



**UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA CENTROAMERICANA**

**FACULTAD DE INGENIERÍA**

**PROYECTO DE INVESTIGACIÓN**

**PROPUESTA DE GUÍA PARA LA DISPOSICIÓN FINAL DE EQUIPO MÉDICO BASADO EN  
ESTUDIO DIAGNÓSTICO EN DOS HOSPITALES DE SAN PEDRO SULA, 2022**

**PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO**

**INGENIERO EN BIOMÉDICA**

**PRESENTADO POR:**

**21751065 CLAUDIA LUCÍA FLORES PÉREZ**

**ASESOR: REYNA VALLE**

**CAMPUS SAN PEDRO SULA; OCTUBRE, 2022**

## **DEDICATORIA**

*A mi razón de ser, las personas a quienes más amo en el mundo entero:*

*mis padres, Mario René y Claudia Ciloé.*

*Sé que con su apoyo incondicional puedo lograr todo lo que me proponga.*

*Son y siempre serán mi mayor inspiración y ejemplo a seguir.*

*Cada uno de mis logros siempre serán más suyos que míos.*

## **AGRADECIMIENTOS**

A Dios, por guiarme en cada etapa de mi carrera universitaria y darme la sabiduría para superar cada obstáculo.

A mis padres, por hacer de mi educación y formación integral su prioridad, por sus esfuerzos para ayudarme a lograr mis metas, por sus consejos y los valores que me han inculcado, y por enseñarme la importancia de la fe y depositar todo en las manos de Dios.

A mi hermana, Ana Lucía, por siempre acompañarme, motivarme, y ser una inspiración para dar lo mejor de mí.

A mis amigos, especialmente Mariana, por sus consejos, los buenos recuerdos y su ayuda incondicional.

A mi asesora metodológica, la Ingeniera Reyna Elizabeth Valle, por su apoyo y paciencia ilimitada. Por su mentoría, su apoyo incondicional, y creer en mi potencial.

## RESUMEN EJECUTIVO (ESPAÑOL)

La gestión de la tecnología médica involucra el proceso desde la planeación y evaluación de la adquisición de un equipo médico, hasta la baja de servicio y eliminación, siguiendo el ciclo de vida establecido para los mismos. Cuando este ciclo de vida acaba, es necesario realizar la disposición final de la tecnología médica de manera responsable. El presente proyecto de investigación se llevó a cabo en el Hospital Nacional Mario Catarino Rivas y el Hospital Leonardo Martínez Valenzuela, ambas instituciones públicas dirigidas por la Secretaría de Salud de Honduras, con el fin de inspeccionar, evaluar y analizar el proceso actual de descarte y disposición final de los equipos médicos y de gestión de los residuos de aparatos electrónicos y eléctricos (RAEE). El estudio posee un enfoque mixto con el fin de recolectar datos cuantitativos y cualitativos por medio de entrevistas y conteos de elementos claves. Entre los hallazgos de la investigación se encuentra el hecho que el 100% de los equipos descartados por ambos hospitales contienen retardantes de fuego bromados (RBF) y PVC, sustancias químicas dañinas que conllevan riesgos para el cuerpo humano. Se desarrolló la propuesta de una guía basada en un estudio diagnóstico que brinde los lineamientos para la correcta disposición final de equipos médicos, siendo un punto de partida para la estandarización y cumplimiento de buenas prácticas de este proceso a nivel nacional. Al comparar las debilidades de los hospitales con respecto a este proceso, contra los beneficios que brinda la guía, se comprueba la necesidad de dicho documento.

**Palabras clave:** *Ciclo de vida, disposición final, gestión de la tecnología médica, RAEE*

## RESUMEN EJECUTIVO (INGLÉS)

Health technology management involves the process from the planning and evaluation of the acquisition of medical equipment, to the decommissioning and disposal, following the life cycle established for them. When this life cycle ends, it is necessary to carry out the final disposal of medical technology in a responsible manner. This research project was carried out at the Mario Catarino Rivas National Hospital and the Leonardo Martínez Valenzuela Hospital, both public institutions run by the Honduran Ministry of Health, in order to inspect, evaluate and analyze the current process of discarding and final disposal of medical equipment and the management of waste electronic and electrical equipment (WEEE). The study has a mixed approach in order to collect quantitative and qualitative data through interviews and key element counts. Among the findings of the investigation was the fact that 100% of the equipment discarded by both hospitals contained brominated flame retardants (RBF) and PVC, harmful chemicals that may lead to risks to the human body. A proposal was developed for a guide based on a diagnostic study to provide guidelines for the correct final disposal of medical equipment, as a starting point for standardization and compliance with good practices in this process at the national level. Comparing the weaknesses of the hospitals with respect to this process, against the benefits provided by the guide, the need for such a document is proven.

**Keywords:** *Final disposal, life cycle, medical technology management, WEEE*

## ÍNDICE DE CONTENIDO

I.	Introducción.....	1
II.	Planteamiento del Problema .....	2
2.1	Precedentes del problema .....	2
2.2	Definición del problema.....	4
2.3	Justificación.....	4
2.4	Preguntas de investigación.....	5
2.5	Objetivos .....	5
2.5.1	Objetivo General.....	5
2.5.2	Objetivos Específicos.....	5
III.	Marco Teórico.....	6
3.1	Análisis de Situación Actual .....	6
3.2	Análisis del Macroentorno .....	7
3.2.1	Guías, políticas y normativas .....	7
3.2.2	Manejo de raee .....	12
3.3	Análisis de microentorno.....	16
3.3.1	Manejo de RAEE.....	16
3.3.2	Marco Legal Nacional sobre RAEE .....	17
3.3.3	Dirección Nacional de Bienes del Estado .....	18
3.4	Instituciones De Análisis Interno.....	19
3.4.1	Hospital Nacional Mario Catarino Rivas .....	19
3.4.2	Hospital Leonardo Martínez.....	20

3.5	Teorías de sustento.....	20
3.5.1	Manual de procedimientos para evaluación y disposición final de la tecnología biomédica en la empresa tecnoclínica Ltda, colombia.....	21
3.5.2	Lineamientos Técnicos para el Manejo de Residuos de Aparatos Eléctricos y Electrónicos, Colombia .....	21
3.5.3	Buenas Prácticas en la Gestión de los Residuos de Aparatos Eléctricos y Electrónicos.....	22
3.5.4	Residuos Eléctricos y Electrónicos (RAEE) .....	22
3.5.5	Ciclo de vida de los dispositivos médicos.....	22
3.5.6	Desmantelamiento.....	23
3.5.7	Métodos empleados para la disposición final.....	27
IV.	Metodología.....	28
4.1	Enfoque .....	28
4.2	Variables.....	29
4.2.1	Criterios .....	29
4.2.2	Proceso de disposición final.....	29
4.2.3	Estado físico y operacional .....	29
4.2.4	Impacto ambiental .....	30
4.3	Hipótesis.....	30
4.4	Técnicas e Instrumentos Aplicados.....	30
4.4.1	Revisión de literatura .....	30
4.4.2	Entrevistas y cuestionarios .....	31
4.4.3	Microsoft Excel.....	31
4.5	Materiales .....	31
4.6	Metodología de estudio.....	32

4.6.1	Etapa 1: Recolección de Datos .....	32
4.6.2	Síntesis de Datos.....	32
4.6.3	Evaluación de Necesidades.....	33
4.6.4	Diseño de la Guía.....	33
4.7	Cronograma.....	36
V.	Resultados y Análisis.....	37
5.1	Variables de Investigación.....	37
5.1.1	Criterios de Descarte .....	37
5.1.2	Proceso de Disposición Final.....	38
5.1.3	Estado físico y operacional .....	40
5.1.4	Impacto ambiental.....	42
5.2	Panorama General.....	48
5.2.1	Conocimiento del Personal.....	48
5.2.2	Gestión de Espacio Físico .....	51
5.2.3	Dependencia de DNBE .....	55
5.2.4	Costos e Ingresos .....	55
5.2.5	Contraste entre los hospitales .....	57
VI.	Conclusiones .....	58
VII.	Recomendaciones.....	59
VIII.	Aplicabilidad / Implementación.....	60
IX.	Evolución de Trabajo Actual.....	88
X.	Anexos.....	89
	Anexo 1: Encuesta sobre conocimiento del personal.....	89
	Anexo 2: Entrevista.....	89
	Anexo 3: Almacenamiento de Equipos Médicos en HMCR.....	90



Anexo 4: Almacenamiento de Equipos Médicos en HLMV .....	93
Anexo 5: Formato de Solicitud de Descargo de Bienes.....	96
XI. Bibliografía.....	1

## ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

Figura 1: Curva de Progreso Tecnológico.....	3
Figura 2: Curva de Uso de la Tecnología Médica.....	3
Figura 3: Vías de exposición causados por los vertidos a la intemperie.....	7
Figura 4: Disposición final de los materiales no aprovechables.....	9
Figura 5: Situación de los residuos electrónicos en América en 2019.....	13
Figura 6: Situación de los residuos electrónicos en Europa en 2019.....	14
Figura 7: Proyección de generación de residuos electrónicos en todo el mundo de 2019 a 2030 (en millones de toneladas métricas).....	15
Figura 8: Flujo de residuos electrónicos en el mundo en 2018, por método de eliminación..	16
Figura 9: Jerarquía de los entes de interés.....	19
Figura 10: Ciclo de vida de los dispositivos médicos.....	23
Figura 11: Esquema de enfoque metodológico.....	28
Figura 12: Variables de Investigación.....	29
Figura 13: Etapas de la metodología de estudio.....	32
Figura 14: Criterios para el descarte de equipo médico.....	38
Figura 15: Síntesis del Proceso para Descargo de Equipo Médico.....	39
Figura 16: Proceso para disposición final de equipos médicos.....	40
Figura 17: Porcentaje de presencia de sustancias químicas peligrosas en los equipos médicos del HNMCR.....	45
Figura 18: Porcentaje de presencia de sustancias químicas peligrosas en los equipos médicos del HLMV.....	47
Figura 19: Porcentaje del personal de Bienes Nacionales que conoce la documentación legal.....	48

Figura 20: Porcentaje del personal de BN que conoce alguna guía o manual que indique el proceso de disposición final .....	49
Figura 21: Porcentaje del personal de Bienes Nacionales que conoce los efectos adversos de los componentes electrónicos .....	49
Figura 22: Porcentaje del personal de BN que ha recibido capacitaciones sobre la disposición final de equipo médico .....	50
Figura 23: Tipo de almacenamiento para equipo descartado en HNMCR .....	51
Figura 24: Tipo de almacenamiento para equipo descartado en HLMV .....	52
Figura 25: Debilidades de los espacios de almacenamiento .....	53
Figura 26: Propuesta de proceso de disposición final de equipo médico descentralizado .....	55
Figura 27: Desglose de costo histórico total por hospital .....	56
Figura 28: Equipos descartados HNMCR – A.....	90
Figura 29: Equipos descartados HNMCR – B.....	90
Figura 30: Equipos descartados HNMCR – C.....	91
Figura 31: Equipos descartados HNMCR – D .....	91
Figura 32: Equipos descartados HNMCR – E.....	92
Figura 33: Equipos descartados HNMCR – F.....	92
Figura 34: Equipos descartados HLMV – A.....	93
Figura 35: Equipos descartados HLMV – B.....	93
Figura 36: Equipos descartados HLMV – C.....	94
Figura 37: Equipos descartados HLMV – D .....	94
Figura 38: Equipos descartados HLMV – E.....	95
Figura 39: Equipos descartados HLMV – F.....	95

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Matriz metodológica.....	33
Tabla 2: Operacionalización de variables.....	34
Tabla 3: Cronograma .....	36
Tabla 4: Equipos médicos almacenados.....	41
Tabla 5: Sustancias químicas peligrosas encontradas en los equipos médicos.....	42
Tabla 6: Equipos Médicos por ser descargados en HLMV .....	43
Tabla 7: Presencia de sustancias químicas peligrosas en los EMD del HNMCR .....	44
Tabla 8: Equipos Médicos por ser descargados en HLMV .....	46
Tabla 9: Presencia de sustancias químicas peligrosas en los EMD del HLMV .....	46
Tabla 10: Áreas de almacenamiento en los hospitales .....	54
Tabla 11: Comparación entre hospitales.....	57

## ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1: Encuesta sobre conocimiento del personal .....	89
Anexo 2: Entrevista.....	89
Anexo 3: Almacenamiento de Equipos Médicos en HMCR.....	90
Anexo 4: Almacenamiento de Equipos Médicos en HLMV .....	93
Anexo 5: Formato de Solicitud de Descargo de Bienes.....	96

## LISTA DE SIGLAS Y GLOSARIO

### SIGLAS

**AEE** Aparatos eléctricos y electrónicos

**DNBE** Dirección Nacional de Bienes del Estado

**EMD** Equipos Médicos Descartados

**HLMV** Hospital Leonardo Martínez Valenzuela

**HNMCRC** Hospital Nacional Mario Catarino Rivas

**RAEE** Residuos de Aparatos eléctricos y electrónicos

**RBF** Retardantes de Fuego Bromados

**OMRE** Observatorio Mundial de Residuos Electrónicos

**OMS** Organización Mundial de la Salud

**ISP** Información de Salud de Paciente

**UE** Naciones Unidas (por sus siglas en inglés)

**HIPAA** Ley de Portabilidad y Responsabilidad de los Seguros Médicos (por sus siglas en inglés)

**SESAL** Secretaría de SALUD

### GLOSARIO

- 1. Aparatos electrónicos:** Todos los aparatos que para funcionar necesitan corriente eléctrica o campos electromagnéticos y que son destinados a ser utilizados con una tensión nominal no superior a 1.000V en corriente alterna y 1.500V en corriente continua (Directiva Europea EU, 2019).
- 2. Bienes:** Los bienes consisten en cosas corporales que pueden transportarse de un lugar a otro (Código Civil de Honduras).
- 3. Ciclo de vida:** Todas las fases de la vida de un dispositivo o aparato, desde su concepción hasta su desmantelamiento y eliminación (OMS, 2019).
- 4. Descarte:** Retirada de productos sanitarios del sistema de atención sanitaria sobre la base de pruebas de que son clínicamente ineficaces, inseguros, inapropiados o no rentables (OMS, 2019). *Nota:* Los términos descarte y desmantelamiento serán usados

de manera intercambiable, ya que, a nivel nacional, en los hospitales se le llama *descarte* al proceso que la OMS y otras normativas internacionales definen como *desmantelamiento*.

**5. Equipo médico:** Todo instrumento, aparato, implemento, máquina, artefacto, implante, reactivo para uso in vitro, software, material u otro artículo similar o afín destinado por el fabricante a ser utilizado, solo o en combinación, en seres humanos, para uno o varios de los fines específicos de:

- diagnóstico, prevención, seguimiento, tratamiento o alivio de una enfermedad
- el diagnóstico, el seguimiento, el tratamiento, el alivio o la compensación de una lesión
- la investigación, la sustitución, la modificación o el apoyo de la anatomía o de un proceso fisiológico
- el apoyo o el mantenimiento de la vida
- el control de la concepción
- la desinfección de productos sanitarios
- el suministro de información mediante el examen in vitro de especímenes derivados del cuerpo humano (OMS, 2019).

**6. Disposición final:** Entierro, depósito, descarga, vertido, colocación o liberación intencionada de cualquier material de desecho en el aire, la tierra o el agua sin intención de recuperarlo (OMS, 2019).

**7. Residuos electrónicos RAEE:** Todo tipo de equipo eléctrico y electrónico y sus componentes que hayan sido desechados por sus propietarios como residuos sin intención de reutilizarlos (Iniciativa StEP, 2014).

## I. INTRODUCCIÓN

Las autoridades de cada hospital tienen la responsabilidad de gestionar su tecnología médica de la manera más eficiente posible, teniendo como objetivo optimizarlos y garantizar que cada equipo médico que esté ocupando espacio físico en sus instalaciones este trabajando óptimamente y que cumpla con su respectiva función. Los equipos médicos cuentan con una vida útil específica, y una vez esta caduca, estos ya no pueden cumplir con dichas funciones dentro de las diversas áreas del hospital. Es necesario conocer este ciclo de vida útil para comprender como la tecnología se va depreciando, lo que eventualmente resulta en el desmantelamiento de los equipos médicos.

El desmantelamiento tiene como finalidad la disposición final, lo que inevitablemente convierte a los equipos médicos descartados en residuos electrónicos que deben ser manejados apropiadamente.

La investigación se divide en nueve capítulos. En el capítulo I se presenta de manera general la problemática planteada, introduciendo los términos y palabras clave para abordar la temática. El capítulo II aborda el planteamiento del problema, en el cual se establecen los precedentes y justificación del problema, la justificación, y las preguntas de investigación, así como los objetivos, tanto el general como los específicos. El marco teórico se encuentra en el capítulo III, donde se presenta toda la información necesaria para comprender la investigación. Seguidamente, en el capítulo IV se describirá la metodología empleada, que incluye el enfoque, las variables de investigación, las técnicas e instrumentos aplicados, la metodología de estudio, la metodología de validación, y el cronograma de actividades. En el capítulo V se presentan los resultados y análisis obtenidos por medio de las técnicas e instrumentos seleccionados. En los capítulos VI y VII, se presentan las conclusiones y recomendaciones, respectivamente, ambos basados en los resultados obtenidos a lo largo de la investigación. En el capítulo VIII se describe la aplicabilidad del proyecto, presentando la guía de disposición final de equipos médicos. Finalmente, en el capítulo IX se expone las temáticas a abordar para una segunda etapa de esta investigación.



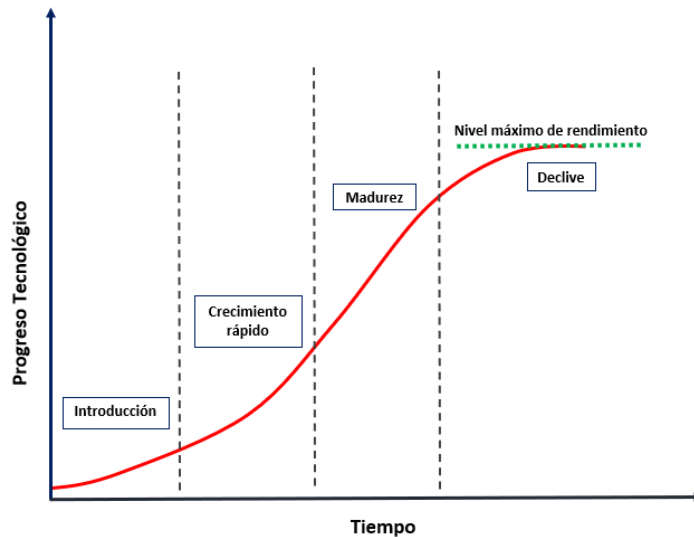
## II. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

En este capítulo se presentan los precedentes y la definición del problema principal de este proyecto, así como la justificación de su realización y las preguntas de investigación; posteriormente se presentan el objetivo general y los objetivos específicos.

### 2.1 PRECEDENTES DEL PROBLEMA

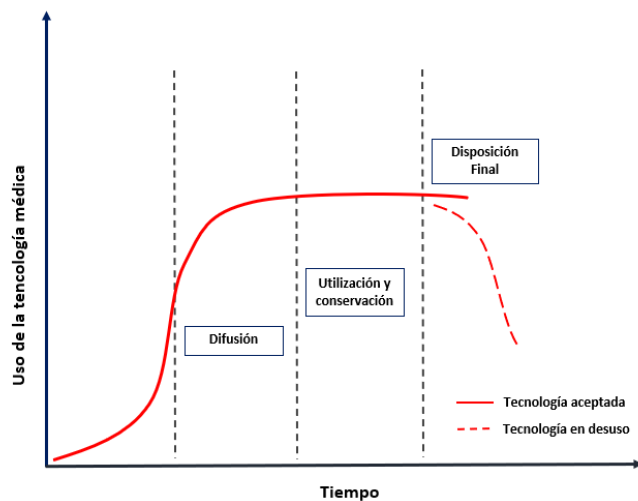
Los dispositivos biomédicos han existido desde los inicios de la humanidad. A medida avanzaba la tecnología, y por medio del análisis de los circuitos y el uso de pequeños componentes, se logró desarrollar los primeros equipos que combinaban la medicina y la electrónica, como ser el electrocardiógrafo (1903) ventilador moderno (1927), y la primera máquina de diálisis (1945). De esta manera, para el año 1980 se dio un aumento del número de equipos de electromedicina de atención al paciente. Sistemas de monitorización continua de distintos parámetros se convirtieron en elementos habituales e imprescindibles en los hospitales. El tratamiento fue asumido por el progreso tecnológico, y los equipos biomédicos se convirtieron en un estándar en los centros de atención médica. Simultáneamente, en 1980 inició el desarrollo de tecnología electrónica enfocada en el consumidor. Estos aparatos tienen una vida útil corta, lo que genera un flujo mayor de equipo electrónico obsoleto.

Siendo así, los equipos médicos, como cualquier otro equipo, tiene un tiempo de vida útil expresado generalmente en años, que significa el periodo en el cual dicho equipo cumple con las funciones para lo cual fue creado o diseñado con un determinado nivel de confiabilidad (IETSI, 2019). Ahora bien, es posible que en ocasiones los hospitales realicen planes de sustitución teniendo en cuenta únicamente la gestión requerida para el equipo que van a adquirir, y dejando de lado los requisitos y procesos necesarios para la eliminación de aquellos equipos que han sido descartados. Por consiguiente, el mundo se enfrenta a un problema de residuos sólidos alarmante, el de los residuos eléctricos y electrónicos (RAEE), también llamados e-waste. A continuación, se muestran los diagramas de ciclo de vida de las tecnologías en general, que puede incluir teléfonos móviles, computadores, etc. (Figura 1), comparado con el ciclo de vida de la tecnología médica en específico (Figura 2).



**Figura 1: Curva de Progreso Tecnológico.**

Fuente: Elaboración propia basada en Zhang y Shi (2000).



**Figura 2: Curva de Uso de la Tecnología Médica**

Fuente: Elaboración propia basada en Padilla, J. et. al. (2010)

Según las Naciones Unidas, Honduras no cuenta con una legislación nacional específica en materia de residuos electrónicos. Asimismo, no existen normas sobre medio ambiente, salud y seguridad para la gestión de estos residuos, lo que vuelve difícil controlar y conocer los procesos puestos en práctica para la disposición final de equipos médicos, específicamente.

## **2.2 DEFINICIÓN DEL PROBLEMA**

El proceso de disposición final de equipos médicos descartados por los centros de atención médica no está definido de manera oficial en Honduras, esto dificulta que dichos entes cumplan con los estándares para llevar a cabo esta tarea. Según el Observatorio Mundial de los Residuos Electrónicos, se estima que para el 2019, en Honduras fueron generados más de 25 millones de kilogramos de residuos electrónicos (OMRE, 2020). Sin embargo, se desconoce a qué porcentaje de esta cifra pertenecen los equipos médicos, lo cual es un problema, ya que el estudio y análisis previo de estas estadísticas es indispensable para presentar propuestas de acción que brinden solución a los mismos. Además, no existe información sobre la realidad actual de este proceso con respecto a la evaluación del riesgo, garantía de la seguridad de su desmantelamiento, y el reporte del estado final del dispositivo.

## **2.3 JUSTIFICACIÓN**

La demanda tecnológica de los hospitales a nivel nacional va en aumento, y estas instituciones se ven en la necesidad de adquirir nuevos equipos que asistan al diagnóstico y tratamiento de la población. En los hospitales de Honduras naturalmente se descartan aquellos médicos que los encargados de la gestión de estos consideran que ya no generan beneficio al tenerlos operando. La importancia de abordar esta situación radica en el hecho que el problema de residuos electrónicos en los hospitales crece cada día, y el no tener una gestión bien establecida para la disposición final de los equipos médicos da como resultado consecuencias negativas sobre la economía del hospital y el medio ambiente, las cuales afectan tanto al hospital como a la comunidad. Es necesario contar una herramienta o documento oficial que indique a los centros de atención médica la manera adecuada de descartar sus equipos médicos para reducir el impacto que los residuos electrónicos tienen en el medio ambiente, en la salud de la comunidad, y en la gestión interna de la tecnología médica de cada hospital.

## **2.4 PREGUNTAS DE INVESTIGACIÓN**

1. ¿Puede una guía que brinde los lineamientos para la correcta disposición final de equipos médicos ser una herramienta que sirva como punto de partida para la estandarización y cumplimiento de buenas prácticas de este proceso a nivel nacional?
2. ¿Qué criterios son tomados en cuenta para decidir llevar a cabo la disposición final de un equipo médico?
3. ¿Cómo es el proceso que siguen los hospitales para la disposición final de sus equipos médicos?
4. ¿Cuál es el estado físico y operacional de los equipos que han sido descartados en los hospitales?
5. ¿Cuál el impacto ambiental de los distintos elementos que componen a los dispositivos médicos?

## **2.5 OBJETIVOS**

### 2.5.1 OBJETIVO GENERAL

Proponer una guía basada en un estudio diagnóstico que brinde los lineamientos para la correcta disposición final de equipos médicos, siendo un punto de partida para la estandarización y cumplimiento de buenas prácticas de este proceso a nivel nacional.

### 2.5.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

1. Determinar los criterios tomados en cuenta para la toma de decisiones asociadas a la disposición final de un equipo.
2. Identificar el proceso establecido por los hospitales para la disposición final sus equipos médicos.
3. Validar el estado físico y operacional de los equipos médicos descartados en los hospitales.
4. Describir el impacto ambiental de los distintos elementos que componen a los equipos médicos.

### **III. MARCO TEÓRICO**

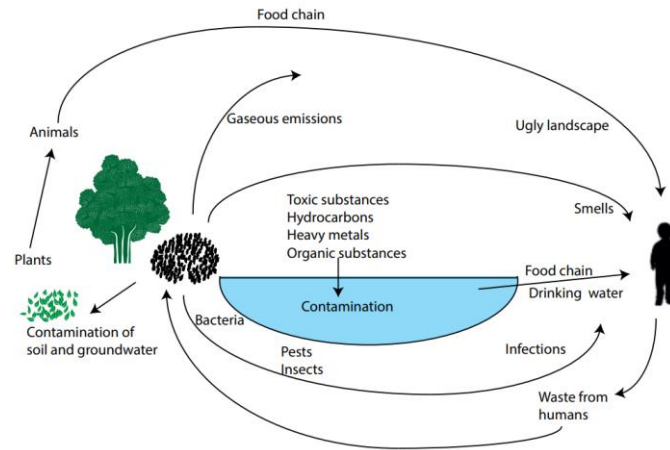
En este capítulo se presenta un análisis de la situación actual, describiendo el macroentorno y, microentorno; también se describe a nivel interno las instituciones en las que se llevará a cabo el estudio; se presentan las teorías de sustento donde definen conceptos clave para comprender la problemática abordada.

#### **3.1 ANÁLISIS DE SITUACIÓN ACTUAL**

El desmantelamiento de los equipos consiste en retirar la tecnología médica de su uso original en un centro sanitario para a un uso alternativo o a su eliminación, sobre la base de pruebas de que son clínicamente ineficaces, inseguros, inapropiados o no rentables (OMS, 2019). En adición a esto, la tecnología médica inevitablemente se convertirá en un residuo electrónico con el paso del tiempo, convirtiéndose en una amenaza para el medio ambiente debido a que tiene un impacto directo en el cambio climático.

Los equipos médicos contienen una serie de materiales potencialmente peligrosos, como el cobre y el titanio-niobio de los imanes de las resonancias magnéticas; plomo, utilizado en monitores CRT y otros dispositivos; mercurio, utilizado en las pantallas LCD; cadmio, utilizado en baterías, plásticos, resistencias y TRC; plásticos clorados utilizados en los cables y el cableado; retardantes de llama bromados, utilizados en carcasas de ordenadores y placas de circuitos (Mayer Alloys Corporation, 2019).

Además, un 70% de los residuos electrónicos acaban en un lugar no declarado o desconocido, muy probablemente en un vertedero. Una vez en un vertedero, estas sustancias tóxicas pueden filtrarse a las aguas subterráneas, afectando a los ecosistemas locales, contaminando los alimentos e incluso amenazando la salud humana (N. Perkins et al., 2014).



**Figura 3: Vías de exposición causadas por los vertidos a la intemperie**

Fuente: (Oeltzschner & Mutz, 1996)

### 3.2 ANÁLISIS DEL MACROENTORNO

En el análisis del macroentorno se toman cinco países de referencia para analizar la documentación existente en cada uno sobre los métodos de disposición final de RAEE y equipos médicos. Además, se analiza a grandes rasgos la situación actual de manejo de RAEE en los continentes de América y Europa.

#### 3.2.1 GUÍAS, POLÍTICAS Y NORMATIVAS

##### 3.2.1.1 *Estados Unidos. Ley de Portabilidad y Responsabilidad de los Seguros Médicos*

Previo al desmantelamiento de los equipos médicos, se debe asegurar que la información de los pacientes haya sido eliminada de estos para proteger la confidencialidad de cada individuo. Según un estudio de la Revista de Medicina de Atención Urgente, se aproxima que desde del 2009, 42 millones de pacientes en los Estados Unidos han sido afectados por vulneraciones que implican su información de salud del paciente (ISP). Muchas de estas vulneraciones se derivan de la eliminación inadecuada de equipos de oficina totalmente amortizados que pueden conservar PHI digital en su memoria (Ayers, A., 2016).

La Ley de Portabilidad y Responsabilidad de los Seguros Médicos de 1996 (HIPAA) es una ley federal que rige la creación de normas y reglas en Estados Unidos para proteger toda aquella información que implica datos sensibles de los pacientes, de manera que no pueda ser divulgada ni violentada. La Regla de Privacidad requiere que las entidades apliquen

protección administrativa, técnica y física para salvaguardar la privacidad de la información de la salud protegida de los pacientes. Esta regla también requiere que las entidades implementen políticas y procedimientos especiales con respecto a la disposición final de la tecnología médica en la que está registrada la información sensible de los pacientes. Además, las entidades deben garantizar que su personal reciba el entrenamiento apropiado para seguir al pie de la letra los procesos establecidos para realizar las actividades de descarte.

De la misma manera, se prohíbe que las entidades abandonen o desechen en contenedores de basura los equipos que contengan esta información. Sin embargo, las Reglas de Privacidad y Seguridad no requieren un método particular de descarte, por lo que las entidades deben realizar un análisis propio de su contexto con el fin de determinar cuáles son las estrategias que adaptarán para proteger la ISP por medio del descarte y desarrollar e implementar políticas y procedimiento para llevar a cabo esas estrategias.

Por ejemplo, el descarte de algunos tipos de ISP como ser nombre, número de seguridad social, número de licencia de conducir, número de tarjeta de débito o crédito, diagnóstico, información de tratamiento u otra información sensible que ponga en riesgo al individuo de cualquier manera.

La ley HIPAA indica que los métodos de descarte apropiados en el caso de la ISP en soportes electrónicos incluyen la limpieza (utilizando productos de software o hardware para sobrescribir los soportes con datos no sensibles), la purga (desmagnetizando o exponiendo los soportes a un fuerte campo magnético para interrumpir los dominios magnéticos grabados) o a la destrucción de los soportes (desintegración pulverización, fusión, incineración o trituración).

### *3.2.1.2 Reino Unido. Gestión de productos sanitarios: Guía para organizaciones de asistencia sanitaria y social.*

Esta guía aconseja contactarse con el fabricante o el proveedor cuando se desea desmantelar un equipo para obtener información sobre la correcta realización de este proceso. Es responsabilidad del proveedor o fabricante brindar toda la información sobre los requisitos y factores que se deben tomar en cuenta. La Agencia Regulatoria de Medicina y Productos Sanitarios (MHRA por sus siglas en inglés) recomienda ponerse en contacto con ellos si se da el caso que el proveedor o el fabricante ha cesado su actividad.

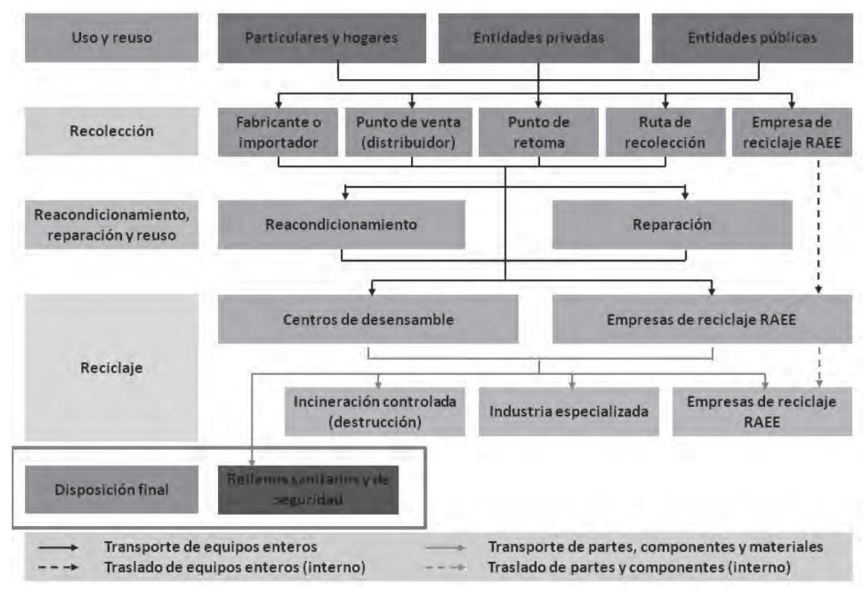
Con el fin de asegurar el manejo seguro del dispositivo para que nadie que utilice el dispositivo de una manera no apropiada, el desmantelamiento debe incluir la descontaminación. A la vez, esto es útil para asegurarse que el equipo sea inutilizable. Para el desmantelamiento de equipos móviles, son necesarias las comprobaciones de seguridad, como ser la desconexión de la fuente de poder. Finalmente, la guía menciona que para aquellos dispositivos que cuentan con fuentes radiactivas, se debe acudir a la normativa específica existente sobre radiaciones ionizantes.

En lo que respecta al borrado de datos almacenados, la MHRA (2021) indica que:

Si un dispositivo almacena datos identificables de los pacientes, debe certificarse que se han borrado de forma segura según una norma adecuada, como la BS ISO/IEC 15408 y la British HMG Infosec Standard 5, o IS5, antes de su eliminación. Los datos de cualquier dispositivo deben ser irrecuperables.

### 3.2.1.3 Colombia. Lineamientos Técnicos para el Manejo de Residuos de Aparatos Eléctricos y Electrónicos.

La normativa colombiana indica que las cantidades a disponer dependen del sistema de gestión y los estándares técnicos de los diferentes procesos. Este documento presenta las opciones disponibles para la disposición final de los residuos electrónicos por medio de la siguiente ilustración.



**Figura 4: Disposición final de los materiales no aprovechables**

Fuente: (Instituto Federal Suizo de la Prueba e Investigación de Materiales y Tecnologías, EMPA.



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, siempre y cuando cumplan con los requerimientos técnicos que exige un relleno de seguridad (Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial de Colombia, 2010).

#### *3.2.1.4 El Salvador. Lineamientos técnicos para el adecuado manejo de los Residuos de Aparatos Eléctricos y Electrónicos*

En este documento se exponen los procedimientos para la gestión de los residuos de aparatos eléctricos y electrónicos (RAEE) en los distintos lugares de recuperación, tratamiento y disposición final, así como la forma de seguir el resto de las normas ambientales, sanitarias y de otro tipo establecidas por el Estado. Las recomendaciones que se hacen en este documento se enfocan en transporte, puntos de entrega voluntaria, puntos de entrega voluntaria móviles, desmontaje/desconexión de la planta.

##### *Lineamientos técnicos para el transporte de los RAEE*

Para realizar el transporte la ruta que se tomará debe ser desde el lugar donde dan origen las RAEE, hacia los centros autorizados. El personal debe cumplir con requisitos de capacitación que garantice que pueden llevar a cabo los procedimientos y reaccionar ante emergencias con base a los conocimientos que posean sobre las medidas de seguridad.

Al momento de realizar el transporte, algunos de los factores más importantes son: la protección contra la intemperie; evitar que personas no autorizadas tengan acceso a la carga para evitar incidentes con las partes de los equipos; al momento de cargar el vehículo los RAEE deben estar debidamente acomodada para que no suponga un riesgo tanto para las personas como para el medio ambiente.

La guía también menciona los casos que requieren cuidados especiales al momento de ser transportados, los cuales son los monitores y televisores con tubos de rayos catódicos, las impresoras, faces, fotocopiadores, y finalmente los periféricos.

##### *Lineamientos técnicos para los Puntos de Entrega Voluntaria Móviles (PEVM) y Lineamientos técnicos para los Puntos de Entrega Voluntaria (PEV)*

Estos lineamientos abarcan la parte de acceso especificando que para la entrada y salida de vehículos se deberán tomar las medidas necesarias para que no ocurra congestión en el flujo normal de vehículos. En cuanto a la infraestructura, debe instalarse en un lugar techado que cuente con pisos, ventilación e iluminación adecuada. De igual manera, el personal debe estar capacitado y protegido con equipo de protección personal. La recepción y almacenamiento temporal debe realizarse tomando en cuenta la clasificación por categorías para facilitar su movilización. En el caso de los PEV, se les da un seguimiento especial de manera que se pueda brindar un acompañamiento técnico a las personas responsables, respetando criterios como la inclusión de una línea base ambiental de metales pesados en el suelo para el levantamiento de línea base del sitio de ubicación del proyecto, y que el monitoreo sea aplicado durante la etapa de funcionamiento y cierre.

#### *Lineamientos técnicos para plantas de desensamble/desarme*

Todas las instalaciones donde se desensamblan los RAEE deben contar con personal correctamente capacitado y entrenado, para que puedan brindar la seguridad necesaria y disminuir los peligros a los que están expuestos. Otro punto importante es que la infraestructura del centro debe diseñarse con el objetivo de prevenir la contaminación que pueda ser generada, así como tener una respuesta inmediata ante las distintas emergencias que se puedan dar. Con el fin de cumplir con estos requisitos, el documento recomienda tomar en cuenta elementos como el acceso, el entorno, las instalaciones/ infraestructura, las herramientas y equipos auxiliares, la protección del personal, los registros, los planes de seguridad, y finalmente la destrucción de información. Esta última consideración es particularmente importante para los equipos médicos, ya que para todos los equipos que contengan información de los pacientes, se le debe solicitar a la persona gestora que elimine la información contenida en los mismos, antes de realizarse cualquier trabajo (Ministerio De Medio Ambiente y Recursos Naturales: El Salvador, 2015).

#### *3.2.1.5 Argentina. Manual: Gestión integral de RAEE*

El ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible (MAyDS) y la Oficina de país de la Organización Internacional del Trabajo para la Argentina presentan el manual "Gestión integral de RAEE: los residuos de aparatos eléctricos y electrónicos, una fuente de trabajo decente para avanzar hacia la economía circular".

El manual reconoce que debido al crecimiento sostenido de la producción de aparatos eléctricos y electrónicos es fundamental promover el correcto manejo de los RAEE. Asimismo, busca ser una herramienta útil para la capacitación de los distintos actores del mundo del trabajo, gestores de residuos, organizaciones sociales que trabajan sobre temas ambientales y laborales, entre otros actores de interés, acerca de los desafíos y las oportunidades que presenta la gestión de RAEE como fuente de trabajo decente. (Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible de Argentina, 2020)

### 3.2.2 MANEJO DE RAEE

Los residuos electrónicos son una de las corrientes de residuos de más rápido crecimiento. A nivel mundial, sólo el 17% se recoge y recicla oficialmente, lo que supone un desperdicio de materiales valiosos y provoca daños al medio ambiente (M. Wagner, C.P. et al, 2022). Esto tiene mucho que ver con el ciclo de vida de los aparatos eléctricos y electrónicos (AEE), pues cuanto más corta sea la vida útil de un artículo, mayor será su proporción en un determinado montón de residuos electrónicos (M. Premalatha et. al, 2014).

#### 3.2.2.1 *Gestión en las Américas*

Principalmente a nivel local, en América Latina está aumentando el número de empresas dedicadas al tratamiento y eliminación de residuos electrónicos. Aunque el número de recicladores de residuos electrónicos ha aumentado significativamente en casi todas las naciones, la mayoría de las nuevas empresas aún carecen de conocimientos tecnológicos. A pesar de varias iniciativas interesantes, todavía no ha sido posible crear normas tecnológicas que tengan en cuenta las características regionales. Sin duda, el aumento del volumen de aparatos electrónicos que se recogen legalmente al final de su vida útil es un factor que contribuye a la expansión de la industria del reciclaje en la región.

El aumento de los volúmenes recogidos ha sido consistente y notable en naciones como Colombia y Perú, que cuentan con un marco legal especializado para los residuos electrónicos y objetivos de recogida requeridos. La variedad de equipos recogidos también ha aumentado en el mismo periodo. Ahora se recoge algo más que tecnología de la información y la comunicación.



**Figura 5: Situación de los residuos electrónicos en América en 2019**

Fuente: (OMRE, 2019).

Tanto la importancia de los métodos formales de recogida como el número de programas de cumplimiento individuales o colectivos están creciendo como resultado de la regulación. El sector informal sigue gestionando enormes cantidades de residuos o, como mínimo, los guarda en los sótanos. Aunque el sector informal constituye una parte del mercado laboral en América Latina, sólo unos pocos países, entre ellos Brasil y Chile, están abordando activamente su importancia en relación con la gestión de los residuos electrónicos.

El Observatorio Mundial de los Residuos Electrónicos (2020) afirma que:

Otra dificultad es la falta de contribuciones desde el campo de la investigación. Apenas hay datos estadísticos sobre residuos electrónicos, y los pocos disponibles se han utilizado en exceso y han perdido validez. Es necesario contar con información actualizada y metodologías probadas que sirvan de apoyo en la elaboración de políticas y reglamentos.

### 3.2.2.2 Gestión en Europa

La recolección de residuos electrónicos de empresas y municipios por parte de operadores privados, así como la posterior recuperación de los componentes reciclables de los residuos electrónicos recogidos y la posterior eliminación de los residuos de forma respetuosa con el medio ambiente, son posibles gracias a una infraestructura de gestión de residuos electrónicos bien desarrollada y que cumple las normas en la Unión Europea. Esto ha sido posible gracias a que la UE inició con las leyes de RAEE en el 2003.

Los datos estadísticos correspondientes al 2017 muestran que el 59% de los RAEE producidos en el norte de Europa y el 54% producida en Europa occidental se reciclan oficialmente (OMRE, 2020). Estos porcentajes son los más altos de todo el mundo. Para alcanzar los objetivos, los Estados miembros deben recoger el 85% de los residuos electrónicos producidos en el año de referencia 2019 o el 65% de los AEE vendidos en los tres años anteriores. Esto significa que la recogida y el reciclaje deben ampliarse considerablemente. Por ello, en algunas naciones han realizado recientemente varios estudios sobre la viabilidad de cumplir estos objetivos y la localización de más residuos electrónicos.



**Figura 6: Situación de los residuos electrónicos en Europa en 2019**

Fuente: OMRE (2019)

Los estudios de los Países Bajos muestran que, en comparación con la cantidad de residuos electrónicos producidos, una parte cada vez mayor se recicla legalmente. (Baldé et al. 2020) Sin embargo, todavía hay partes considerables que se manejan fuera de las industrias de reciclaje que cumplen con la normativa de la UE. Estudios recientes también muestran que los residuos electrónicos siguen depositándose en el cubo de la basura residual y que son pocos los que acaban en los cubos de basura normales, a pesar de la relativamente alta concienciación medioambiental que existe en la UE. Esto equivale a aproximadamente 0,6 Mt de basura electrónica de la UE (Rotter et al. 2016).

La recolección de residuos electrónicos acaba de empezar en otras naciones de Europa del Este, incluidas las de los Balcanes. En la Federación Rusa y Ucrania hay empresas que recogen los residuos electrónicos y los gestionan de forma sostenible. Sin embargo, la capacidad de

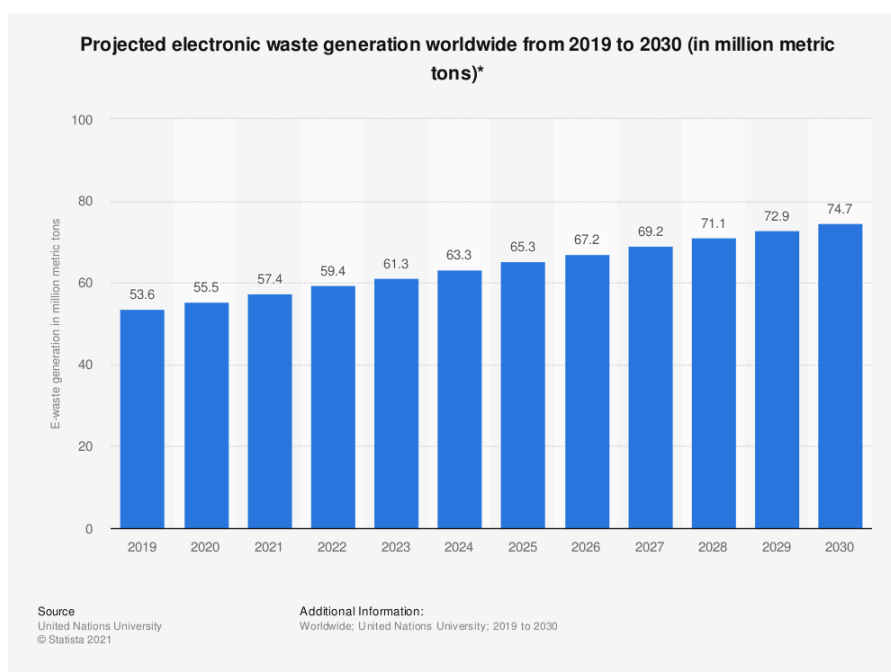
gestión es insuficiente para reciclar todos los residuos electrónicos domésticos de forma ecológica debido a la escasez de lugares de recogida de residuos electrónicos. Por tanto, es probable que los residuos electrónicos se reciclen con la chatarra o acaben en los vertederos.

### 3.2.2.3 Datos y estadísticas mundiales

#### Proyección de generación de residuos electrónicos en todo el mundo de 2019 a 2030 (en millones de toneladas métricas)

Estadísticas brindadas por la Universidad de las Naciones Unidas (2020) exponen que:

En 2019 se produjeron unos 54 millones de toneladas métricas de basura electrónica en todo el mundo. La generación de residuos electrónicos se ha acelerado en las últimas décadas debido a una serie de causas, como el aumento del poder adquisitivo y la accesibilidad de los aparatos electrónicos, lo que la convierte en el flujo de residuos de más rápido crecimiento a nivel mundial. Las proyecciones indican que para 2030, la creación anual de residuos electrónicos a nivel mundial habrá aumentado casi un 30%, continuando la trayectoria actual.



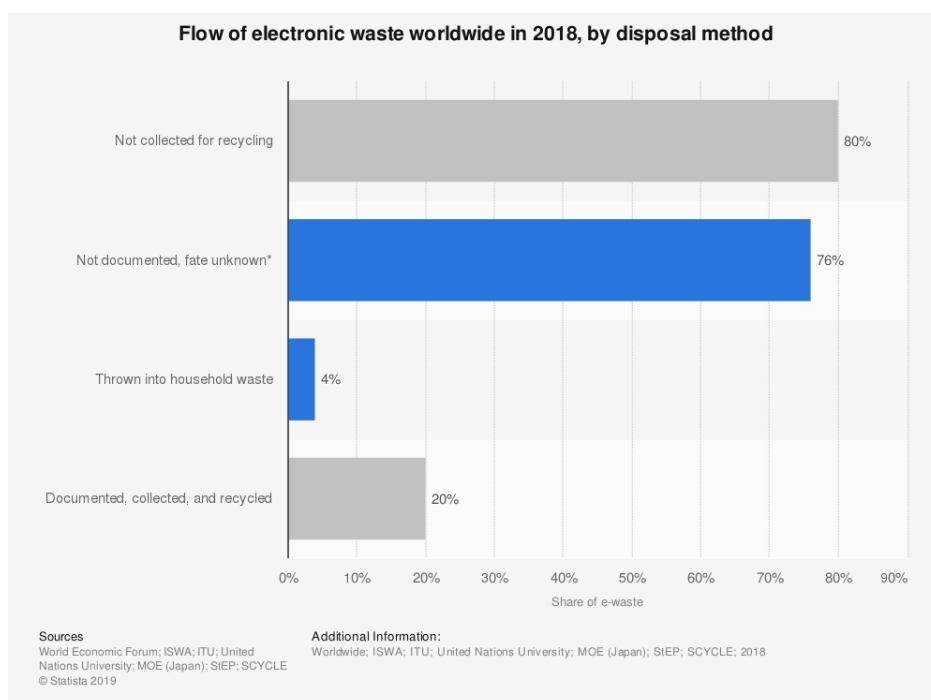
**Figura 7: Proyección de generación de residuos electrónicos en todo el mundo de 2019 a 2030 (en millones de toneladas métricas)**

Fuente: (Statista, 2021).

### Flujo de residuos electrónicos en el mundo en 2018, por método de eliminación

Una publicación del Foro Económico Mundial (2010) reveló que:

En 2018 se produjeron unos 50 millones de toneladas métricas de residuos electrónicos, de los cuales el 20% se registró, recogió y recicló. El 80% restante no se recogió para su reciclaje. El 4% de la cantidad total de residuos electrónicos fabricados se eliminó en la basura doméstica, mientras que el 76% de los residuos quedó sin contabilizar y no tiene destino conocido.



**Figura 8: Flujo de residuos electrónicos en el mundo en 2018, por método de eliminación**

Fuente: (Statista, 2019).

### **3.3 ANÁLISIS DE MICROENTORNO**

En la revisión del microentorno se describe el manejo actual de RAEE y el marco legal con respecto a los RAEE en Honduras.

#### **3.3.1 MANEJO DE RAEE**

La Secretaría de Recursos Naturales y Ambiente (SERNA - MIAMBIENTE+) y la Secretaría de Salud (SESAL) son los dos organismos nacionales encargados de supervisar y regular la gestión de los residuos sólidos en Honduras. En Honduras, MIAMBIENTE+ es la encargada de garantizar la gestión y vigilancia efectiva de los residuos electrónicos. La Secretaría de Salud

(SESAL) es la encargada de velar por que el manejo de los residuos electrónicos no perjudique la salud de las personas en ningún momento del proceso. Las administraciones municipales, que tienen una coordinación limitada con las instituciones del gobierno, son las encargadas de gestionar los residuos sólidos a nivel local.

Por otro lado, siete empresas de RAEE están ahora autorizadas a almacenar y gestionar la basura electrónica en Honduras. La gestión de las exportaciones para el tratamiento de los residuos electrónicos es competencia de los operadores. En Honduras hay siete operadores de RAEE que gestionan la basura electrónica. Los operadores de RAEE hondureños suelen desmontar/desmontar la basura electrónica y separar las piezas de valor (como las placas de circuitos impresos) de las piezas sin valor.

Los operadores de RAEE de Honduras son INVEMA, RECACEL, Servicios Ambientales de Honduras, RECYCLE, Reciclaje Diamante, RECICLATECC, y RECYPORCO.

### 3.3.2 MARCO LEGAL NACIONAL SOBRE RAEE

Honduras ha elaborado dos publicaciones principales relacionadas con la gestión y las estadísticas de los residuos electrónicos. En 2014 se publicó el estudio "Estimación de la Generación de Residuos de Aparatos Eléctricos y Electrónicos (RAEE) en Honduras", y en 2019 se elaboró el informe "Gestión ambientalmente racional de los residuos de aparatos eléctricos y electrónicos (RAEE) en Honduras". Ambos informes fueron elaborados por el Centro de Estudios y Control de Contaminantes (CESCCO), que depende de la Secretaría de Recursos Naturales y Ambiente (MiAmbiente+) y el Departamento de Ingeniería Química de la Universidad Nacional Autónoma de Honduras.

La Secretaría Recursos Naturales y Ambiente (2014) indica que:

Actualmente Honduras no posee datos estadísticos sobre la cantidad generada de residuos electrónicos, siendo un país en vías de desarrollo, la población está adquiriendo una cantidad considerable de aparatos nuevos y usados, por lo tanto, se necesita abordar el tema de generación de residuos de aparatos eléctricos y electrónicos, la cual va en aumento de forma análoga al crecimiento demográfico y los avances tecnológicos.



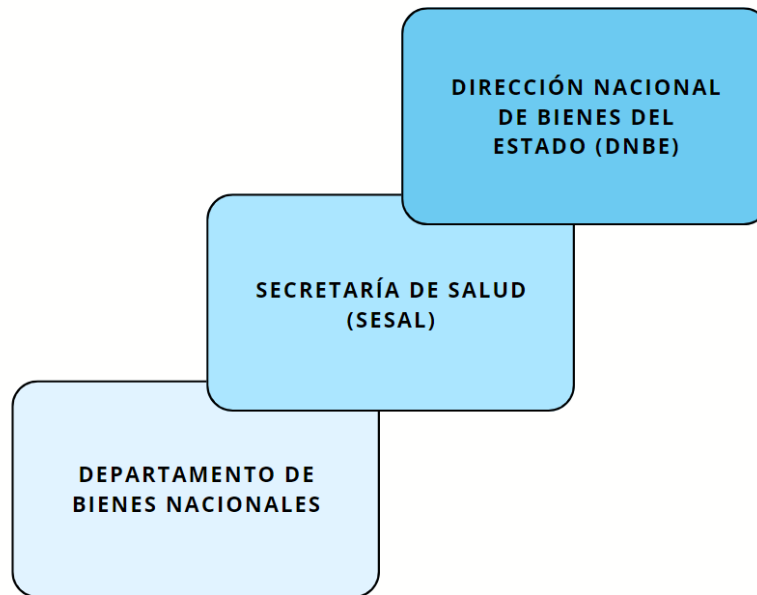
Debido a la creciente cantidad de RAEE que se producen en Honduras y a la escasez de empresas comprometidas con la gestión ambientalmente responsable de estos residuos, se debe procurar instalar centros de recolección en todo el país para que la gente pueda deshacerse de sus residuos sabiendo que serán manejados responsablemente. De esta manera, se evita que los residuos sean arrojados en cualquier lugar, en los vertederos municipales. El gobierno debería promover el establecimiento de más empresas dedicadas al tratamiento y la eliminación final de estos residuos, además de los centros de recogida, incluyendo incentivos como subvenciones para la implantación de un tratamiento o eliminación adecuados.

### 3.3.3 DIRECCIÓN NACIONAL DE BIENES DEL ESTADO

La Dirección Nacional de Bienes del Estado (DNBE) tiene como misión ser una Institución Especializada del Estado y dirigir la administración, el registro y control de bienes del Estado. Además de establecer un sistema actualizado de información y control sobre los bienes muebles e inmuebles del Estado, para lograr una administración integral, eficiente y oportuna.

Sus objetivos específicos consisten ejercer la función de Ente Rector y Supervisor de los bienes del Estado, en cuanto a los actos de adquisición, disposición, conservación, registro y control de todos sus bienes y fomentar el desarrollo de mecanismos ágiles y eficientes para la disposición de bienes en desuso, obsoletos o excedentes.

Los departamentos que representan a la DNBE en cada centro de atención médica de la Secretaría de Salud (SESAL) son llamados Bienes Nacionales.



**Figura 9: Jerarquía de los entes de interés**

Fuente: Elaboración propia

### **3.4 INSTITUCIONES DE ANÁLISIS INTERNO**

Se consideraron los dos hospitales públicos para analizar el proceso de disposición final y manejo de residuos electrónicos ya que son los que están dirigidos por la SESAL, y por lo tanto están regidos por las leyes dirigidas a los residuos sólidos y el proceso de descargo de bienes.

#### **3.4.1 HOSPITAL NACIONAL MARIO CATARINO RIVAS**

El Hospital Dr. Mario Catarino Rivas, es un hospital de la Secretaría de Salud de Honduras, ubicado en la Ciudad de San Pedro Sula, Departamento de Cortés Honduras, brinda servicios a una población aproximada de más de 3 millones y medio de habitantes que son referidos de los departamentos de la zona noroccidental del país. Este hospital fue asignado un presupuesto de 341 millones de lempiras en el 2022.

El Hospital Nacional Mario Catarino Rivas asegura que:

Su misión es brindar a la población atención de salud integral especializada de calidad, estructurada en concordancia con las políticas, normas, planes y programas de salud nacionales definidas por la Secretaría de Salud y los recursos disponibles, que satisfagan las expectativas y necesidades de la demanda.

Asimismo, la visión que se han proyectado es alcanzar en el mediano plazo un alto nivel de desarrollo tecnológico, científico y docente, contando con el talento humano, recursos económicos y suministros adecuados a la cantidad y características de las necesidades de la población que demanda atención, con un sistema descentralizado de gestión, que garantice eficacia, efectividad y transparencia.

En sus inicios, el departamento de mantenimiento era el encargado de los equipos médicos. Hoy en día, el HNMCR cuenta con un departamento de biomédica que se encarga de la gestión y mantenimiento de la tecnología médica, con un ingeniero en biomédica al cargo de la jefatura.

#### 3.4.2 HOSPITAL LEONARDO MARTÍNEZ

El hospital Leonardo Martínez tiene como misión ser un hospital de especialidades Materno Pediátrico y de la Mujer que provee servicios de salud integrales con calidad y calidez utilizando los recursos tecnológicos, humanos y financieros disponibles a la población de la Región Nor-Occidental del País contribuyendo con el mejoramiento de las condiciones de salud de esta. Asimismo, su visión es ser el Hospital líder de especialidades Materno Pediátrico y de la Mujer en canto a la prestación de servicios de salud; con el diagnóstico y tratamientos para mujeres, niños y adolescentes, de la región Nor-occidental del país. Se le asignó un presupuesto de 142 millones de lempiras en el 2022.

No cuenta con un departamento de biomédica que se dedique únicamente a la gestión de equipos médicos. El departamento de mantenimiento es el responsable de todas las actividades relacionada a la tecnología médica. En este departamento ningún miembro del personal es ingeniero biomédico.

### **3.5 TEORÍAS DE SUSTENTO**

Las teorías de sustento comprenden la fundamentación teórica que se debe considerar para enmarcar la problemática definida.

### 3.5.1 MANUAL DE PROCEDIMIENTOS PARA EVALUACIÓN Y DISPOSICIÓN FINAL DE LA TECNOLOGÍA BIOMÉDICA EN LA EMPRESA TECNOCLÍNICA LTDA, COLOMBIA

Ruis Chaves (2019) afirma que:

Con el propósito de mejorar los procesos relacionados con la gestión de la tecnología biomédica en Tecnoclínica Ltda., se desarrolló un manual de evaluación y disposición final de equipos biomédicos, que tiene como objetivo principal el de generar lineamientos específicos para la oportuna valoración de la tecnología biomédica presente y que de igual manera marque las pautas para la correcta disposición final de los activos fijos que han sido retirados del servicio por no cumplir con su propósito previsto.

Para el desarrollo de este proyecto de grado, se consultaron diversos métodos de evaluación en busca de los criterios que mejor se adaptaran a las condiciones de operación del área de alquiler de Tecnoclínica Ltda., Posteriormente se realizó una revisión documental con el fin de establecer el punto de partida en base a los métodos, procedimientos e instructivos presentes en el sistema de gestión de la calidad.

### 3.5.2 LINEAMIENTOS TÉCNICOS PARA EL MANEJO DE RESIDUOS DE APARATOS ELÉCTRICOS Y ELECTRÓNICOS, COLOMBIA

Este documento presenta un contexto general que introduce al lector en la problemática existente en torno a los RAEE; y establece lineamientos generales para cada una de las diferentes etapas del manejo, incluyendo el almacenamiento, transporte, desensamble, aprovechamiento y disposición final, y por último se dan recomendaciones sobre el cuidado y correcto manejo de casos específicos en algunos residuos de aparatos eléctricos y electrónicos.

En este contexto, este documento se constituye en una herramienta de orientación para los gestores que intervienen en las diferentes etapas de manejo de los RAEE y para las autoridades ambientales, y fuente de consulta para profesionales, técnicos especializados en el tema, investigadores, personal vinculado al sector, estudiantes y público en general (Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial Colombia, 2010)

### 3.5.3 BUENAS PRÁCTICAS EN LA GESTIÓN DE LOS RESIDUOS DE APARATOS ELÉCTRICOS Y ELECTRÓNICOS

Los objetivos de este documento son desarrollar procedimientos y ejemplos de prácticas para la adecuada gestión de los Aparatos Eléctricos y Electrónicos a lo largo de su ciclo de vida, maximizando su tasa de recupero, reciclado y la disposición final segura y documentada de estos, cumpliendo con normas el marco normativo ambiental y la seguridad y salud ocupacional (Ministerio de Salud Argentina, 2019).

### 3.5.4 RESIDUOS ELÉCTRICOS Y ELECTRÓNICOS (RAEE)

Los RAEE son aparatos eléctricos o electrónicos que han alcanzado el fin de su vida útil por uso u obsolescencia, que son descartados o desechados por el usuario. Comprende también a sus componentes, accesorios y consumibles (Ministerio de Ambiente de Perú, 2020).

El Manual de Gestión Integral de RAEE (2020) propuesto por el Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible de Argentina indica que:

Los residuos de aparatos eléctricos y electrónicos, o RAEE, son la fracción de residuos que más crece a nivel mundial, tanto en países desarrollados como en países en desarrollo. Este crecimiento está directamente relacionado con el mayor consumo y la velocidad de recambio de los aparatos eléctricos y electrónicos (AEE) por parte empresas, comercios, instituciones públicas, gobiernos y personas.

### 3.5.5 CICLO DE VIDA DE LOS DISPOSITIVOS MÉDICOS

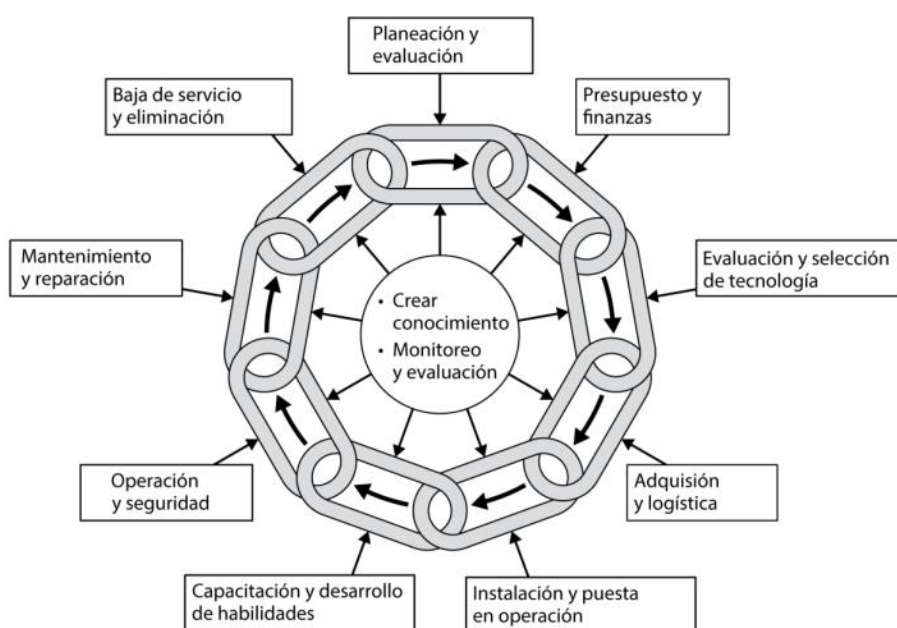
La Organización Mundial de la Salud (2003) define el ciclo de vida como la secuencia de las fases que van desde la concepción y desarrollo de una idea, la fabricación, empaquetado y etiquetado del producto final, la publicidad para su comercialización, su utilización y su eliminación del servicio clínico.

Padilla, J. et. al. (2010) proponen las siguientes fases en el ciclo de vida de la tecnología médica (ver Figura 1):

- a) Fase de difusión, en la tecnología médica se introduce al entorno hospitalario y comienza a ser utilizada en áreas o servicios clínicos específicos.

- b) Fase de utilización y conservación: En esta fase la tecnología médica se incorpora a la práctica clínica general, quedando ampliamente aceptada como parte de un procedimiento estándar dentro de la institución.
- c) Fase de disposición final: En esta fase la tecnología médica actual o sus aplicaciones ya no cumple con los objetivos y los requerimientos clínicos para lo cual fue adquirida y utilizada, por lo que se discontinúa su uso y se sustituye por una opción más adecuada.

Al compararlo con la curva de progreso tecnológico (ver Figura 2), podemos inferir que tienen un comportamiento similar con respecto al margen de tiempo en el que la tecnología es aceptada.



**Figura 10: Ciclo de vida de los dispositivos médicos**

Fuente: (Padilla, J. et. al., 2010)

### 3.5.6 DESMANTELAMIENTO

El desmantelamiento tiene como objetivo hacer que los dispositivos sean seguros e inutilizables, al tiempo que se minimizan los daños al medio ambiente. Cualquier dispositivo que se considere no apto para su uso debe ser desmantelado (MHRA, 2021). Los factores que deben tomarse en cuenta para proceder con el desmantelamiento incluyen: designación de uso único, desinfección o esterilización inadecuada, problemas de rendimiento no resueltos, problemas de seguridad no resueltos, falta de fiabilidad continua o historial de fallo grave, alto

coste de reparación que hace que el dispositivo sea económicamente inviable y el fin de la vida útil (OMS, 2019).

#### *3.5.6.1 Etapas del desmantelamiento*

Una vez se ha decidido que el equipo no es apto para seguir funcionando, se debe seguir una serie de etapas para proceder con su eliminación o disposición final (OMS, 2019).

##### Implementación

Se debe garantizar que el equipo sea seguro de manipular para su disposición final. Esto se logra por medio de la limpieza y descontaminación del equipo, eliminar datos del paciente, descartar partes consumibles, y de considerarse necesario, eliminar el equipo del inventario. El último paso de esta etapa es documentar el descarte en un reporte para declarar el estado final del equipo.

##### Auditoría del riesgo y evaluación de costos

Deben evaluarse los peligros relacionados con el desmantelamiento. Cualquier riesgo debe ser mitigado, transferido o supervisado según un plan detallado. El método y la tecnología empleados para el desmantelamiento de los equipos médicos afectan al coste. Es importante tener en cuenta los costes de la modificación del emplazamiento, el equipo y los accesorios, el desmontaje, la retirada y el envío. Los gastos pueden incluir la mano de obra, los consumibles, los servicios públicos, las reparaciones, el mantenimiento, la formación y los seguros. Para decidir el estado final del dispositivo e identificar la mejor opción de desmantelamiento, se pueden comparar los costes de las distintas opciones de desmantelamiento.

##### Personal

El personal encargado del desmantelamiento debe examinar los riesgos y los costes, además de garantizar un desmantelamiento adecuado y seguro. Hay siete tipos principales de personal que deben recibir orientación sobre el desmantelamiento: los gestores y el personal de reglamentación; los responsables de la seguridad; los ingenieros biomédicos; los físicos médicos; los radiólogos; los científicos de los laboratorios biomédicos; los médicos; las enfermeras; los limpiadores; los manipuladores y conductores de residuos; los responsables de almacén, compras y contabilidad; y otros miembros del personal que participan en la gestión de los productos sanitarios.

Todo centro médico debe contar con procedimientos operativos estándar sobre residuos que describan las obligaciones de los profesionales sanitarios en la gestión de residuos, así como con directrices técnicas para su aplicación. El personal debe contar con el equipo de protección personal adecuado, como protectores faciales, batas de barrera o delantales impermeables, guantes, máscaras y calzado de protección, cuando haya materiales peligrosos. El personal debe estar capacitado, entrenado y ser competente en los procesos para reducir los accidentes que puedan afectarlos a ellos, al público y/o al medio ambiente, con el fin de garantizar un desmantelamiento seguro de los equipos médicos.

### Infraestructura

Si bien es posible que la infraestructura no tenga que estar preparada para el desmantelamiento de los dispositivos más pequeños, es crucial para el desmantelamiento de los dispositivos de mayor volumen, como los esterilizadores de vapor, los aceleradores lineales, las máquinas de rayos X y los escáneres de resonancia magnética y tomografía computarizada. Para asegurarse de que el artículo se retira de forma segura, se debe consultar a las personas adecuadas, como un contratista certificado, el director del departamento, el director de la instalación o el fabricante original del equipo. Es posible que haya que reforzar un pasillo, ensancharlo o derribar una pared para retirar el equipo pesado, ya que el instrumental médico suele ser grande y pesado. Los aparatos grandes suelen tener equipos adicionales, como pantallas, cámaras y otras piezas, además del propio equipo.

También debe tenerse en cuenta y planificarse la cantidad de tiempo necesaria para el desmantelamiento de un dispositivo grande, en estrecha consulta con el personal de la unidad y el planificador de equipos. Es posible que los dispositivos médicos de mayor riesgo deban ser desmantelados por contratistas especializados.

### Descontaminación de los dispositivos

De acuerdo con las directrices aplicables al dispositivo o tipo de equipo, todos los dispositivos médicos usados o posiblemente usados deben limpiarse. La mayoría de las instrucciones implican las siguientes acciones fundamentales de limpieza y desinfección.

En primer lugar, es necesario desmontar y organizar el dispositivo. Deben seguirse las directrices de gestión de residuos sanitarios al retirar y desechar adecuadamente cualquier consumible y material punzante. Luego el dispositivo debe limpiarse con una solución de



limpieza adecuada, como una solución enzimática o un detergente alcalino (o de pH neutro). Para deshacerse de las bolsas de aire y detener la propagación de la infección a través de las gotas en forma de aerosol, debe empaparse en agua y frotarse, rasparse o cepillarse. Posteriormente debe realizarle la limpieza manual, a la cual le sigue la limpieza mecánica realizada con lavadoras mecánicas desinfectantes y lavadoras ultrasónicas ya que estas aumentan la eficacia de la limpieza. Finalmente, se debe desinfectar los equipos después de haber asegurado una limpieza profunda.

#### Eliminación de datos de pacientes

Para proteger los datos sensibles y la confidencialidad de los pacientes, los datos y la información de los pacientes almacenados en los dispositivos médicos deben ser borrados o eliminados por la persona encargada de la información antes de que un dispositivo médico sea desechado (independientemente de su estado final). La limpieza del soporte puede implicar la eliminación de la información privada y del software vinculado al dispositivo si se decide desecharlo.

Un ingeniero biomédico o clínico puede utilizar métodos probados para borrar completamente los datos de los equipos médicos que se cree que los contienen. El canal IP que conecta el dispositivo con la nube debe ser detenido si el dispositivo está configurado para el almacenamiento en la nube. Los datos que se guardaban en la nube del dispositivo también deben borrarse o añadirse al sistema de registro electrónico para que el acceso a ellos -incluidas las fotografías tomadas por el dispositivo, que actualmente está previsto que se retire- se conserve por otra vía o se elimine. De este modo, se eliminaría la posibilidad de pérdida de datos o de uso indebido tras la retirada del dispositivo.

#### Manejo de residuos

La protección del personal sanitario, del público en general y del medio ambiente se garantiza con una buena gestión de los residuos. Un sistema completo debe tener en cuenta la generación y minimización de los residuos, la separación y segregación en origen, la identificación y clasificación de los residuos, la manipulación, el almacenamiento, el envasado, el etiquetado, el transporte dentro y fuera del centro, el tratamiento, la eliminación de los residuos (incluidas las emisiones), la consideración de la salud y la seguridad laboral, pública

y medioambiental, la concienciación y educación de las partes interesadas y de la comunidad, y la investigación y el desarrollo de tecnologías innovadoras.

#### Sistema de inventario y reporte de desmantelamiento

Todos los dispositivos médicos que se dan de baja deben ser documentados y notificados. El siguiente paso es archivar o eliminar el listado del dispositivo de la base de datos del inventario después de que se haya desechado, donado, vendido o intercambiado. El inventario debe actualizarse en los casos de reasignación interna o reprocesamiento. En el informe de desmantelamiento se pueden encontrar los siguientes detalles: la fecha y/o el período de desmantelamiento; el tipo de producto sanitario; la ubicación; el estado del producto antes del desmantelamiento; los motivos del desmantelamiento; el proceso de desmantelamiento; el estado del producto al final de su vida útil; el coste del desmantelamiento; el valor del producto si se vende o se intercambia.

#### 3.5.7 MÉTODOS EMPLEADOS PARA LA DISPOSICIÓN FINAL

La OMS (2019) en su documento oficial para el desmantelamiento y disposición final de equipo médico indica que:

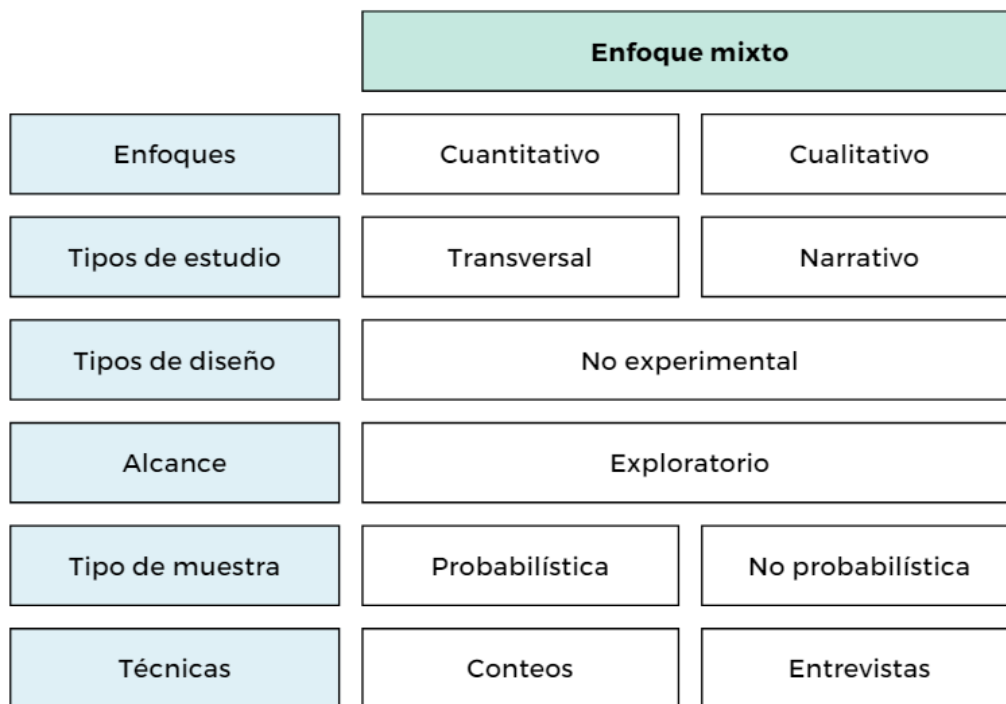
La eliminación de equipos médicos se puede llevar a cabo por medio del enterramiento, el depósito, la descarga, el vertido, la colocación o la liberación intencionada de estos dispositivos. En la gestión de residuos radiactivos, los residuos se depositan en una instalación aprobada y especificada o se vierten directamente en el medio ambiente. La disposición final se lleva a cabo sin intención de recuperación. Incluye el desmantelamiento del equipo médico para el reciclaje de los componentes que pueden seguir siendo de beneficio; sin embargo, estos componentes solo deben ser reutilizados si se realiza de forma segura. La eliminación de los residuos sanitarios sin tratar en los vertederos municipales no es aconsejable. Dependiendo de la infraestructura disponible en el centro de salud, el tratamiento y la eliminación pueden llevarse a cabo en el lugar por personal capacitado o fuera del lugar por una parte acreditada con experiencia en la gestión de residuos sanitarios.

## IV. METODOLOGÍA

En este capítulo se describe la metodología empleada para llevar a cabo la investigación. En él se incluye el enfoque, las variables de investigación, la hipótesis, las herramientas e instrumentos, los materiales y actividades necesarias para el desarrollo de esta.

### 4.1 ENFOQUE

Para la presente investigación se decidió aplicar un enfoque mixto, ya que se tomarán en cuenta técnicas cuantitativas (conteo de equipos médicos, porcentajes de sustancias químicas peligrosas en equipos médicos, cantidad de almacenes) así como técnicas cualitativas (entrevista a personal de mantenimiento, encuestas con preguntas abiertas y cerradas). Este es el enfoque más conveniente ya que los métodos mixtos utilizan evidencia de datos numéricos, verbales, textuales, visuales, y de otras clases para entender la problemática planteada (Creswell, 2013a y Lieber y Weisner, 2010).

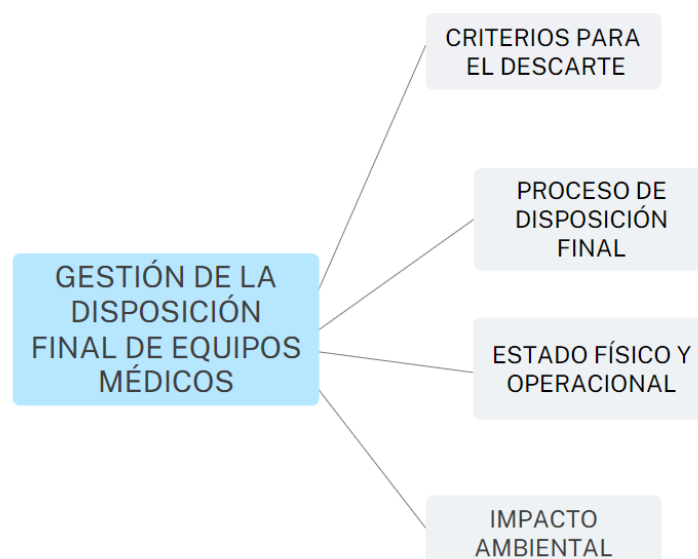


**Figura 11: Esquema de enfoque metodológico**

Fuente: Elaboración propia

## 4.2 VARIABLES

Como variable dependiente se estableció la gestión de la disposición final de equipo médico, y las variables independientes son los criterios para el descarte, el proceso de disposición final, el estado físico y operacional y el impacto ambiental. A continuación, se describe cada una de las variables independientes.



**Figura 12: Variables de Investigación**

Fuente: Elaboración propia

### 4.2.1 CRITERIOS

Son todos aquellos factores que los hospitales estudiados toman en cuenta, es decir los requisitos que deben ser cumplidos previo al descarte de los equipos. Estos pueden variar según el tipo, categoría o área donde está asignado el equipo médico. Asimismo, se prevé que serán distintos en ambos hospitales a estudiar.

### 4.2.2 PROCESO DE DISPOSICIÓN FINAL

Esta variable se trata del conjunto de actividades planificadas por el hospital desde el momento que se descarta un equipo para su no uso, hasta que este abandone el hospital en forma de residuo electrónico.

### 4.2.3 ESTADO FÍSICO Y OPERACIONAL

Condición en la que se encuentran los equipos, tanto su hardware como su software, basado en observación e inspección visual, así como manipulación superficial de los equipos.

#### 4.2.4 IMPACTO AMBIENTAL

Potencial alteración al medio ambiente causada por los componentes o materiales dañinos en los residuos electrónicos de los equipos médicos.

### 4.3 HIPÓTESIS

A continuación, se especifica la hipótesis de investigación y la hipótesis nula a considerar en el presente estudio diagnóstico:

*Hi:* La implementación de una guía basada en un estudio diagnóstico que brinde los lineamientos para la correcta disposición final de equipos médicos como punto de partida para la estandarización y cumplimiento de buenas prácticas de este proceso a nivel nacional, puede brindar beneficios a los hospitales en cuanto al manejo integral de sus residuos electrónicos.

*Ho:* La implementación de una guía basada en un estudio diagnóstico que brinde los lineamientos para la correcta disposición final de equipos médicos como punto de partida para la estandarización y cumplimiento de buenas prácticas de este proceso a nivel nacional, no puede brindar beneficios a los hospitales en cuanto al manejo integral de sus residuos electrónicos.

### 4.4 TÉCNICAS E INSTRUMENTOS APLICADOS

Para realizar esta investigación se acudió a distintas técnicas obtener los datos e información valiosa, precisa y fidedigna. Asimismo, se emplearon instrumentos que sirvieron como medios para manipular esta información con el fin de sustentar el conocimiento obtenido,

#### 4.4.1 REVISIÓN DE LITERATURA

Hernández-Sampieri et al. (2014) menciona que la revisión de la literatura consiste en detectar, consultar y obtener la bibliografía y otros materiales útiles para los propósitos del estudio, de los cuales se extrae y recopila información relevante y necesaria para el problema de investigación.

Durante la investigación se visitaron los siguientes tipos de documentos que fueron útiles para brindar un sustento teórico para el estudio:

- Manuales
- Tesis
- Artículos científicos

#### 4.4.2 ENTREVISTAS Y CUESTIONARIOS

Se realizaron entrevistas y cuestionarios al personal de los hospitales para poder tener una visión sobre su perspectiva y conocimiento del proceso de disposición final de los equipos médicos. La encuesta se fundamenta en un cuestionario o conjunto de preguntas que se preparan con el propósito de obtener información (Bernal, C., 2010). Para conocer el proceso exacto de disposición final de equipos médicos se acudió a la entrevista, por ser una técnica más flexible en la cual el entrevistado puede brindar información de manera más espontánea y abierta. Siendo así, las preguntas fueron abiertas y cerradas, registradas en audio y en papel. (Ver Anexo 1)

#### 4.4.3 MICROSOFT EXCEL

Para tabular los datos recolectados de los conteos, entrevistas y encuestas, es necesario el uso de una herramienta que permita organizar esta información para su comprensión y análisis (Pérez; 2010). El software Microsoft Excel permite capturar los datos, editarlos y a la vez aplicarles un tratamiento estadístico con las funciones disponibles en este programa. De igual manera permite generar gráficos que ilustren y faciliten la comprensión del comportamiento de las variables estudiadas.

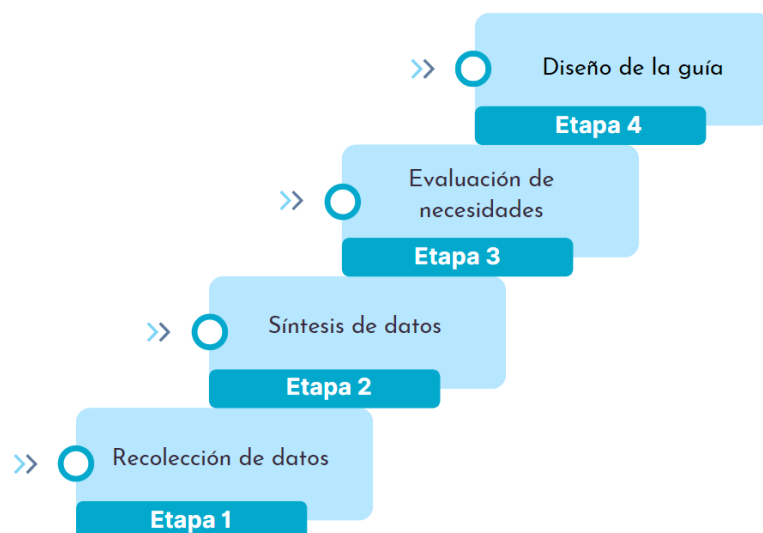
### **4.5 MATERIALES**

Los materiales utilizados para el desarrollo de la presente investigación son enlistados a continuación.

- Computadora
- iPad como herramienta grabadora de voz
- Teléfono móvil para tomar fotografías
- Memoria USB
- Lápiz y papel para anotar datos importantes brindados por el personal

## 4.6 METODOLOGÍA DE ESTUDIO

La metodología empleada en el presente proyecto de investigación se compone de cuatro etapas, las cuales en conjunto tienen como finalidad presentar el diseño de una guía para la disposición final del equipo médico. Estas etapas son descritas a continuación.



**Figura 13: Etapas de la metodología de estudio**

Fuente: Elaboración propia

### 4.6.1 ETAPA 1: RECOLECCIÓN DE DATOS

En esta etapa se realizaron visitas técnicas para conocer como están estructurados los departamentos del Hospital Nacional Mario Catarino Rivas y el Hospital Leonardo Martínez. Al mismo tiempo se visitaron y fotografiaron las áreas de almacenamiento, y se realizaron entrevistas al personal para conocer el estado actual de la gestión de la disposición final de equipos médicos.

### 4.6.2 SÍNTESIS DE DATOS

Se llevó a cabo la tabulación de los datos obtenidos a través de los listados de descargo de equipo médico compartidos por el personal de Bienes Nacionales, se realizaron conteos de los equipos médicos y sus tipos, se indagó sobre la presencia de las sustancias químicas peligrosas para calcular el porcentaje existente de las mismas en los equipos médicos. Así mismo, se transcribieron las entrevistas para categorizar la información que daba respuesta a cada interrogante planteada para plasmar los resultados en tablas y gráficas.

### 4.6.3 EVALUACIÓN DE NECESIDADES

Por medio del análisis de los datos obtenidos se identificaron las debilidades y áreas a mejorar del proceso actual que se sigue para la disposición final de equipos médicos. Se tomaron en cuenta las condiciones de almacenamiento, nivel de conocimiento del personal con relación al proceso de descarte y disposición final, las sustancias químicas peligrosas encontradas en los equipos médicos descartados, entre otros factores internos.

### 4.6.4 DISEÑO DE LA GUÍA

Una vez evaluadas las necesidades de los hospitales, se sentaron las bases para el diseño de la guía de disposición final de equipos médicos. La guía está dirigida a todo el personal que se vea involucrado en el proceso de descarte, descargo y disposición final de los equipos médicos. Se estableció un marco referencial para que el lector tenga un fundamento teórico y pueda sacar el mayor provecho al documento. Asimismo, se expuso la metodología a seguir, etapa por etapa, para la correcta disposición final de los equipos médicos.

**Tabla 1: Matriz metodológica**

Titulo	Problema	Preguntas de investigación	Objetivos		Variable	
			General	Específicos	Independiente	Dependiente
Propuesta de guía para la disposición final de equipo médico basado en estudio diagnóstico en dos hospitales de San Pedro Sula, 2022	¿Cómo una guía para la disposición final de equipo médico beneficiará a los hospitales al momento de realizar este proceso?	¿Qué criterios son tomados en cuenta para decidir llevar a cabo la disposición final de un equipo médico?	Proponer una guía basada en un estudio diagnóstico que brinde los lineamientos para la correcta disposición final de dispositivos médicos, siendo un punto de partida para la estandarización y cumplimiento de buenas prácticas de este proceso a nivel nacional.	1) Determinar los criterios tomados en cuenta para la toma de decisiones asociadas a la disposición final de un equipo	Criterios de descarte	Gestión de la disposición final de equipos médicos
		¿Cómo es el proceso que siguen los hospitales para la disposición final de sus equipos médicos?		2) Identificar el proceso establecido por los hospitales para la disposición final sus equipos médicos.		
		¿Cuál es el estado físico y operacional de los equipos que son descartados en los hospitales?		3) Evaluar el estado físico y operacional de los equipos médicos descartados en los hospitales.	Estado físico y operacional	
		¿Cuál el impacto ambiental de los distintos elementos que componen a los dispositivos médicos?		4) Describir el impacto ambiental de los distintos elementos que componen a los dispositivos médicos.	Impacto ambiental	

Fuente: Elaboración propia



**Tabla 2: Operacionalización de variables**

Variable Dependiente	Variable Independiente	Definición		Dimensión	Indicador	Preguntas	Técnica
		Conceptual	Operacional				
Diseño de guía	Criterios	Son todos aquellos factores que los hospitales estudiados toman en cuenta, es decir los requisitos que deben ser cumplidos previo al descarte de los equipos.	Evaluación de requisitos para el descarte de un equipo.	Prioridad	Área	- ¿A qué área pertenece el equipo?	Entrevista/Observación
					Tipo de equipo	¿Qué tipo de equipo es?	
					Clasificación por riesgo	¿Cuál es la clasificación por riesgo del equipo?	
	Proceso de disposición final	Conjunto de actividades planificadas por el hospital desde el momento que se descarta un equipo para su uso, hasta que este abandone el hospital en forma de residuo electrónico.	Investigación sobre los procesos internos de cada hospital	Etapas para la disposición final	Secuencia por seguir	¿Qué secuencia siguen las etapas para la disposición final del equipo?	Entrevista/Cuestionarios

	Estado físico y operacion al	Condición en la que se encuentran los equipos, tanto su hardware como su software, basado en observación e inspección visual, así como manipulación superficial de los equipos.	Evaluación por medio de inspección y observación del equipo	Criterios técnicos	Edad efectiva	¿Cuánto tiempo ha transcurrido desde que el equipo inició su operación?	Calificaciones según criterios técnicos
					Grado de obsolescencia	¿Existe representante del equipo a nivel nacional?	
					Estado	¿En qué estado se encuentra el equipo?	
					Demanda	¿Cuántas horas está en uso el equipo?	
	Impacto ambiental	Potencial alteración al medio ambiente causada por los componentes o materiales dañinos en los equipos médicos.	Investigación de los componentes y materiales en los residuos electrónicos de los equipos médicos	Propiedades de los materiales	Riesgos de los materiales	¿Cuáles son las propiedades dañinas de los componentes electrónicos de los equipos médicos?	Revisión de literatura

Fuente: Elaboración propia

## 4.7 CRONOGRAMA

**Tabla 3: Cronograma**

Actividades	Semana									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Presentación de propuesta de proyecto de investigación	■									
Desarrollo de capítulos I, II y III	■	■	■							
Redacción de cartas de solicitud de visita técnica a los hospitales por ser estudiados		■								
Presentación de primer avance			■							
Visitas a los hospitales para realizar la entrega de las cartas			■	■						
Desarrollo de capítulo IV			■	■	■					
Recolección de datos en hospitales					■	■				
Tabulación y análisis de datos recolectados						■	■			
Presentación de resultados								■		
Presentación de conclusiones y recomendaciones								■		
Presentación de entregable (manual)									■	
Culminación del proyecto										■

Fuente: Elaboración propia

## **V. RESULTADOS Y ANÁLISIS**

En el presente capítulo se expondrán los resultados obtenidos a partir de la recolección de datos a partir de visitas técnicas al Hospital Nacional Mario Catarino Rivas y al Hospital Leonardo Martínez Valenzuela. En ambos hospitales se realizaron entrevistas al personal, además de inspecciones visuales a los equipos médicos descartados.

### **5.1 VARIABLES DE INVESTIGACIÓN**

A continuación, se presentan los resultados recolección por medio de las técnicas empleadas para la obtención de datos según las variables independientes del estudio.

#### **5.1.1 CRITERIOS DE DESCARTE**

La etapa de descarte inicia cuando se decide que el equipo no cumple con las funciones para las que fue diseñado, ya sea por fallas en su operación o por falta de repuestos y/o accesorios. Los criterios son definidos por los departamentos de mantenimiento o biomédica, dependiendo de la estructura de cada hospital, y son ellos quienes determinan cuando un equipo debe ser descartado.

Previo a esta etapa existen actividades como la limpieza de los equipos médicos, así como la evaluación técnica de estos por medio de pruebas de funcionamiento, ya que, si el equipo presenta una falla, en primaria instancia se debe acudir al personal técnico encargado para que lo evalúe, y brinde el dictamen que indique si el equipo se puede reparar o no, si es un equipo obsoleto y no existen repuestos accesibles, o si el costo de reparación es equivalente a adquirir el equipo nuevo. Cuando el personal encargado de estas actividades determina que el equipo será descartado, pueden retirarse las partes útiles del mismo para utilizarlas como repuestos cuando sea necesario. El personal técnico debe determinar el estado y dictamen de cada uno de los equipos médicos descartados.

Debido a que existen directrices establecidas que aplican para todos los hospitales públicos a nivel nacional, los criterios que se toman en cuenta para decidir el descarte de un equipo son los mismos.

Criterio	Descripción
Evaluación de personal técnico	Cuando el equipo médico presenta una falla, el personal técnico debe evaluarlo para conocer a qué se debe la falla
Posibilidad de reparación	Basado en la evaluación técnica, el personal debe determinar si es posible reparar el equipo
Obsolescencia	Se debe considerar si el equipo es obsoleto ya que esto impide la adquisición de partes y repuestos
Costo-beneficio de la puesta en marcha	Es necesario analizar si la reparación es rentable, o si va a suponer un costo mayor al beneficio de la puesta en marcha

**Figura 14: Criterios para el descarte de equipo médico**

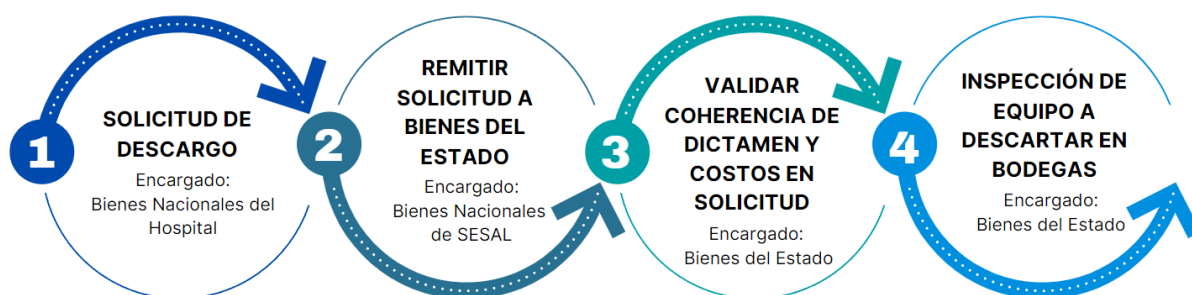
Fuente: Elaboración propia

### 5.1.2 PROCESO DE DISPOSICIÓN FINAL

La disposición final de todos los equipos médicos descartados (EMD) se realiza de la misma manera en todos los centros de atención médica regidos por la SESAL. Es muy importante destacar que no se trata de un proceso exclusivo de equipos médicos, también se incluyen todos los bienes que han sido descartados como ser muebles, vehículos, computadoras, entre otros. Sin embargo, según el personal de Bienes Nacionales, recientemente se les ha solicitado hacer una distinción del equipo médico para el próximo descargo, el cual se estima tomará lugar a finales del año 2022 o a principios del 2023.

Cuando el equipo médico es descartado, este pasa a ser responsabilidad del departamento de Bienes Nacionales, entidad encargada de gestionar todos los bienes que han sido dictaminados como inservibles. El departamento de Bienes Nacionales de cada hospital debe realizar la identificación todos los equipos médicos que deben ser descargados, almacenarlos en sus bodegas, realizar un dictamen del estado del equipo dando fe de que todo lo descartado es inservible, y posteriormente enviar la solicitud de descargo a la Dirección de Bienes del Estado en Tegucigalpa por medio de un formato establecido (Ver Anexo 5). Una

vez la solicitud ha sido aprobada, también es necesario realizar un descargo en el Sistema de Administración Financiera Integrada, SIAFI, herramienta empleada para gestionar inventarios a nivel nacional por todas las secretarías del Estado.

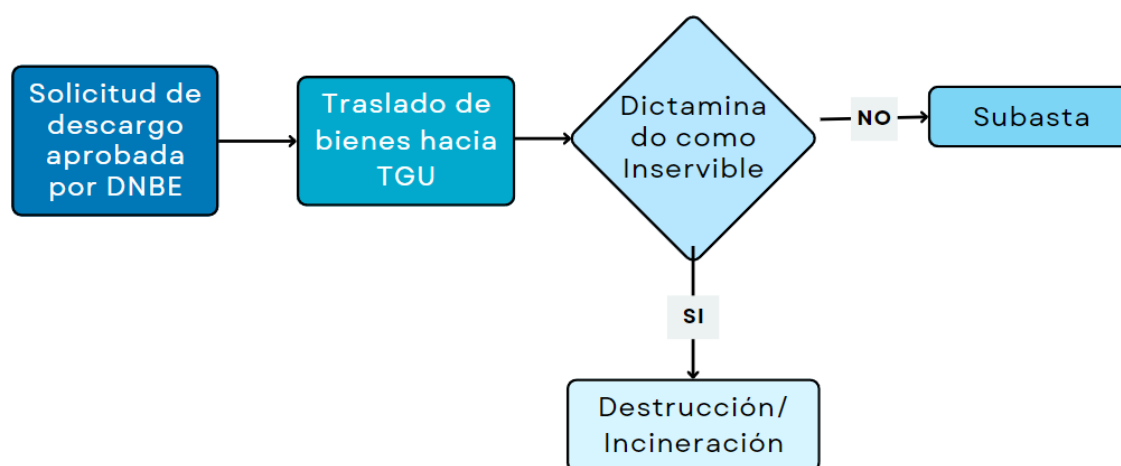


**Figura 15: Síntesis del Proceso para Descargo de Equipo Médico**

Fuente: Elaboración propia

Una vez la solicitud de descargo ha sido aprobada, firmada y sellada por la Dirección de Bienes del Estado, se le entregan los documentos pertinentes a Bienes Nacionales de SESAL, de este modo quedan libres de responsabilidad del equipo descargado. Posteriormente, se realiza el traslado de los bienes hacia Tegucigalpa, donde se lleva a cabo una subasta. Esta subasta, según el Reglamento de Organización y Funcionamiento de la Dirección Nacional de Bienes del Estado bajo el Acuerdo No. 226-2017, es una venta pública de bienes que se hace al mejor postor siguiendo un procedimiento que incluye la publicidad del acto.

En caso de que el equipo no sea tomado en cuenta para ser subastado, se procede a la incineración/destrucción, definida por el Reglamento de Organización y Funcionamiento de la Dirección Nacional de Bienes del Estado como el proceso administrativo de descargo, mediante el cual se destruye o se incinera los bienes inservibles o en desuso, que no están sujetos a subasta ni donación, que han sido dados de baja y no prestan servicio al Estado.



**Figura 16: Proceso para disposición final de equipos médicos**

Fuente: Elaboración propia

### 5.1.3 ESTADO FÍSICO Y OPERACIONAL

Debido a que únicamente se descartan aquellos equipos médicos que ya no cumplen con sus funciones de manera óptima, todos se encuentran en un estado no operacional.

En cuanto al estado físico, la mayoría del equipo en los almacenes se encuentra dañado y sucio. Varios tienen piezas quebradas, y/o les hacen falta algunas de sus piezas. Sin embargo, también se encuentran equipos que físicamente se encuentran en buen estado.

Cabe resaltar que los tiempos de estadía de los equipos médicos descartados en las bodegas de los hospitales son muy largos: en el HNMCR los equipos médicos descartados se han acumulado desde el año 2009, y en el HLMV desde el 2015. Por lo tanto, el estado físico de los equipos médicos se va deteriorando día con día.

En ambos hospitales el 100% de los equipos médicos se encontraban en mal estado y el 100% fueron dictaminados como inservibles, según el formato de las listas de descargo presentadas por el departamento de Bienes Nacionales.

**Tabla 4: Equipos médicos almacenados**

HNMCR	HLMV
	
	
	

Fuente: Elaboración propia



#### 5.1.4 IMPACTO AMBIENTAL

Para conocer el impacto que los equipos descartados pueden generar sobre el medio ambiente, se determinaron las cinco sustancias químicas peligrosas encontradas más frecuentemente en los equipos médicos, las cuales fueron seleccionadas basadas en la lista brindada por *Mayer Alloys Corporation* de las sustancias que se encuentran más frecuentemente en los equipos médicos. Las sustancias se exponen en la Tabla 4, detallando en qué componente de los equipos médicos son encontradas, y los riesgos que su exposición conlleva.

**Tabla 5: Sustancias químicas peligrosas encontradas en los equipos médicos**

Sustancia química	Donde se encuentra	Riesgo por exposición
Retardantes de fuego bromados (RFB)	Placas de circuitos impreso	Problemas de aprendizaje y memoria, interferir con la tiroides y con el sistema hormonal del estrógeno.
Cadmio	Baterías recargables, contactos e interruptores	Se acumula en el ambiente y es muy tóxico. Afecta principalmente a los riñones y los huesos.
Mercurio	Placas LCD, baterías, lámparas fluorescentes, interruptores	Afecta el sistema nervioso central, el sistema cardiovascular, pulmonar y provocar daños en los riñones y la vista.
PVC	Cables, alambrado, circuitos, conectores	Si se incinera, libera dioxinas y furanos, los cuales son contaminantes ambientales persistentes.
Plomo	Monitores de tubo de rayos catódicos	Daño al cerebro, aumenta el riesgo de hipertensión arterial y de lesiones renales.

Fuente: Elaboración propia basada en European Chemicals Agency (2021) & ACS Recycling (2020)

### 5.1.3.1 Hospital Nacional Mario Catarino Rivas

Se analizó la lista de solicitud de descargo de bienes del Hospital Nacional Mario Catarino Rivas. Esta lista la componen 292 equipos médicos, condensados en 24 tipos de equipos médicos distintos como lo indica la Tabla 6.

**Tabla 6: Equipos Médicos por ser descargados en HLMV**

<b>EQUIPO</b>	<b>CANTIDAD</b>
Bomba de infusión	99
Succionador de secreciones	45
Monitor cardiaco	34
Nebulizador	24
Incubadora	19
Máquina de anestesia	10
Electrocauterio	8
Lampara cielítica	8
Ventilador mecánico	6
Microscopio	5
Electrocardiógrafo	4
Laringoscopio	4
Equipo de rayos x	3
Otooftalmoscopio	3
Ultrasonido	3
Electroencefalografo	2
Fibrocolonoscopio	2
Lampara de fototerapia	2
Cabina de bioseguridad	1
Centrifuga	1
Colposcopio	1
Dermatomo	1
Desfibrilador	1
Ecocardiografo	1
Gastrofibroduodenoscopio	1
Gastrosopio	1
Lampara de hendidura	1
Lampara quirúrgica	1
Monitor fetal	1

Fuente: Elaboración propia

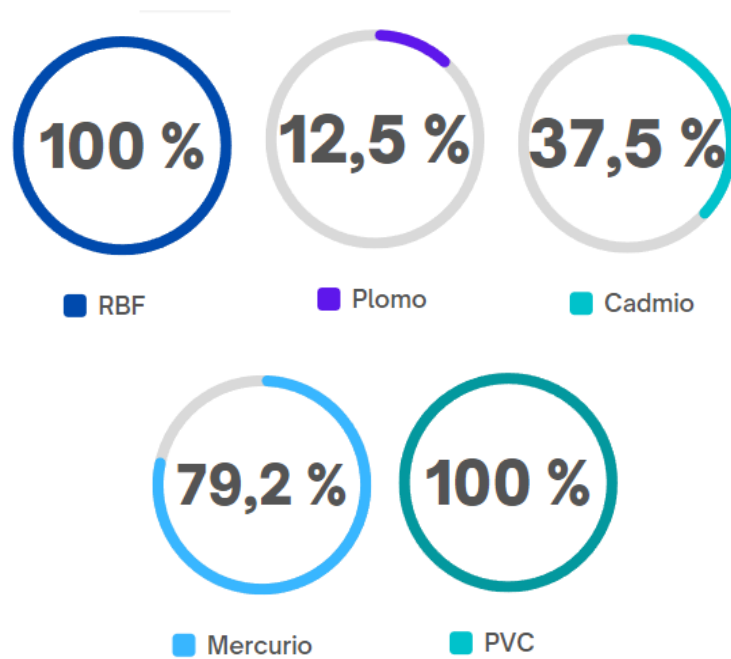
La Tabla 7 muestra las sustancias químicas que tienen presencia en cada uno de los equipos médicos en esta lista.

**Tabla 7: Presencia de sustancias químicas peligrosas en los EMD del HNMCR**

<b>EQUIPO</b>	<b>RFB</b>	<b>CADMIO</b>	<b>MERCURIO</b>	<b>PVC</b>	<b>PLOMO</b>
Bomba de Infusión	X	X	X	X	
Succionador de secreciones	X	X		X	
Nebulizador	X	X		X	
Incubadora	X		X	X	
Máquina de anestesia	X	X	X	X	
Electrocauterio	X	X	X	X	
Lampara cielítica	X		X	X	
Ventilador mecánico	X	X	X	X	
Microscopio	X			X	
Electrocardiógrafo	X	X	X	X	
Equipo de rayos X	X		X	X	
Ultrasonido	X		X	X	
Electroencefalógrafo	X	X	X	X	X
Lampara de fototerapia	X		X	X	
Cabina de bioseguridad	X	X	X	X	
Centrifuga	X			X	
Colposcopio	X		X	X	
Dermatomo	X		X	X	
Desfibrilador	X		X	X	
Eco cardiógrafo	X		X	X	
Lampara de hendidura	X		X	X	
Lampara quirúrgica	X		X	X	X
Monitor de signos vitales	X			X	X
Monitor fetal	X		X	X	

Fuente: Elaboración propia

Como muestra la Figura 13, de los 24 tipos el 100% de los equipos médicos en la Tabla 5 contienen RBF, el 12.5% contienen Plomo, el 37.5% contienen Cadmio, el 79.2% contienen Mercurio, y el 100% contienen PVC.



**Figura 17: Porcentaje de presencia de sustancias químicas peligrosas en los equipos médicos del HNMCR**

Fuente: Elaboración propia

### 5.1.3.2 Hospital Leonardo Martínez Valenzuela

Se analizó la lista de solicitud de descargo de bienes del Hospital Leonardo Martínez Valenzuela. Esta lista la componen 31 equipos médicos, condensados en 10 tipos de equipos médicos distintos, como lo indica la Tabla 8.

**Tabla 8: Equipos Médicos por ser descargados en HLMV**

EQUIPO	CANTIDAD
Incubadora	6
Lampara quirúrgica	6
Lampara fototerapia	5
Succionador de secreciones	4
Ultrasonido	4
Máquina de anestesia	2
Equipo de rayos X	1
Monitor cardiaco	1
Nebulizador	1
Negatoscopio	1

Fuente: Elaboración propia

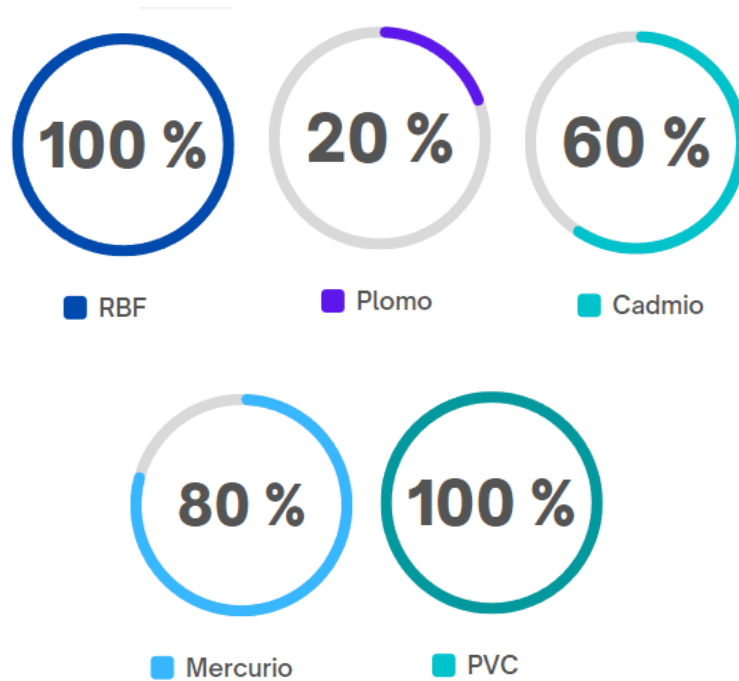
La Tabla 8 muestra las sustancias químicas que tienen presencia en cada uno de los equipos médicos en esta lista.

**Tabla 9: Presencia de sustancias químicas peligrosas en los EMD del HLMV**

EQUIPO	RFB	CADMIO	MERCURIO	PVC	PLOMO
Incubadora	X		X	X	
Lámpara quirúrgica	X		X	X	
Lampara de fototerapia	X		X	X	
Succionador de secreciones	X	X		X	
Ultrasonido	X	X	X	X	X
Máquina de anestesia	X	X	X	X	
Monitor de signos vitales	X	X	X	X	X
Equipo de Rayos X	X		X	X	
Nebulizador	X	X		X	
Negatoscopio	X	X	X	X	

Fuente: Elaboración propia

En la Figura 15 se expone que, de los 10 tipos el 100% de los equipos médicos en la Tabla 6 contienen RBF, el 20% contienen Plomo, el 60% contienen Cadmio, el 80% contienen Mercurio, y el 100% contienen PVC.



**Figura 18: Porcentaje de presencia de sustancias químicas peligrosas en los equipos médicos del HLMV**

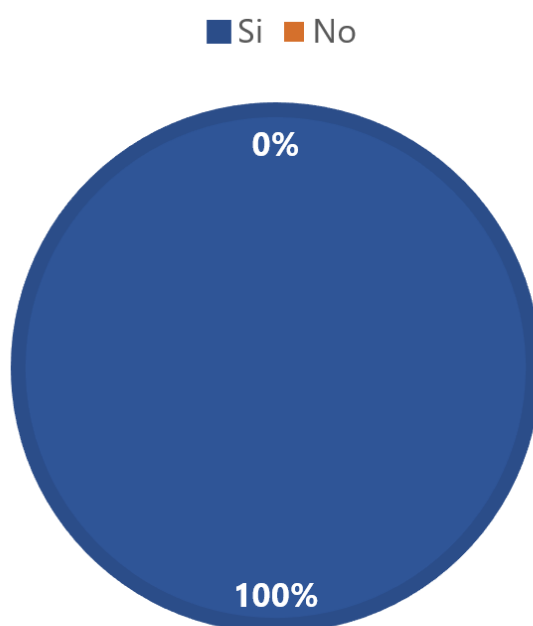
Fuente: Elaboración propia

## 5.2 PANORAMA GENERAL

Se presentan los datos recolectados de la situación correspondiente a cada hospital sobre el conocimiento del personal, la gestión del espacio físico la dependencia de DNBE, y el manejo de costos e ingresos.

### 5.2.1 CONOCIMIENTO DEL PERSONAL

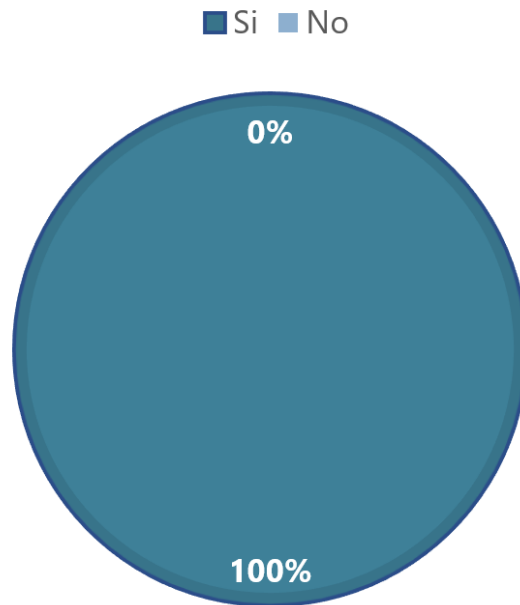
Un total de diez personas miembros del Departamento de Bienes Nacionales tanto en el HNMCR como en el HLMV fueron encuestadas para conocer su conocimiento en el tema de disposición final de equipos médicos. Las siguientes gráficas ilustran sus respuestas.



**Figura 19: Porcentaje del personal de Bienes Nacionales que conoce la documentación legal**

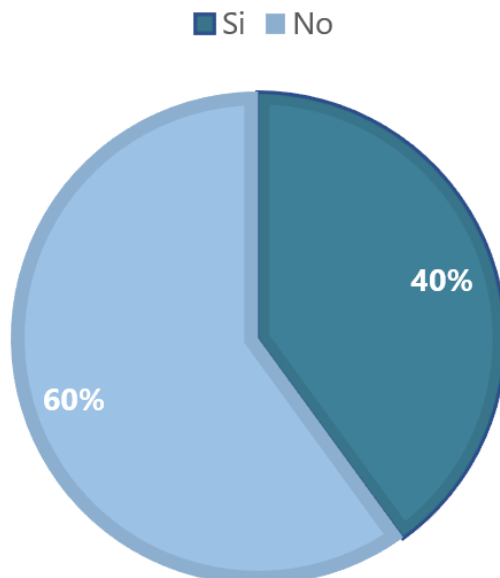
Fuente: Elaboración propia

La figura 18 muestra las respuestas a la pregunta "¿Conocen acerca de la documentación legal de descarte y disposición de equipos médicos en Honduras?", indicando que el 100% del personal de Bienes Nacionales contestaron que sí.



**Figura 20: Porcentaje del personal de BN que conoce alguna guía o manual que indique el proceso de disposición final**

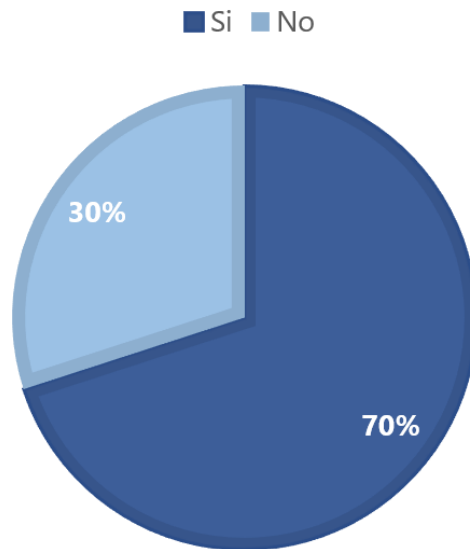
La figura 19 muestra las respuestas a la pregunta "¿Conoce alguna guía, manual, o protocolo nacional o internacional que le indique al hospital cómo realizar el proceso de disposición final de los equipos médicos?" indicando que el 100% del personal de Bienes Nacionales contestaron que sí.



**Figura 21: Porcentaje del personal de Bienes Nacionales que conoce los efectos adversos de los componentes electrónicos**



La figura 20 muestra la respuesta a la pregunta "¿Conoce los efectos adversos que tienen los componentes electrónicos de los equipos médicos sobre el medio ambiente?", de las diez personas encuestadas, el 40% respondió que sí, y el 60% respondió que no.



**Figura 22: Porcentaje del personal de BN que ha recibido capacitaciones sobre la disposición final de equipo médico**

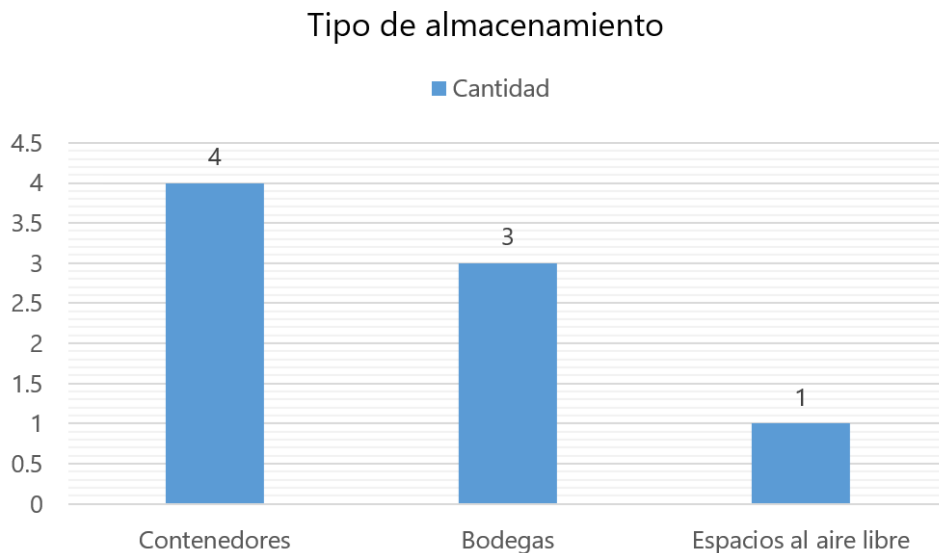
La figura 21 muestra la respuesta a la pregunta "¿Ha recibido charlas o capacitaciones sobre cómo realizar la disposición final de equipo médico?", de las diez personas encuestadas, el 70% respondió que sí, y el 30% respondió que no.

### 5.2.2 GESTIÓN DE ESPACIO FÍSICO

Las entrevistas realizadas al personal del Departamento de Bienes Nacionales en ambos hospitales revelaron que una de las dificultades más grandes a las que estas instituciones se enfrentan con respecto al proceso de disposición final de los equipos médicos es el espacio para almacenar todos los bienes descartados.

Se ha pedido la construcción de una galera para realizar de manera más eficiente el clasificado del equipo descartado internamente, y de esta manera hacer el proceso de descargo más fácil, tanto para el hospital como para la DNBE.

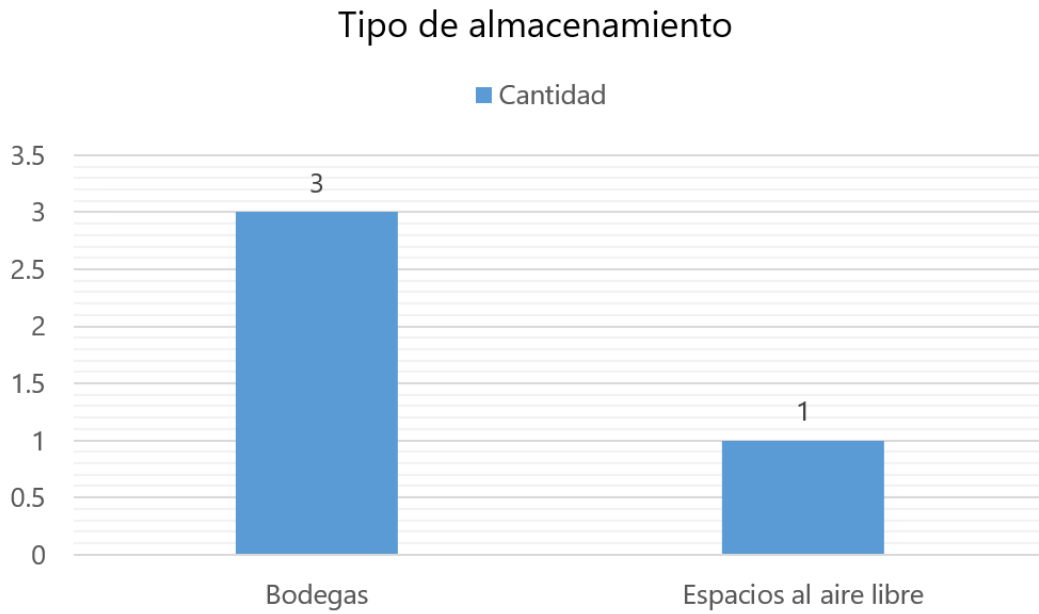
En el HNMCR, se almacenan los bienes en cuatro contenedores, tres bodegas, y al aire libre en toda el área del pasillo frente a la oficina de Bienes Nacionales (Ver Anexo 3). Todos los bienes que se encuentran en estas áreas han sido acumulados desde el último descargo que se dio lugar en el 2009.



**Figura 23: Tipo de almacenamiento para equipo descartado en HNMCR**

Fuente: Elaboración Propia

En el HLMV, los bienes son almacenados en tres bodegas, y el área al aire libre frente a estas bodegas. Una de las bodegas solía ser la capilla del hospital, pero debido a la necesidad de espacio físico para almacenar los bienes descartados, fue necesario cambiar la función del edificio (Ver Anexo 4). Estos bienes han sido acumulados desde el último descargo realizado en el 2015.



**Figura 24: Tipo de almacenamiento para equipo descartado en HLMV**

Fuente: Elaboración propia

Los almacenes se encuentran en condiciones muy precarias, con muchas áreas de mejora. Se identificaron las siguientes debilidades:

- Desorganización
- Aglomeración
- Falta energía eléctrica
- Acumulación de suciedad
- No segregación de bienes









La Tabla 11 expone las debilidades identificadas.

Debilidad	Descripción
Desorganización	No existe un orden para el almacenamiento de los equipos médicos por tipo o clasificación
Aglomeración	Los equipos médicos están amontonados lo que impide la circulación del personal por las áreas de almacenamiento
Falta de energía eléctrica	Al no existir conexiones de energía eléctrica, los almacenes no cuentan con iluminación, lo que vuelve aún más difícil la realización de actividades dentro de los mismos
Acumulación de suciedad	Debido a que no se realiza limpieza de ningún tipo, la acumulación de suciedad no favorece a la conservación de los equipos médicos y sus componentes
No segregación de bienes	Hay una combinación de equipos médicos con otros bienes descartados, lo que dificulta la gestión de la disposición final

**Figura 25: Debilidades de los espacios de almacenamiento**

Fuente: Elaboración propia

**Tabla 10: Áreas de almacenamiento en los hospitales**

HNMCR	HLMV
	
	
	
	

Fuente: Elaboración propia

### 5.2.3 DEPENDENCIA DE DNBE

Como se ha explicado anteriormente, las solicitudes de descargo deben ser aprobadas por la DNBE, y de ellos también depende qué método será empleado para la disposición final del equipo, ya sea la subasta o la destrucción/incineración. Esta subordinación es una limitante para los hospitales, ya que se debe esperar a que la aprobación a las solicitudes sea remitida desde Tegucigalpa para poder proceder con el descargo de los bienes, de lo contrario se siguen almacenando y ocupando un espacio dentro del hospital que podría ser asignado a elementos de mayor importancia.

El personal de Bienes Nacionales indica que lo más ideal sería gestionar este proceso internamente. La propuesta que ellos brindan consiste en retirar de las salas el equipo médico que el departamento de mantenimiento o biomédica ha descartado, y almacenarlo en sus bodegas temporalmente, mientras el hospital gestiona el reciclaje de dichos equipos. De igual manera se debe referir el informe de dicho proceso a la DNBE en Tegucigalpa, para que sea validado por las autoridades encargadas.

En las entrevistas realizadas, el personal de Bienes Nacionales expresó que, si se maneja de esta manera, las bodegas tuvieran una mejor organización, ya que ellos serían capaces de llevar a cabo este proceso de manera anual o semestral, según sea conveniente.



**Figura 26: Propuesta de proceso de disposición final de equipo médico descentralizado**

Fuente: Elaboración propia

### 5.2.4 COSTOS E INGRESOS

A pesar de que la toma de decisiones en cuanto a la disposición final de equipo médico depende de DNBE, si en las oficinas de Tegucigalpa no cuentan con los fondos para costear los viáticos, el hospital debe financiarlos con su propio presupuesto.

De igual manera, cuando un equipo se daña, los costos de reparación los cubren los fondos del hospital. Sin embargo, cuando los bienes son subastados, los hospitales no reciben ningún porcentaje de los ingresos generados en las subastas. El personal de Bienes Nacionales expresa

que lo ideal sería que cada hospital tuviera injerencia sobre dichos ingresos, ya que siendo así la inversión beneficia al hospital.

Otra desventaja en cuanto a los costos fue detectada al analizar el costo histórico total de los equipos médicos para los cuales se solicitó el descargo en relación con el total de equipos. En la Tabla 9 se puede observar la incoherencia en la asignación de costos para cada equipo. El HNMCR, a pesar de tener 261 equipos más en la lista de descargo que el HLMV, la diferencia en lempiras es de casi un millón.

Esto afecta a la DNBE ya que los precios en las subastas se asignan de acuerdo con lo que estos listados estipulan, y el infravalorar los bienes supone una pérdida monetaria para esta institución.

HOSPITAL	TOTAL EQUIPOS MÉDICOS	TIPOS DE EQUIPOS MÉDICOS	COSTO HISTÓRICO TOTAL
HNMCR	292	24	L. 2,258,100
HLMV	31	10	L. 3,045,038

**Figura 27: Desglose de costo histórico total por hospital**

Fuente: Elaboración propia

## 5.2.5 CONTRASTE ENTRE LOS HOSPITALES

Ambas instituciones tienen semejanzas dado que la gestión de los hospitales públicos es muy similar a nivel nacional. Sin embargo, tienen administraciones y direcciones distintas por lo cual existen varios elementos que sirven para su contraste.

**Tabla 11: Comparación entre hospitales**

ÍTEM	HNMCR	HLMV
Presupuesto anual	L. 341,000,000	L. 142,000,000
Total equipos médicos descartados	292	24
Tipos de equipos médicos descartados	31	10
Costo histórico total de equipos médicos descartados	L. 2,258,100	L. 3,045,038
Departamento encargado de equipos médicos	Departamento de biomédica	Departamento de Mantenimiento
Cantidad de personal en departamento encargado	3	12
Cantidad de personal en Bienes Nacionales	5	2
Año de último descargo	2009	2015
Manejo de almacenamiento	4 contenedores, 3 bodegas, 1 espacio al aire	libre 3 bodegas, 1 espacio al aire libre

Fuente: Elaboración propia



## VI. CONCLUSIONES

Por medio de la investigación presentada se comprueba la necesidad de proponer una guía que brinde los lineamientos para la correcta disposición final de los equipos médicos, siendo un punto de partida para la estandarización y cumplimiento de buenas prácticas de este proceso a nivel nacional. Esto es debido a que por medio de una correcta gestión de la disposición final de los equipos médicos se disminuye la contaminación producidos por los RAEE, se promueve el reciclaje de los componentes, se tiene un mejor manejo y organización de los espacios de almacenamiento, y se logra la independencia de DNBE, lo cual agiliza este proceso y lo vuelve más eficiente.

1. Se determinó que los criterios tomados en cuenta para descartar un equipo médicos dependen del personal técnico del departamento de biomédica o mantenimiento, quienes, por medio de pruebas de funcionamiento, entre otros métodos, deciden si es más beneficioso para el hospital reparar el equipo médico o descartar el mismo. Sin embargo, la disposición final de los equipos médicos una vez han sido descargados depende en su totalidad de la Dirección Nacional de Bienes del Estado.
2. Se validó que todos los equipos médicos descartados en ambos hospitales estudiados se encuentran en mal estado y han sido dictaminados como inservibles, ya sea por falta de repuestos, obsolescencia, o porque el costo-beneficio de su reparación no es conveniente para el hospital.
3. Al analizar las sustancias peligrosas que componen a los equipos médicos, se concluye que el impacto negativo de los residuos electrónicos ocurre como consecuencia de la falta de tratamiento adecuado. Esto se debe a que en la mayoría de los casos los RAEE son enviados a destrucción/incineración, ya que no se cuenta con un plan de acción para evitar que tengan repercusiones en el medio ambiente.

## **VII. RECOMENDACIONES**

1. Se recomienda indagar en las pruebas de funcionamiento que realiza el personal técnico para determinar que un equipo médico será descartado.
2. Con el fin de evaluar de mejor manera los componentes electrónicos de los equipos médicos, se recomienda tomar una muestra representativa de los listados previamente para seleccionar el equipo médico en las bodegas y poder hacer inspecciones más minuciosas a estos, en lugar de solo visuales.
3. Para futuras investigaciones se recomienda expandir el estudio fuera de los hospitales, y tener un acercamiento con las autoridades encargadas de la Dirección Nacional de Bienes del Estado para tener un panorama más claro de las decisiones tomadas por su parte.

## **VIII. APLICABILIDAD**

El estudio diagnóstico realizado a lo largo de este proyecto de investigación sirvió como punto de partida para el desarrollo de una guía para la disposición final de equipos médicos que brinda los lineamientos para que las instituciones puedan realizar este proceso de manera independiente, agilizando el proceso de disposición final y al mismo tiempo garantizando un tratamiento integral para los residuos electrónicos generados.

El documento elaborado se presenta en las siguientes páginas.

# GUÍA PARA LA DISPOSICIÓN FINAL DE EQUIPOS MÉDICOS





## **Guía para la disposición final de equipos médicos**

Elaborado por Claudia Lucía Flores  
Estudiante de Ingeniería en Biomédica

## ÍNDICE

Definiciones .....	1
Introducción.....	2
Objetivo .....	3
Alcance .....	4
Marco Referencial .....	5
Metodología para la Disposición Final de Equipos Médicos .....	8
Etapa 1: Almacenamiento .....	8
Etapa 2: Identificación y Clasificación .....	10
Etapa 3: Desmontaje y Segregación .....	12
Etapa 4: Disposición Final .....	19
Bibliografía .....	21
Anexo 1 .....	23
Anexo 2 .....	24

## DEFINICIONES

**Aparatos eléctricos y electrónicos AEE:** Todos los aparatos que para funcionar necesitan corriente eléctrica o campos electromagnéticos y que son destinados a ser utilizados con una tensión nominal no superior a 1.000V en corriente alterna y 1.500V en corriente continua.

**Bienes:** Los bienes consisten en cosas corporales que pueden transportarse de un lugar a otro.

**Descarte:** Retirada de productos sanitarios del sistema de atención sanitaria sobre la base de pruebas de que son clínicamente ineficaces, inseguros, inapropiados o no rentables.

**Equipo médico:** Todo instrumento, aparato, implemento, máquina, artefacto, implante, reactivo para uso in vitro, software, material u otro artículo similar o afín destinado por el fabricante a ser utilizado, solo o en combinación, en seres humanos, para uno o varios de los fines específicos de:

- diagnóstico, prevención, seguimiento, tratamiento o alivio de una enfermedad
- el diagnóstico, el seguimiento, el tratamiento, el alivio o la compensación de una lesión
- la investigación, la sustitución, la modificación o el apoyo de la anatomía o de un proceso fisiológico
- el apoyo o el mantenimiento de la vida
- el control de la concepción
- la desinfección de productos sanitarios
- el suministro de información mediante el examen in vitro de especímenes derivados del cuerpo humano.

**Disposición final:** Entierro, depósito, descarga, vertido, colocación o liberación intencionada de cualquier material de desecho en el aire, la tierra o el agua sin intención de recuperarlo.

**Residuos electrónicos RAEE:** Todo tipo de equipo eléctrico y electrónico y sus componentes que hayan sido desechados por sus propietarios como residuos sin intención de reutilizarlos.

# 1

## INTRODUCCIÓN

Los equipos médicos cuentan con una vida útil específica, y una vez esta caduca, estos ya no pueden cumplir con las funciones que han cumplido dentro de las diversas áreas del hospital. Es necesario conocer este ciclo de vida útil para comprender como la tecnología se va depreciando, lo que eventualmente resulta en el desmantelamiento de los equipos médicos. El desmantelamiento tiene como finalidad la disposición final, lo que inevitablemente convierte a una gran parte de los equipos médicos descartados en residuos electrónicos que deben ser gestionados apropiadamente.

Los residuos electrónicos en los hospitales crece cada vez más y el no tener una gestión bien establecida para la disposición final de los equipos médicos da como resultado consecuencias negativas que afectan tanto al hospital como a la comunidad.

En los hospitales de Honduras naturalmente se descartan aquellos médicos que los encargados de la gestión de estos consideran que ya no generan beneficio al tenerlos operando, por lo que el presente documento brinda los lineamientos para que las instituciones puedan realizar este proceso de manera independiente, agilizando el proceso de disposición final y al mismo tiempo garantizando un tratamiento integral para los residuos electrónicos generados.



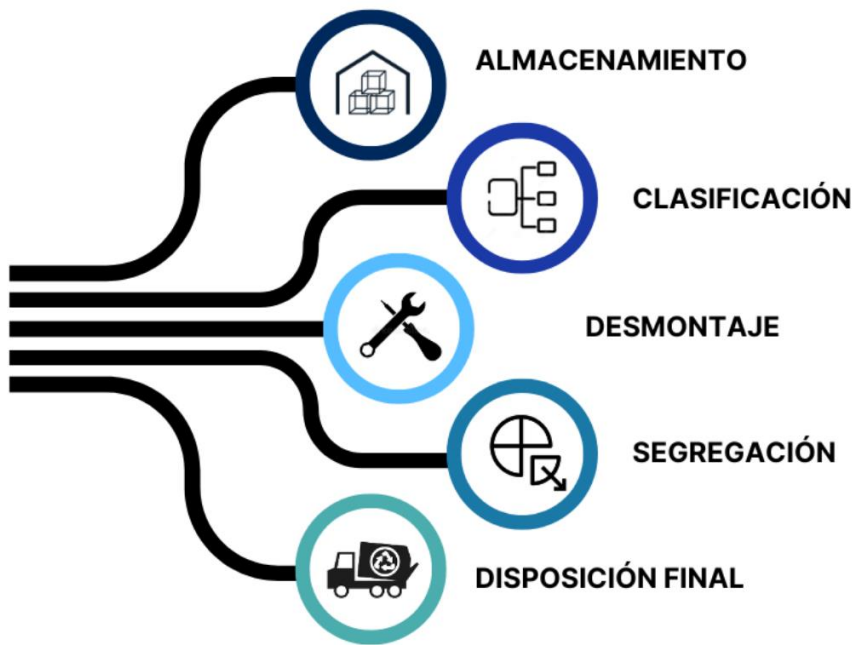
## 2 OBJETIVO

Informar sobre la importancia y el impacto que tienen los RAEE, y asimismo brindar los lineamientos que indiquen la disposición final de los equipos médicos que han sido dados de baja — desde su descarte hasta que abandonan las instalaciones del hospital — con el propósito de establecer un punto de partida para la estandarización y cumplimiento de buenas prácticas de este proceso a nivel nacional.

Esta guía se ha elaborado para todos los responsables de la gestión de equipos médicos cuando estos dejan de cumplir su función en el hospital.

# 3 ALCANCE

Los lineamientos establecidos en esta guía alcanzan a todos los procesos que conciernan a los equipos médicos, desde que el personal del departamento de biomédica/mantenimiento dictamina su descarte, hasta que los equipos médicos abandonan las instalaciones del hospital.



# 4

## MARCO REFERENCIAL

### AEE Y RAEE

Los aparatos eléctricos y electrónicos (AEE) contienen todos productos y piezas que funcionan con una fuente de alimentación eléctrica o una batería. Una vez desechados por su propietario, los AEE se convierten en RAEE, o residuos electrónicos, que contienen tanto materiales valiosos como peligrosos.

Los residuos eléctricos y electrónicos o RAEE son equipos eléctrico o electrónico, incluidos todos los componentes, subconjuntos y artículos consumibles que forman parte del equipo que han sido desechados por el propietario como residuos sin intención de reutilización.

### GESTIÓN DE LOS RAEE EN HONDURAS

La Secretaría de Recursos Naturales y Ambiente (SERNA - MIAMBIENTE+) y la Secretaría de Salud son los dos organismos nacionales encargados de supervisar y regular la gestión de los residuos sólidos en Honduras (SESAL). En Honduras, MIAMBIENTE+ es la encargada de garantizar la gestión y vigilancia efectiva de los residuos electrónicos. La Secretaría de Salud (SESAL) es la encargada de velar por que el manejo de los residuos electrónicos no perjudique la salud de las personas en ningún momento del proceso. Las administraciones municipales, que tienen una coordinación limitada con las instituciones del gobierno, son las encargadas de gestionar los residuos sólidos a nivel local.

Actualmente Honduras no posee datos estadísticos sobre la cantidad generada de residuos electrónicos, siendo un país en vías de desarrollo, la población está adquiriendo una cantidad considerable de aparatos nuevos y usados, por lo tanto, se necesita abordar el tema de generación de residuos de aparatos eléctricos y electrónicos, la cual va en aumento de forma análoga al crecimiento demográfico y los avances tecnológicos.

## SITUACIÓN DE RAEE A NIVEL MUNDIAL



FUENTE: MONITOREO MUNDIAL DE LOS RESIDUOS ELECTRÓNICOS 2020

## **RIESGOS DE LOS RAEE SOBRE LA SALUD Y EL AMBIENTE**

Los RAEE contienen componentes que son altamente tóxicos para el ambiente y las personas, a la vez que contribuyen al agotamiento de los recursos naturales empleados en su producción. Por eso, se debe intentar recuperar o reciclar los materiales que los conforman o, en última instancia, darles una adecuada disposición final.

La presencia de metales pesados, contaminantes orgánicos persistentes, retardantes de llama y otras sustancias peligrosas que se encuentran en los RAEE constituyen un riesgo para la salud humana y el ambiente si estos residuos no son gestionados adecuadamente.

Hay tres formas principales de sustancias que se pueden liberar durante la recuperación de materiales y el reciclaje de los RAEE que son motivo de preocupación: los constituyentes originales de los equipos, como el plomo, el cadmio y el mercurio; las sustancias que pueden añadirse durante algunos procesos de recuperación, como el cianuro; y las sustancias no intencionales que pueden formarse durante estos procesos.

# 5 METODOLOGÍA PARA LA DISPOSICIÓN FINAL DE EQUIPOS MÉDICOS

En este capítulo se describirán los pasos que deben seguirse para realizar la disposición final de los equipos médicos divididos en cuatro etapas: almacenamiento, identificación y clasificación, desmontaje y segregación, y disposición final.

## 5.1 ETAPA 1: ALMACENAMIENTO

La etapa de almacenamiento da lugar inmediatamente después de que los equipos han sido retirados de las salas o servicios del hospital a los cuales pertenecían, previo a que estos hayan sido desmontados.

Los equipos médicos descartados (EMD) deben ser trasladados hacia el área que ha sido asignada para esta etapa. El almacén puede ser una bodega o un contenedor, siempre y cuando cumpla con las condiciones idóneas.

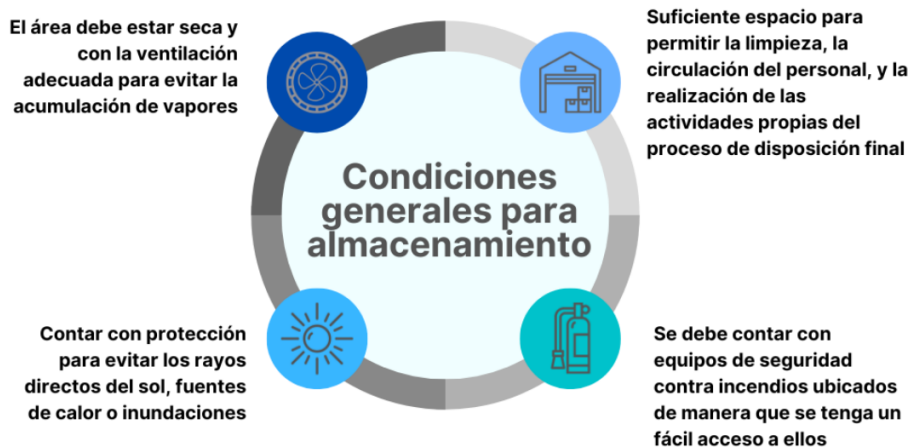


FIGURA 1: CONDICIONES GENERALES PARA ALMACENAMIENTO

### 5.1.1 Requisitos de almacenamiento

Para un almacenamiento adecuado se deben tener en cuenta los siguientes requisitos:

- Instalarse en un lugar con pisos impermeables y techado protegido de las condiciones del ambiente de manera que garantice las condiciones generales descritas en la Figura 1.
- Todos los procedimientos llevados a cabo en esta área deben ser documentados.
- Los almacenes identificados y señalizados en su exterior deben permanecer cerrados, con acceso restringido al personal no relacionado con la gestión de estos.
- Los almacenes deben contar con espacio suficiente para que resulten cómodas las tareas de transporte, carga y pesaje.
- El personal debe estar capacitado para cumplir con los procedimientos del almacenamiento.
- Se debe contar con básculas para pesar los residuos.
- Los RAEE deben ser depositados en contenedores con capacidad adecuada para el manejo de todo el EMD en inventario, facilitando su almacenamiento, carga y transporte hacia procesos posteriores. En el subcapítulo *Desmontaje y Segregación* se detallarán los lineamientos de almacenamiento que deben ser cumplidos específicamente para los RAEE.
- Los EMD no deben ser desensamblados ni manipulados previo a la etapa de desmontaje y segregación.
- Su ubicación en el establecimiento debe permitir el acceso directo por parte de las empresas transportistas que retiran los residuos, debe minimizar el recorrido de los residuos desde el interior del local hasta su carga en los camiones de recolección, evitando su contacto con el personal no involucrado en la tarea y el público en general.
- Si surge la necesidad de modificar la ubicación de los almacenes, se debe realizar un análisis previo para seleccionar una nueva ubicación.

### 5.1.2 Áreas del almacén

El almacén será dividido en tres áreas distintas para facilitar la distinción de las cuatro etapas y tener un mejor flujo de trabajo en cada una de ellas.



FIGURA 2: DESCRIPCIÓN DE ÁREAS DEL ALMACÉN

## 5.2 ETAPA 2: IDENTIFICACIÓN Y CLASIFICACIÓN

Al definir las cantidades y variedades de los aparatos eléctricos y electrónicos que están en uso en cada área, podremos determinar el volumen y la peligrosidad de sus componentes para determinar previo a su descarte, la gestión que le corresponda.

### 5.2.1 Stickers

Se hará uso de stickers o etiquetas que indiquen la fecha de descarte y área de origen en cada equipo médico para su identificación.



FIGURA 3: ETIQUETA PARA EMD



### 5.2.2 Inventario

Cada vez que ingrese un EMD, debe ser ingresado al formato de EMD existentes en bodega, a manera de inventario, para tener un control y mejor manejo de los mismos. Es necesario incluir el tipo de equipo médico, el motivo de su descarte, la sala de la cual procede, y la fecha en que ingresó a almacén. Se recomienda disponer de este formato de manera física y digital en una hoja de Microsoft Excel. El Anexo 1 brinda una propuesta de formato para el inventario.



FIGURA 4: APARTADOS REQUERIDOS EN INVENTARIO

Se debe disponer de este formato de manera física y digital en una hoja de Microsoft Excel para tener un mejor control y manejo de esta información. Asimismo, es recomendable compartir estos datos con el personal del departamento de mantenimiento o biomédica para realizar las comparaciones con las documentaciones que ellos tengan de los EMD. De esta manera, al analizar periódicamente esta información, se puede garantizar que no existan diferencias en ambos listados.



FIGURA 5: ACTIVIDADES A REALIZAR EN ETAPAS 1 Y 2

## 5.3 ETAPA 3: DESMONTAJE Y SEGREGACIÓN

Los EMD deben desmontarse y posteriormente realizar la segregación de sus componentes. **Este proceso se debe realizar de manera mensual.**

### 5.3.1 Actividades previas al desmontaje

El desmontaje consiste en desarmar la estructura física o el hardware del equipo médico, para posteriormente separar los elementos que componen. El personal con responsabilidad asignada debe realizar procedimientos como la eliminación de los datos del paciente, la limpieza y desinfección y el desmontaje del EMD.

#### Limpieza y descontaminación

Un primer paso necesario para eliminar físicamente la contaminación por materiales extraños como el polvo o tierra; también, para eliminar material orgánico, como sangre, secreciones, excreciones y microorganismos, para preparar un equipo médico para el desarme o desmontaje.

#### Eliminación de datos de pacientes

Los datos del paciente y la información almacenada en los dispositivos médicos deben ser borrados o eliminados para proteger la información sensible y la confidencialidad del paciente. Esta tarea puede ser auxiliada por un técnico o ingeniero biomédico para borrar los datos a fondo.

Si el equipo está configurado para el almacenamiento en un sistema RIS o LIS los datos almacenados en estos sistemas necesitan ser eliminados.

### 5.3.2 Herramientas recomendadas para el desmontaje

- Destornilladores Phillips y planos #1 y #2
- Alicates y cortaalambres
- Cortador de cabeza ovalada
- Destornillador de tuercas de 3/16 pulgadas
- Destornillador para tuercas hexagonales de 1/4 de pulgada
- Llaves Allen
- Destornillador Torx TR 10 x 50 resistente a la manipulación (WIHA 7045)
- Llave, extremo abierto de 10 mm

### 5.3.3 Componentes por desmontar

#### Pantallas de líquido (LCD)

Es una pantalla de cristal líquido nombrada por sus siglas en inglés Liquid Crystal Display, que se utiliza para ver imágenes fijas y en movimiento. Formada por gran cantidad de píxeles que consisten en moléculas de cristal líquido contenidas entre dos conjuntos de electrodos transparentes.

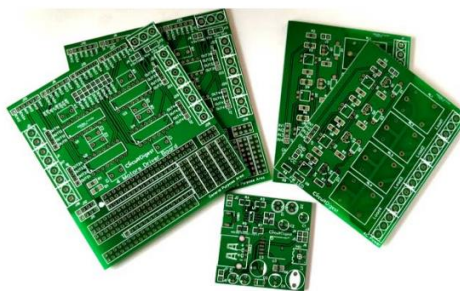


Son fáciles de reconocer ya que las pantallas de cristal líquido representan el visualizador de portátiles y el componente principal de las pantallas planas.

Para su desmontaje, se debe desensamblar la pantalla de cristal líquido del marco plástico y posteriormente quitar cuidadosamente los tubos fluorescentes. Estos tubos por lo general son largos, delgados y delicados. Posteriormente deben ser almacenadas en contenedores impermeables

#### Tarjeta de circuito impreso (TCI)

Las TCI son un medio para sostener mecánicamente y conectar eléctricamente componentes electrónicos, a través de rutas o pistas de material conductor, grabados desde hojas de cobre laminadas sobre un sustrato no conductor.



La mayoría de los circuitos impresos están compuestos por entre una a dieciséis capas conductoras, separadas y soportadas por capas de material aislante (sustrato) laminadas (pegadas) entre sí. Las capas pueden conectarse a través de orificios, llamados vías. Los orificios pueden ser electrorecubiertos, o se pueden utilizar pequeños remaches. Los circuitos impresos de alta densidad pueden tener vías ciegas, que son visibles en sólo un lado de la tarjeta, o vías enterradas, que no son visibles en el exterior de la tarjeta.

Para un desmontaje adecuado se deben remover de las TCI los siguientes componentes:

- Componentes con mercurio
- Condensadores electrolíticos > 25mm (diámetro o largo)
- Pilas y baterías
- Pantallas LCD

### Plásticos

Los plásticos se encuentran en todo tipo de equipos médicos, en muchos casos incluso representan la mayor parte del material usado.

Los plásticos por sí mismos no representan un riesgo de toxicidad. Pero varios aditivos que cambian las propiedades de los plásticos pueden causar un riesgo ambiental, por lo que es necesario segregarlos para proceder con su reciclaje.



### Capacitores

En la electricidad y la electrónica, un capacitor es un dispositivo que almacena energía eléctrica y por lo tanto es un componente pasivo. Se recomienda clasificar y desensamblar todos los capacitores electrolíticos mayores a 25mm de diámetro o largo y aquellos que pueden tener contenidos de bifenilos policlorados (PCB).



Los condensadores se encuentran en todos los equipos médicos, y existe una gran variedad para suplir las diversas necesidades de cada tipo de equipo médico.

Para el desmontaje se debe destornillar los capacitores del anclaje o del collar de fijación, retirar los capacitores de las TCI y seguidamente quitar o separar los cables del capacitores.

### Componentes con mercurio

Los principales componentes con mercurio encontrados en residuos de aparatos eléctricos y electrónicos son los interruptores de mercurio, placas LCD, baterías y lámparas fluorescentes. En muchos interruptores el mercurio líquido se encuentra en pequeñas ampollas de vidrio y por lo tanto puede ser identificado fácilmente.



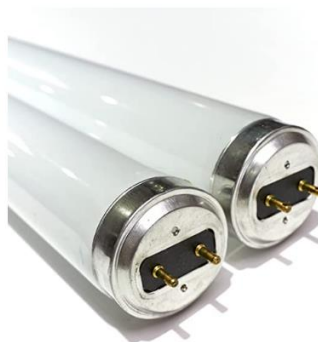
Para el desensamble de los componentes con mercurio es muy importante que se preste especial atención a este proceso, ya que debe hacerse con cuidado y sin dañar los componentes.

Se deben retirar los componentes con mercurio del equipo médico con ayuda de las herramientas adecuadas, y depositarlas en un contenedor impermeable. El retiro debe ser de la manera más cuidadosa posible evitando manipular directamente el mercurio ya que puede ser muy dañino.

Para una identificación segura de los componentes con mercurio se requiere la formación continua del personal. Una medida útil para este fin son tableros mostrando ejemplos de los componentes con contenido de mercurio.

### Lámparas fluorescentes

Son luminarias que cuentan con una lámpara de vapor de mercurio a baja presión. Su gran ventaja frente a otro tipo de lámparas, como las incandescentes, es su eficiencia energética. Están formadas por un tubo o bulbo fino de vidrio revestido interiormente con una sustancia que contiene fósforo y otros elementos que emiten luz al recibir una radiación ultravioleta de onda corta. El tubo contiene una pequeña cantidad de vapor de mercurio y un gas inerte, sometidos a una presión ligeramente inferior a la presión atmosférica.



El desmontaje de las lámparas debe ser realizado a manera de impedir que los tubos se rompan y se libere vapor de mercurio. Posteriormente deben ser almacenados en contenedores impermeables y resistentes.

### Visualizadores LED

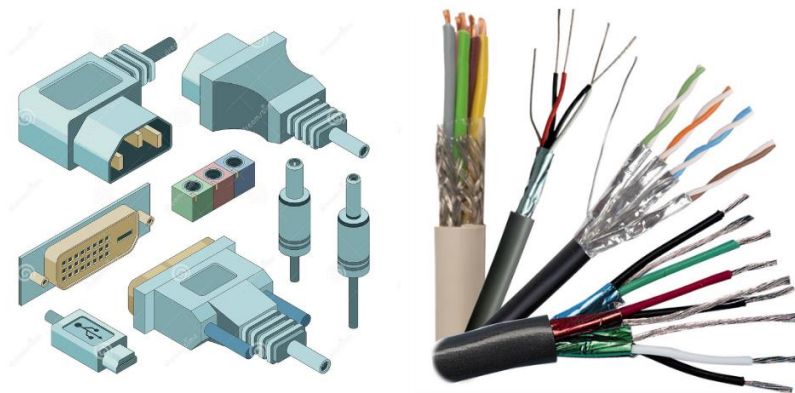
El LED es un solo diodo o representa un segmento de una barra de luz.

Para su desmontaje se deben desensamblar los LED que se encuentran frecuentemente en las pantallas de los equipos médicos. También se recomienda desensamblar los LED ubicados en las tarjetas de circuito impreso.



### Cables y conexiones

Por lo general existen dos funciones para los cables y conexiones presentes en los equipos médicos: la transmisión de información o de alimentación eléctrica.



Su desmontaje consiste simplemente en la desconexión de los cables y alambres del equipo médico

Los componentes que no pertenezcan a ninguna de estas categorías, formarán una sola categoría llamada *Residuos Varios*. De igual manera deben ser segregados y almacenados en los contenedores correspondientes.

Se debe completar el Checklist de Desmontaje ubicado en el Anexo 2 para cada equipo médico que se desmonte.

Componente	Desmontaje	Almacenamiento
<b>LCD</b>	Desensamblar la pantalla de cristal líquido del marco plástico y posteriormente quitar cuidadosamente los tubos fluorescentes.	Contenedores impermeables
<b>TIC</b>	Remover componentes con mercurio, capacitores, baterías, pantallas LCD	Contenedores impermeables
<b>Plásticos</b>	Retirar componentes internos de las carcasas de plástico	Cajas de cartón, contenedores de plástico
<b>Capacitores</b>	Para el desmontaje se debe destornillar los capacitores del anclaje o del collar de fijación, retirar los capacitores de las TCI y seguidamente quitar o separar los cables del capacitores.	Contenedores impermeables
<b>Componentes con mercurio</b>	Retirar los componentes con mercurio del equipo médico con ayuda de las herramientas adecuadas. El retiro debe ser de la manera más cuidadosa posible evitando manipular directamente el mercurio	Contenedores impermeables
<b>Lámparas fluorescentes</b>	Retirar las lámparas cuidadosamente evitando que los tubos se rompan	Contenedores impermeables de material resistente
<b>Visualizadores LED</b>	Retirar los diodos LED de las pantallas de los equipos médicos y de las TCI	Contenedores impermeables
<b>Cables y alambres aislados</b>	El desmontaje consiste simplemente en la desconexión de los cables y alambres del equipo médico	Contenedores impermeables

TABLA 1: DESMONTAJE Y ALMACENAMIENTO POR COMPONENTE

### 5.3.4 Segregación

Una vez se ha realizado el desmontaje, se debe proceder a la segregación. La segregación consiste en la separación apropiada de los residuos según la categoría de sus componentes.

Se efectúa en contenedores específicos y compatibles con las características de los residuos. Los contenedores primarios deben ser rígidos, impermeables, de material inerte, resistente al contacto con agentes químicos y/o abrasivos y tener una base segura que impida el vuelco

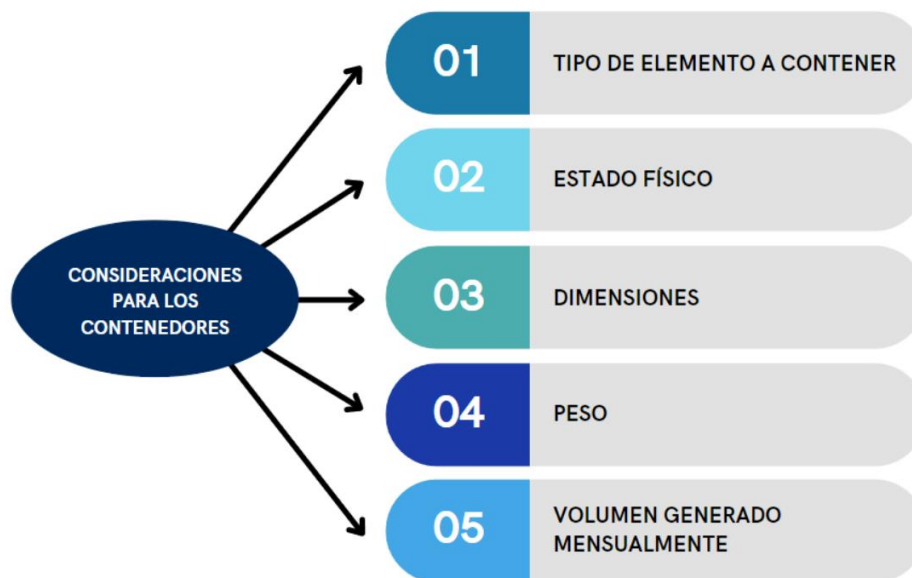


FIGURA 6: CONSIDERACIONES PARA SELECCIONAR LOS CONTENEDORES

Uno de los beneficios de realizar la segregación apropiadamente es que permite la fluidez al momento de gestionar el proceso de disposición final con las recicladoras, facilitando asimismo su transporte.



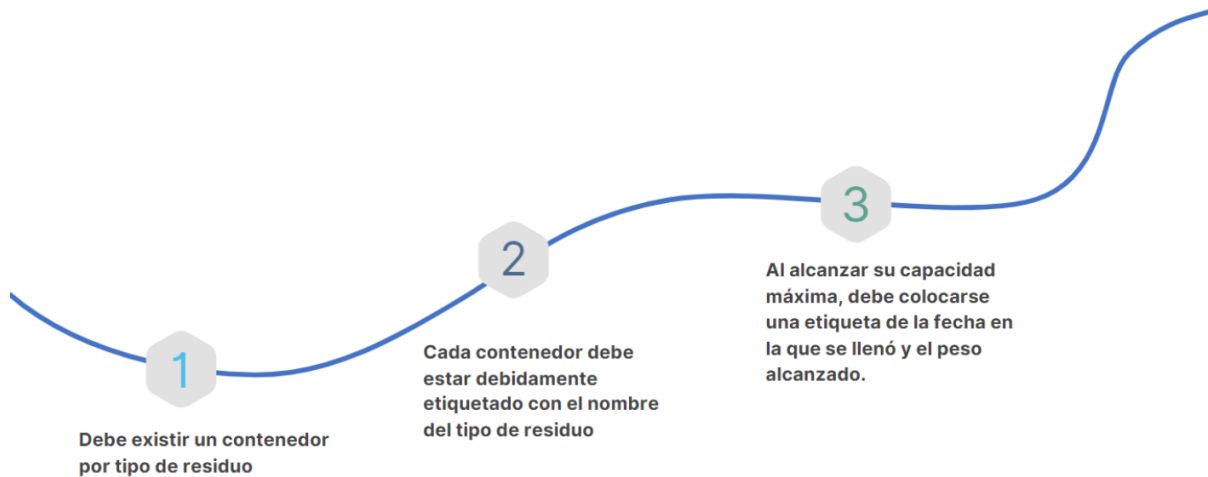


FIGURA 7: INDICACIONES GENERALES PARA EL MANEJO DE LOS CONTENEDORES

## 5.4 DISPOSICIÓN FINAL

El proceso de disposición final se llevará a cabo de manera anual. Al finalizar cada año, se deben desocupar los almacenes y enviarlos a una recicladora para el tratamiento integral de todos los residuos generados.

En el momento en el que la empresa seleccionada retire los residuos electrónicos del hospital, se debe realizar el descargo de todos los equipos en inventario del año correspondiente en el sistema SIAFI (Sistema de Administración Financiera Integrada). De igual manera, se

Para llevar a cabo este proceso, el personal encargado de la disposición final de equipos médicos en el hospital debe establecer comunicación con una de las siete operadores de RAEE existentes en Honduras. Además, se debe garantizar que la empresa seleccionada brinde el servicio de transporte de los residuos electrónicos. A continuación se enumeran las empresas operadoras de RAEE:

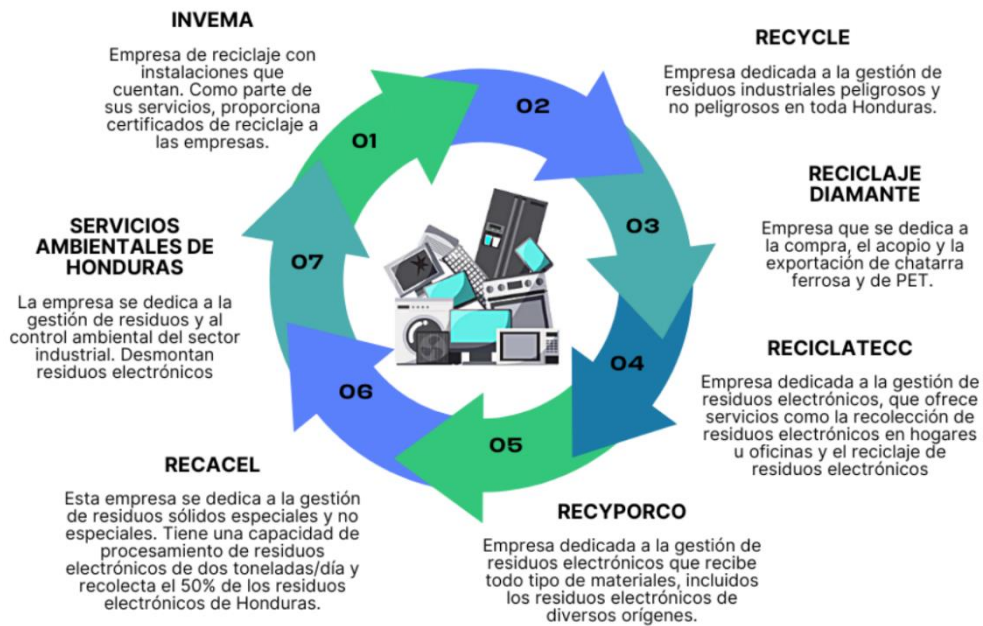


FIGURA 7: OPERADORES RAEE EN HONDURAS

*Importante:* Debido a que los operadores RAEE pueden tener criterios para decidir si aceptar o no un tipo de residuo, aquellos que no sean considerados para su tratamiento deben enviarse a Bienes del Estado junto con el resto de bienes para que dicha institución decida cómo proceder, ya sea en subasta o incineración.

Es mandatorio que el personal encargado de gestionar esta etapa brinde un reporte de los RAEE eliminados del hospital en el año correspondiente. El reporte debe incluir la fecha, firma y sello del responsable de este proceso, peso total de residuos (en kilogramos) y la recicladora encargada de operar los RAEE.



## BIBLIOGRAFÍA

Instituto de Salud Pública. (2021) *Guía de Buenas Prácticas de Almacenamiento, Distribución y Transporte de Dispositivos Médicos, incluidos los DMDIV*. Departamento Agencia Nacional de Dispositivos Médicos, Innovación y Desarrollo. <https://www.ispch.cl/wp-content/uploads/2021/11/GuiaBPA-DTDM-09112021A.pdf>

Ministerio de Salud Argentina. (2019). *Buenas Prácticas en la Gestión de los Residuos de Aparatos Eléctricos y Electrónicos (RAEE)*. Lineamientos para el sector salud argentino. <http://www.ufisalud.gov.ar/attachments/article/501/Manual%20Buenas%20Pr%C3%A1cticas%20de%20RAEE%20-%20Final.pdf>

Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial. (2010). *Lineamientos Técnicos para el Manejo de Residuos de Aparatos Eléctricos y Electrónicos*. Viceministerio de Ambiente. [https://rds.org.co/apc-aa-files/ba03645a7c069b5ed406f13122a61c07/lineam\\_raee\\_mads\\_2011.pdf](https://rds.org.co/apc-aa-files/ba03645a7c069b5ed406f13122a61c07/lineam_raee_mads_2011.pdf)

Ministerio del Ambiente de Perú. (2020). *Guía para la Gestión y el Manejo de Residuos de Aparatos Eléctricos y Electrónicos*. Viceministerio de Gestión Ambiental. <https://residuoselectronicosal.org/wp-content/uploads/2020/12/Guia-de-gestion-y-manejo-de-RAEE-1.pdf>

Zeroplus Technology CO, LTD. (2018). *WEEE Disassembly Manual*. Standard Global Services. [https://www.zeroplus.com.tw/logic-analyzer\\_en/image/certification/WEEE%20LAP-F.pdf](https://www.zeroplus.com.tw/logic-analyzer_en/image/certification/WEEE%20LAP-F.pdf)

Health Facilities Scotland. (2014). *Guidance for Disposal and Recycling of Medical Devices*. National Services Scotland. <https://www.nss.nhs.scot/media/1774/guid-5008-v10-oct-2014.pdf>

Health Facilities Scotland. (2014). *Guidance for Disposal and Recycling of Medical Devices*. National Services Scotland. <https://www.nss.nhs.scot/media/1774/guid-5008-v10-oct-2014.pdf>

Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible de la Nación. (2020). *Gestión Integral de RAEE. Los residuos de aparatos eléctricos y electrónicos, una fuente de trabajo decente para avanzar hacia la economía circular*. Oficina de País de la Organización Internacional del Trabajo para Argentina. [https://www.argentina.gob.ar/sites/default/files/manual\\_raee.pdf](https://www.argentina.gob.ar/sites/default/files/manual_raee.pdf)

Ministerio de Ambiente de Perú. (2012). *Reglamento Nacional para la Gestión y Manejo de los Residuos de Aparatos Eléctricos y Electrónicos*. Biblioteca Nacional del Perú N° 201216354. <https://www.minam.gob.pe/calidadambiental/wp-content/uploads/sites/22/2013/10/REGLAMENTO-RAEE-X5.pdf>

Smith Nephew (23 de septiembre de 2022). *Procedure for Dismantling Waste Electrical and Electronic Equipment (WEEE)*. <https://www.smith-nephew.com/puerto-rico-en/training-and-education/policies-and-procedures/procedure-for-dismantling-waste-electrical-and-el/>

Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales. (2015). *Lineamientos técnicos para el adecuado manejo de los Residuos de Aparatos Eléctricos y Electrónicos*. <http://rcc.marn.gob.sv/bitstream/handle/123456789/194/Documento%20RAEE%2021%20sep%202015%20%28002%29.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

# ANEXO 1

## INVENTARIO DE EQUIPO MÉDICO DESCARTADO

LOGO DE HX

No.	Equipo médico	No. de Inventario	Sala de origen	Motivo de descarte	Estado operacional del equipo	Fecha de ingreso

NOTAS

## ANEXO 2

### CHECKLIST DE DESMONTAJE

EQUIPO A DESMONTAR		SALA DE ORIGEN	
--------------------	--	----------------	--

ITEM	CUMPLE		COMPONENTE	PESO (kg)
	SI	NO		
Se utilizó EPP adecuado			LCD	
Se emplearon las herramientas apropiadas			TCI	
Se realizó limpieza y desinfección			Plástico	
Se eliminaron los datos e información del paciente			Capacitores	
Se realizó el desmontaje de componentes			Mercurio	
Se almacenaron los componentes en los contenedores correspondientes			Lámparas fluorescentes	
			Visualizadores LED	
			Cables y conexiones	
			Residuos varios	
			Peso total	

FECHA		OBSERVACIONES	
-------	--	---------------	--

NOMBRE Y FIRMA DE RESPONSABLE	
-------------------------------	--

## **IX. EVOLUCIÓN DE TRABAJO ACTUAL**

Para efectuar una segunda etapa de este proyecto de investigación, se puede abordar la posibilidad de implementar un departamento dentro del hospital que se encargue del proceso de reciclaje y tratamiento de los residuos electrónicos, de manera que el hospital pueda realizarlo de manera interna en lugar de contratar a una empresa operadora de RAEE para que lleve a cabo este proceso.

Otra posible línea de investigación consiste en la disposición final de equipos con elementos radiactivos, de manera que dicho proceso pueda ser incluido en una futura versión del documento entregable.

Finalmente, se puede considerar la evaluación de la funcionalidad de materiales o elementos no dañinos para el medio ambiente, como sustitutos de aquellos que son utilizados actualmente en los aparatos electrónicos, específicamente los equipos médicos.

## X. ANEXOS

### ANEXO 1: ENCUESTA SOBRE CONOCIMIENTO DEL PERSONAL

1. ¿Conocen acerca de la documentación legal de descarte y disposición de equipos médicos en Honduras?  
Si  No
2. ¿Conoce alguna guía, manual, o protocolo nacional o internacional que le indique al hospital cómo realizar el proceso de disposición final de los equipos médicos?  
Si  No
3. ¿Conoce los efectos adversos que tienen los componentes electrónicos de los equipos médicos sobre el medio ambiente?  
Si  No
4. ¿Ha recibido charlas o capacitaciones sobre cómo realizar la disposición final de equipo médico?  
Si  No

### ANEXO 2: ENTREVISTA

1. ¿Cuáles son los criterios tomados en cuenta para la toma de decisiones asociadas a la disposición final de un equipo médico?
2. ¿Cuáles son los métodos con los que cuentan para la disposición final de los equipos médicos?
3. ¿Cuentan con documentación oficial del hospital que indique como realizar el proceso de disposición final?
4. ¿Cuál es el costo promedio para realizar la disposición final de un equipo?
5. ¿Qué organizaciones o entidades públicas o privadas externas al hospital se ven involucradas en este proceso?
6. ¿Cuál considera que es la mayor dificultad al momento de almacenar el equipo médico descartado?



### ANEXO 3: ALMACENAMIENTO DE EQUIPOS MÉDICOS EN HMCR



**Figura 28: Equipos descartados HNMCR – A**

Fuente: Propia



**Figura 29: Equipos descartados HNMCR – B**

Fuente: Propia



**Figura 30: Equipos descartados HNMCR – C**

Fuente: Propia



**Figura 31: Equipos descartados HNMCR – D**

Fuente: Propia



**Figura 32: Equipos descartados HNMCR – E**  
Fuente: Propia



**Figura 33: Equipos descartados HNMCR – F**  
Fuente: Propia

#### ANEXO 4: ALMACENAMIENTO DE EQUIPOS MÉDICOS EN HLMV



**Figura 34: Equipos descartados HLMV – A**

Fuente: Propia

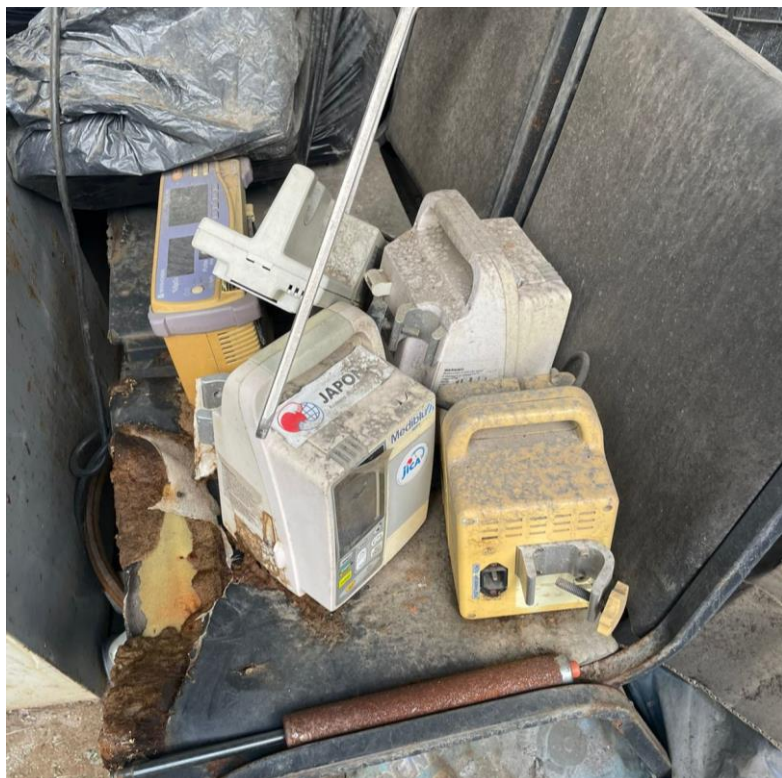


**Figura 35: Equipos descartados HLMV – B**

Fuente: Propia



**Figura 36: Equipos descartados HLMV – C**  
Fuente: Propia



**Figura 37: Equipos descartados HLMV – D**  
Fuente: Propia



**Figura 38: Equipos descartados HLMV – E**  
Fuente: Propia



**Figura 39: Equipos descartados HLMV – F**  
Fuente: Propia

## ANEXO 5: FORMATO DE SOLICITUD DE DESCARGO DE BIENES



### DIRECCION NACIONAL DE BIENES DEL ESTADO

Clave Institución: .....  
 Solicitud N° .....  
 Fecha Solicitud: .....

#### SOLICITUD DE DESCARGO DE BIENES

Informe Inspectoria: .....  
 Resolución N° .....  
 Fecha Resolución: .....

(INSTITUCION)

De conformidad con el DECRETO EJECUTIVO PCM 047-2015, 39, 40 del Manual de Normas y Procedimientos para el Descargo de Bienes del Estado y por no servir a los propósitos de servicio de la Institución/Organismo o Dependencia al Sr. Director Ejecutivo de Bienes del Estado, **SE SOLICITA LA APROBACION DEL DESCARGO DEL INVENTARIO DE BIENES NACIONALES**, los que se detallan en el presente formulario:

#### DESCRIPCION DEL REGISTRO DE LOS BIENES OBJETO DE LA SOLICITUD

N°	C	CODIGO DE CLASE	DESCRIPCION COMPLETA DEL REGISTRO DEL BIEN		N° DE INVENTARIO OFICIAL	COSTO HISTORICO	RAZONES PARA FUNDAMENTAR LA SOLICITUD DE DESCARGO
			NOMBRE	PROPIEDADES GENERALES Y ESPECIFICAS			
<b>TOTAL GENERAL</b>						L. -	

EN TANTO LA DIRECCION NACIONAL DE BIENES DEL ESTADO, NO EMITA RESOLUCION DEFINITIVA SOBRE ESTA SOLICITUD, LOS BIENES ARRIBA DESCRITOS DE LA FORMA EN QUE SE ENCUENTRAN QUEDARAN BAJO LA CUSTODIA Y RESPONSABILIDAD DE LA INSTITUCION SOLICITANTE, PARA LO CUAL DEBERA DISPONERLOS EN UN LUGAR ESTRATEGICO Y SEGURO PARA LOS FINES PERTINENTES.

Lugar y Fecha: \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_  
Firma y Sello de Secretario de Estado o Maxima Autoridad Institucional

\_\_\_\_\_  
Gerente Administrativo o Equivalente

## XI. BIBLIOGRAFÍA

1. Ayers, A. (2016). *HIPAA-Compliant Disposal of Office Equipment Containing Personal Health Information*. <https://www.jucm.com/wp-content/uploads/2021/02/2016-101127-29-Law.pdf>
2. Baldé C.P, van den Brink S, Forti V, van der Schalk A. y Hopstaken F. The Dutch WEEE Flows 2020. "What happened between 2010 and 2018". Universidad de las Naciones Unidas (UNU)/Instituto de las Naciones Unidas para Formación Profesional e Investigaciones (UNITAR) –con la colaboración de SCY– CLE Programme, Bonn (Alemania).
3. Forti V., Baldé C., Kuehr R., Bel G. (2020). *Observatorio Mundial de los Residuos Electrónicos 2020: Cantidades, flujos y potencial de la economía circular*. [Tesis de la Universidad de las Naciones Unidas]. [https://www.itu.int/dms\\_pub/itu-d/opb/gen/D-GEN-E\\_WASTE.01-2020-PDF-S.pdf](https://www.itu.int/dms_pub/itu-d/opb/gen/D-GEN-E_WASTE.01-2020-PDF-S.pdf)
4. Hospital Nacional Mario Catarino Rivas (2018). *Historia del Hospital*. <http://catarinorivashn.blogspot.com/p/historia.html>
5. Lubell, I. (9 de abril de 2019). *3 Top Concerns About E-Waste in the Healthcare Industry*. <https://info.mayeralloys.com/ewaste-blog/3-top-concerns-about-e-waste-in-the-healthcare-industry>
6. M. Premalatha, Tabassum-Abbasi, Tasneem Abbasi & S. A. Abbasi (2014) The Generation, Impact, and Management of E-Waste: State of the Art, *Critical Reviews in Environmental Science and Technology*, 44:14, 1577-1678, DOI: 10.1080/10643389.2013.782171
7. M. Wagner, C.P. Baldé, V. Luda, I. C Nnorom, R. Kuehr, G. Iattoni. Monitoreo regional de los residuos electrónicos para América Latina: resultados de los trece países participantes en el proyecto UNIDO-GEF 5554, Bonn (Alemania), 2022.
8. Medical Device Regulation: Global overview and guiding principles, World Health Organization, Geneva, 2003, pp.8–9.
9. Ministerio de Ambiente de Perú (2020). *Guía para la Gestión y el Manejo de Residuos de Aparatos Eléctricos y Electrónicos*. <https://cdn.www.gob.pe/uploads/document/file/1689628/Guia%20RAEE.pdf.pdf>
10. Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial de Colombia (2010). *Lineamientos Técnicos para el Manejo de Residuos de Aparatos Eléctricos y Electrónicos*,



<https://rds.org.co/apc-aa->

[files/ba03645a7c069b5ed406f13122a61c07/lineam\\_raee\\_mads\\_2011.pdf](https://rds.org.co/apc-aa-files/ba03645a7c069b5ed406f13122a61c07/lineam_raee_mads_2011.pdf)

11. Ministerio De Medio Ambiente y Recursos Naturales (2015). *Lineamientos técnicos para el adecuado manejo de los Residuos de Aparatos Eléctricos y Electrónicos* Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales, <http://rcc.marn.gob.sv/bitstream/handle/123456789/194/Documento%20RAEE%2021%20se%202015%20%28002%29.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
12. Oeltzschner H, Mutz D (1996). Directrices para una gestión adecuada de los vertederos sanitarios domésticos. Eschborn, Gesellschaft für Technische Zusammenarbeit, Office Fédéral Suisse de la Santé Publique/Bonnard & Gardel Ingénieurs-Conseils.
13. Organización Internacional del Trabajo (2020). *Gestión integral de RAEE Los residuos de aparatos eléctricos y electrónicos, una fuente de trabajo decente para avanzar hacia la economía circular*. Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible de Argentina, [https://www.argentina.gob.ar/sites/default/files/manual\\_raee.pdf](https://www.argentina.gob.ar/sites/default/files/manual_raee.pdf)
14. Padilla, J., Martínez, F. (2010). *Análisis del Ciclo de Vida de la Tecnología Médica desde una Aproximación Integral*, 8(2),7-12. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=3634321>
15. Perkins, D., et al. (2014). E-Waste: A Global Hazard. *Annals of Global Health* 80(4), 286-295 <https://doi.org/10.1016/j.aogh.2014.10.001>
16. Rotter VS, Maehlitz P, Korf N, Chancerel P, Huisman J, Habib H, Herreras L, Ljunggren SM y Hallberg A. 2016. "ProSUM Deliverable 4.1 – Waste Flow Studies". 1 100.
17. Rush, M., Cálix, N. (2014). *Estimación de la Generación de los Residuos de Aparatos Eléctricos y Electrónicos (RAEE) en Honduras*. Ministro de Recursos Naturales y Ambiente. [http://www.miambiente.gob.hn/media/adjuntos/pdf/CESCCO/2017-08-21/21%3A37%3A26.158527%2B00%3A00/Estimacion\\_RAEE.pdf](http://www.miambiente.gob.hn/media/adjuntos/pdf/CESCCO/2017-08-21/21%3A37%3A26.158527%2B00%3A00/Estimacion_RAEE.pdf)
18. Tiseo, I. (2019). *Global share of e-waste disposed by method 2018*. <https://www.statista.com/statistics/1066948/share-of-electronic-waste-disposed-globally/>
19. Tiseo, I. (2021). *Outlook on global e-waste generation 2019-2030*. <https://www.statista.com/statistics/1067081/generation-electronic-waste-globally-forecast/>
20. World Health Organization (2019). *Decommissioning of Medical Devices*. WHO medical device technical series, <https://apps.who.int/iris/bitstream/handle/10665/330095/9789241517041-eng.pdf>

21. Z. Xiaoling; S. Minyi. «What we could get from S-curve. » (2000):
22. Pérez González, Luis Orlando (2006). Microsoft Excel: una herramienta para la investigación.. MediSur, 4(3),68-71. [fecha de Consulta 17 de Agosto de 2022]. ISSN: . Disponible en: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=180019873015>
23. Hernández Sampieri, Roberto; et al. Metodología de la Investigación. 2ª. ed. McGraw-Hill. México, D.F., 2001. Pág. 52 - 134. Bernal T, César Augusto.