a la salud humana como al medio ambiente. Por lo cual se cree conveniente recomendar la construcción de la infraestructura propuesta en el presente trabajo.
3. Incorporar en las políticas de administración de la facultad, la gestión adecuada de los RAEE, como instrumento para el logro de una eficiente administración de los recursos institucionales y disminución del deterioro medioambiental.
4. Se considera que los niveles gerenciales y jefaturas de todas las instituciones públicas, deben de incorporar la adecuada gestión de los RAEE para evitar los riesgos asociados a estos a la salud humana y al medio ambiente. Para ello se debe evaluar la situación de cada institución considerando los factores biológicos, físicos y químicos asociados a la gestión de los RAEE.
5. Para el caso de los equipos y fracciones peligrosas las cuales no existen alternativas de gestión dentro del país; deberán coordinar su disposición final interna o externa con el Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales bajo el convenio de Basilea.
6. Realizar programas de capacitación dirigidos a los actores involucrados en la gestión de los RAEE, sobre las alternativas de gestión, medidas de seguridad, mecanismo de comunicación y documentación.
7. Se propone crear cooperaciones entre las empresas privadas y la FIA, capaz de fomentar en el futuro campañas de recolección de RAEE, donde existan las condiciones para que la

comunidad universitaria disponga de sus RAEE, fomentando así también en la FIA y en la UES una cultura de conciencia sobre la problemática.

8. Se sugiere que la FIA promueva la reparación y la reutilización de los AEE antes de ser descartados para su almacenamiento o disposición final. Para ello se recomienda la existencia de unidades técnicas para darle mantenimiento a los AEE.
9. Verificar que los gestores a los cuales se les entreguen los RAEE para su adecuada gestión, deberán de tener la autorización de funcionamiento otorgada por el Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales.
10. Procurar la actualización registro de las recargas de gases refrigerantes por año en la Facultad de Ingeniería y Arquitectura. Para facilitar la elaboración de futuras investigaciones.

Referencias

- 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's*. 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 <https://cutt.ly/5KOBodt>
- Arévalo, C. y 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*. Trabajo de Graduación. Licenciatura en Química y Farmacia. Universidad de El Salvador, San Salvador, El Salvador.
- 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) Y 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>
- Bioguía: 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

- 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://cutt.ly/xKONGAF>
- 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 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, Hoo-goorddreef 5,1101 BA Amsterdam Zuidoost The Netherlands. Recuperado de <https://cutt.ly/zKOMwuR>

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=S0124-0642006000100010
- 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://acortar.link/oO2oUi>
- 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://cutt.ly/fKO1sL0>
- 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). <https://cutt.ly/qKO1zDN>
- Martinez, 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. <https://acortar.link/CyWmSX>
- 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://cutt.ly/aKO1JiN>
- Ministerio del Ambiente-Dirección General de Gestión de Residuos Sólidos de Perú. 2020. Listado de Rellenos Sanitarios y de Seguridad [Archivo Excel]. <https://n9.cl/qb58m>
- 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://cutt.ly/YKO0pUh>
- Poma, P. (2008). Intoxicación por plomo en humanos. *Anales de la Facultad de Medicina*, 69 (2). <https://acortar.link/5vBnCL>
- 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://n9.cl/4lw5r>
- 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.
- Rodriguez, 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 Programe 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://cutt.ly/NKO2oeI>

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

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

A. Anexo A. Anexo III del convenio de Basilea

Tabla A.1. *Lista de características peligrosas según anexo III del convenio de Basilea*

Clase de las Naciones Unidas	No. de Código	Características
1	H1	<p>Explosivos</p> <p>Por sustancia explosiva o desecho se entiende toda sustancia o desecho sólido o líquido (o mezcla de sustancias o desechos) que por sí misma es capaz, mediante reacción química, de emitir un gas a una temperatura, presión y velocidad tales que puedan ocasionar daño a la zona circundante.</p>
3	H3	<p>Líquidos inflamables</p> <p>Por líquidos inflamables se entiende aquellos líquidos, o mezclas de líquidos, o líquidos con sólidos en solución o suspensión (por ejemplo, pinturas, barnices, lacas, etc. pero sin incluir sustancias o desechos clasificados de otra manera debido a sus características peligrosas) que emiten vapores inflamables a temperaturas no mayores de 60.5°C, en ensayos con cubeta cerrada, o no más de 65.6°C, en ensayos con cubeta abierta. (Como los resultados de los ensayos con cubeta abierta y con cubeta cerrada no son estrictamente comparables, e incluso los resultados obtenidos mediante un mismo ensayo a menudo difieren entre sí, la reglamentación que se apartara de las cifras antes mencionadas para tener en cuenta tales diferencias sería compatible con el espíritu de esta definición.)</p>

Continúa...

Tabla A.1. *Lista de características peligrosas según anexo III del convenio de Basilea (Continuación)*

Clase de las Naciones Unidas	No. de Código	Características
4.1	H4.1	Sólidos inflamables
		Se trata de los sólidos, o desechos sólidos, distintos a los clasificados como explosivos, que en las condiciones prevalecientes durante el transporte son fácilmente combustibles o pueden causar un incendio o contribuir al mismo, debido a la fricción.
4.2	H4.2	Sustancias o desechos susceptibles de combustión espontánea
		Se trata de sustancias o desechos susceptibles de calentamiento espontáneo en las condiciones normales del transporte, o de calentamiento en contacto con el aire, y que pueden entonces encenderse.
4.3	H4.3	Sustancias o desechos que, en contacto con el agua, emiten gases inflamables
		Sustancias o desechos que, por reacción con el agua, son susceptibles de inflamación espontánea o de emisión de gases inflamables en cantidades peligrosas.

Continúa...

Tabla A.1. *Lista de características peligrosas según anexo III del convenio de Basilea (Continuación)*

Clase de las Naciones Unidas	No. de Código	Características
5.1	H5.1	Oxidantes
		Sustancias o desechos que, sin ser necesariamente combustibles, pueden, en general, al ceder oxígeno, causar o favorecer la combustión de otros materiales.
5.2	H5.2	Peróxidos orgánicos
		Las sustancias o los desechos orgánicos que contienen la estructura bivalente -O-O- son sustancias inestables térmicamente que pueden sufrir una descomposición autoacelerada exotérmica.
6.1	H6.1	Tóxicos (venenos) agudos
		Sustancias o desechos que pueden causar la muerte o lesiones graves o daños a la salud humana, si se ingieren o inhalan o entran en contacto con la piel.
6.2	H6.2	Sustancias infecciosas
		Sustancias o desechos que contienen microorganismos viables o sus toxinas, agentes conocidos o supuestos de enfermedades en los animales o en el hombre.

Continúa...

Tabla A.1. *Lista de características peligrosas según anexo III del convenio de Basilea (Continuación)*

Clase de las Naciones Unidas	No. de Código	Características
8	H8	Corrosivos
		Sustancias o desechos que, por acción química, causan daños graves en los tejidos vivos que tocan, o que, en caso de fuga, pueden dañar gravemente, o hasta destruir, otras mercaderías o los medios de transporte; o pueden también provocar otros peligros.
9	H10	Liberación de gases tóxicos en contacto con el aire o el agua
		Sustancias o desechos que, por reacción con el aire o el agua, pueden emitir gases tóxicos en cantidades peligrosas.
	H11	Sustancias tóxicas (con efectos retardados o crónicos)

Fuente: Convenio de Basilea

B. Anexo B. Clasificación UNU-KEY

Tabla B.1. *Clasificación UNU-KEYS de AEE*

UNU-KEY	Descripción	Categoría de bajo EU-6
0001	Calefacción central (instalada en el hogar)	Equipo grande
0002	Paneles fotovoltaicos (incl. Inversores)	Equipo grande
0101	Calefacción y ventilación profesional (no incluye equipo de refrigeración)	Equipo grande
0102	Lavaplatos	Equipo grande
0103	Equipo de cocina (por ejemplo, hornos grandes, hornos, equipo de cocina)	Equipo grande
0104	Lavadoras (incl. Secadoras combinadas)	Equipo grande
0105	Secadoras (lavadoras-secadoras, centrifugadoras)	Equipo grande
0106	Calefacción y ventilación del hogar (por ejemplo, campanas, ventiladores, calefactores)	Equipo grande
0108	Frigoríficos (incluidos frigoríficos combinadas)	Equipo de intercambio de temperatura
0109	Congeladores	Equipo de intercambio de temperatura
0111	Aires acondicionados (instalados en el hogar y portátiles)	Equipo de intercambio de temperatura

Continúa...

Tabla B.1. Clasificación UNU-KEYS de AEE (Continuación)

UNU-KEY	Descripción	Categoría de bajo EU-6
0112	Otros equipos de refrigeración (por ejemplo, deshumidificadores, secadoras con bomba de calor)	Equipo de intercambio de temperatura
0113	Equipo de enfriamiento profesional (por ejemplo, acondicionadores de aire grandes, pantallas de enfriamiento)	Equipo de intercambio de temperatura
0114	Microondas (incl. combinadas, no incluye parrillas)	Equipo pequeño
0201	Otros equipos domésticos pequeños (por ejemplo, ventiladores pequeños, planchas, relojes, adaptadores)	Equipo pequeño
0202	Equipo para la preparación de alimentos (p. ej. tostadores, parrillas, procesamiento de comida, freidoras)	Equipo pequeño
0203	Equipo pequeño doméstico para la preparación de agua caliente (p. ej. café, té, ollas de agua)	Equipo pequeño
0204	Aspiradora (no incluye profesionales)	Equipo pequeño
0205	Equipo de cuidado personal (p. ej. cepillos de dientes, secadoras de cabello, navajas de afeitarse)	Equipo pequeño
0301	Pequeño equipo de IT (p. ej. routers, ratones, teclados, unidades externas, accesorios)	Pequeño IT

Continúa...

Tabla B.1. Clasificación UNU-KEYS de AEE (Continuación)

UNU-KEY	Descripción	Categoría de bajo EU-6
0302	Computadoras de escritorio (no incluye monitores, accesorios)	Pequeño IT
0303	Computadoras portátiles (incl. tablets)	Monitores y pantalla
0304	Impresoras (p. ej. scanners, multifuncionales, faxes)	Pequeño IT
0305	Equipos de telecomunicaciones (p. ej. [sin cable] teléfonos, máquinas contestadoras)	Pequeño IT
0306	Teléfonos móviles (incl. teléfonos inteligentes, buscapersonas)	Pequeño IT
0307	Equipo profesional de IT (p. ej. servidores, routers, almacenamiento de datos, fotocopiadoras)	Equipo grande
0308	Monitores de tubo de rayos catódicos	Monitores y pantalla
0309	Monitores de panel de pantalla plana (LCD, LED)	Monitores y pantalla
0401	Pequeños productos electrónicos de consumo (p. ej. auriculares, controles remotos)	Equipo pequeño
0402	Portable Audio & Video (p. ej. reproductores MP3, lectores electrónicos, navegación para carros)	Equipo pequeño

Continúa...

Tabla B.1. Clasificación UNU-KEYS de AEE (Continuación)

UNU-KEY	Descripción	Categoría de bajo EU-6
0403	Instrumentos musicales, radio, Hi-Fi (incluidos equipos de audio)	Equipo pequeño
0404	Video (por ejemplo, grabadoras de video, reproductores de DVD y Blu-ray, decodificadores) y proyectores	Equipo pequeño
0405	Altavoces	Equipo pequeño
0406	Cámaras (por ejemplo, videocámaras, cámaras fotográficas y digitales)	Equipo pequeño
0407	Televisores de tubo de rayos catódicos	Monitores y pantallas
0408	Televisores de pantalla plana (LCD, LED, plasma)	Monitores y pantallas
0501	Pequeño equipo de iluminación (sin LED e incandescentes)	Equipo pequeño
0502	Lámparas fluorescentes compactas (incluidas modificaciones y no modificaciones)	Lámparas
0503	Lámparas fluorescentes de tubo recto	Lámparas
0504	Lámparas especiales (por ejemplo, mercurio profesional, sodio de alta y baja presión)	Lámparas

Continúa...

Tabla B.1. Clasificación UNU-KEYS de AEE (Continuación)

UNU-KEY	Descripción	Categoría de bajo EU-6
0505	Lámparas LED	Lámparas
0506	Luminarias para el hogar (incl. Accesorios incandescentes para el hogar y luminarias LED para el hogar)	Equipo pequeño
0507	Luminarias profesionales (oficinas, espacio público, industria)	Equipo pequeño
0601	Herramientas para el hogar (por ejemplo, taladros, sierras, limpiadores de alta presión, cortadoras de césped)	Equipo pequeño
0602	Herramientas profesionales (por ejemplo, para soldar, soldar, fresar)	Equipo grande
0701	Juguetes (p. ej. juegos de carreras de autos, trenes eléctricos, juguetes musicales, computadoras para bicicletas, drones)	Equipo pequeño
0702	Consolas de juegos	Pequeño IT
0703	Equipo de ocio (p. ej. equipo deportivo, bicicletas eléctricas, tocadiscos)	Equipo grande
0801	Equipo médico doméstico (p .ej. medidores de presión arterial, termómetros)	Equipo pequeño
0802	Equipo médico profesional (p. ej. hospitales, dentistas, diagnósticos)	Equipo pequeño

Continúa...

Tabla B.1. *Clasificación UNU-KEYS de AEE (Continuación)*

UNU-KEY	Descripción	Categoría de bajo EU-6
0901	Equipo de monitoreo y control del hogar (alarma, calor, humo, sin pantallas)	Equipo pequeño
0902	Equipo profesional de monitoreo y control (por ejemplo, laboratorio, paneles de control)	Equipo grande
1001	Dispensadores no refrigerados (por ejemplo, para venta, bebidas calientes, boletos, dinero)	Equipo grande
1002	Dispensadores refrigerados (por ejemplo, para la venta de bebidas frías)	Equipo de intercambio de temperatura

Fuente: E-waste statistics: Guidelines on Classification Reporting and Indicators (Forti, Baldé y Kuehr, 2018).

C. Anexo C. Anexo I del Convenio de Basilea

Tabla C.1. *Categorías de desechos a controlar*

Código	Corriente de Desechos
Y1	Desechos clínicos resultantes de la atención médica prestada en hospitales, centros médicos y clínicas
Y2	Desechos resultantes de la producción y preparación de productos farmacéuticos
Y3	Desechos de medicamentos y productos farmacéuticos
Y4	Desechos resultantes de la producción, la preparación y la utilización de biocidas y productos fitofarmacéuticos
Y5	Desechos resultantes de la fabricación, preparación y utilización de productos químicos para la preservación de la madera
Y6	Desechos resultantes de la producción, la preparación y la utilización de disolventes orgánicos
Y7	Desechos, que contengan cianuros, resultantes del tratamiento térmico y las operaciones de temple
Y8	Desechos de aceites minerales no aptos para el uso a que estaban destinados
Y9	Mezclas y emulsiones de desechos de aceite y agua o de hidrocarburos y agua
Y10	Sustancias y artículos de desecho que contengan, o estén contaminados por bifenilos policlorados (PCB), terfenilos policlorados (PCT) o bifenilos polibromados (PBB)

Continúa...

Tabla C.1. *Categorías de desechos a controlar (Continuación)*

Código	Corriente de Desechos
Y11	Residuos alquitranados resultantes de la refinación, destilación o cualquier otro tratamiento pirolítico
Y12	Desechos resultantes de la producción, preparación y utilización de tintas, colorantes, pigmentos, pinturas, lacas o barnices
Y13	Desechos resultantes de la producción, preparación y utilización de resinas, látex, plastificantes o colas y adhesivos
Y14	Sustancias químicas de desecho, no identificadas o nuevas, resultantes de la investigación y el desarrollo o de las actividades de enseñanza y cuyos efectos en el ser humano o el medio ambiente no se conozcan
Y15	Desechos de carácter explosivo que no estén sometidos a una legislación diferente
Y16	Desechos resultantes de la producción, preparación y utilización de productos químicos y materiales para fines fotográficos
Y17	Desechos resultantes del tratamiento de superficie de metales y plásticos
Y18	Residuos resultantes de las operaciones de eliminación de desechos industriales

Fuente: (PNUMA, 2014)

Tabla C.2. *Desechos que tengan como constituyentes*

Código	Constituyentes
Y19	Metales carbonilos
Y20	Berilio, compuestos de berilio
Y21	Compuestos de cromo hexavalente
Y22	Compuestos de cobre
Y23	Compuestos de zinc
Y24	Arsénico, compuestos de arsénico
Y25	Selenio, compuestos de selenio
Y26	Cadmio, compuestos de cadmio
Y27	Antimonio, compuestos de antimonio
Y28	Telurio, compuestos de telurio
Y29	Mercurio, compuestos de mercurio
Y30	Talio, compuestos de talio
Y31	Plomo, compuestos de plomo

Continúa...

Tabla C.2. Desechos que tengan como constituyentes (Continuación)

Código	Constituyentes
Y32	Compuestos inorgánicos de flúor, con exclusión del fluoruro cálcico
Y33	Cianuros inorgánicos
Y34	Soluciones ácidas o ácidos en forma sólida
Y35	Soluciones básicas o bases en forma sólida
Y36	Asbesto (polvo y fibras)
Y37	Compuestos orgánicos de fósforo
Y38	Cianuros orgánicos
Y39	Fenoles, compuestos fenólicos, con inclusión de clorofenoles
Y40	Éteres
Y41	Solventes orgánicos halogenados
Y42	Disolventes halogenados
Y43	Cualquier sustancia del grupo de los dibenzofuranos policlorados
Y44	Cualquier sustancia del grupo de las dibenzoparadioxinas policloradas
Y45	Compuestos organohalogenados, que no sean las sustancias mencionadas en el presente anexo (por ejemplo, Y39, Y41, Y42, Y43, Y44).

Fuente: (PNUMA, 2014)

D. Anexo D. Anexo III del convenio de Basilea

Tabla D.1. *Lista de características peligrosas según anexo III del convenio de Basilea*

Clase de las Naciones Unidas	No. de Código	Características
1	H1	<p>Explosivos</p> <p>Por sustancia explosiva o desecho se entiende toda sustancia o desecho sólido o líquido (o mezcla de sustancias o desechos) que por sí misma es capaz, mediante reacción química, de emitir un gas a una temperatura, presión y velocidad tales que puedan ocasionar daño a la zona circundante.</p>
3	H3	<p>Líquidos inflamables</p> <p>Por líquidos inflamables se entiende aquellos líquidos, o mezclas de líquidos, o líquidos con sólidos en solución o suspensión (por ejemplo, pinturas, barnices, lacas, etc. pero sin incluir sustancias o desechos clasificados de otra manera debido a sus características peligrosas) que emiten vapores inflamables a temperaturas no mayores de 60.5°C, en ensayos con cubeta cerrada, o no más de 65.6°C, en ensayos con cubeta abierta. (Como los resultados de los ensayos con cubeta abierta y con cubeta cerrada no son estrictamente comparables, e incluso los resultados obtenidos mediante un mismo ensayo a menudo difieren entre sí, la reglamentación que se apartara de las cifras antes mencionadas para tener en cuenta tales diferencias sería compatible con el espíritu de esta definición.)</p>

Continúa...

Tabla D.1. *Lista de características peligrosas según anexo III del convenio de Basilea (Continuación)*

Clase de las Naciones Unidas	No. de Código	Características
4.1	H4.1	Sólidos inflamables
		Se trata de los sólidos, o desechos sólidos, distintos a los clasificados como explosivos, que en las condiciones prevalecientes durante el transporte son fácilmente combustibles o pueden causar un incendio o contribuir al mismo, debido a la fricción.
4.2	H4.2	Sustancias o desechos susceptibles de combustión espontánea
		Se trata de sustancias o desechos susceptibles de calentamiento espontáneo en las condiciones normales del transporte, o de calentamiento en contacto con el aire, y que pueden entonces encenderse.
4.3	H4.3	Sustancias o desechos que, en contacto con el agua, emiten gases inflamables
		Sustancias o desechos que, por reacción con el agua, son susceptibles de inflamación espontánea o de emisión de gases inflamables en cantidades peligrosas.

Continúa...

Tabla D.1. *Lista de características peligrosas según anexo III del convenio de Basilea (Continuación)*

Clase de las Naciones Unidas	No. de Código	Características
5.1	H5.1	Oxidantes
		Sustancias o desechos que, sin ser necesariamente combustibles, pueden, en general, al ceder oxígeno, causar o favorecer la combustión de otros materiales.
5.2	H5.2	Peróxidos orgánicos
		Las sustancias o los desechos orgánicos que contienen la estructura bivalente -O-O- son sustancias inestables térmicamente que pueden sufrir una descomposición autoacelerada exotérmica.
6.1	H6.1	Tóxicos (venenos) agudos
		Sustancias o desechos que pueden causar la muerte o lesiones graves o daños a la salud humana, si se ingieren o inhalan o entran en contacto con la piel.
6.2	H6.2	Sustancias infecciosas
		Sustancias o desechos que contienen microorganismos viables o sus toxinas, agentes conocidos o supuestos de enfermedades en los animales o en el hombre.

Continúa...

Tabla D.1. *Lista de características peligrosas según anexo III del convenio de Basilea (Continuación)*

Clase de las Naciones Unidas	No. de Código	Características
8	H8	Corrosivos
		Sustancias o desechos que, por acción química, causan daños graves en los tejidos vivos que tocan, o que, en caso de fuga, pueden dañar gravemente, o hasta destruir, otras mercaderías o los medios de transporte; o pueden también provocar otros peligros.
9	H10	Liberación de gases tóxicos en contacto con el aire o el agua
		Sustancias o desechos que, por reacción con el aire o el agua, pueden emitir gases tóxicos en cantidades peligrosas.
	H11	Sustancias tóxicas (con efectos retardados o crónicos)

Fuente: Convenio de Basilea

E. Anexo E. Lista de COP's regulados por el Convenio de Estocolmo y Sus Enmiendas

Tabla E.1. COP's regulados en los anexos A, B y C del Convenio de Estocolmo a marzo de 2020

Químico	Anexo	Año de incorporación	¿Presentes en RAEE?
Aldrina	A	2001	
Clordano	A	2001	
Dieldrina	A	2001	
Endrina	A	2001	
Heptacloro	A	2001	
Hexaclorobenceno	A y C	2001	
Mirex	A	2001	
Toxafeno	A	2001	
Bifenilos policlorados (BPC)	A y C	2001	Si
DDT (1,1,1-tricloro-2,2-bis (4-clorofenil) etano)	B	2001	
Dibenzoparadioxinas y dibenzofuranos policlorados (PCDD/PCDF)	C	2001	Si
Alfa hexaclorociclohexano	A	2009	
Beta hexaclorociclohexano	A	2009	
Clordecona	A	2009	

Continúa...

Tabla E.1. COP's regulados en los anexos A, B y C del Convenio de Estocolmo a marzo de 2020
(Continuación)

Químico	Anexo	Año de incorporación	¿Presentes en RAEE?
Éter de decabromodifenilo (mezcla comercial, c-decaBDE)	A	2017	Si
Dicofol	A	2019	
Hexabromobifenilo	A	2009	Si
Hexabromociclododecano	A	2013	Si
Éter de hexabromodifenilo y éter de heptabromodifenilo (éter de octabromodifenilo comercial, c-OctaBDE)	A	2009	Si
Hexaclorobutadieno	A	2015	
	C	2017	
Lindano	A	2009	
Pentaclorobenceno	A y C	2009	
Pentaclorofenol y sus sales y ésteres	A	2015	
Ácido perfluorooctano sulfónico (PFOS), sus sales y fluoruro de perfluorooctano sulfonilo (PFOSF)	B	2009	
Ácido perfluorooctanoico (PFOA), sus sales y compuestos relacionados con el PFOA	A	2019	
Naftalenos policlorados	A y C	2015	si

Continúa...

Tabla E.1. COP's regulados en los anexos A, B y C del Convenio de Estocolmo a marzo de 2020
(Continuación)

Químico	Anexo	Año de incorporación	¿Presentes en RAEE?
Naftalenos policlorados	A y C	2015	si
Parafinas cloradas de cadena corta (PCCC)	A	2017	si
Endosulfán técnico y sus isómeros relacionados	A	2011	
Éter de tetrabromodifenilo y éter de pentabromodifenilo (éter de pentabromodifenilo comercial, c-PentaBDE)	A	2009	si

Fuente: Convenio de Estocolmo

F. Anexo F. Productos Químicos Sujetos al Procedimiento de CFP

Listado de productos químicos industriales regulados por el Convenio de Rotterdam según anexo III.

- Ácido perfluorooctano sulfónico, sulfonatos de perfluorooctano, sulfonamidas de perfluorooctano y perfluorooctanos sulfonilos
- Amianto actinolite
- Amianto amosita
- Amianto antofilita
- Amianto crocidolita
- Amianto tremolita
- Bifenilos polibromados (PBB)
- Bifenilos policlorados (PCB)
- Compuestos de tributilo de estaño
- Éter de octabromodifenilo de calidad comercial (entre otras: Éter de hexabromodifenilo y Éter de heptabromodifenilo)
- Éter de pentabromodifenilo de calidad comercial (entre otras: Éter de tetrabromodifenilo y Éter de pentabromodifenilo)
- Fosfato de tris(2,3-dibromopropilo)
- Hexabromociclododecano
- Parafinas cloradas de cadena corta (PCCC)
- Tetraetilo de plomo
- Tetrametilo de plomo
- Trifenilos policlorados (PCT)

**G. Anexo G. Clasificación de riesgo y número de identificación de
la categoría de acuerdo al Reglamento Especial de Sustancias,
Residuos y Desechos Peligrosos de El Salvador**

Tabla G.1. *Clasificación y número de identificación de las Categorías*

No. Clase	Descripción
1	Explosivos clases 1.1, 1.2, 1.3, 1.4 y 1.5
2	Gases inflamables, no inflamables y venenosos
3	Líquidos inflamables
4	Sólidos inflamables, sustancias de combustión espontánea y sustancias que reaccionan con el agua
5	Sustancias comburentes y peróxidos orgánicos
6	Sustancias venenosas y sustancias infecciosas
7	Sustancias radiactivas
8	Sustancias corrosivas
9	Materiales peligrosos misceláneos por ninguna de las otras clases (peligrosas varias)

Nota. Tomado de Decreto Ejecutivo 41 (2000)

Estas categorías se subdividen como se muestra en la Tabla G.2.

Tabla G.2. *Subdivisión de las Categorías*

Clase	Descripción
Clase 1	Explosivos
División 1.1	Explosivos con peligro de explosión en masa
División 1.2	Explosivos con peligro de proyección
División 1.3	Explosivos con un peligro predominante de incendio
División 1.4	Explosivos con peligro de estallido no significativo
División 1.5	Explosivos muy insensibles
Clase 2	Gases
División 2.1	Gases inflamables
División 2.2	Gases no inflamables
División 2.3	Gases venenosos
Clase 3	Líquidos inflamables
División 3.1	Punto de ignición abajo -18 °C
División 3.2	Punto de ignición a 18 °C o más, pero menos de 23 °C
División 3.3	Punto de ignición de 23 °C hasta 61 °C

Continúa...

Tabla G.2. Subdivisión de las Categorías (Continuación)

Clase	Descripción
Clase 4	Sólidos inflamables: materiales espontáneamente combustibles: y materiales peligrosos con la humedad
División 4.1	Sólidos inflamables
División 4.2	Materiales espontáneamente combustibles
División 4.3	Materiales que son peligrosos con la humedad
Clase 5	Oxidantes y peróxidos orgánicos
División 5.1	Oxidantes
División 5.2	Peróxidos orgánicos
Clase 6	Materiales venenosos e infecciosos
División 6.1	Materiales altamente venenosos (tóxicos)
División 6.2	Materiales venenosos (tóxicos)
División 6.3	Materiales etiológicos (infecciosos)
Clase 7	Materiales radioactivos
Clase 8	Materiales corrosivos
Clase 9	Materiales peligrosos diversos

Nota. Tomado de Decreto Ejecutivo 41 (2000)

H. Anexo H. Categorías de materiales peligrosos

Tabla H.1. Categorías de materias peligrosos y sus descripciones

Clase	Descripción
Clase 1	Explosivos
División 1.1	Materiales que presentan un riesgo de explosión de toda la masa (se extiende de manera prácticamente instantánea a la totalidad de la carga)
División 1.2	Materiales que presentan un riesgo de proyección, pero no un riesgo de explosión de toda la masa
División 1.3	Materiales que presentan un riesgo de incendio y un riesgo de que se produzcan pequeños efectos de onda de choque o proyección, o ambos efectos, pero no un riesgo de explosión de toda la masa. Se incluyen en esta división los siguientes materiales: <ol style="list-style-type: none"> a. Aquellos cuya combustión dan lugar a una radiación térmica considerable. b. Los que arden sucesivamente, con pequeños efectos de onda de choque o proyección, o con ambos efectos.
División 1.4	Materiales que no presentan ningún riesgo considerable
División 1.5	Materiales muy insensibles que presentan un riesgo de explosión de toda la masa
Clase 2	Gases: inflamables, no inflamables y venenosos
División 2.1	Gas inflamable Símbolo (llama) en blanco; fondo rojo y texto en blanco
División 2.2	Gas no inflamable Símbolo (cilindro de gas o bombona) en blanco, fondo verde y texto en blanco

Continúa...

Tabla H.1. *Categorías de materias peligrosas y sus descripciones (Continuación)*

Clase	Descripción
Clase 2	Gases: inflamables, no inflamables y venenosos
División 2.3	Gas venenoso (tóxico) Símbolo (calavera y tibias cruzadas) en negro, fondo blanco y texto negro
Clase 3	Líquidos
División 3.1	Líquidos con punto de inflamabilidad bajo
División 3.2	Líquidos con punto de inflamabilidad medio. Comprende los líquidos cuyo punto de inflamabilidad es igual o superior a 18 °C e inferior a 23 °C
División 3.3	Líquidos con punto de inflamabilidad elevado. Comprende los líquidos cuyo punto de inflamabilidad es igual o superior a 23 °C pero no superior a 61 °C
Clase 4	Sólidos inflamables
División 4.1	Sólidos inflamables Símbolo: llama en negro, fondo blanco con siete franjas rojas verticales y texto en negro
División 4.2	Materiales que pueden experimentar combustión espontánea Símbolo: llama en negro, fondo blanco (mitad superior), fondo rojo (mitad inferior) y texto en negro
División 4.3	Peligro en contacto con el agua o el aire Materiales que al contacto con el agua o con el aire, desprenden gases inflamables Símbolo: llama en blanco, fondo azul y texto en blanco

Continúa...

Tabla H.1. *Categorías de materias peligrosas y sus descripciones (Continuación)*

Clase	Descripción
Clase 5	Oxidantes y peróxidos orgánicos
División 5.1	<p>Oxidantes</p> <p>Materiales que sin ser necesariamente combustibles en si mismo, pueden, no obstante, liberando oxígeno o por procesos análogos, acrecentar el riesgo e incendio y otros materiales con los que entren en contacto o la intensidad con que estos arden.</p> <p>Símbolo: llama sobre un círculo en negro, fondo amarillo y texto en negro</p>
División 5.2	<p>Peróxidos orgánicos</p> <p>Son materiales térmicamente inestables que pueden experimentar una descomposición exotérmica autoacelerada. Además, presentan una o varias de las siguientes características:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Ser susceptibles de experimentar descomposición explosiva • Arder rápidamente • Ser sensibles al impacto o al frotamiento • Reaccionar peligrosamente con otras sustancias • Producir lesiones en los ojos
Clase 6	Materiales venenosos (tóxicos) e infecciosos
División 6.1	<p>Materiales venenosos. Grupo de peligro I y II. Materiales que pueden causar la muerte o pueden producir efectos gravemente perjudiciales para la salud del ser humano si se ingieren o se inhala o se entran en contacto con la piel.</p> <p>Símbolo: (calavera y tibias cruzadas) en negro, fondo blanco y texto en negro</p>

Nota. Tomado de Decreto Ejecutivo 41 (2000)

I. Anexo I. Rellenos de seguridad en el exterior del país

Tabla I.1. Rellenos de seguridad en Perú

N°	Denominación de la infraestructura de disposición final	Operador	TIPO DE INFRAESTRUCTURA		UBICACIÓN		
			Relleno sanitario	Celdas de seguridad	Departamento	Provincia	Distrito
1	Planta de tratamiento de residuos sólidos y relleno de seguridad en Lomas de Huatiana	Tower and Tower S.A., Chinchica, Ica		x	Ica	Chincha	Chincha Alta
2	Infraestructura de disposición final de residuos sólidos del ámbito de la gestión no municipal (residuos peligrosos)	ARPE E.I.R.L., La Brea, Talara, Piura		x	Piura	Talara	La Brea

Continúa...

Tabla I.1. Rellenos de seguridad en Perú (Continuación)

N°	Denominación de la infraestructura de disposición final	Operador	TIPO DE INFRAESTRUCTURA		UBICACIÓN		
			Relleno sanitario	Celdas de seguridad	Departamento	Provincia	Distrito
3	Relleno de Seguridad de Servicios y Relleno Sanitario Beraca E.I.R.L.	Servicios y Relleno sanitario Beraca EIRL, Pariñas, Talara, Piura		x	Piura	Talara	Pariñas
4	Relleno de Seguridad de BA Servicios Ambientales SAC	BA Servicios ambientales SAC, Pariñas, Piura		x	Piura	Talara	Pariñas

Continúa...

Tabla I.1. Rellenos de seguridad en Perú (Continuación)

N°	Denominación de la infraestructura de disposición final	Operador	TIPO DE INFRAESTRUCTURA		UBICACIÓN		
			Relleno sanitario	Celdas de seguridad	Departamento	Provincia	Distrito
5	Infraestructura de disposición final de residuos sólidos no municipales de Are Yaku Pacha SAC	Are Yaku Pacha S.A.C.		x	Piura	Piura	Catacaos
6	Planta de Tratamiento y Disposición Final de Residuos Industriales Peligrosos	TARIS S.A. (antes Befesa Perú S.A.), Chilca, Cañete, Lima		x	Lima	Cañete	Chilca

Nota. Ministerio del Ambiente-Dirección General de Gestión de Residuos Sólidos de Perú, 2020.

J. Anexo J. Representación Ilustrativa de cada RAEE

Tabla J.1. Ilustraciones de RAEE presentes en bodega

RAEE	Ilustración
CPU	
Monitores CRT	
UPS	

Continúa...

Tabla J.1. *Ilustraciones de RAEE presentes en bodega (Continuación)*

RAEE	Ilustración
Teclado	
Tester	
Impresora	

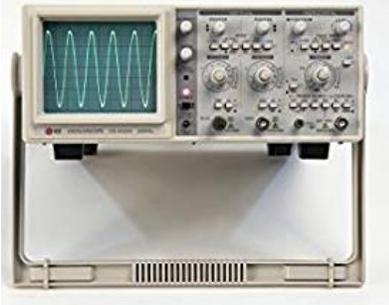
Continúa...

Tabla J.1. Ilustraciones de RAEE presentes en bodega (Continuación)

RAEE	Ilustración
Calorímetro	
Proyectores	
Generador	
Voltímetro	

Continúa...

Tabla J.1. *Ilustraciones de RAEE presentes en bodega (Continuación)*

RAEE	Ilustración
Baterías	
Distribuidor de Switch	
Osciloscopio de 20 MHz de doble trazo	
Escáner	

Continúa...

Tabla J.1. *Ilustraciones de RAEE presentes en bodega (Continuación)*

RAEE	Ilustración
Teléfono	
Bocinas	
Mouse	

Continúa...

Tabla J.1. *Ilustraciones de RAEE presentes en bodega (Continuación)*

RAEE	Ilustración
Televisor	
Aire acondicionado	
Audífono	

Continúa...

Tabla J.1. *Ilustraciones de RAEE presentes en bodega (Continuación)*

RAEE	Ilustración
Cafeteras	
Regulador de voltaje (estabilizador)	
Reproductor de video	

Continúa...

Tabla J.1. *Ilustraciones de RAEE presentes en bodega (Continuación)*

RAEE	Ilustración
Amplificador Dual	
Aparato Millikan Palmer	
Generador de onda	
Fax	

Continúa...

Tabla J.1. *Ilustraciones de RAEE presentes en bodega (Continuación)*

RAEE	Ilustración
Tóner	
Fotocopiadora	
Laptop	
Fuente de poder	

Continúa...

Tabla J.1. *Ilustraciones de RAEE presentes en bodega (Continuación)*

RAEE	Ilustración
Máquina de escribir eléctrica	
Radios	
Regleta	

Continúa...

Tabla J.1. Ilustraciones de RAEE presentes en bodega (Continuación)

RAEE	Ilustración
Ventilador	
Dispositivo de alimentación con tensión continua estabilizada	
Generador de señales	

K. Anexo K. Diseño de Entrevistas

Entrevistas dirigidas al personal de mantenimiento de instalaciones

1) Con qué frecuencia se manipulan los siguientes aparatos averiados o en desuso

Equipos / Dispositivos	Mensual	Trimestral	Semestral	Anual
Lámparas (Luminarias)				
Monitores				
Accesorios de computadora (teclado, mouse, parlantes, cpu)				
Aire acondicionado				
Proyectores				
Reguladores de voltaje				
Laptops				
Microondas				
Otros				

2) ¿Cómo se realizan los retiros de RAEE de las unidades generadoras hacia las bodegas?

- Retirar manualmente de la unidad generadora y se llevan manualmente a las bodegas
- Se lleva a algún punto y son trasladadas en carretillas o algún medio de transporte

- Son desarmados antes de llevarlos al almacenamiento
- Otra manera, especifique:

3) ¿Qué equipos de protección se utilizan?

Equipos / Dispositivos	Guantes	Botas	Gabacha	Gafas	Ninguno
Lámparas (Luminarias)					
Monitores					
Accesorios de computa-dora (tecla-do, mouse, parlantes, cpu)					
Aire acondi- cionado					
Proyectores					
Reguladores de voltaje					
Laptops					
Microondas					
Otros					

4 a) ¿Todo el personal de mantenimiento tiene acceso a las bodegas?

- Sí
- No

4 b) ¿Tiene su persona acceso a la bodega?

- Sí
- No

5) Con qué frecuencia se accede a las bodegas?

- a) ____ veces al día
- b) ____ veces a la semana
- c) ____ veces al mes
- d) ____ veces al año

6) ¿Se busca reparar los aparatos? ¿Cómo se reparan?

- Sí
- No

7) En caso que su respuesta sea sí, ¿Cómo se realiza la gestión?

- Queda a cargo del personal de mantenimiento
- Queda a cargo del jefe de mantenimiento
- Queda a cargo de la unidad financiera
- Otra unidad
- Desconoce

8) ¿Ha tenido alguna experiencia previa que le representó peligro durante el manejo de los RAEE?

Entrevistas dirigidas al personal técnico de mantenimiento de equipos

- 1) ¿Qué tipos de aparatos se buscan reparar?
- 2) ¿Con que frecuencia se realizan reparaciones?
 - e) ____ veces a la semana
 - f) ____ veces al mes
 - g) ____ veces al año
- 3) ¿Qué equipos de protección se utilizan?
- 4) ¿Existe un lugar fijo de reparación?
- 5) ¿Existe acumulación de residuos de aparatos eléctricos dentro del lugar asignado para reparación?
- 6) En caso que se averíen piezas, enumere las piezas que más se averían de mayor a menor.

No	Diagnóstico	¿Se sustituyen piezas?

- 7) ¿Hacia dónde son llevadas las piezas descartadas y los aparatos que no tienen reparación?
- 8) Generalmente, los aparatos que no se pudieron reparar:
 - a) Son separadas las piezas en buen estado para alargar la vida útil de otros aparatos mientras que el aparato averiado es enviado a almacenaje.
 - b) Se almacena sin separar las piezas, aunque probablemente algunas estén en buen estado.
 - c) Otros

9 a) En caso de manipular computadoras, mencione si se ha encontrado con alguno de los siguientes casos durante la manipulación de las computadoras:

- a. Presencia de sustancia líquida sobre los capacitores
- b. Polvo alrededor de los capacitores
- c. Inhalación de humo producidos por quemaduras en los cables de la placa
- d. Ruptura de lámparas presentes en monitores LCD
- e. Derrame de sustancia líquida en los monitores LCD
- f. Dispersión de polvo proveniente del interior de los monitores de tubo

9 b) En caso de manipular equipos de A/C, mencione si se ha encontrado con alguno de los siguientes casos durante la manipulación de aire acondicionado:

- a. Presencia de sustancia líquida sobre los capacitores dentro de la placa
- b. Polvo alrededor de los capacitores
- c. Inhalación de humo producidos por quemaduras en los cables de la placa
- d. Contacto directo con la piel del gas refrigerante dejando quemaduras
- e. Desprendimiento del gas refrigerante en lugares cerrados

L. Anexo L. Plan de Acción

Mediante la elaboración del presente trabajo de graduación se encontraron hallazgos de la inadecuada gestión de los RAEE en la FIA tanto en su manipulación, traslado, almacenamiento y gestión actual de estos residuos. Esta inadecuada gestión de acuerdo con la investigación bibliográfica se logró obtener información de los riesgos que esta puede llegar a tener tanto a la salud como al medio ambiente.

Como primera instancia, se considera de vital importancia que los aparatos almacenados hasta la fecha (por sus condiciones y grandes cantidades que se encuentran), sean retirados dentro de las instalaciones de la facultad, y sean entregadas a empresas autorizadas dentro del país. De este modo se pueda liberar también espacios y poseer cantidades de RAEE que puedan ser fácilmente gestionadas en la infraestructura propuesta.

Para el retiro de los RAEE se debe seguir con el siguiente procedimiento:

- i) Entrega de inventarios de los aparatos a entregar a la empresa gestora autorizada.
- ii) Realización de inspección de parte de la empresa gestora para verificar el estado los aparatos y dar una oferta.
- iii) Si la oferta es aceptada, la empresa gestora realiza la recolección de los aparatos hacia camiones con condiciones adecuadas para el traslado.
- iv) Solicitar un comprobante que garantice que los aparatos entregados fueron gestionados adecuadamente dentro de la empresa.

a) Primer Medida: Elaboración de Políticas relacionadas a la Gestión de los RAEE

Para poder implementar las alternativas propuesta en el presente trabajo, se cree que se tienen que hacer políticas o realizar reformas en las políticas de la Facultad de Ingeniería y Arquitectura de la Universidad de El Salvador orientadas a:

- a) La prolongación de la vida útil de los AEE siempre que sea económicamente factible.

- b) Permitir el uso de componentes de RAEE ya averiados los cuales no es económicamente factible su reparación para reparar otros AEE y prolongar su vida útil, para lo cual se debe llevar un registro de estas actividades.
- c) El uso de servicios de gestores autorizados de RAEE por el MARN para la gestión adecuada de estos residuos.

b) Segunda Medida: Informar al personal Administrativo y Docente de la magnitud del problema

Una de las principales razones por la cual se realiza la inadecuada gestión de los RAEE en la FIA es la desinformación de los riesgos que implican la mala gestión de estos residuos por lo cual se debe de realizar capacitaciones con el propósito de informar a los actores involucrados acerca de los riesgos que conlleva la inadecuada manipulación, almacenamiento y gestión de los RAEE; la normativa aplicable a la gestión de RAEE en El Salvador.

Para esta medida se pueden utilizar los servicios del CNPML (Consejo Nacional de Producción Más Limpia).

También, se cree que es importante que el cuerpo estudiantil también reciba sesiones informativas acerca de esta problemática. Ya que esto promovería una mejor cultura en el país ya que se estaría informando de la problemática a futuros profesionales que estarán en diferentes sectores de la Industria.

c) Tercera Medida: Separar los RAEE de otros bienes inmuebles

Mediante el presente trabajo de graduación se recabo evidencia de que al almacenar los RAEE:

1. No se hace ninguna distinción de estos y otros bienes en desuso
2. No se tiene ningún cuidado al poner los RAEE en la bodega de almacenamiento
3. La bodega de almacenamiento actual de los RAEE en la FIA no tiene las condiciones necesarias para el almacenamiento de estos (exposición a la intemperie, falta de iluminación, etc.)

Por todo lo mencionado anteriormente y por la naturaleza de los RAEE (residuos peligrosos): se debe asignar un lugar de almacenamiento exclusivo para estos bienes en desuso que reúna las condiciones necesarias para el almacenamiento de estos residuos.

d) Cuarta Medida: Proporcionar el Equipo de Protección Personal adecuado al personal que manipula directamente los AEE averiados o RAEE

En el caso de la FIA con la investigación de campo fue posible el identificar los actores que manipulan directamente los AEE averiados o los RAEE (en el caso que ya no sea económicamente factible la reparación de estos aparatos) a los cuales se les debe proporcionar de la indumentaria apropiada para realizar sus labores.

Durante la investigación mediante las entrevistas el personal encargado.

M.**Anexo M. Resolución del MARN**

A Continuación, se presenta la resolución de MARN en la cual se mencionan el permiso ambiental que tiene ALMACENAMIENTO TODO VERDE para almacenamiento de algunos RAEE.

**RESOLUCIÓN MARN-No R-13366-170/2009**

Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales, San Salvador, tres de febrero de dos mil nueve. Vistas las diligencias promovidas por la señorita ZINTI DEL ROSARIO CORDOVA FLAMENCO, en las que solicita Permiso Ambiental para el proyecto "ALMACENAMIENTO TODO VERDE" que consiste en el almacenamiento de residuos y desechos peligrosos identificados como: Baterías plomo/ácido usadas, baterías de mercurio, baterías níquel/cadmio vencidas, Baterías para computadoras, enseres eléctricos y/o electrónicos usados; que se realizará en una bodega a construir, la cual ocupará un área de 93.7 metros cuadrados, ubicada en Antigua Calle a San Nicolás Lempa, Cantón San Antonio Achichilquito, municipio y departamento de San Vicente. EL ÓRGANO EJECUTIVO en el Ramo de Medio Ambiente y Recursos Naturales;

CONSIDERANDO QUE:

- I. Se ha recibido la documentación presentada por la señorita ZINTI DEL ROSARIO CORDOVA FLAMENCO, quien en adelante se llamará el Titular, la cual ha sido analizada por el equipo técnico de la Dirección General de Gestión Ambiental, que ha otorgado Dictamen Técnico Favorable;
- II. Se ha determinado que no se requiere realizar medidas ambientales, de acuerdo a la actividad indicada en la solicitud de almacenamiento; en consecuencia, no es necesario rendir fianza de cumplimiento respectiva (artículo 29 de la Ley del Medio Ambiente); y,
- III. Se ha cumplido lo establecido en el artículo 60 de la Ley del Medio Ambiente;

POR TANTO;
RESUELVE,

- I. Otorgar el Permiso Ambiental al proyecto "ALMACENAMIENTO TODO VERDE", para el almacenamiento de los residuos y desechos peligrosos de acuerdo al detalle siguiente:

Cuadro 1. Residuo peligroso a almacenar

No	Nombre del residuo	Nombre Químico
1	Baterías ácido plomo usadas	Baterías plomo/ácido usadas.
2	Baterías Níquel/Cadmio; Baterías de mercurio (vencidas), dispositivos eléctricos, electrónicos u otros desechos conteniendo mercurio y metales pesados; Baterías de teléfonos celulares, pantallas de computadoras.	Baterías de mercurio, Baterías níquel/cadmio vencidas.
3	Componentes eléctricos y/o electrónicos tales como: Partes de computadoras, otros enseres eléctricos y/o electrónicos, incluyendo cartuchos de tinta, toner y otros insumos para impresoras y fotocopiadoras.	Baterías para computadoras, enseres eléctricos y/o electrónicos usados.

RE. SOLUCIÓN MARN-No R-13366-1 70/2009

2. El área total del inmueble es de 33,693.72 metros cuadrados, de los cuales el proyecto ocupará 4,500 metros cuadrados.
3. El área a ser utilizada para el almacenamiento de los residuos y desechos peligrosos equivale al 2.08% del total del área del proyecto.
4. La etapa de construcción no representa riesgos ambientales negativos significativos. Solamente se finalizará la construcción de una bodega de 93.7 metros cuadrados aproximadamente, con piso impermeabilizado.
5. Durante la etapa de funcionamiento pueden ocurrir derrames de soluciones ácidas o básicas, o de materiales sólidos conteniendo metales pesados. Se realizará el manejo seguro de los materiales, de conformidad a lo indicado en las hojas de seguridad de las sustancias y se contará con una canaleta y un tanque para almacenamiento de las aguas residuales provenientes de un eventual derrame, las cuales serán debidamente neutralizadas y dispuestas en sitio autorizado por autoridad competente.
6. El sitio para el almacenamiento será en una bodega a construir, la cual ocupará un área de 93.7 metros cuadrados, el resto del área se destinará a la zona de protección y área verde ecológica; ubicada en Antigua Calle a San Nicolás Lempa, Cantón San Antonio Achichilquito, municipio y departamento de San Vicente.
7. Se acondicionará una sección de la bodega para el almacenamiento de baterías de mercurio y otros componentes eléctricos, baterías níquel-cadmio y componentes electrónicos, tales como teléfonos celulares, baterías de computadoras, pantallas y otras partes de computadoras, enseres eléctricos y electrónicos, cartuchos de tinta, toner y otros insumos para impresoras y fotocopiadoras y otros desechos conteniendo metales pesados.
8. El volumen de baterías automotrices se estima en 10 metros cúbicos, equivalentes a un promedio de 1,500 baterías usadas (21.8 toneladas aproximadamente).
9. La cantidad a almacenar de residuos eléctricos y/o electrónicos se estima en un máximo de 20 toneladas.
10. De no existir almacenadas baterías ácido plomo usadas, se dispondrá del total de la capacidad de la bodega para el almacenamiento de las otras baterías y artículos electrónicos.
11. El almacenamiento de los materiales será en forma temporal, mientras se determinan alternativas de recuperación, reciclaje o disposición final, por lo que no se realizará eliminación de desechos en el sitio.
12. Esta Resolución no exige al Titular, de obtener los permisos de las autoridades competentes relacionadas con el almacenamiento de los referidos residuos y desechos peligrosos.



RESOLUCIÓN MARN No R-13366-170/2009

13. Es responsabilidad del Titular, corregir cualquier impacto negativo significativo originado por la actividad a realizar;
14. Las cantidades de los residuos y/o desechos peligrosos almacenados deberá ser acorde a la capacidad de almacenamiento de la bodega bajo condiciones adecuadas, de forma de prevenir riesgos o accidentes con los materiales peligrosos;
15. Es responsabilidad del Titular de la actividad, el tramitar el correspondiente permiso ambiental si se requiere el almacenamiento de otros materiales peligrosos, de conformidad a lo establecido en los artículos 21 y 60 de La Ley del Medio Ambiente;
16. Toda gestión relacionada al almacenamiento y manejo de los residuos y/o desechos peligrosos indicados en el Cuadro 1, deberán cumplir con lo establecido en el Reglamento Especial en Materia de Sustancias, Residuos y Desechos Peligrosos;
17. El titular deberá notificar a este Ministerio la finalización de la construcción de la bodega y presentar informes anuales de las cantidades de residuos y desechos peligrosos almacenados y sus alternativas de manejo empleadas: recuperación, reciclaje y disposición final;
18. Todo envase y/o embalaje destinado a almacenar, los residuos y/o desechos peligrosos deberá contar con la etiqueta correspondiente (Art. 71, Reglamento Especial en Materia de Sustancias, Residuos y Desechos Peligrosos). Entre la información presentada en la etiqueta se debe incluir, como mínimo: nombre del fabricante; nombre del producto; clasificación de riesgo del residuo o desecho; e información técnica y medidas de seguridad generales que aseguren un manejo ambientalmente adecuado;
19. El Titular, en calidad de declaración jurada, manifiesta su responsabilidad en el uso, manejo y almacenaje de los residuos o desechos peligrosos.
 - a. Se deberá contar con los respectivos equipos para la extinción de incendios y con las medidas para implementar el Plan de Contingencias, acorde a la naturaleza del residuo peligroso almacenado, incluyendo las medidas de prevención de riesgos y accidentes relacionados con los materiales peligrosos mencionados en el Cuadro 1.
 - b. Es responsabilidad del Titular asegurar que el personal que maneja, transporta o utiliza los materiales peligrosos:
 - Cuente con y utilice el equipo de protección personal adecuado a la naturaleza de los materiales peligrosos.
 - Esté capacitado en las medidas de seguridad para el manejo y disposición final de los materiales y la atención de accidentes o contingencias.
 - El personal tenga acceso a las Hojas de Seguridad de los materiales peligrosos en castellano.



RESOLUCIÓN MARN-No R-133-66-170/2009

20. El incumplimiento a lo establecido en esta Resolución faculta a este Ministerio para iniciar el Procedimiento Administrativo Sancionatorio correspondiente.

La presente Resolución entrará en vigencia a partir del día de su notificación.
COMUNIQUESE.- INGENIERO ROBERTO ALFONSO ESCALANTE CACEROS
VICEMINISTRO-----



[Handwritten signature]

[Handwritten signature]
Lic. Francisco Antonio Perdomo Lino
Dirección General de Gestión Ambiental

[Handwritten signature]
Lic. Atilio Ramírez Amaya
Dirección General de Asuntos Jurídico

N. Anexo N. Formatos

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

FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA – UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR			
NOMBRE DE LA UNIDAD TÉCNICA			
FORMATO PARA ENVÍO DE INFORMACIÓN A UNIDADES GENERADORAS			
UNIDAD GENERADORA	FECHA DE RECEPCIÓN	APARATO ELÉCTRICO Y ELECTRÓNICO	CÓDIGO DE INVENTARIO
TIPO DE GESTIÓN			
OBSERVACIONES			

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

FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA – UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR					
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 N.3. *Formato de Registro de Recargas de Gases Refrigerantes*

FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA – UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR						
FORMATO DE REGISTRO DE RECARGAS DE GASES REFRIGERANTES						
UNIDAD	FECHA DE RECARGA	TIPO DE REFRIGERANTE	CANTIDAD	PROVEEDOR	RESPONSIBLE DE LA RECARGA	FIRMA

O. Anexo O. Equipo de Protección Personal

Tabla O.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					
Computadoras					

Continúa...

Tabla O.1. *Equipo de Protección Personal para manejo de RAEE (Continuación)*

RAEE/Equipo de Protección	Guante de carnaza	Guante de caucho	Guante de nitrilo	Gafas protectoras	Mascarilla
Impresoras					
Aire Acondicionado	 (evitar quemaduras por fugas de gases)	 (derrame de condensadores)			

P. Anexo P. Ruta de Evacuación

En la Figura 28 se presenta una ruta de evacuación en el croquis de la propuesta de infraestructura.

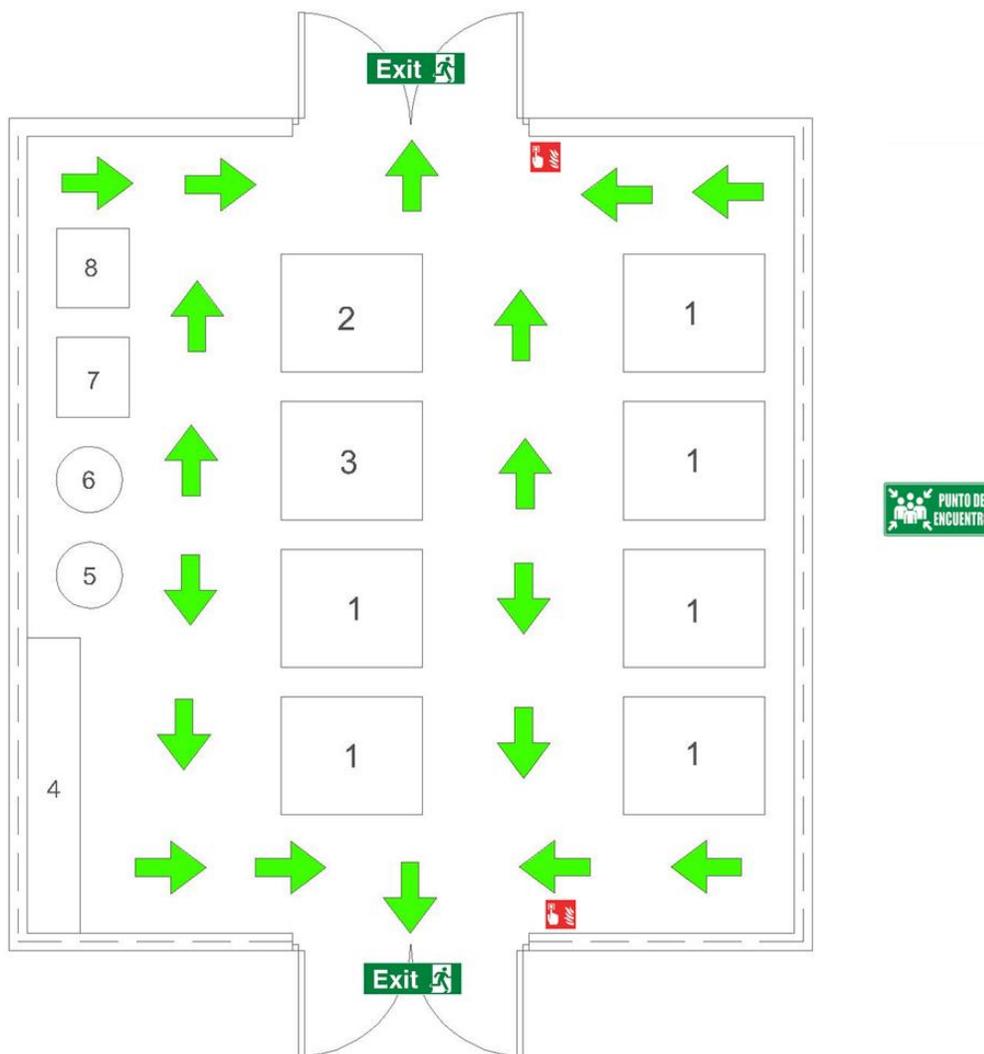


Figura P.1 Ruta de Evacuación

Q. Anexo Q. Fichas Técnicas de Extintores

FICHA TÉCNICA DE EXTINTOR DE POLVO QUÍMICO

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



Figura Q.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 termoconvertible, 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 termoconvertible,
- 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 $+55^{\circ}\text{C}$

Presión de trabajo: 1.4 MPa

Presión de ensayo: 3.5 MPa

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

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

Especificación	
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 ^a 60B:C
Alcance	6-7 m
Tiempo de descarga	18 s
Norma IRAM	3523
Tipo de fuego	ABC

FICHA TÉCNICA DE EXTINTOR A BASE DE NaCl

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



Figura Q.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 P.2 se tiene una representación gráfica de un extintor Clase D de NaCl.

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

Especificación	
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

R. Anexo R. Procedimiento de Lavado para superficies con PCB

Para superficies, recipientes que hayan estado en contacto con residuos que contengan PCB's es necesario que se realice el procedimiento de doble lavado/aclarado que a Continuación se describe es tomado del código de regulaciones federales de la Agencia de Protección Ambiental de Estados Unidos (EPA) del Título 40-Capítulo I-Subcapítulo R-Parte 761.

El procedimiento de doble lavado/aclarado incluye dos pasos de lavado y dos pasos de aclarado. Los dos pasos de lavado y enjuague son ligeramente diferentes dependiendo de si una superficie contaminada estaba relativamente limpia antes del derrame, o si la superficie estaba recubierta o cubierta con polvo, suciedad, mugre, grasa u otro material absorbente.

Los equipos de limpieza a utilizar deben ser estropajos y almohadillas absorbentes que no se disuelvan con los solventes o limpiadores utilizados de naturaleza desengrasante, y que no dejen fragmentos visibles en la superficie. Los estropajos y las almohadillas absorbentes que se usan para lavar las superficies contaminadas no deben reutilizarse. Los estropajos y las almohadillas absorbentes que se usan en el segundo enjuague de las superficies contaminadas se pueden reutilizar para lavar las superficies contaminadas. Se debe capturar y contener todos los solventes y limpiadores para su reutilización, descontaminación o eliminación.

Limpieza previa de la superficie.

Si hay líquido visible que contiene PCB en la superficie que se va a limpiar, se debe limpiar o trapear bien toda la superficie con papel o paño absorbente hasta que no se observe líquido en la superficie.

Requisitos específicos para superficies relativamente limpias.

Para superficies que no parezcan polvorientas o sucias antes de un derrame, como vidrio, superficies de automóviles, concreto recién vertido y superficies de escritorio, usar los procedimientos de doble lavado/enjuague de esta sección.

a) Primer lavado. Cubrir toda la superficie con un solvente orgánico en el que los PCB sean solubles al menos en un 5 por ciento en peso. Contener y recoger cualquier solvente de escurrería para su eliminación. Frotar las superficies ásperas con un cepillo o un estropajo desechable y un solvente de modo que cada 900 cm² (1 pie cuadrado) de la superficie esté siempre muy húme-

do durante 1 minuto. Limpiar las superficies lisas con una almohadilla absorbente desechable empapada en solvente de modo que cada 900 cm² (1 pie cuadrado) se limpie durante 1 minuto. Cualquier superficie menor a 1 pie cuadrado también deberá limpiarse durante 1 minuto. Limpiar, trapear y/o absorber el solvente sobre material absorbente hasta que no queden rastros visibles del solvente.

b) Primer enjuague. Humedecer la superficie con solvente de enjuague limpio de modo que toda la superficie esté muy húmeda durante 1 minuto. Drenar y contener el solvente de la superficie. Limpiar el solvente residual de la superficie drenada con una almohadilla absorbente desechable limpia hasta que no se observa líquido en la superficie.

c) Segundo lavado. Repetir los procedimientos del inciso a de esta sección. Es posible utilizar el solvente del primer enjuague (del inciso b de esta sección).

d) Segundo enjuague. Repetir los procedimientos del inciso b de esta sección.

Requisitos específicos para superficies revestidas o cubiertas con polvo, suciedad, mugre, grasa u otro material absorbente.

a) Primer lavado. Cubrir toda la superficie con detergente concentrado o de grado industrial o una solución de surfactante no iónico. Seguir el procedimiento Contener y recoger todas las soluciones de limpieza para su correcta eliminación. Fregar las superficies ásperas con un cepillo para fregar o una almohadilla para fregar, agregando solución de limpieza de modo que la superficie esté siempre muy húmeda, de modo que cada 900 cm² (1 pie cuadrado) se lave durante 1 minuto. Limpiar las superficies lisas con una almohadilla absorbente desechable empapada en solución de limpieza de manera que cada 900 cm² (1 pie cuadrado) se limpia durante 1 minuto. Lavar cualquier superficie <1 pie cuadrado durante 1 minuto. Trapear o absorber la solución limpiadora residual y la espuma con una almohadilla absorbente limpia y desechable hasta que la superficie parezca seca. Esta limpieza debe eliminar cualquier resto de suciedad, polvo, mugre u otros materiales absorbentes que hayan quedado en la superficie durante el primer lavado.

b) Primer enjuague. Enjuague la solución de lavado con 1 galón de agua limpia por pie cuadrado y capture el agua de enjuague. Limpie la superficie húmeda con una almohadilla absorbente limpia y desechable hasta que la superficie parezca seca.

c) Segundo lavado. Seguir el procedimiento del inciso c) del procedimiento para superficies relativamente limpias.

d) Segundo enjuague. Seguir el procedimiento del inciso d) del procedimiento para superficies relativamente limpias.