

## Gestión de recursos tecnológicos a través de un modelo de evaluación con enfoque en economía circular

### Management of technological resources through an evaluation model with a circular economic approach

Zaira Lizbeth González Gómez <sup>a</sup>, Héctor Daniel Molina Ruiz <sup>b</sup>, Elba M. Pedraza Amador <sup>c</sup>, Aidé Mariel Carrizal Alonso <sup>d</sup>

#### Abstract:

The Circular Economy is a model that seeks to maximize the value of resources by extending their useful life and reincorporating them into the market through new products or functions. This approach represents an effective alternative to minimize the waste and residues generated by productive activities within economic cycles, promoting the creation of products and services that are both sustainable and sustainable. In this way, it responds to the demands of a growing number of consumers who are increasingly concerned about environmental impact. In addition, the implementation of innovative technologies allows this process to be carried out in a more efficient and cost-effective manner. However, a thorough analysis of the technological and environmental implications is crucial to properly evaluate the effectiveness and optimization of the use of these technologies in solving specific problems. Therefore, the present work aims to propose a methodology that allows a systematic and in-depth evaluation of the implications of applying a specific technology to a particular problem, always under the perspective of the Circular Economy. This approach will ensure that the proposed solutions are not only effective, but also aligned with the principles of sustainability and environmental responsibility.

#### Keywords:

*Circular Economy, Technologies, Sustainability, Evaluation, Technological resources*

#### Resumen:

La Economía Circular es un modelo que busca maximizar el valor de los recursos al extender su vida útil y reincorporarlos al mercado mediante nuevos productos o funciones. Este enfoque representa una alternativa efectiva para minimizar los desechos y desperdicios generados por las actividades productivas dentro de los ciclos económicos, promoviendo la creación de productos y servicios que sean tanto sustentables como sostenibles. De esta manera, se responde a las demandas de un creciente número de consumidores que están cada vez más preocupados por el impacto ambiental. Además, la implementación de tecnologías innovadoras permite llevar a cabo este proceso de forma más eficiente y rentable. Sin embargo, es crucial realizar un análisis exhaustivo de las implicaciones tecnológicas y ambientales para evaluar adecuadamente la efectividad y optimización que conlleva el uso de estas tecnologías en la resolución de problemas específicos. Por lo tanto, el presente trabajo tiene como objetivo proponer una metodología que permita realizar una evaluación sistemática y profunda de las implicaciones de aplicar una tecnología específica a un problema particular, siempre bajo la perspectiva de la Economía Circular. Este enfoque garantizará que las soluciones propuestas no solo sean efectivas, sino también alineadas con los principios de sostenibilidad y responsabilidad ambiental.

#### Palabras Clave:

*Economía circular, Tecnologías, Sostenibilidad, Evaluación, Recursos tecnológicos.*

<sup>a,c</sup> Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo | Escuela Superior de Tizayuca | Tizayuca, Hidalgo | México, <https://orcid.org/0000-0003-1688-2581>, Email: [go354615@uaeh.edu.mx](mailto:go354615@uaeh.edu.mx); <https://orcid.org/0000-0002-7182-2437>, Email: [elbam@uaeh.edu.mx](mailto:elbam@uaeh.edu.mx)

<sup>b</sup> Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo | Escuela Superior de Tepeji | Tepeji del río de Ocampo, Hidalgo | México, <https://orcid.org/0000-0003-4657-3237>, Email: [hmolina@uaeh.edu.mx](mailto:hmolina@uaeh.edu.mx)

<sup>d</sup> Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo | Instituto de Ciencias Económico Administrativas | la Concepción, San Juan Tilcuautla | San Agustín Tlaxiaca, Hidalgo | México, <https://orcid.org/0000-0002-2001-1001>, Email: [aide\\_carrizal8989@uaeh.edu.mx](mailto:aide_carrizal8989@uaeh.edu.mx)

## Introducción

La Economía Circular es un modelo innovador que ofrece un nuevo valor a los recursos, extendiendo su vida útil y reintroduciéndolos en el mercado a través de nuevos productos o funciones mejoradas (Tambovceva et al., 2021). Este enfoque no solo maximiza la eficiencia de los recursos, sino que también minimiza el impacto ambiental al reducir significativamente la contaminación derivada de la disposición de residuos (Arruda et al., 2021). Al priorizar la reintegración de los materiales en el ciclo productivo, la Economía Circular permite la creación de procesos y productos que son menos invasivos para el medio ambiente (Konash & Nasr, 2022).

Es fundamental reconocer que el modelo de economía circular debe distinguir entre los ciclos biológicos y los ciclos técnicos de un producto (Cerdá et al., n.d.). El ciclo biológico se refiere al proceso natural en el cual los productos se deterioran debido a su estructura orgánica. Un ejemplo claro de esto son los productos agrícolas, que siguen un ciclo de vida natural: se siembran, crecen, se cosechan y eventualmente caducan, lo que puede incrementar la toxicidad de los productos si no se maneja adecuadamente (Wood, 1974). Por otro lado, el ciclo técnico se centra en la duración de uso de un producto basada en sus capacidades tecnológicas y su compatibilidad con otros componentes. Un ejemplo típico son las computadoras, que se vuelven obsoletas conforme avanzan las tecnologías de sistemas operativos y microprocesadores, haciendo más compleja su utilización (Tolentino, 2017).

El modelo de economía circular, por tanto, se configura como un círculo de mejora continua (Aithal & Aithal, 2023), cuyo objetivo es aumentar y preservar los recursos naturales, optimizando su utilización, gestionando los inventarios y estableciendo cadenas productivas con flujos renovables (Corvellec et al., 2022; Ekins et al., 2020; Moraga et al., 2019; Tolentino, 2017). Este modelo se basa en tres principios fundamentales:

**Preservar y aumentar el capital natural:** Este principio se enfoca en conservar y mejorar el capital natural controlando los recursos finitos y equilibrando los flujos de recursos renovables. Esto implica que las empresas y organizaciones deben gestionar cuidadosamente sus inventarios de recursos naturales, evitando la sobreexplotación y promoviendo la regeneración de estos recursos. Al hacerlo, no solo se asegura la sostenibilidad a largo plazo de las operaciones, sino que también se protege el entorno natural para las futuras generaciones (Velenturf & Purnell, 2021).

**Optimizar el rendimiento de los recursos:** Este segundo principio destaca la importancia de mantener los productos, componentes y materiales en su nivel más alto

de utilidad durante el mayor tiempo posible. Esto se aplica tanto a los ciclos biológicos como a los técnicos. En los ciclos biológicos, se busca que los productos sean biodegradables y puedan reincorporarse de manera segura al medio ambiente. En los ciclos técnicos, la meta es prolongar la vida útil de los productos mediante el reciclaje, la reutilización y la remanufactura. Este enfoque no solo reduce la necesidad de extraer nuevos recursos, sino que también disminuye la cantidad de residuos generados (Abdelmeguid et al., 2022).

**Promover la efectividad del sistema:** El tercer principio se enfoca en la eliminación de externalidades negativas, es decir, aquellos impactos adversos que la producción y el consumo pueden tener en el medio ambiente y en la sociedad. Esto implica una revisión exhaustiva de los procesos productivos y de los modelos de negocio para identificar y mitigar cualquier daño potencial. Además, promueve la transparencia y la responsabilidad en la cadena de suministro, asegurando que todas las etapas del ciclo de vida de un producto sean lo más sostenibles y eficientes posibles (Akhimien et al., 2021).

La implementación efectiva de estos principios requiere un cambio de paradigma en la manera en que las empresas y los consumidores perciben los productos y los recursos (Chen et al., 2020). En lugar de un modelo lineal tradicional, donde los recursos se extraen, se utilizan y luego se desechan, la Economía Circular propone un sistema cerrado en el cual los recursos se mantienen en uso el mayor tiempo posible, y al final de su vida útil, se reintegran en el ciclo productivo en lugar de ser descartados. Este enfoque no solo ofrece beneficios ambientales significativos, sino que también abre nuevas oportunidades para la innovación y el desarrollo de productos y servicios más sostenibles (Borrello et al., 2020; Kirchherr et al., 2023; Marsh et al., 2022).

Finalmente, la Economía Circular representa una estrategia integral que debe considerar aspectos sociales, económicos y tecnológicos para enfrentar los desafíos ambientales actuales, al tiempo que fomenta la innovación y la sostenibilidad de la mano de un desarrollo tecnológico inteligente que impacte de forma sustancial en la economía global. Al adoptar este modelo con un enfoque tecnológico, las empresas pueden contribuir de manera significativa a la protección del medio ambiente, al mismo tiempo que se posicionan como líderes en un mercado que cada vez es más consciente y exigente con productos tecnológicos sustentables y sostenibles bajo términos de responsabilidad ambiental.

## El Contexto tecnológico y sustentable

El contexto tecnológico sustentable con un enfoque en la Economía Circular se refiere a la integración de elementos

diversos que conjugan el ambiente interno y externo de una organización que pretende desarrollar sus productos y procesos para cumplir con objetivos ambientales.

Dentro de este contexto tecnológico es esencial identificar una serie de elementos que son importantes tomar en cuenta en el momento de definir de forma precisa el contexto tecnológico de una organización, dentro de estos elementos se pueden considerar (Zhang et al., 2020):

**1. Evaluación del Ciclo de Vida (ACV):** La Evaluación del Ciclo de Vida debe permitir analizar el impacto ambiental de un producto desde su creación hasta su disposición final. Esta evaluación es esencial para identificar puntos críticos en el ciclo de vida de un producto donde se pueden implementar mejoras sustentables. (Peña et al., 2021).

**2. Tecnologías Limpias y Sostenibles:** Este elemento se refiere a la adopción de tecnologías que no solo son eficientes, sino que también reducen la huella de carbono y minimizan la generación de residuos. Estas tecnologías incluyen energías renovables, procesos de reciclaje avanzado, y fabricación aditiva en una amplia gama de posibilidades, la importancia de este elemento se manifiesta en la implementación de tecnologías limpias que reducen el impacto ambiental de los procesos productivos y promover la sostenibilidad a largo plazo (Limberger et al., 2023).

**3. Cultura Organizacional y Capacitación:** La cultura organizacional debe estar alineada con los principios de la Economía Circular, promoviendo una mentalidad de sostenibilidad en todos los niveles de la organización, esta cultura organizacional también debe estar enfocada a demostrar el compromiso de la alta dirección con un enfoque de economía circular. La capacitación continua del personal en prácticas sostenibles y en el uso de nuevas tecnologías es otro factor clave para el éxito. (Bertassini et al., 2021).

**4. Innovación y Desarrollo Tecnológico:** Este elemento se enfoca en la capacidad de la organización para innovar y desarrollar nuevas tecnologías que optimicen el uso de recursos y reduzcan el impacto ambiental. Esto incluye la investigación y desarrollo en materiales sostenibles, procesos de producción más eficientes y soluciones tecnológicas que permitan cerrar ciclos de recursos. (Suchek et al., 2021).

**5. Gestión de la Cadena de Suministro:** En este punto se hace un énfasis a la gestión sostenible de toda la cadena de suministro, desde la adquisición de materias primas hasta la distribución del producto final. Esto implica la selección de proveedores que comparten valores de sostenibilidad, la reducción de la huella de carbono en el transporte, y la implementación de prácticas de logística inversa para el reciclaje y la reutilización. (Ding et al., 2023).

**6. Estrategias de Eco-diseño:** El eco-diseño implica diseñar productos teniendo en cuenta su impacto ambiental durante todo su ciclo de vida. Esto permite que los productos sean más sostenibles desde su concepción, facilitando su integración en un modelo de Economía Circular (Leal et al., 2020).

**7. Regulaciones y Normativas Ambientales:** Las organizaciones deben estar al tanto de las regulaciones y normativas ambientales que afectan su sector, tanto a nivel local como internacional. Esto incluye cumplir con las leyes de gestión de residuos, emisiones de carbono, y estándares de productos ecológicos (Bertassini et al., 2021).

**8. Colaboración y Alianzas Estratégicas:** La colaboración con otras organizaciones, tanto dentro como fuera del sector, puede acelerar la transición hacia un modelo circular. Esto incluye alianzas con proveedores, clientes, instituciones de investigación, y organizaciones no gubernamentales. Las alianzas estratégicas permiten compartir conocimientos, recursos y tecnologías, amplificando el impacto positivo de las prácticas sostenibles. (Bertassini et al., 2021).

**9. Transparencia y Comunicación:** La transparencia en las prácticas y resultados ambientales es clave para generar confianza entre los consumidores y las partes interesadas. La comunicación efectiva sobre las iniciativas de sostenibilidad y los logros en materia de Economía Circular refuerza la reputación de la organización. (Islas et al., n.d.).

**10. Monitoreo y Evaluación Continua:** Implementar un sistema de monitoreo y evaluación continua que permita medir el desempeño ambiental de la organización, identificar áreas de mejora, y ajustar las estrategias en función de los resultados obtenidos. El monitoreo constante asegura que la organización permanezca en la ruta hacia la sostenibilidad y pueda adaptarse rápidamente a nuevos desafíos o oportunidades en el contexto de la Economía Circular (Escasany et al., 2023) de tecnologías avanzadas que no solo mejoran la eficiencia y la productividad, sino que también minimizan el impacto ambiental y promueven la sostenibilidad a largo plazo. En este contexto, las tecnologías se desarrollan y aplican con el objetivo de cerrar los ciclos de recursos, reducir la generación de residuos y fomentar la reutilización y el reciclaje de materiales. Estas características permiten a las empresas y organizaciones no solo cumplir con normativas ambientales más estrictas, sino también posicionarse como líderes en la adopción de prácticas responsables y sostenibles.

## **Tecnología y economía circular**

Desarrollar tecnología desde el punto de vista de la Economía Circular es fundamental para enfrentar los

desafíos ambientales actuales, garantizar la sostenibilidad a largo plazo y fomentar la innovación en un contexto económico global que está cada vez más enfocado en la sostenibilidad. Este enfoque no solo se alinea con las crecientes demandas regulatorias y sociales, sino que también ofrece ventajas competitivas significativas a las organizaciones que adoptan este modelo (Kuzior et al., 2023).

Por otro lado, este enfoque permite a las organizaciones desarrollar agentes tecnológicos con características ideales en el contexto de una economía verde, dentro de las propuestas más importantes que se presentan bajo este enfoque se encuentran:

- **Tecnologías de Ciclo Cerrado:** Las tecnologías de ciclo cerrado son aquellas que permiten mantener los materiales en uso durante el mayor tiempo posible, minimizando la necesidad de extraer nuevos recursos. Esto incluye el diseño de productos modulares que pueden ser fácilmente desarmados y reciclados, el desarrollo de procesos industriales que facilitan la reutilización de componentes, y la implementación de sistemas que permitan la regeneración de los recursos utilizados (Blewitt, 2015; Hagelüken & Goldmann, 2022; Hapuwatte & Jawahir, 2021; Ribul et al., 2021).
- **Tecnologías de Digitalización y Automatización:** La digitalización juega un papel clave en la Economía Circular al mejorar la trazabilidad de los materiales y optimizar los procesos de producción y logística. La automatización, por su parte, permite maximizar la eficiencia en el uso de recursos y minimizar los residuos a lo largo de la cadena de valor. Tecnologías como la inteligencia artificial, el Internet de las Cosas (IoT) y el Big Data son fundamentales para monitorizar y gestionar los flujos de materiales y energía, asegurando que se utilicen de manera óptima y se reincorporen al ciclo productivo (Edwin Cheng et al., 2022; Kouhizadeh et al., 2020; Rehman Khan et al., 2022; Saberi et al., 2019).
- **Tecnologías enfocadas al Eco-diseño y Fabricación Aditiva:** El eco-diseño se enfoca en crear productos que, desde su concepción, estén diseñados para ser reciclados, reutilizados o biodegradables. La fabricación aditiva, o impresión 3D, complementa este enfoque al permitir la creación de productos con menos desperdicio de materiales y con la posibilidad de usar insumos reciclados. Estas tecnologías también permiten personalizar la producción y

reducir el exceso de inventarios, lo que contribuye a una menor generación de residuos (Hegab et al., 2023; Hettiarachchi et al., 2022; Van Doorselaer, 2022).

- **Tecnologías en energías renovables e integración energética:** La transición hacia el uso de energías renovables es un componente esencial en un contexto tecnológico sustentable. La integración energética implica el uso eficiente de la energía a través de sistemas que aprovechan las energías renovables (como solar o eólica) y optimizan su uso en los procesos productivos. Además, se promueve la utilización de tecnologías como las redes inteligentes que permiten una gestión más eficiente y sostenible de la energía (Laskurain-Isturbe et al., 2021; Mutezo & Mulopo, 2021).
- **Sistemas de Recuperación y Reutilización de Recursos:** En un enfoque de Economía Circular, los sistemas de recuperación y reutilización son vitales. Estos sistemas están diseñados para capturar y reutilizar recursos que de otro modo se perderían, como agua, calor residual o materiales de desecho. La implementación de estos sistemas reduce la dependencia de recursos vírgenes y disminuye la cantidad de desechos que terminan en vertederos (Ginga et al., 2020; Savini, 2021; Sharma et al., 2021).
- **Economía del Compartir y Plataformas Colaborativas:** La tecnología también facilita la creación de modelos de negocio basados en la economía del compartir, donde los productos se utilizan de manera más eficiente a través de su uso compartido. Plataformas colaborativas permiten que productos, herramientas y otros recursos sean compartidos entre usuarios, reduciendo la necesidad de producir nuevos artículos y disminuyendo el impacto ambiental asociado con la producción y disposición de productos (Khan et al., 2021).

Dentro de estas propuestas, se integran diversos recursos tecnológicos que son empleados en las organizaciones con el fin de alcanzar sus objetivos y, aún más importante, optimizar sus procesos operativos y productivos. Los recursos tecnológicos se definen como cualquier herramienta, maquinaria, técnica o conocimiento que permita la ejecución de actividades y procesos (Velasco & García, n.d.).

La integración de recursos tecnológicos en las organizaciones tiende a evolucionar a medida que surgen nuevas necesidades y desafíos en el entorno empresarial. Las empresas deben adaptar estos recursos de manera

flexible para abordar problemas de producción, mejorar la calidad de los productos o servicios, y optimizar el tiempo y los costos operativos. Además, los avances tecnológicos permiten a las organizaciones mejorar su capacidad para innovar y competir en un mercado cada vez más globalizado, donde la eficiencia y la capacidad de respuesta.(Alfaro-Ponce et al., 2023)

Asimismo, el uso adecuado de la tecnología puede contribuir a la toma de decisiones más informadas y precisas, ya que facilita el acceso a datos en tiempo real, lo que permite a las organizaciones anticiparse a cambios en el mercado o responder de manera más rápida y eficiente a las demandas de los consumidores. En resumen, los recursos tecnológicos no solo resuelven problemas específicos de producción, sino que también potencian el desarrollo estratégico de las organizaciones, fortaleciendo su capacidad para adaptarse y crecer (Tatiana Macias Ugalde, n.d.).

Finalmente, desarrollar tecnología bajo el paradigma de la Economía Circular maximiza la eficiencia de los recursos al prolongar su vida útil y minimizar el desperdicio, lo que no solo reduce costos, sino que también disminuye el impacto ambiental; este enfoque implica la optimización del uso de materiales, el diseño de productos duraderos y reciclables, y la reducción de emisiones y contaminación en todas las etapas del ciclo de vida del producto, además de cumplir con regulaciones ambientales, permite a las organizaciones liderar en la innovación tecnológica al crear productos más sostenibles, lo que abre nuevas oportunidades de mercado, fortalece la reputación corporativa al posicionar a las empresas como responsables y visionarias, y contribuye a la resiliencia y adaptación en un mercado global en evolución; en este contexto, la Economía Circular no solo responde a las demandas actuales, sino que también asegura un desarrollo económico sostenible a largo plazo y se alinea con los Objetivos de Desarrollo Sostenible de las Naciones Unidas, lo que permite a las organizaciones no solo participar en la protección del medio ambiente, sino también capitalizar nuevas oportunidades en un mundo que avanza hacia la sostenibilidad.

### **Modelos para la evaluación tecnológica enfocada a economía circular**

La evaluación del impacto tecnológico dentro de las organizaciones ha adquirido una relevancia crucial en el contexto actual, especialmente cuando se aborda desde un enfoque de economía circular. Este enfoque no solo se centra en la eficiencia económica, sino que también aboga por la sostenibilidad ambiental y social, elementos que son cada vez más fundamentales en las estrategias

corporativas modernas (Walzberg et al., 2020). En un mundo donde los recursos naturales son limitados y la presión por reducir la huella ecológica aumenta, la implementación y evaluación de estrategias tecnológicas con un enfoque de economía circular se ha convertido en un imperativo para las organizaciones que buscan mantenerse competitivas y responsables (Fan & Fang, 2020).

Importancia de la Evaluación del Impacto Tecnológico radica en que permite a las organizaciones medir de manera objetiva los efectos y la eficacia de las estrategias implementadas. Este proceso es esencial para garantizar que las inversiones en nuevas tecnologías y procesos no solo cumplan con los objetivos de productividad y eficiencia, sino que también contribuyan positivamente al entorno en el que operan. Al evaluar el impacto tecnológico, las organizaciones pueden determinar si las acciones emprendidas están logrando los resultados deseados o si es necesario ajustar las estrategias para mejorar su efectividad (Singhal et al., 2020).

En el contexto de la economía circular, esta evaluación se vuelve aún más crítica. La economía circular busca reducir al mínimo los residuos y maximizar el uso de recursos a lo largo del ciclo de vida de los productos. Esto implica que las empresas deben no solo innovar en sus procesos y productos, sino también deben asegurarse de que estas innovaciones estén alineadas con principios de sostenibilidad. La evaluación del impacto tecnológico proporciona la información necesaria para hacer estos ajustes, permitiendo a las empresas mantenerse en el camino hacia la sostenibilidad y el crecimiento responsable.

Además, es importante establecer que una evaluación constante facilita la adaptación y el ajuste de las estrategias en función de los cambios en el entorno empresarial o en las expectativas del mercado. En un mundo donde la tecnología y las regulaciones ambientales evolucionan rápidamente, la capacidad de responder y adaptarse a estos cambios es crucial para el éxito a largo plazo. Las organizaciones que realizan evaluaciones regulares del impacto tecnológico pueden anticiparse a las tendencias emergentes y posicionarse como líderes en sus respectivos sectores (Lindgreen et al., 2020).

Los modelos de evaluación en diversos sistemas tecnológicos y su implementación representan un desafío considerable para las organizaciones. (Buch, n.d.) Sin embargo, un tema de igual importancia es la transición hacia una economía verde, que debe ser respaldada por estos sistemas tecnológicos. El conjunto de sistemas integrales o combinados resulta clave para vincular ambos aspectos de manera eficiente, estableciendo una relación estrecha entre la tecnología y la sostenibilidad ambiental.

En este contexto, es crucial diseñar modelos que aborden tanto la evaluación tecnológica como la sostenibilidad ambiental.

Para lograr lo anterior existen una amplia gama de modelos y herramientas para la evaluación del impacto tecnológico con una visión de economía circular, algunas de ellas son:

- **Evaluación del Ciclo de Vida (LCA):** La Evaluación del Ciclo de Vida (LCA, por sus siglas en inglés) es una herramienta que analiza el impacto ambiental de un producto o servicio a lo largo de su ciclo de vida completo, desde la extracción de materias primas hasta su disposición final. Este enfoque holístico permite a las organizaciones identificar todas las etapas en las que se generan impactos ambientales, lo que facilita la identificación de áreas donde se pueden realizar mejoras (Peña et al., 2021). El LCA es particularmente útil en la economía circular, ya que permite a las empresas evaluar la sostenibilidad de sus productos y procesos en su totalidad. Al identificar los puntos críticos de impacto, las empresas pueden desarrollar estrategias para minimizar el uso de recursos, reducir las emisiones y promover la reutilización y el reciclaje de materiales. Además, el LCA proporciona una base científica para la toma de decisiones, lo que ayuda a las organizaciones a justificar sus inversiones en tecnologías más sostenibles.
- **Indicadores de Circularidad:** Los Indicadores de Circularidad son métricas diseñadas para medir el grado en que una organización adopta prácticas circulares en sus operaciones. Estos indicadores pueden incluir aspectos como la proporción de materiales reciclados utilizados, la eficiencia en el uso de recursos, la durabilidad de los productos, y la capacidad de los productos para ser reparados o reciclados al final de su vida útil. Al utilizar estos indicadores, las organizaciones pueden evaluar su progreso hacia la circularidad y establecer metas claras para mejorar su desempeño. Estos indicadores también son útiles para comunicar los avances en sostenibilidad a los stakeholders, demostrando el compromiso de la empresa con la economía circular. Además, los Indicadores de Circularidad pueden ser utilizados para comparar el desempeño de diferentes productos o procesos, lo que facilita la identificación de las mejores prácticas y la implementación de mejoras (de Oliveira et al., 2021; De Pascale et al., 2021).

- **Análisis de Flujos de Materiales (MFA):** El Análisis de Flujos de Materiales (MFA, por sus siglas en inglés) es una herramienta que rastrea el movimiento y uso de materiales dentro de un sistema, desde su entrada hasta su salida. Esta herramienta es especialmente útil para identificar ineficiencias en el uso de recursos y para encontrar oportunidades para cerrar los ciclos de materiales. El MFA permite a las organizaciones visualizar cómo los materiales se mueven a través de sus procesos de producción y dónde se generan residuos o pérdidas. (Baars et al., 2020; Eriksen et al., 2020; Jang et al., 2020; Wang et al., 2020).

La evaluación del impacto tecnológico dentro de un marco de economía circular es una herramienta poderosa para las organizaciones que buscan mantenerse competitivas y responsables en el entorno empresarial actual. A través de esta evaluación, las empresas pueden optimizar sus procesos, reducir su huella ambiental y mejorar su eficiencia operativa. Al adoptar modelos y herramientas como la Evaluación del Ciclo de Vida, los Indicadores de Circularidad y el Análisis de Flujos de Materiales, las organizaciones pueden asegurar que sus estrategias tecnológicas estén alineadas con los principios de la economía circular, promoviendo un futuro más sostenible y rentable.

En un mundo donde la sostenibilidad es cada vez más valorada, las organizaciones que invierten en la evaluación y mejora continua de su impacto tecnológico no solo estarán mejor preparadas para cumplir con las demandas del mercado, sino que también contribuirán de manera significativa a la preservación del planeta para las generaciones futuras.

## Metodología

La economía circular ha adquirido un papel importante en el crecimiento y desarrollo económico de las sociedades que buscan mejorar sus procesos productivos mediante la implementación de sistemas o tecnologías sostenibles. Este enfoque no solo busca optimizar el uso de los recursos, sino que también se propone disminuir la generación de residuos, y reducir el impacto sobre el medio ambiente. (Cerdá, n.d.)

Estos sistemas constituyen modelos de negocio que presentan un desafío significativo en el campo de la innovación tecnológica, sin embargo, para que la gestión sea realmente sostenible, es esencial que cumpla con criterios que coadyuben de manera efectiva a la protección ambiental, por lo que se requiere un análisis

detallado de diversos factores que, en conjunto, permitan determinar si el impacto de estas tecnologías es positivo y si representan un verdadero avance hacia un progreso tecnológico sostenible, o si, por el contrario, pueden resultar en un retroceso.

Es por ello por lo que al realizar una revisión documental se observa que la adquisición o implementación de sistemas tecnológicos en el marco de la economía circular deben ser evaluados de manera puntual y efectiva por parte de las organizaciones. Este proceso de evaluación debe considerar la identificación y análisis de cómo es que estos sistemas tecnológicos tendrán implicaciones ambientales en los procesos productivos de cada organización.

En muchos casos, el problema fundamental no reside en la implicación que se tiene en la generación de residuos, sino en cómo se gestionan y reincorporan a la cadena de valor. Por ello, una evaluación adecuada permite a las organizaciones tomar decisiones informadas que favorezcan la mejora continua de sus procesos de sostenibilidad interna, al mismo tiempo que aseguran una integración adecuada de estos procesos en su estructura operativa.

Es importante mencionar que la implementación de sistemas tecnológicos que promuevan la reutilización de materiales o la eficiencia energética puede resultar en ahorros significativos para las organizaciones. Además, la adopción de prácticas circulares puede mejorar la imagen corporativa y atraer a consumidores. (Álvarez, n.d.)

De acuerdo a lo anterior se identificó que la económica circular busca no solo la eficiencia en el uso de recursos, sino que también reducir el impacto ambiental, es por ello que surge la necesidad de contar con un conjunto de criterios que evalúen si al implementar tecnologías estas representan un progreso hacia la sostenibilidad o un potencial retroceso. Cabe mencionar que este modelo permite de igual manera analizar las implicaciones ambientales de las tecnologías que adoptan por lo que ayuda a tomar decisiones informadas sobre la implementación de tecnologías sostenibles.

### Método

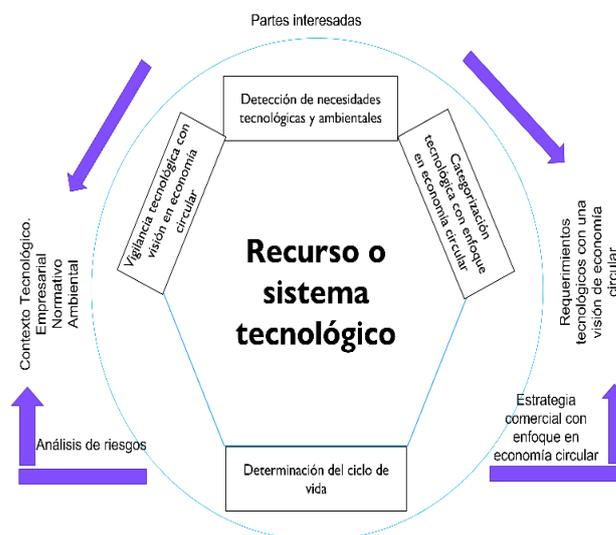
La gestión de los recursos tecnológicos se puede desarrollar a través de un modelo que considere aspectos en materia de economía circular que permita la nueva adopción de prácticas de diseño para la sostenibilidad.

El modelo presentado se compone de una serie de factores clave que sirven como base para la evaluación eficaz de la gestión de recursos tecnológicos. El objetivo principal es garantizar una administración adecuada de estos recursos, considerando una visión de economía circular. Para ello, se incluyen los requerimientos tecnológicos con un enfoque sostenible, el análisis del

contexto tecnológico y ambiental, y la participación de las partes interesadas, lo cual permite una comprensión externa y un enfoque integral en la evaluación.

El modelo también busca detectar las necesidades tecnológicas y ambientales de la organización, lo que facilita la implementación de una vigilancia tecnológica orientada a la economía circular. Esto permitirá clasificar las tecnologías de acuerdo con su alineación a los principios de la economía circular, evaluando su circularidad para mejorar la sostenibilidad y optimización de los recursos.

Finalmente, con la evaluación de la circularidad se establece una base sólida para la planificación estratégica de los recursos tecnológicos, permitiendo a las organizaciones adoptar un enfoque más eficiente y sostenible en su gestión tecnológica.



**Figura 1. Modelo de evaluación de gestión de recursos con enfoque en economía circular**  
 Fuente: Elaboración Propia

El modelo propuesto se basa en realizar una evaluación mediante la identificación de un recurso o sistema tecnológico como el punto central del análisis. Este sistema, que constituye el objeto de estudio, debe gestionarse con un enfoque basado en la economía circular, el cual busca maximizar la eficiencia en el uso de recursos y minimizar el impacto ambiental.

Las entradas para esta evaluación se centran en realizar un análisis del contexto y los requerimientos tecnológicos enfocados en la economía circular. Como primer paso, es esencial considerar el contexto tecnológico, empresarial, normativo y ambiental. Esto incluye identificar las nuevas tecnologías y herramientas existentes para la optimización de procesos, así como las formas en las que son implementadas en los procesos. Es importante mencionar que comprender el contexto emergente permitirá la toma

de decisiones oportunas para el desarrollo de la evaluación.

En esta etapa se debe evaluar el tipo de competitividad que se tiene, y cuales son repercusiones operativas en términos de gestión para la reducción y minimización del impacto ambiental. Además, es necesario identificar las normativas o legislaciones que impactan directamente la gestión de los recursos tecnológicos que se busca implementar.

De la misma manera, se deben establecer los requerimientos tecnológicos con enfoque en economía circular necesarios. Este paso es crucial ya que, ayuda a determinar qué se requiere para adaptar los procesos y sistemas a un modelo que promueva la sostenibilidad.

Dado que este es un modelo que requiere la evaluación de diversos factores, también debemos considerar los riesgos asociados a la economía circular que podrían surgir. En este punto, es vital identificar las posibles fallas en la implementación y diseñar planes de contingencia que minimicen los impactos propios de la implementación. Otro aspecto que considerar es la evolución tecnológica, que depende en gran medida de los avances en innovación relacionados con la economía circular. Tener en cuenta estos aspectos permite a las organizaciones asegurar que los sistemas implementados no se vean comprometidos y, de esta forma, reducir los esfuerzos durante su implementación.

También es necesario considerar la estrategia comercial con enfoque en la economía circular que tiene la organización. Esto permitirá conocer la alineación directa con los objetivos y llevar a cabo una implementación y gestión exitosa, maximizando la eficiencia de la adopción tecnológica.

Una vez que se tienen estos mecanismos de entrada, se puede proceder a una evaluación específica de la gestión de los recursos tecnológicos. El primer paso en esta evaluación es la detección de necesidades tecnológicas y ambientales. Este proceso tiene como objetivo comprender qué áreas requieren mejoras o la implementación de nuevos procesos para optimizar el uso de recursos. Asimismo, es crucial identificar las herramientas y tecnologías necesarias para alcanzar estos objetivos. En esta etapa, se puede utilizar una matriz de necesidades tecnológicas que permita un análisis estructurado de las carencias existentes y las oportunidades de mejora. Además, es fundamental considerar la adaptabilidad de las tecnologías a diferentes contextos y entornos productivos.

Después de identificar las necesidades, es importante realizar una vigilancia tecnológica con un enfoque en economía circular. Este proceso se centra en el monitoreo de tecnologías emergentes, así como de aquellas ya implementadas en otras organizaciones, tanto actuales

como pasadas. Esto proporciona una visión integral de las innovaciones en curso y las que están en desarrollo dentro del ámbito de la economía circular. Cabe destacar que la vigilancia tecnológica puede incluir diversos aspectos, desde la creación de sistemas hasta la implementación de modelos, por lo que una búsqueda exhaustiva es esencial para determinar la viabilidad de integrar nuevos recursos tecnológicos o sistemas que optimicen la economía circular. Para esto, se pueden emplear herramientas como la identificación de patentes y estudios de prospectiva tecnológica.

Una vez completada la detección de necesidades y la vigilancia tecnológica, se procede a la categorización de los recursos según los principios de la economía circular. El objetivo es clasificar los recursos de manera eficiente para maximizar su reutilización o disposición. Esta categorización debe estar alineada con las tecnologías previamente identificadas y monitoreadas. En este proceso, resulta fundamental utilizar una matriz de priorización basada en principios de sostenibilidad y economía circular, considerando factores como el valor económico, los costos y el potencial de reintegración de cada recurso.

Finalmente, se procede a determinar el ciclo de vida de los recursos o sistemas tecnológicos empleados, enfocándose en la identificación de todas las etapas, desde su creación hasta su disposición final. Este análisis es un pilar fundamental para los aspectos identificados previamente, ya que permite evaluar de manera precisa el impacto ambiental que el recurso o sistema tecnológico tiene a lo largo de su ciclo de vida. Esto, a su vez, facilita la verificación de si los objetivos de sostenibilidad y economía circular son alcanzables. Para llevar a cabo este proceso, se pueden emplear herramientas como el análisis del ciclo de vida (ACV) o simulaciones de escenarios que modelen los ciclos de vida de los recursos o sistemas tecnológicos.

## **Resultados**

La implementación de este modelo de evaluación permite identificar las áreas dentro de las organizaciones que requieren mejoras o la adopción de nuevas tecnologías para optimizar sus recursos. A través de este proceso, se determinan las herramientas y procesos necesarios para lograr dichos objetivos. Además, el modelo facilita el monitoreo y la vigilancia óptima de las tecnologías emergentes, evaluando su potencial para ser implementadas. Ofrece un panorama completo sobre las tecnologías actuales, pasadas y en desarrollo dentro del ámbito de la economía circular, lo que permite entender aspectos clave de la innovación en esta área.

El modelo también clasifica y categoriza las tecnologías y recursos con un enfoque en economía circular,

maximizando y priorizando su uso según los principios de sostenibilidad. Esto, a su vez, permite analizar los ciclos de vida de los recursos, identificar puntos críticos y aumentar la circularidad de los procesos productivos. Finalmente, el modelo ofrece una base para la toma de decisiones estratégicas, basada en un análisis exhaustivo y en la evaluación de riesgos. Al minimizar los riesgos y fallas que puedan surgir durante la implementación, facilite el desarrollo de planes de contingencia. Todo este proceso se traduce en una mayor eficiencia en el uso de los recursos, una reducción significativa de los costos operativos y una mejora en la sostenibilidad. Además, el modelo contribuye a incrementar la competitividad operativa y global de las organizaciones.

### Conclusiones

Los modelos de evaluación en las organizaciones representan un punto de partida para la toma de decisiones informadas. Además, ayudan a determinar el rumbo de las estrategias de planificación que se implementan en las organizaciones. Específicamente, los modelos de evaluación enfocados en la economía circular contribuyen a que las organizaciones sean sostenibles y responsables con el medio ambiente. En una sociedad donde las organizaciones buscan ser competitivamente productivas, se valoran las economías verdes y las economías tecnológicas. Este modelo permite emplear ambos conceptos con la finalidad de manejar economías tecnológicamente sostenibles. Los modelos empleados facilitan una mejora continua en la evaluación de estos procesos. En trabajos futuros, se plantea realizar evaluaciones cuantitativas que permitan mejoras tanto en aspectos cualitativos como cuantitativos, con el objetivo de obtener una evaluación integral y eficaz.

Es esencial fomentar una cultura organizacional que valore la sostenibilidad y que esté alineada con los principios de la economía circular. La economía circular representa una oportunidad única para las organizaciones de mejorar sus procesos productivos de manera sostenible, reduciendo su impacto ambiental y optimizando el uso de recursos. Sin embargo, para que esta transición sea exitosa, es necesario un enfoque integral que combine la evaluación rigurosa de tecnologías sostenibles, la colaboración entre diferentes actores y la adopción de una cultura organizacional orientada hacia la sostenibilidad. Solo a través de un esfuerzo coordinado y una visión a largo plazo, las organizaciones podrán beneficiarse plenamente de las ventajas que ofrece la economía circular y contribuir de manera significativa al desarrollo de un futuro más sostenible.

### Referencias

- Abdelmeguid, A., Afy-Shararah, M., & Saloni, K. (2022). Investigating the challenges of applying the principles of the circular economy in the fashion industry: A systematic review. *Sustainable Production and Consumption*, 32, 505–518. <https://doi.org/10.1016/J.SPC.2022.05.009>
- Aithal, S., & Aithal, P. S. (2023). Importance of Circular Economy for Resource Optimization in Various Industry Sectors – A Review-based Opportunity Analysis. *SSRN Electronic Journal*. <https://doi.org/10.2139/SSRN.4575631>
- Akhimien, N. G., Latif, E., & Hou, S. S. (2021). Application of circular economy principles in buildings: A systematic review. *Journal of Building Engineering*, 38, 102041. <https://doi.org/10.1016/J.JOBE.2020.102041>
- Alfaro-Ponce, B., Alfaro-Ponce, M., Muñoz-Ibáñez, C. A., Durán-González, R. E., Sanabria-Zepeda, J. C., & González-Gómez, Z. L. (2023). Education in Mexico and technological public policy for developing complex thinking in the digital era: A model for technology management. *Journal of Innovation and Knowledge*, 8(4). <https://doi.org/10.1016/j.jik.2023.100439>
- Álvarez, F. (n.d.). *IMPLEMENTACIÓN DE NUEVAS TECNOLOGÍAS*.
- Arruda, E. H., Melatto, R. A. P. B., Levy, W., & Conti, D. de M. (2021). Circular economy: A brief literature review (2015–2020). *Sustainable Operations and Computers*, 2, 79–86. <https://doi.org/10.1016/J.SUSOC.2021.05.001>
- Baars, J., Domenech, T., Bleischwitz, R., Melin, H. E., & Heidrich, O. (2020). Circular economy strategies for electric vehicle batteries reduce reliance on raw materials. *Nature Sustainability* 2020 4:1, 4(1), 71–79. <https://doi.org/10.1038/s41893-020-00607-0>
- Bertassini, A. C., Ometto, A. R., Severengiz, S., & Gerolamo, M. C. (2021). Circular economy and sustainability: The role of organizational behaviour in the transition journey. *Business Strategy and the Environment*, 30(7), 3160–3193. <https://doi.org/10.1002/BSE.2796>
- Blewitt, J. (2015). Urban sustainability. *Sustainability: Key Issues*, 297–310. <https://doi.org/10.4324/9780203109496-14/BUSINESS-PRODUCTION-SOLUTIONS-GERALDINE-BRENNAN-MIKE-TENNANT-FENNA-BLOMSMA>
- Borrello, M., Pascucci, S., & Cembalo, L. (2020). Three Propositions to Unify Circular Economy Research: A Review. *Sustainability* 2020, Vol. 12, Page 4069, 12(10), 4069. <https://doi.org/10.3390/SU12104069>
- Buch, T. (n.d.). *Sistemas Tecnológicos Contribuciones a una Teoría General de la Artificialidad*.
- Cerdá, E. (n.d.). *ECONOMÍA CIRCULAR, ESTRATEGIA Y COMPETITIVIDAD EMPRESARIAL ECONOMÍA CIRCULAR*.

- Cerdá, E., industrial, A. K.-E., & 2016, undefined. (n.d.). Economía circular. *Mincotur.Gob.Es*. Retrieved August 28, 2024, from <http://www.mincotur.gob.es/Publicaciones/Publicacionesperiodicas/EconomiaIndustrial/RevistaEconomiaIndustrial/401/CERD%C3%81%20y%20KHALILOV.A.pdf>
- Chen, T. L., Kim, H., Pan, S. Y., Tseng, P. C., Lin, Y. P., & Chiang, P. C. (2020). Implementation of green chemistry principles in circular economy system towards sustainable development goals: Challenges and perspectives. *Science of The Total Environment*, 716, 136998. <https://doi.org/10.1016/J.SCITOTENV.2020.136998>
- Corvellec, H., Stowell, A. F., & Johansson, N. (2022). Critiques of the circular economy. *Journal of Industrial Ecology*, 26(2), 421–432. <https://doi.org/10.1111/JIEC.13187>
- de Oliveira, C. T., Dantas, T. E. T., & Soares, S. R. (2021). Nano and micro level circular economy indicators: Assisting decision-makers in circularity assessments. *Sustainable Production and Consumption*, 26, 455–468. <https://doi.org/10.1016/J.SPC.2020.11.024>
- De Pascale, A., Arbolino, R., Szopik-Depczyńska, K., Limosani, M., & Ioppolo, G. (2021). A systematic review for measuring circular economy: The 61 indicators. *Journal of Cleaner Production*, 281, 124942. <https://doi.org/10.1016/J.JCLEPRO.2020.124942>
- Ding, L., Wang, T., & Chan, P. W. (2023). Forward and reverse logistics for circular economy in construction: A systematic literature review. *Journal of Cleaner Production*, 388, 135981. <https://doi.org/10.1016/J.JCLEPRO.2023.135981>
- Edwin Cheng, T. C., Kamble, S. S., Belhadi, A., Ndubisi, N. O., Lai, K. hung, & Kharat, M. G. (2022). Linkages between big data analytics, circular economy, sustainable supply chain flexibility, and sustainable performance in manufacturing firms. *International Journal of Production Research*, 60(22), 6908–6922. <https://doi.org/10.1080/00207543.2021.1906971>
- Ekins, P., Domenech Aparisi, T., Drummond, P., Bleischwitz, R., Hughes, N., & Lotti, L. (2020). The Circular Economy: What, Why, How and Where. *The OECD Centre for Entrepreneurship: Paris, France*.
- Eriksen, M. K., Pivnenko, K., Faraca, G., Boldrin, A., & Astrup, T. F. (2020). Dynamic Material Flow Analysis of PET, PE, and PP Flows in Europe: Evaluation of the Potential for Circular Economy. *Environmental Science and Technology*, 54(24), 16166–16175. [https://doi.org/10.1021/ACS.EST.0C03435/SUPPL\\_FILE/ES0C03435\\_SI\\_001.PDF](https://doi.org/10.1021/ACS.EST.0C03435/SUPPL_FILE/ES0C03435_SI_001.PDF)
- Escasany, G., Rosa, M., Gaya, G., & Ángel, M. (2023). Cómo las Normas ISO y el modelo de gestión de AENOR contribuyen a la estrategia de economía circular y ODS. *Proceedings from the International Congress on Project Management and Engineering*, 4–029. <https://doi.org/10.61547/3434>
- Fan, Y., & Fang, C. (2020). Circular economy development in China-current situation, evaluation and policy implications. *Environmental Impact Assessment Review*, 84, 106441. <https://doi.org/10.1016/J.EIAR.2020.106441>
- Ginga, C. P., Ongpeng, J. M. C., & Daly, M. K. M. (2020). Circular Economy on Construction and Demolition Waste: A Literature Review on Material Recovery and Production. *Materials* 2020, Vol. 13, Page 2970, 13(13), 2970. <https://doi.org/10.3390/MA13132970>
- Hagelüken, C., & Goldmann, D. (2022). Recycling and circular economy—towards a closed loop for metals in emerging clean technologies. *Mineral Economics*, 35(3–4), 539–562. <https://doi.org/10.1007/S13563-022-00319-1/FIGURES/11>
- Hapuwatte, B. M., & Jawahir, I. S. (2021). Closed-loop sustainable product design for circular economy. *Journal of Industrial Ecology*, 25(6), 1430–1446. <https://doi.org/10.1111/JIEC.13154>
- Hegab, H., Khanna, N., Monib, N., & Salem, A. (2023). Design for sustainable additive manufacturing: A review. *Sustainable Materials and Technologies*, 35, e00576. <https://doi.org/10.1016/J.SUSMAT.2023.E00576>
- Hettiarachchi, B. D., Brandenburg, M., & Seuring, S. (2022). Connecting additive manufacturing to circular economy implementation strategies: Links, contingencies and causal loops. *International Journal of Production Economics*, 246, 108414. <https://doi.org/10.1016/J.IJPE.2022.108414>
- Islas, O., Arribas, A., Herrera, R., & Guzmán, H. (n.d.). COMUNICACIÓN Y ECONOMÍA CIRCULAR. *Razonypalabraeditorial.Com*. Retrieved August 28, 2024, from [https://razonypalabraeditorial.com/wp-content/uploads/2024/03/libro\\_futuribles2\\_2023.pdf#page=63](https://razonypalabraeditorial.com/wp-content/uploads/2024/03/libro_futuribles2_2023.pdf#page=63)
- Jang, Y. C., Lee, G., Kwon, Y., Lim, J. hong, & Jeong, J. hyun. (2020). Recycling and management practices of plastic packaging waste towards a circular economy in South Korea. *Resources, Conservation and Recycling*, 158, 104798. <https://doi.org/10.1016/J.RESCONREC.2020.104798>
- Khan, S. A. R., Zia-ul-haq, H. M., Umar, M., & Yu, Z. (2021). Digital technology and circular economy practices: An strategy to improve organizational performance. *Business Strategy & Development*, 4(4), 482–490. <https://doi.org/10.1002/BSD2.176>
- Kirchherr, J., Yang, N. H. N., Schulze-Spüntrup, F., Heerink, M. J., & Hartley, K. (2023). Conceptualizing the Circular Economy (Revisited): An Analysis of 221 Definitions. *Resources, Conservation and Recycling*, 194, 107001. <https://doi.org/10.1016/J.RESCONREC.2023.107001>
- Konash, A., & Nasr, N. (2022). The circular economy and resource use reduction: A case study of long-term

- resource efficiency measures in a medium manufacturing company. *Cleaner Production Letters*, 3, 100025.  
<https://doi.org/10.1016/J.CLPL.2022.100025>
- Kouhizadeh, M., Zhu, Q., & Sarkis, J. (2020). Blockchain and the circular economy: potential tensions and critical reflections from practice. *Production Planning and Control*, 31(11–12), 950–966.  
<https://doi.org/10.1080/09537287.2019.1695925>
- Kuzior, A., Arefiev, S., & Poberezhna, Z. (2023). Informatization of innovative technologies for ensuring macroeconomic trends in the conditions of a circular economy. *Journal of Open Innovation: Technology, Market, and Complexity*, 9(1), 100001.  
<https://doi.org/10.1016/J.JOITMC.2023.01.001>
- Laskurain-Iturbe, I., Arana-Landín, G., Landeta-Manzano, B., & Uriarte-Gallastegi, N. (2021). Exploring the influence of industry 4.0 technologies on the circular economy. *Journal of Cleaner Production*, 321, 128944.  
<https://doi.org/10.1016/J.JCLEPRO.2021.128944>
- Leal, J. M., Pompidou, S., Charbuillet, C., & Perry, N. (2020). Design for and from Recycling: A Circular Ecodesign Approach to Improve the Circular Economy. *Sustainability 2020, Vol. 12, Page 9861*, 12(23), 9861. <https://doi.org/10.3390/SU12239861>
- Limberger, S., Dittrich, M., Doppelmayer, A., Bischoff, M., & Manstein, C. (2023). Transformative Policy Approaches for Sustainable Resource Use and a Circular Economy - How to Monitor International Progress. *SSRN Electronic Journal*.  
<https://doi.org/10.2139/SSRN.4308629>
- Lindgreen, E. R., Salomone, R., & Reyes, T. (2020). A Critical Review of Academic Approaches, Methods and Tools to Assess Circular Economy at the Micro Level. *Sustainability 2020, Vol. 12, Page 4973*, 12(12), 4973. <https://doi.org/10.3390/SU12124973>
- Marsh, A. T. M., Velenturf, A. P. M., & Bernal, S. A. (2022). Circular Economy strategies for concrete: implementation and integration. *Journal of Cleaner Production*, 362, 132486.  
<https://doi.org/10.1016/J.JCLEPRO.2022.132486>
- Moraga, G., Huysveld, S., Mathieux, F., Blengini, G. A., Alaerts, L., Van Acker, K., de Meester, S., & Dewulf, J. (2019). Circular economy indicators: What do they measure? *Resources, Conservation and Recycling*, 146, 452–461.  
<https://doi.org/10.1016/J.RESCONREC.2019.03.045>
- Mutezo, G., & Mulopo, J. (2021). A review of Africa’s transition from fossil fuels to renewable energy using circular economy principles. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 137, 110609.  
<https://doi.org/10.1016/J.RSER.2020.110609>
- Peña, C., Civit, B., Gallego-Schmid, A., Druckman, A., Caldeira-Pires, A., Weidema, B., Mieras, E., Wang, F., Fava, J., Canals, L. M. i., Cordella, M., Arbuckle, P., Valdivia, S., Fallaha, S., & Motta, W. (2021). Using life cycle assessment to achieve a circular economy. *International Journal of Life Cycle Assessment*, 26(2), 215–220.  
<https://doi.org/10.1007/S11367-020-01856-Z/METRICS>
- Rehman Khan, S. A., Yu, Z., Sarwat, S., Godil, D. I., Amin, S., & Shujaat, S. (2022). The role of block chain technology in circular economy practices to improve organisational performance. *International Journal of Logistics Research and Applications*, 25(4–5), 605–622.  
<https://doi.org/10.1080/13675567.2021.1872512>
- Ribul, M., Lanot, A., Tommencioni Pisapia, C., Purnell, P., McQueen-Mason, S. J., & Baurley, S. (2021). Mechanical, chemical, biological: Moving towards closed-loop bio-based recycling in a circular economy of sustainable textiles. *Journal of Cleaner Production*, 326, 129325.  
<https://doi.org/10.1016/J.JCLEPRO.2021.129325>
- Saberi, S., Kouhizadeh, M., Sarkis, J., & Shen, L. (2019). Blockchain technology and its relationships to sustainable supply chain management. *International Journal of Production Research*, 57(7), 2117–2135.  
<https://doi.org/10.1080/00207543.2018.1533261>
- Savini, F. (2021). The circular economy of waste: recovery, incineration and urban reuse. *Journal of Environmental Planning and Management*, 64(12), 2114–2132.  
<https://doi.org/10.1080/09640568.2020.1857226>
- Sharma, H. B., Vanapalli, K. R., Samal, B., Cheela, V. R. S., Dubey, B. K., & Bhattacharya, J. (2021). Circular economy approach in solid waste management system to achieve UN-SDGs: Solutions for post-COVID recovery. *Science of The Total Environment*, 800, 149605.  
<https://doi.org/10.1016/J.SCITOTENV.2021.149605>
- Singhal, D., Tripathy, S., & Jena, S. K. (2020). Remanufacturing for the circular economy: Study and evaluation of critical factors. *Resources, Conservation and Recycling*, 156, 104681.  
<https://doi.org/10.1016/J.RESCONREC.2020.104681>
- Suchek, N., Fernandes, C. I., Kraus, S., Filser, M., & Sjögrén, H. (2021). Innovation and the circular economy: A systematic literature review. *Business Strategy and the Environment*, 30(8), 3686–3702.  
<https://doi.org/10.1002/BSE.2834>
- Tambovcova, T. T., Мельник, Л. Г., Мельник, Л. Г., Melnyk, L. H., Дегтярьова, І. Б., Дегтярева, И. Б., Dehtyarova, I. B., & Nikolaev, S. O. (2021). Circular Economy: Tendencies and Development Perspectives. *Mechanism of an Economic Regulation*, 2021(2), 33–42.  
<https://doi.org/10.21272/MER.2021.92.04>
- Tatiana Macias Ugalde, L. I. (n.d.). *Tecnologia de informacion en la administracion para la toma de decisiones en la empresa Information technology in the administration for decision making in the company Tecnologia da informação na*

- administração para tomada de decisão na empresa*.  
36(4), 92–106. <https://doi.org/10.23857/fipcaec.v8i1>
- Tolentino, P. E. (2017). Technological innovation and emerging economy multinationals: The product cycle model revisited. *International Journal of Technology Management*, 74(1–4), 122–139.  
<https://doi.org/10.1504/IJTM.2017.083610>
- Van Doorselaer, K. (2022). The role of ecodesign in the circular economy. *Circular Economy and Sustainability: Volume 1: Management and Policy*, 189–205. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-819817-9.00018-1>
- Velasco, C. A. B., & García, C. Q. (n.d.). *UN MODELO PARA LA GESTIÓN ESTRATÉGICA DE LOS RECURSOS TECNOLÓGICOS EL CICLO DE MEJORA Y DESPLIEGUE DE MATRICES QFD (\*)*.
- Velenturf, A. P. M., & Purnell, P. (2021). Principles for a sustainable circular economy. *Sustainable Production and Consumption*, 27, 1437–1457.  
<https://doi.org/10.1016/J.SPC.2021.02.018>
- Walzberg, J., Lonca, G., Hanes, R. J., Eberle, A. L., Carpenter, A., & Heath, G. A. (2020). Do We Need a New Sustainability Assessment Method for the Circular Economy? A Critical Literature Review. *Frontiers in Sustainability*, 1, 620047.  
<https://doi.org/10.3389/FRSUS.2020.620047/BIBTEX>
- Wang, H., Schandl, H., Wang, X., Ma, F., Yue, Q., Wang, G., Wang, Y., Wei, Y., Zhang, Z., & Zheng, R. (2020). Measuring progress of China’s circular economy. *Resources, Conservation and Recycling*, 163, 105070.  
<https://doi.org/10.1016/J.RESCONREC.2020.105070>
- Wood, J. M. (1974). Biological cycles for toxic elements in the environment. *Science*, 183(4129), 1049–1052.  
<https://doi.org/10.1126/SCIENCE.183.4129.1049/ASSET/88790636-236A-4D1A-BD31-CD8E473DB18B/ASSETS/SCIENCE.183.4129.1049.FP.PNG>
- Zhang, Y., Sun, J., Yang, Z., & Wang, Y. (2020). Critical success factors of green innovation: Technology, organization and environment readiness. *Journal of Cleaner Production*, 264, 121701.  
<https://doi.org/10.1016/J.JCLEPRO.2020.121701>