

Ficha de Viabilidad del Proyecto de Investigación

Información General

Información del estudiante 1	Nombre: Claudia Yazmin Gutiérrez Gutiérrez
	Correo institucional: cgutier16156@universidadean.edu.co
	Programa al que pertenece: Especialización en inteligencia comercial y de mercadeo
Información del estudiante 2	Nombre: Nicolás Arley Moreno Castañeda
	Correo institucional: nmorenoc462@universidadean.edu.co
	Programa al que pertenece: Especialización en inteligencia comercial y de mercadeo
Información del estudiante 3	Nombre: Nancy Yesmit Castillo Ojeda
	Correo institucional: ncastil21713@universidadean.edu.co
	Programa al que pertenece: Especialización en inteligencia comercial y de mercadeo
Campo de investigación:	Ciencia, tecnología e investigación
Grupo de investigación:	Gestión ambiental
Línea de investigación:	Metodologías e Instrumentos para la Gestión Ambiental
Título tentativo del proyecto:	Economía circular en dispositivos médicos: análisis documental sobre la gestión de residuos de dispositivos médicos y oportunidades de economía circular en instituciones hospitalarias de Colombia

**Economía circular en dispositivos médicos: análisis documental sobre la gestión
de residuos de dispositivos médicos y oportunidades de economía circular en
instituciones hospitalarias de Colombia**

Elaborado por:

Nancy Yesmit Castillo Ojeda

Claudia Yazmin Gutiérrez Gutiérrez

Nicolas Arley Moreno Castañeda

Universidad EAN

Escuela de Formación en Investigación

Seminario de Investigación de Posgrado

Bogotá

23/09/2025

Resumen

Este trabajo analiza, desde una revisión documental, el impacto ambiental y económico asociado a los residuos generados por el uso de dispositivos médicos en instituciones hospitalarias de Colombia en 2024, así como la manera en que las estrategias de economía circular podrían contribuir a reducir la huella de carbono y los costos de disposición. Con apoyo en artículos, teorías y modelos, se identifican y discuten alternativas de reducción, separación de residuos, reutilización, reúso y remanufactura aplicables al manejo de dispositivos médicos en Colombia.

Palabras clave: Economía circular, Residuos hospitalarios, Dispositivos médicos, Huella de carbono, Gestión de residuos.

Planteamiento del Problema

Las áreas destinadas a cirugías en centros de salud tienen una alta rotación de dispositivos médicos para tales fines; estos rubros representan un impacto ambiental considerable, calculado en la huella de carbono generada, la cual puede ser evidenciada mediante la medición de gases de efecto invernadero relacionados a productos y procesos quirúrgicos, donde los instrumentos de cirugía son los que representan un mayor porcentaje de contaminación (Rizan et al. 2020). Las instituciones hospitalarias incurren en gastos para hacer una disposición final adecuada de la totalidad de sus residuos por medio de contratos con terceros (gestores) lo cual les implica unos

costos fijos y no se explora la posibilidad de ahorro y generación de valor al hacer un manejo de sus residuos por medio de un proyecto de economía circular.

Antecedentes del problema

Según Melikoglu (2025) este problema se evidencia a nivel mundial, por ejemplo, en Turquía, se pronostica una producción de desechos médicos para el 2040, de 380mil toneladas; la energía requerida, si se recolectara e incinerará toda la materia funcional para producir calor y por ende combustible (el 92%), sería el equivalente a 206.5 millones de m³ de gas natural.

Teniendo en cuenta lo anterior se puede revisar el documento de Kouwenberg et al.(2024), publicado en el 'Environmental Health Perspectives', se reportaron datos variados respecto a la huella de carbono, desde 0.01kg de dióxido de carbono (CO₂) en KgCO₂e (kilogramos de dióxido de carbono equivalente), por una hora de administración de anestesia intravenosa, lo cual no es significativo, pues resulta más contaminante manejar por un minuto un automóvil, hasta 10.200 kgCO₂e por un año de tratamiento de hemodiálisis, lo que resulta ser el equivalente a manejar un carro a gasolina por 40.000km; esto debido al consumo de electricidad, agua, equipo y transporte.

Como lo señaló la Organización de las Naciones Unidas (2020) en “¿Cómo ha de ser la gestión de residuos durante la pandemia del coronavirus?” la gestión inadecuada de los residuos médicos y peligrosos derivados de la pandemia de SARS COV-2 (COVID-19) podría desencadenar un efecto rebote y otras consecuencias para la

salud, por lo que su manejo y eliminación segura resulta vital. De acuerdo con lo evidenciado en un estudio en Brasil, la cantidad de residuos clínicos generados aumentaron para mayo de 2020. A partir de ello, establecieron que los residuos clínicos deben estar debidamente regulados para evitar cualquier infección no deseada y consecuencias adversas para la salud y el ambiente, ya que los desechos clínicos posiblemente contengan tejidos humanos, sangre, fluidos corporales, drogas de excreción, agujas y otros materiales contaminados (Rodríguez-López et al 2021).

En Brasil, un estudio sobre hospitales acreditados mostró que, aunque el 58% alcanzó un nivel alto de madurez en sostenibilidad ambiental, todavía existe un margen amplio de mejora, especialmente en prácticas de eficiencia energética, gestión del agua y valorización de residuos. Los hospitales con certificación ISO 14001 o con un área dedicada a la sostenibilidad demostraron mayores avances, confirmando que la adopción de estrategias ambientales estructuradas permite reducir costos y riesgos, además de mejorar la percepción social de las instituciones (Nascimento, et al.2017).

En áreas específicas como la nefrología, investigaciones han demostrado que cada sesión de hemodiálisis equivale al consumo diario de agua de 3,5 a 4 personas y al gasto eléctrico de hasta tres hogares, además de generar altos volúmenes de residuos plásticos y biológicos. Estos datos evidencian tanto el impacto económico como ambiental de los procedimientos hospitalarios, y refuerzan la necesidad de implementar modelos circulares apoyados en el análisis de datos que permitan medir la huella ecológica, proyectar escenarios de ahorro energético y monetario, y explorar nuevas vías de valorización de residuos (Arias-Guillén et al. 2024).

Descripción del problema.

La mayoría de los dispositivos médicos usados en la atención sanitaria de pacientes generan gran volumen de residuos biológicos, residuos aprovechables y no aprovechables. Sin una política eficiente para el manejo de estos residuos se presentan alto impacto ambiental y un costo económico para las instituciones de salud, que asumen la gestión de residuos como un costo fijo.

Actualmente, muchas instituciones carecen de políticas claras de economía circular que permitan reducir, transformar o valorizar estos residuos, desaprovechando la posibilidad de generar ahorros en disposición final, eficiencia energética e incluso ingresos por reciclaje de materiales como plásticos, metales y empaques.

Al contar con las directrices para diseñar proyectos de economía circular buscando la transformación o la reducción de los residuos generados en la atención sanitaria de pacientes, realmente se podría lograr un impacto significativo que disminuya considerablemente la generación de la huella de carbono, el volumen de estos residuos y el costo económico para los hospitales.

Pregunta de investigación.

¿Cómo el análisis documental sobre el impacto ambiental y económico de los residuos de dispositivos médicos desechables puede apoyar la implementación de modelos de economía circular que contribuyan a disminuir la huella de carbono,

reducir los costos de disposición final y generar oportunidades de valorización en instituciones de salud?

Objetivos

Objetivo general.

Analizar, desde una revisión documental cualitativa, cómo las instituciones sanitarias en Colombia reportan la gestión ambiental y los residuos derivados del uso de dispositivos médicos, identificando las oportunidades y brechas para la implementación de estrategias de economía circular que contribuyan a la reducción del impacto ambiental.

Objetivos específicos

- Caracterizar la gestión de residuos asociados a dispositivos médicos reportada en los informes de sostenibilidad y gestión de instituciones sanitarias en Colombia durante el año 2024.
- Identificar las menciones, prácticas o indicadores relacionados con la huella de carbono y la sostenibilidad ambiental en el manejo de dispositivos médicos en instituciones médicas de Colombia en 2024.
- Comparar las prácticas ambientales reportadas, incluyendo referencias a costos de disposición y acciones de reducción de huella de carbono, para identificar diferencias relevantes en la gestión de residuos de dispositivos médicos.

- Analizar la viabilidad de una estrategia de economía circular que incorpore tecnología para reducir o transformar los residuos generados de la atención sanitaria, considerando la normatividad sanitaria y la bioseguridad.

Justificación

La gestión de los residuos derivados del uso de dispositivos médicos en instituciones sanitarias representa una presión ambiental y económica, por un lado, su contribución a la huella de carbono y por el otro los costos crecientes de tratamiento y disposición final. En Colombia, la mayor parte de estos residuos se trata como un costo fijo, desaprovechando oportunidades de optimización de costos económicos y ambientales a partir de aplicación de modelos de economía circular. En este contexto, el proyecto resulta oportuno y pertinente al utilizar el análisis de datos como herramienta central para analizar, con rigor y trazabilidad, la manera en que los informes institucionales reportan el impacto ambiental y económico de los residuos hospitalarios asociados al uso de dispositivos médicos y sirve como evidencia objetiva para la toma de decisiones en instituciones de salud. Dichas decisiones deben ir encaminadas a la necesidad de establecer políticas que ayuden a las instituciones hospitalarias a desarrollar proyectos de economía circular para el manejo de los residuos generados. Este tipo de proyectos no solo disminuirá el volumen de residuos y la huella de carbono, sino que también reducirá los costos de disposición final y generará oportunidades de valorización de materiales reciclables. El valor teórico está radicado en la identificación,

en la literatura revisada, de tecnologías de última generación para la transformación de residuos que puedan servir de base para futuros proyectos de sostenibilidad hospitalaria.

Desde el punto de vista social, mejorar la gestión de residuos hospitalarios reduce riesgos para la salud pública y el entorno, eleva los estándares de bioseguridad, y fortalece la legitimidad de los prestadores frente a pacientes, aseguradores y entes territoriales, al alinear su operación con metas de desarrollo sostenible y compras públicas responsables.

En cuanto a implicaciones prácticas, el estudio propone: identificar, a partir de los documentos analizados, una línea base referida a los volúmenes y tipologías de residuos asociados a dispositivos médicos; reconocer cómo se reporta su huella de carbono y los costos de manejo; comparar las prácticas descritas por un hospital con certificación verde y uno sin dicha certificación para identificar posibles palancas de reducción de impactos y costos, y adicionalmente analizar la viabilidad de una estrategia de economía circular soportada en tecnología y en las exigencias regulatorias de seguridad y normatividad.. El resultado será un análisis claro que tenga en cuenta el impacto reportado y sirva como punto de partida al diseño y adopción de un modelo de economía circular para disminuir el impacto de los residuos y abrir oportunidades de desarrollo sostenible y responsabilidad institucional.

Marco Teórico

Este capítulo fundamenta el estudio sobre economía circular aplicada a dispositivos médicos en instituciones sanitarias de Colombia (2024), integrando

evidencia científica y marcos conceptuales para enmarcar el problema y orientar el enfoque analítico. Se presenta una síntesis crítica de lo que se sabe a nivel internacional y regional, se precisan definiciones operativas clave (economía circular, residuos hospitalarios asociados a dispositivos, huella de carbono, análisis de ciclo de vida, logística inversa) y se establecen las bases teóricas y modelos que permiten comprender los determinantes de adopción, las barreras y las oportunidades en el sector salud.

1. Estado del arte

1.1 Contexto internacional

La economía circular (EC) es un concepto emergente que rompe el modelo lineal tradicional de “extraer, producir, usar y desechar” como paradigma global frente a los retos de sostenibilidad, agotamiento de recursos y generación de residuos. La EC busca mantener los recursos en uso el mayor tiempo posible a través de estrategias como la reducción, reutilización, reparación, reciclaje y remanufactura (Geissdoerfer et al., 2017). En el sector de la salud, específicamente refiriéndose a dispositivos médicos, la aplicación de la EC es aún incipiente, aunque crucial por los altos volúmenes de residuos hospitalarios y la dependencia de materiales indispensables para la atención de pacientes. (Hoveling et al., 2024).

En Europa, la Unión Europea ha avanzado mediante normativas como la Directiva WEEE (Waste Electrical and Electronic Equipment), determinando la responsabilidad extendida del fabricante y sugiere la recuperación de equipos

eléctricos, entre los que se incluyen los dispositivos médicos (European Parliament, 2012). Así mismo, la Estrategia Europea de Economía Circular ha motivado a los proveedores de equipos biomédicos a considerar aspectos de ecodiseño y reciclabilidad (European Commission, 2020). No obstante, reportes técnicos señalan que la implementación acarrea limitaciones como la complejidad tecnológica, los costos de remanufactura y los estrictos estándares de seguridad clínica (Kaill et al., 2025).

Según estudios recientes, se evidencia un contraste entre academia e industria: mientras la primera se centra en una urgencia ambiental y social, la segunda manifiesta preocupación por barreras regulatorias, responsabilidad legal y percepción de los usuarios frente al reuso (Kaill et al., 2025). Teniendo en cuenta lo anterior, si bien existen avances regulatorios y académicos, la EC aplicada a dispositivos médicos está en una fase temprana a nivel internacional, con experiencias piloto, pero sin consolidación a gran escala.

1.2 Contexto regional (América Latina y Caribe)

En América Latina y el Caribe (ALC), la adopción de la EC ha sido reconocida como una estrategia para alcanzar los Objetivos de Desarrollo Sostenible y fortalecer la resiliencia económica (Schröder P., et al 2020). Sin embargo, la mayor parte de las investigaciones y políticas se han orientado hacia sectores como residuos sólidos urbanos, bioeconomía, minería y plásticos de un solo uso (Ospina-Mateus et al., 2023). El sector salud, en particular, respecto a los dispositivos médicos, no han recibido suficiente atención en la investigación regional.

Algunos estudios han explorado la gestión de residuos hospitalarios, destacando problemas de segregación, tratamiento inadecuado y costos elevados (Aquino et al., 2024). Sin embargo, pocas investigaciones analizan realmente los dispositivos médicos desde un enfoque de ciclo de vida completo. Esto denota vacíos relevantes: mientras la información en la literatura internacional se habla de ecodiseño y remanufactura, en la ALC la discusión sigue orientada hacia el manejo final de residuos peligrosos, sin estrategias previas que den claridad sobre la prevención o prolongación de la vida útil de equipos y dispositivos médicos.

Esta diferencia presenta limitaciones en cuanto a la capacidad de los sistemas de salud latinoamericanos para orientarse hacia modelos más sostenibles. La escasa implementación de políticas específicas, incentivos monetarios y capacidades técnicas son obstáculos recurrentes en la región (Sepetis & Parlavantzas, 2025).

1.3 Contexto nacional (Colombia)

En Colombia, la Estrategia Nacional de Economía Circular (Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, 2019) constituye el marco de referencia para la transición hacia la EC. Esta estrategia intenta priorizar sectores como envases, plásticos, textiles, construcción y bioeconomía (Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, 2019). Aunque menciona la importancia de la gestión de residuos hospitalarios, no establece lineamientos específicos para dispositivos médicos.

En materia normativa, el Decreto 4725 de 2005 (Ministerio de protección social) regula la fabricación, comercialización y vigilancia de dispositivos médicos a través del

INVIMA, garantizando la seguridad y eficacia clínica, pero sin criterios ambientales o de EC. A nivel local, la Ley 2232 de 2022 (Congreso de la república) dispuso una prohibición gradual de los plásticos de un solo uso, lo que impacta ciertos insumos hospitalarios, aunque no especifica sobre los dispositivos y equipos médicos.

La información contemplada en la literatura sectorial muestra que, aunque el énfasis regional ha sido el residuo sólido urbano, existen oportunidades claras de trasladar principios de EC al sector salud, siempre que se aseguren la trazabilidad, la bioseguridad y la calidad del servicio (Aquino et al., 2024).

La investigación en el país ha abordado principalmente la gestión de residuos sólidos urbanos desde un enfoque de disposición final y evidencia brechas de medición y capacidades operativas (Illarri et al., 2021). Sin embargo, no se identifican este tipo de investigaciones sobre reacondicionamiento, logística inversa o reutilización segura de dispositivos médicos en el país. Este vacío académico muestra la necesidad de investigaciones que sincreticen el componente sanitario, regulatorio y ambiental en un modelo viable de EC para Colombia.

2. Teorías relevantes

El análisis de la economía circular aplicada a dispositivos médicos requiere un marco conceptual extenso para comprender desde las dinámicas técnicas del ciclo de vida los productos hasta las dimensiones sociales, institucionales y de innovación que condicionan su implementación. A continuación, se presentan las principales teorías que fundamentan este estudio.

2.1 Teoría de los ciclos de vida de producto (PLC)

La teoría del ciclo de vida del producto (o PLC por sus siglas en inglés) plantea que todo producto comprende cuatro fases: introducción, crecimiento, madurez y declive, cada una con características de mercadeo, financieras, producción, compras y de talento humano diferentes (Kotler & Keller, 2016). Si se aplica esta teoría a los dispositivos médicos, permitirá identificar cómo el diseño basado en la EC puede extender la fase de madurez mediante etapas de mantenimiento, reparación, reacondicionamiento y remanufactura.

En la actualidad, la mayor parte de los dispositivos médicos en Colombia siguen un patrón lineal: tras su vida útil se desechan, generando altos volúmenes de residuos hospitalarios (Aquino et al., 2024). La incorporación de estrategias circulares rompe con este esquema al permitir nuevas fases en el ciclo de vida, como el “reingreso” al sistema a través de la reutilización o el reciclaje de componentes. Esto no solo extiende la utilidad del producto, sino también contribuye a reducir el impacto ambiental.

2.2 Teoría institucional

La teoría institucional explica cómo las normas, reglas y presiones del entorno moldean el comportamiento en las organizaciones (DiMaggio & Powell, 1983). En el sector salud, esta teoría es crucial para comprender la resistencia al cambio hacia modelos circulares. Las instituciones de índole sanitaria tienden a priorizar la seguridad clínica, humana y la esterilidad por encima de criterios ambientales, lo que genera un

marco regulatorio estricto que desincentiva el reúso o reacondicionamiento de dispositivos médicos (Kaill et al., 2025).

En Colombia, la norma que regula los dispositivos médicos (Decreto 4725 de 2005) se enfoca en garantizar la seguridad y eficacia, sin incluir lineamientos de EC. Desde la perspectiva institucional, ese vacío refleja un isomorfismo normativo en el que las instituciones médicas imitan modelos globales lineales, dejando de adaptar sus lineamientos a los principios de sostenibilidad. Al analizar el problema desde esta teoría se puede visibilizar cómo los cambios regulatorios y la presión de organismos internacionales abrirían espacios para la innovación circular en el sector.

2.3 Teoría de la innovación sostenible

La teoría de la innovación sostenible plantea que los procesos de innovación deben integrarse con los beneficios económicos, sociales y ambientales creando una sinergia entre sí (Boons & Lüdeke-Freund, 2013). En el sector de dispositivos médicos, esta teoría contribuye un marco de cómo el diseño circular puede transformarse en una ventaja competitiva para la industria biomédica, a su vez respondería a la demanda de sostenibilidad por parte de la sociedad.

La aplicación de la innovación sostenible invita a estudiar prácticas de ecodiseño, desarrollo de modelos de negocio que apliquen la EC y la integración de tecnologías limpias en la producción y gestión de dispositivos médicos (Jablonski, 2017). Desde la perspectiva de hospitales y clínicas, fomenta innovación organizacional al impulsar estrategias de logística inversa, reacondicionamiento seguro y reciclaje

especializado, todo esto con el potencial de generar ahorros significativos y fortalecimiento en la resiliencia del sistema de salud.

2.4 Teoría de la triple hélice

La teoría de la triple hélice desarrolla la idea que fundamenta a la innovación como resultado de la interacción entre academia, empresa y estado (Etzkowitz & Leydesdorff, 2000). En el caso de los dispositivos médicos, el modelo es clave para fomentar proyectos piloto de EC, debido a que requiere colaboración entre:

- Universidades, que generan investigación y métricas de EC aplicadas a dispositivos médicos.
- Industria biomédica, que debe diseñar productos aptos para reparación, reutilización o reciclaje.
- Estado y entidades reguladoras, que crean normativas y políticas públicas que fomenten prácticas seguras de EC.

En Colombia, esta sinergia es todavía débil, pues la investigación académica sobre EC en salud es limitada y está muy enfocada a resultados económicos inmediatos, dejando en un segundo plano beneficios a mediano o largo plazo y la regulación se mantiene estricta e inamovible. Sin embargo, la triple hélice ofrece un marco que permite diseñar estrategias colaborativas y así reducir barreras institucionales y técnicas.

3. Modelos y marcos conceptuales

3.1 Modelo de economía circular de la Fundación Ellen MacArthur

El modelo más influyente de EC fue propuesto por la Fundación Ellen MacArthur (2015), mediante el cual se diferencian dos ciclos: el biológico, centrado en materiales orgánicos que pueden reintegrarse en ecosistemas; y el técnico, enfocado en productos industriales que deben mantenerse en circulación mediante reparación, reutilización, remanufactura y reciclaje. En el caso de los dispositivos médicos, el ciclo técnico es el más importante, debido a que gran parte de estos equipos son fabricados con componentes metálicos, plásticos y electrónicos que requieren procesos especializados para su reaprovechamiento.

Este modelo puntualiza el ecodiseño como punto de inicio: diseñar dispositivos médicos que faciliten desmontaje, esterilización y reincorporación de piezas. La literatura muestra que, la teoría es sólida y en la práctica existen dificultades para adaptarla al sector salud por la alta complejidad tecnológica y las regulaciones rígidas alrededor de la seguridad del paciente (Hoveling et al., 2024).

3.2 Modelo de triple hélice

A partir del modelo de la triple hélice (Etzkowitz & Leydesdorff, 2000) Para esta investigación, se plantea una sinergia entre la universidad EAN, una empresa del sector llamada Unión Médica y el estado, a través de entes reguladores como el INVIMA, el ministerio de medio ambiente y el de salud.

Como lo señala Schröder P. et al (2020), en América Latina, estas interacciones son débiles y fragmentadas, lo que limita la implementación de innovaciones sostenibles (como se cita en UNIDO, 2020). Por lo tanto, el modelo de triple hélice se convierte en un referente útil para plantear esquemas de gobernanza colaborativa en el sector biomédico colombiano.

3.3 Modelo de cadenas de suministro circulares

El modelo extiende el concepto de la economía circular a los procesos de producción y consumo, buscando integrar las preocupaciones ambientales en las organizaciones mediante la reducción de las consecuencias negativas no deseadas sobre el medio ambiente. Se basa en principios como logística inversa, colaboración interorganizacional, rediseño de procesos y trazabilidad. Por lo tanto, la EC no se centra únicamente en la reducción del uso del medio ambiente como sumidero de residuos, sino en la creación de sistemas de producción autosostenibles en los que los materiales se reutilicen una y otra vez. (Genovese et al., 2017).

En el contexto hospitalario, este modelo permite analizar cómo los dispositivos médicos pueden ser recolectados luego de su uso, sometidos a procesos de reacondicionamiento o reciclaje, y reintegrados en el sistema. Vargas-Muñoz et al. (2025) aplican este enfoque en cadenas de suministro en salud, demostrando que prácticas como logística inversa y alianzas con proveedores sostenibles son prioritarias para avanzar hacia la EC.

3.4 Modelos de gestión hospitalaria y residuos biomédicos

Los modelos de gestión hospitalaria sostenible incluyen prácticas de eficiencia energética, gestión de residuos peligrosos y compras consideradas verdes (Healthcare Without Harm, 2019). Aunque tradicionalmente se enfocan en disminuir la huella de carbono en el ambiente de los hospitales, su integración con la EC y abre nuevas oportunidades para los dispositivos médicos: desde la segregación en la fuente hasta la clasificación de equipos para reparación o remanufactura.

En países como Colombia, donde la infraestructura hospitalaria enfrenta limitaciones, la implementación de estos modelos enfrenta retos logísticos y financieros (Ilarri et al., 2021). Sin embargo, podría constituir un punto de inicio y evaluar la factibilidad de implementación de estrategias circulares adaptadas al contexto nacional.

4. Marcos legales

4.1 Marco internacional

En el ámbito global, la Directiva Europea sobre Residuos de Aparatos Eléctricos y Electrónicos (WEEE, 2012/19/EU) constituye uno de los referentes más importantes. Esta norma acarrea una responsabilidad extendida del productor (REP), obligando a los fabricantes a garantizar la recolección, tratamiento y reciclaje de los equipos al final de su vida útil (European Parliament, 2012). Aunque no está dirigida exclusivamente a dispositivos médicos, ha tenido un impacto directo en su diseño y gestión, generando avances en programas de retorno y reciclaje.

Por otro lado, la Comisión Europea (2020) adoptó un nuevo Plan de Acción de EC que integra criterios de ecodiseño en productos eléctricos y electrónicos, lo que reafirma la expectativa de que los dispositivos médicos incluyan desde su concepción estrategias de desmontaje, reutilización y reciclaje seguro.

En el ámbito sanitario, la Organización Mundial de la Salud (OMS, 2018) ha resaltado la relevancia de la gestión adecuada de residuos médicos como parte de la seguridad hospitalaria y la protección ambiental. Sin embargo, las recomendaciones de la OMS se dirigen hacia disposición y manejo seguro, más que en la integración de la circularidad en el ciclo completo de los dispositivos.

4.2 Marco regional (América Latina y el Caribe)

En la región, la EC se ha incorporado de manera progresiva en políticas ambientales. La Organización de las Naciones Unidas para el Desarrollo Industrial (UNIDO, 2020) señala que los países latinoamericanos han avanzado en normativas para reciclaje y gestión de residuos sólidos, pero que el sector salud sigue siendo marginal en estas conversaciones.

La Declaración de Circularidad en América Latina y el Caribe (2021), impulsada por la CEPAL, promueve estrategias para integrar la EC en sectores prioritarios como la agroindustria, energía y residuos urbanos, pero no incluye un eje específico sobre salud o dispositivos médicos. Esto evidencia un vacío en la construcción de marcos regulatorios regionales que promuevan la sostenibilidad en el sector sanitario (Ospina-Mateus et al., 2023).

4.3 Marco nacional (Colombia)

En Colombia, los dispositivos médicos están regulados principalmente por el Decreto 4725 de 2005, que establece requisitos para su fabricación, comercialización y vigilancia sanitaria a cargo del Instituto Nacional de Vigilancia de Medicamentos y Alimentos (INVIMA). Esta normativa garantiza estándares de seguridad y eficacia clínica, pero no aborda aspectos de circularidad, logística inversa o reciclaje de equipos (INVIMA, 2005).

El país adoptó la Estrategia Nacional de Economía Circular (ENEC, 2019), que busca implementar principios de reducción, reutilización y aprovechamiento de residuos. Sin embargo, la ENEC se concentra en sectores como plásticos, textiles y empaques, dejando de lado a los dispositivos médicos (Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, 2019).

La Ley 2232 de 2022, que regula la prohibición de plásticos de un solo uso, tiene incidencia indirecta sobre insumos hospitalarios desechables, pero tampoco establece lineamientos claros para equipos médicos duraderos (Congreso de la República de Colombia, 2022).

Por último, el CONPES 3934 de 2018, que traza la política de crecimiento verde, establece metas relacionadas con producción sostenible, aunque sin un desarrollo específico para el sector de la salud. Este vacío normativo refleja la necesidad de articular políticas ambientales y sanitarias que permitan avanzar hacia la EC en dispositivos médicos.

Marco Institucional

Este trabajo se enmarca en el sistema institucional colombiano que regula, orienta y ejecuta las políticas públicas en salud, medicamentos y dispositivos médicos, así como en ambiente y gestión de residuos. A continuación, se describen las entidades clave y su rol frente al objeto del estudio.

1. INVIMA

Según el artículo 245 de la Ley 100 de 1993, se crea el Instituto Nacional de Vigilancia de Medicamentos y Alimentos tiene como objetivo actuar como institución de referencia nacional en materia sanitaria y ejecutar las políticas formuladas por el Ministerio de Salud y Protección Social en materia de vigilancia sanitaria y de control de calidad de los medicamentos, productos biológicos, alimentos, bebidas, cosméticos, dispositivos y elementos médico-quirúrgicos, odontológicos, productos naturales homeopáticos y los generados por biotecnología, reactivos de diagnóstico, y otros que puedan tener impacto en la salud individual y colectiva.

2. Ministerio de salud y protección social

Según el Decreto 4107 de 2011 tendrá como objetivos, dentro del marco de sus competencias, formular, adoptar, dirigir, coordinar, ejecutar y evaluar la política pública en materia de salud, salud pública, y promoción social en salud, y participar en la formulación de las políticas en materia de pensiones, beneficios económicos periódicos y riesgos profesionales, lo cual se desarrollará a través de la institucionalidad que comprende el sector administrativo.

3. Ministerio del medio ambiente

De acuerdo al Artículo 1 - Decreto 3570, El Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible es el rector de la gestión del ambiente y de los recursos naturales renovables, encargado de orientar y regular el ordenamiento ambiental del territorio y de definir las políticas y regulaciones a las que se sujetarán la recuperación, conservación, protección, ordenamiento, manejo, uso y aprovechamiento sostenible de los recursos naturales renovables y del ambiente de la nación, a fin de asegurar el desarrollo sostenible, sin perjuicio de las funciones asignadas a otros sectores.

4. Instituto de Evaluación Tecnológica en Salud (IETS)

Según lo estipulado en la Ley 1438 es la Agencia Nacional de Evaluación de Tecnología Sanitaria de Colombia, una corporación sin ánimo de lucro, de participación mixta y de carácter privado, con patrimonio propio, cuyo objetivo es realizar la evaluación de las tecnologías en salud basada en la evidencia científica y producir guías y protocolos sobre medicamentos, dispositivos, procedimientos y tratamientos con el fin de recomendar a las autoridades competentes sobre las tecnologías que deben ser cubiertas con recursos públicos a través del Sistema General de Seguridad Social en Salud.

5. Secretarías de salud locales

Las secretarías de salud locales son entidades administrativas encargadas de dirigir, planear y ejecutar políticas de salud pública, promoviendo la salud, previniendo enfermedades y controlando factores de riesgo en la población a través de campañas, programas de vacunación y vigilancia sanitaria.

6. Las Secretarías de Medio Ambiente locales

Gestionan, protegen y restauran los recursos naturales y el ambiente urbano, a través de la formulación e implementación de políticas, la coordinación con otras entidades, la educación ambiental, el control de la contaminación y la gestión de proyectos de desarrollo sostenible, buscando mejorar la calidad de vida de la ciudadanía y garantizar la sostenibilidad en su territorio.

Diseño Metodológico

Enfoque, Alcance y Diseño de la Investigación

Enfoque

El estudio se realizará bajo un enfoque cualitativo, con el propósito de comprender en profundidad e interpretar fenómenos sociales, en este caso, las prácticas y perspectivas organizacionales sobre la economía circular. Este enfoque es idóneo para analizar el contenido vigente de los documentos y dar contexto a los hallazgos (Hernández-Sampieri & Mendoza, 2018). El proceso de investigación será inductivo, para permitir que las categorías y temas centrales surjan del contenido de los documentos analizados.

Alcance

El alcance de la investigación es descriptivo documental. Este tipo de revisión se justifica con el objetivo de detallar, especificar y caracterizar la implementación o la mención de estrategias de EC en los informes de gestión y/o sostenibilidad de las entidades sanitarias seleccionadas. Se pretende describir el estado actual de la

conciencia y acción respecto a la sostenibilidad y gestión de residuos de dispositivos médicos, tal como es reportado por las propias instituciones, sin establecer relaciones causales o predictivas.

Diseño de la Investigación

Se empleará un diseño no experimental de tipo transeccional descriptivo documental. El enfoque no experimental implica que el investigador no manipulará intencionalmente las condiciones de las variables; en su lugar, se dedicará a analizar los datos existentes tal como fueron producidos y reportados por las entidades en un periodo específico. El diseño es de corte transeccional, debido a que la recolección de los datos (el contenido de los informes) se realizará en un único momento para describir los constructos del estudio (Creswell & Creswell, 2018).

Selección de Métodos e Instrumentos para la Recolección de la Información

Método de Recolección

El método principal será el Análisis de Contenido Documental (ACD). Esta técnica de tipo sistemática permite examinar y codificar el contenido de la comunicación textual (los informes de cada entidad) para hacer inferencias válidas y replicables, relacionándolas con su contexto (Krippendorff, 2018).

Instrumento

El instrumento para implementar será una Matriz de Análisis de Contenido y Codificación diseñada *ad hoc* para el proyecto. El instrumento incluirá:

Ficha de Datos Generales: Para identificar el documento (Título, Institución, Año de Publicación, Alcance del Reporte).

Estructura de Codificación: Un listado de las categorías y subcategorías preestablecidas (los constructos clave) y un espacio para la codificación abierta o emergente.

Unidades de Análisis: Serán párrafos, frases o secciones específicas de los informes donde se evidenciarán prácticas, políticas, métricas o discusiones relacionadas con la EC, la huella de carbono y el mercadeo sostenible.

Análisis de los resultados

El sector salud es fundamental para el bienestar humano, pero eso no lo exime de ser contribuyente significativo a la carga ambiental mundial, al generar una considerable huella de carbono y un alto volumen de residuos. En Colombia, las Instituciones Prestadoras de Servicios de Salud (IPS) se enfrentan al desafío de equilibrar la calidad asistencial con sostenibilidad económica y ambiental, enmarcadas por regulaciones rigurosas como el Plan de Gestión Integral de Residuos Generados en la Atención en Salud y Otras Actividades (PGIRASA).

Este análisis presenta los resultados documentales obtenidos de los informes de sostenibilidad de las principales instituciones sanitarias en Colombia, y menciona las implicaciones de estos hallazgos frente al marco regulatorio (PGIRASA) y la pregunta de investigación.

Diseño Metodológico

Fuentes de Información

1. **Fuentes Primarias (Regulatorias):** La Resolución No. 591 de 2024, mediante la cual se adopta el Manual para la Gestión Integral de Residuos Generados en la Atención en Salud y Otras Actividades (PGIRASA), estableciendo el marco legal y técnico para la segregación, desactivación, almacenamiento, tratamiento y disposición final de los residuos hospitalarios.
2. **Fuentes Secundarias (Documentos Corporativos):** Se utilizó la información que contienen los informes de sostenibilidad y memorias de gestión de reconocidas instituciones sanitarias del país (Hospital Pablo Tobón Uribe, Fundación Santa Fe de Bogotá, Fundación Valle del Lili, IMAT Oncomédica, Clínica del Country, Keralty y Méderi), los cuales sirven como fuentes para la caracterización de las prácticas de gestión ambiental y sus correspondientes indicadores.

Variables de Análisis Documental

La revisión documental se enfocó en identificar, en los informes corporativos y en el PGIRASA, los siguientes puntos principales:

Manejo de Residuos no Peligrosos Aprovechables: Identificación de procesos de reciclaje y reutilización.

- a. **Gestión de Residuos con Riesgo Biológico/Químico:** Cumplimiento de la resolución (PGIRASA) y el volumen de residuos generado.

b. **Indicadores de Sostenibilidad Ambiental:** Consumo de electricidad, agua y, principalmente, la **medición y reducción de la huella de carbono**.

c. **Iniciativas de Economía Circular (EC):** Programas de reutilización, reparación o valorización de DM específicos, más allá del reciclaje tradicional.

Posterior al análisis de los documentos seleccionados, realizado bajo el enfoque de la EC en DM, se obtuvieron los siguientes hallazgos transversales:

Énfasis en la Gestión Regulatoria (PGIRASA)

En la mayoría de IPS (Instituciones Prestadoras de Salud) se denota una gestión de residuos altamente enfocada en el cumplimiento de la Resolución 591 de 2024 (PGIRASA). Este enfoque garantiza el manejo seguro y la disposición final adecuada de los residuos peligrosos, priorizando la segregación y el tratamiento (incineración, desactivación) sobre la prevención y valorización (reutilización, remanufactura). Los documentos institucionales (PGIRASA internos) reafirman la obligación de identificar y cuantificar los residuos peligrosos y de riesgo biológico. El reporte de esta gestión se presenta como requisito de trazabilidad.

Priorización del Reciclaje Convencional

Respecto al enfoque ambiental, los informes de sostenibilidad documentan avances significativos en la optimización del uso de recursos y la reducción general de residuos y emisiones. Sin embargo, las acciones de EC se concentran mayoritariamente en el reciclaje de materiales no peligrosos (papel, cartón, plástico común, etc.) Con una escasa o prácticamente nula mención explícita a la reutilización,

remanufactura o reparación de dispositivos médicos como estrategia sistemática para la reducción de la huella de carbono. La información publicada se orienta en indicadores agregados de sostenibilidad y cumplimiento de la normativa, y no en la trazabilidad de DM específicos con alta oportunidad de EC.

El Vacío de la Huella de Carbono en DM

Algunas instituciones mencionan el objetivo de ser carbono neutral o reportan las emisiones de Gases de Efecto Invernadero (GEI) de Alcance 1, 2 y 3. Sin embargo, se evidencia una falta de desagregación de la huella de carbono directamente asociada a la cadena de valor de los dispositivos médicos, incluyendo su adquisición, uso y disposición final. Lo cual representa una brecha crítica, debido a que la EC es una estrategia de minimización de residuos y optimización de recursos que se alinea con el objetivo de reducción de GEI.

Discusión de los resultados

La revisión de los informes de sostenibilidad confirma la existencia de una base de gestión sólida de residuos en el sector salud colombiano, fundamentada en el PGIRASA. Sin embargo, el principal reto está en pasar de un modelo de gestión de residuos donde se busca el cumplimiento regulatorio de la disposición de los residuos a un modelo de Economía Circular que busca la optimización desde la fase de diseño y compra del dispositivo médico.

Se encuentra una respuesta limitada en los documentos analizados a la pregunta de investigación, orientada a identificar estrategias de EC en DM para reducir

la huella de carbono. Las estrategias de valorización de residuos tales como la reutilización de DM de bajo riesgo o la remanufactura de equipos de alto costo, que son el pilar de la EC, no están detalladas de manera metódica en los informes de gestión publicados, a pesar de que el marco legal PGIRASA promueve la **reducción** de residuos.

La aplicación de la EC a los DM es primordial por el Impacto Ambiental relacionado a la adquisición y fabricación de DM (especialmente los de un solo uso), que representan una fuente significativa de emisiones de GEI de Alcance 3 que hace referencia a fuentes que no están controladas como el transporte de las materias primas desde el punto de origen hasta la empresa y de los productos terminados hasta el cliente y consumo de recursos (Fong, et al., 2014). Estrategias como el reprocesamiento de DM no invasivos o la compra de DM remanufacturados son palancas directas para la reducción de la huella de carbono.

En resumen, la respuesta a la pregunta de investigación es que las estrategias de EC en DM están en una fase inicial o no representada en los informes, limitándose únicamente al cumplimiento del PGIRASA. La oportunidad reside en integrar, medir y comunicar las acciones de prevención y valorización de DM, lo cual impulsará directamente la reducción de la huella de carbono.

Conclusiones

Los resultados del estudio permiten concluir que la gestión de residuos derivados del uso de dispositivos médicos en instituciones sanitarias colombianas se encuentra fundamentado en un marco normativo sólido, pero que aún está incompleto. Aunque la gestión ambiental se encuentra firmemente anclada en el cumplimiento de la Resolución 591 de 2024 (PGIRASA), la cultura regulatoria se enfoca en el manejo seguro y la disposición final, sin profundizar completamente en el potencial de prevención y valorización de DM que ofrece la Economía Circular con estrategias como transformación de residuos biológicos a orgánicos con tecnologías de microondas (Steril Wave), por lo cual desaprovechan la oportunidad de reducir significativamente la huella ambiental, las emisiones de GEI y los costos asociados a la gestión de residuos.

Existe una brecha significativa en la comunicación de datos específicos sobre la huella de carbono, tal como se reporta en los documentos institucionales por la adquisición y el ciclo de vida de los DM. Esta falta de detalle impide la identificación precisa de oportunidades de reducción de GEI a través de estrategias de EC como la remanufactura y transformación de residuos.

Respecto a la tecnología la literatura revisada identifica los sistemas de Microondas con Trituración Integrada (RDI) como una alternativa de mayor sofisticación, ya que producen un Residuo Desactivado Infeccioso (RDI) que, por sus características físicas (triturado, seco) y biológicas (inerte), maximiza las opciones de

valorización (reciclaje de plástico o recuperación energética), cumpliendo el principio de jerarquía de residuos de la EC (Rodríguez-López et al., 2021).

Se identificó que existe un potencial significativo en la implementación de modelos de EC que disminuyan la huella de carbono y los costos porque los DM representan una proporción alta de emisiones y costos de disposición. Pero actualmente no se aprovecha, ya que, aunque las instituciones tienen bases para avanzar (PGIRASA, sistemas de gestión, certificaciones) la circularidad no está integrada en la operación debido a falta de trazabilidad de huella de carbono por DM, marcos regulatorios que habiliten remanufactura y reutilización, información pública detallada, incentivos económicos y tecnologías de valorización.

En línea con esto el análisis documental demuestra que la transición hacia EC en DM no es todavía una realidad, pero la evidencia técnica y teórica demuestra que sí es viable, necesaria y estratégica.

Referencias

- Arias-Guillén, M., Martínez Cadenas, R., Gómez, M., Martín Vaquero, N., Pereda, G., Audije-Gil, J., Portillo, J., Quintela, M., Castaño, I., Luque, A., Maduell, F., Ortiz, A., Duane, B., & Arenas, M. D. (2024). Desafíos ambientales en hemodiálisis: explorando la ruta hacia la sostenibilidad. *Nefrología*, 44(6), 784–795. <https://doi.org/10.1016/j.nefro.2024.06.001>
- Aquino, A. C. T., Silva, M., & Gomes, M. (2024). Healthcare waste and circular economy principles: It is time to improve! *Waste Management & Research: The Journal for a Sustainable Circular Economy*, 42, 857–859. <https://doi.org/10.1177/0734242X241270979>
- Boons, F., & Lüdeke-Freund, F. (2013). Business models for sustainable innovation: State-of-the-art and steps towards a research agenda. *Journal of Cleaner Production*, 45, 9–19. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2012.07.007>
- Clínica del Country (2024). *Memoria de sostenibilidad*. Clínica del Country. <https://www.clinicadelcountry.com/memoria-sostenibilidad-2024>
- Clínica IMAT Oncomédica. (2023). *Informe de Gestión Oncomédica S.A.S.* https://web-auna-backend-prd-images.s3.amazonaws.com/IMAT_ONCOMEDICA_INFORME_DE_SOSTENIBILIDAD_2023_db2b23e4a8.pdf
- CONPES 3934 (2018, 10 de julio) Política de Crecimiento Verde. Consejo nacional de política económica y social. <https://colaboracion.dnp.gov.co/cdt/conpes/econ%C3%B3micos/3934.pdf>

Creswell, J. W., & Creswell, J. D. (2018). *Research design: Qualitative, quantitative, and mixed methods approaches* (5th ed.). SAGE Publications.

Decreto 3570 (2011, 27 de septiembre). Por el cual se modifican los objetivos y la estructura del Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible y se integra el Sector Administrativo de Ambiente y Desarrollo Sostenible. El presidente de la república de Colombia.

<https://www.funcionpublica.gov.co/eva/gestornormativo/norma.php?i=65328>

Decreto 4107 (2011, 2 de noviembre). Por el cual se determinan los objetivos y la estructura del Ministerio de Salud y Protección Social y se integra el Sector Administrativo de Salud y Protección Social. El presidente de la república de Colombia.

<https://www.funcionpublica.gov.co/eva/gestornormativo/norma.php?i=44615>

Decreto 4725 (2005, 26 de diciembre) Por el cual se reglamenta el régimen de registros sanitarios de dispositivos médicos en Colombia. Ministerio de la protección social. <https://www.minsalud.gov.co/sites/rid/lists/bibliotecadigital/ride/de/dij/decreto-4725-de-2005.pdf>

DiMaggio, P., & Powell, W. (1983). The iron cage revisited: Institutional isomorphism and collective rationality in organizational fields. *American Sociological Review*, 48(2), 147–160. <https://doi.org/10.2307/2095101>

European Commission. (2020). *Circular Economy Action Plan: For a cleaner and more competitive Europe*. Publications Office of the European Union.

European Parliament. (2012). *Directive 2012/19/EU of the European Parliament and of the Council on waste electrical and electronic equipment (WEEE)*. Official Journal of the European Union.

Ellen MacArthur Foundation. (2015). *Towards the circular economy: Economic and business rationale for an accelerated transition*. Ellen MacArthur Foundation.

Etzkowitz, H., & Leydesdorff, L. (2000). The dynamics of innovation: From national systems and 'Mode 2' to a triple helix of university–industry–government relations. *Research Policy*, 29(2), 109–123. [https://doi.org/10.1016/S0048-7333\(99\)00055-4](https://doi.org/10.1016/S0048-7333(99)00055-4)

Fundación Cardiovascular de Colombia (FCV). (2023). *Informe de sostenibilidad 2023*.

Fundación Cardiovascular de Colombia (FCV).

<https://www.fcv.org/co/images/responsabilidad-corporativa/PDF/informe-de-sostenibilidad-2023.pdf>

Fong, W. Sotos, M. Doust, M. Schultz, S. Marques, A. Deng-Beck, C. (2014). Protocolo

Global para Inventarios de Emisión de Gases de Efecto Invernadero a Escala Comunitaria. *Protocolo de Gases de Efecto Invernadero*, 3(14), 164-165,

[https://ghgprotocol.org/sites/default/files/2022-](https://ghgprotocol.org/sites/default/files/2022-12/GHGP_GPC%20%28Spanish%29.pdf)

[12/GHGP_GPC%20%28Spanish%29.pdf](https://ghgprotocol.org/sites/default/files/2022-12/GHGP_GPC%20%28Spanish%29.pdf)

Fundación Santa Fe de Bogotá. (2024). *Información de Sostenibilidad*. Fundación de Santa Fe.

https://issuu.com/fsfb_salud/docs/informe_de_sostenibilidad_2024_fsfb_gri?fr=sNWRjMzgzOTY4Mzk

Fundación Valle del Lili. (2023). *Informes de Sostenibilidad*. Fundación Valle del Lili.

<https://valledellili.org/nuestra-institucion/informes-de-sostenibilidad/>

Geissdoerfer, M., Savaget, P., Bocken, N. M., & Hultink, E. J. (2017). The circular economy – A new sustainability paradigm? *Journal of Cleaner Production*, 143, 757–768. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2016.12.048>

Genovese, A., Acquaye, A., Figueroa, A., & Koh, S. (2017). Sustainable supply chain management and the transition towards a circular economy: Evidence and some applications. *Omega*, 66, 344–357. <https://doi.org/10.1016/j.omega.2015.05.015>

Healthcare Without Harm. (2019). *Health care's climate footprint: How the health sector contributes to the global climate crisis and opportunities for action*. HCWH.

Hospital Alma Máter de Antioquia. (2024). *Informe de Sostenibilidad*. Hospital Alma Máter de Antioquia. <https://almamater.hospital/wp-content/uploads/2025/04/INFORME-SOSTENIBILIDAD-2024.pdf>

Hernández Sampieri, R., & Mendoza Torres, C. P. (2018). *Metodología de la investigación: Las rutas cuantitativa, cualitativa y mixta*. McGraw Hill.

Hospital Pablo Tobón Uribe. (2024). *Memoria de Sostenibilidad*. Hospital Pablo Tobón Uribe. https://issuu.com/hptu/docs/memoria_de_sostenibilidad_2024

Hoveling, T., Nijdam, A., Monincx M., Faludi, J., Bakker, C. (2024). Circular economy for medical devices: Barriers, opportunities and best practices from a design

perspective. *The Journal Resources, Conservation & Recycling*, 208. 1-17

<https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2024.107719>

Instituto de evaluación tecnológica en salud. (2011). Sobre nosotros

Jablonski, A. (2017). *Business models: Strategies, impacts, and challenges*. Nova Publishers.

Kaill, N., Bibb, R. (2025). Perceived barriers and opportunities for adopting the circular economy in medical devices and the disparity between academia and industry. *Design Journal*, 28(4), 553–570. <https://doi.org/10.1080/14606925.2025.2496632>

Kotler, P., & Keller, K. L. (2016). *Marketing management* (15th ed.), Pearson.

Kouwenberg, L. H. J. A., Cohen, E. S., Hehenkamp, W. J. K., Snijder, L. E., Kampman, J. M., Küçükkeles, B., Kourula, A., Meijers, M. H. C., Smit, E. S., Sperna Weiland, N. H., & Kringos, D. S. (2024). The carbon footprint of hospital services and care pathways: A state-of-the-science review. *Environmental Health Perspectives*, 132(12). <https://doi.org/10.1289/EHP14754>

Krippendorff, K. (2019). *Content analysis: An introduction to its methodology* (4th ed.). SAGE Publications.

Ley 100 (1993, 23 de diciembre). Por la cual se crea el sistema de seguridad social integral y se dictan otras disposiciones. Congreso de la República de

Colombia. Artículo 245.

http://www.secretariasenado.gov.co/senado/basedoc/ley_0100_1993.html

Ley 1438 (2011, 19 de enero). Por medio de la cual se reforma el Sistema General de Seguridad Social en Salud y se dictan otras disposiciones. Congreso de Colombia. *Capítulo V, artículo 92.*

<https://www.funcionpublica.gov.co/eva/gestornormativo/norma.php?i=41355>

Ley 2232 (2022, 7 de julio). Por la cual se establecen medidas tendientes a la reducción gradual de la producción y consumo de ciertos productos plásticos de un solo uso y se dictan otras disposiciones. Congreso de la República.

<https://www.minambiente.gov.co/wp-content/uploads/2024/07/LEY-2232-DE-07-DE-JULIO-DE-2022.pdf>

Ilarri, J., Vargas, C., Clavero, M., Castro, P. (2021). Advances on the Implementation of Circular Economy Techniques in Rural Areas in Colombia under a Sustainable Development Framework, *Waste Management and Application of the Principles of the Circular Economy*, 13(7), 3816. <https://doi.org/10.3390/su13073816>

Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. (2019). *Estrategia Nacional de Economía Circular (ENEC)*. Gobierno de Colombia.

<https://www.minambiente.gov.co/wp-content/uploads/2021/06/Estrategia-Nacional-de-Economia-Circular-2019-Final.pdf>

Melikoglu, M. (2025). Forecasting medical waste generation and estimating waste to energy potentials with associated greenhouse gas emissions: A holistic

analysis. *Sustainable Futures*, 10(100850), 1–18.

<https://doi.org/10.1016/j.sftr.2025.100850>

Nascimento, G., Araujo, C. A. S., & Alves, L. A. (2017). Corporate sustainability practices in accredited Brazilian hospitals: A degree-of-maturity assessment of the environmental dimension. *Revista de Administração*, 52(1), 26–35. <https://doi.org/10.1016/j.rausp.2016.10.001>

Organización de las Naciones Unidas. (2020). *¿Cómo ha de ser la gestión de residuos durante la pandemia del coronavirus?*. Organización de las Naciones Unidas. <https://news.un.org/es/story/2020/04/1472202>.

Ospina-Mateus, H., Marrugo-Salas, L., Castilla, L., Castellón, L., Cantillo, A., Bolívar L., Salas-Navarro, K., Zamora-Musa, R. (2023). Analysis in circular economy research in Latin America: A bibliometric review. *Heliyon*, 9(9), e19999. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2405844023072079>

Red Hospitalaria Méderi. (2025). *Informe de Sostenibilidad y Gestión*. Red Hospitalaria Méderi. <https://mederi.com.co/sistema-de-gestion-ambiental/>

Resolución No. 591 (2024, 4 de abril) Por la cual se adopta el Manual para la Gestión Integral de Residuos Generados en la Atención en Salud y Otras Actividades. Ministerio de Salud y Protección Social. Diario Oficial. https://www.minsalud.gov.co/Normatividad_Nuevo/Resoluci%C3%B3n%20No%20591%20de%202024.pdf

Rizan, C., Steinbach, I., Nicholson, R., Lillywhite, R., Reed, M., & Bhutta, M. (2020).

The carbon footprint of operating theatres: A systematic review. *Annals of Surgery*, 272(6), 986–995.

Rodríguez-López, F., Díaz-Manchay, R., & Herrera-Paredes, E. (2021). Desarrollo sostenible, impacto ambiental y retos de los hospitales ante la COVID-19. *Revista de la Facultad de Medicina Humana*, 21(4), 729–738.

<http://dx.doi.org/10.35434/rcmhnaaa.2021.14sup1.1190>

San Vicente Fundación. (2024). *Informe de Sostenibilidad*. San Vicente Fundación.

<https://www.sanvicentefundacion.com/sites/default/files/2025-06/informe-de-gestion.pdf>

Samenjo, K. T., Oosting, R. M., Simatele, M. D., & van Vliet, B. (2023). The extent to which circular economy principles have been applied in the design of medical devices for low-resource settings in Sub-Saharan Africa. *Frontiers in Sustainability*, 4(10), 1079685. <https://doi.org/10.3389/frsus.2023.1079685>

Sepetis, A., & Parlavantzas, I. (2025). Circular economy behavior and sustainable healthcare. *Circular Economy and Sustainability*, 5(4), 1007.

<https://doi.org/10.1007/s43615-025-00601-8>

Schröder P., Albaladejo M., Ribas P., MacEwen M. & Tilkanen J. (2020). The circular economy in Latin America and the Caribbean Opportunities for building resilience.

Energy, Environment and Resources Programme.

https://www.unido.org/sites/default/files/files/2020-09/circular_economy_lac.pdf

Vargas-Muñoz, J. C., Pérez-Salazar, J., & Medina, C. (2025). Prioritizing circular supply chain management practices for healthcare supply chains. *Sustainable Operations and Computers*, 6(1), 100054.
<https://doi.org/10.1016/j.clsch.2025.100255>

World Health Organization. (2018). *Safe management of wastes from health-care activities* (2nd ed.). WHO Press.