

MODELO ESTRUCTURAL PARA LA MEDICIÓN DE LA INTEGRACIÓN DE PRÁCTICAS DE ECONOMÍA CIRCULAR EN LA GESTIÓN DE PRODUCTOS Y PROCESOS

A STRUCTURAL MODEL FOR MEASURING INTEGRATION OF CIRCULAR ECONOMY PRACTICES IN THE PRODUCT AND PROCESS MANAGEMENT

Daniela Solís-Muñoz ¹
Juan M. Cogollo-Flórez ²
Ana C. Restrepo-Olarte ³

Resumen

En este artículo se desarrolla un modelo estructural interpretativo para la medición de la integración de prácticas de Economía Circular (EC) en los sistemas de gestión de productos y procesos. El desarrollo del modelo se basó en la revisión de trabajos previos, donde se identificaron las variables y enfoques usados por los autores. La metodología utilizada consistió en cinco pasos: (i) Pregunta de investigación, (ii) Formulación de hipótesis, (iii) Búsqueda en bases de datos, (iv) Selección de información, y, (v) Elaboración del modelo estructural. Las variables del modelo que representan y permiten la integración de prácticas de EC en los sistemas de gestión de productos y procesos son Gestión empresarial, Gestión del producto, Gestión y control de calidad e Integración con el consumidor. Además, se desarrolló una herramienta tipo lista de verificación y calificación la cual sirve para la medición del grado de integración de prácticas de EC. Este trabajo constituye una contribución académica a la necesidad de herramientas para la cuantificación de la circularidad en la gestión empresarial, es congruente con los enfoques previos identificados en la literatura y se diferencia de otros modelos en cuanto a la aplicabilidad en empresas de cualquier sector y la consideración de todas las etapas del ciclo de vida del producto.

Palabras clave: Economía circular, Gestión de productos y procesos, Gestión empresarial, Gestión y control de calidad, Integración con el consumidor, Modelo estructural interpretativo.

Abstract

This paper develops an interpretive structural model for measuring integration of Circular Economy (CE) practices in product and process management systems. The model development is based on the review of previous works, to identify the variables and approaches used by the authors. The methodology used consisted of five steps: (i) Research question, (ii) Formulation of hypotheses, (iii) Search in databases, (iv) Selection of information, and (v) Elaboration of the structural model. The model variables that represent and allow the integration of CE practices in

Recepción: abril de 2021 / Evaluación: mayo de 2021 / Aprobado: julio 2021

¹ Joven Investigadora. Departamento de Calidad y Producción, Instituto Tecnológico Metropolitano, Medellín, Colombia. Correo electrónico: danielasolis276062@correo.itm.edu.co. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7374-4372>.

² Profesor Asociado. Departamento de Calidad y Producción, Instituto Tecnológico Metropolitano, Medellín, Colombia. Correo electrónico: juancogollo@itm.edu.co. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-6101-3134>.

³ Docente Ocasional Tiempo Completo. Departamento de Calidad y Producción, Instituto Tecnológico Metropolitano, Medellín, Colombia. Correo electrónico: anarestrepo@itm.edu.co. ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7635-9181>.

product and process management systems are Business Management, Product Management, Quality Management and Control, and Consumer Integration. In addition, a checklist/qualification type tool was developed to measure the integration degree of CE practices. This work constitutes an academic contribution to the need for tools to quantify circularity in business management, is congruent with previous approaches identified in the literature, and differs from other models due to its applicability to companies in any sector and by considering all stages of the product life cycle.

Keywords: Circular economy, product and process management, Business management, Quality management and control, Customer integration, Interpretative structural model.

Introducción

Es evidente que la tierra está enfrentando una forma de consumo desmedido, dado que las personas consumen más de lo que el planeta produce (Rosas Baños & Gámez Anaya, 2019) y, además de ello, desechan más de lo que la tierra puede absorber. Debido a este descontrol y consumismo aparecen alternativas que buscan lograr un equilibrio entre el cuidado del ambiente y la economía. Para alcanzar un correcto uso de los recursos naturales es necesario un cambio económico, social y cultural (Rosas Baños & Gámez Anaya, 2019).

Entre las opciones que han surgido para combatir este problema se encuentra la Economía Circular (EC). La EC es un modelo económico que busca frenar el modelo de producción existente, que consiste en producir, consumir y desechar, a uno circular, que busca reincorporar los productos o partes de ellos nuevamente a la fase productiva o generar productos más amigables con el ambiente (Cerdá & Khalilova, 2016). La EC Consiste en mantener el valor añadido de los productos el mayor tiempo posible, eliminando los residuos (García, 2016).

La EC trae consigo variados enfoques y estrategias para su aplicación en las empresas y sus productos. Entre estas estrategias se encuentran los principios 3R, el consumo colaborativo, el ecodiseño y los modelos de negocio innovadores (Cerdá & Khalilova, 2016). Es importante resaltar que para la aplicación de la EC en una organización es necesario tener una conciencia ambiental y un conocimiento de los beneficios que puede traer, como detener el agotamiento de los recursos naturales, impedir la presencia de los desperdicios y llevar un control de los productos y materiales en todo el ciclo de vida (Masi et al., 2018). Al igual que en la empresa, los consumidores y demás partes interesadas también deben contar con una conciencia ambiental, ya que ellos son quienes aceptan o no el producto o servicio ofrecido.

Para lograr que los consumidores y partes interesadas alcancen dicha conciencia o cambio de cultura, se requiere garantizar cierta confianza en los productos o servicios que está aportando la empresa. La confianza en los productos y servicios verdes puede lograrse a partir de las prácticas de calidad en los sistemas de control de productos y procesos. Se pueden producir productos a partir de EC, satisfaciendo las necesidades o requerimientos de los clientes, dando cumplimiento a las certificaciones pertinentes, permitiendo alcanzar la confiabilidad deseada y ser empresas más competitivas (Urbinati et al., 2018). Las herramientas de calidad pueden ayudar a la transición a una economía más circular y garantizar la calidad de los productos que se producen a partir de EC (Rusinko, 2005).

La combinación de las prácticas ambientales o aplicación de EC con los sistemas de control de calidad permite que las empresas sean modelos a seguir (Xueying & Panke, 2016). Cuando las empresas implementan estándares de calidad y producen de una forma más limpia, posibilitan que

se desate un efecto en cadena, ya que las demás empresas seguirán el ejemplo. Estas dos temáticas deben ser abordadas en conjunto, ya que las empresas necesitan ser competitivas asegurando su lugar en el mercado y alcanzar los cambios necesarios para adaptarse a las problemáticas existentes.

En este artículo se desarrolla una propuesta de modelo estructural interpretativo para la medición de la integración de las prácticas de EC en la gestión de productos y procesos. Este modelo aborda diferentes enfoques de EC en los sistemas de gestión de productos y procesos, incorporando elementos de la gestión empresarial, gestión del producto, gestión y control de la calidad e integración con el consumidor. Esto, permite que las empresas evalúen el grado de integración de prácticas de EC con una visión unificada y amplia.

El modelado estructural interpretativo permite identificar y resumir las relaciones entre los elementos específicos (variables) que definen el problema de la medición de la integración de las prácticas de EC en la gestión de productos y procesos. En este enfoque de modelado, el problema en estudio se representa a través de una estructura con palabras y gráficas que permiten visualizar las interacciones entre las variables (Singh et al., 2003).

En el contexto actual de incremento de la conciencia ambiental por parte de los consumidores y otros grupos de interés, la gestión de productos y procesos tiene como objetivo asegurar la calidad ecológica desde el diseño (Juran & De Feo, 2010). Por tanto, hay una creciente interdependencia entre la gestión de productos y procesos y la sostenibilidad ambiental. Esto requiere analizar cada una de las etapas del ciclo de vida del producto e implementar las mejores prácticas que contribuyan a la circularidad de los productos y procesos.

Metodología

Para el desarrollo de este trabajo se llevaron a cabo cinco pasos secuenciales con el fin de obtener información relevante para el tema de investigación y, a partir de allí, desarrollar la propuesta de modelo para la medición de la integración de prácticas de EC en sistemas de gestión de productos y procesos (Figura 1).

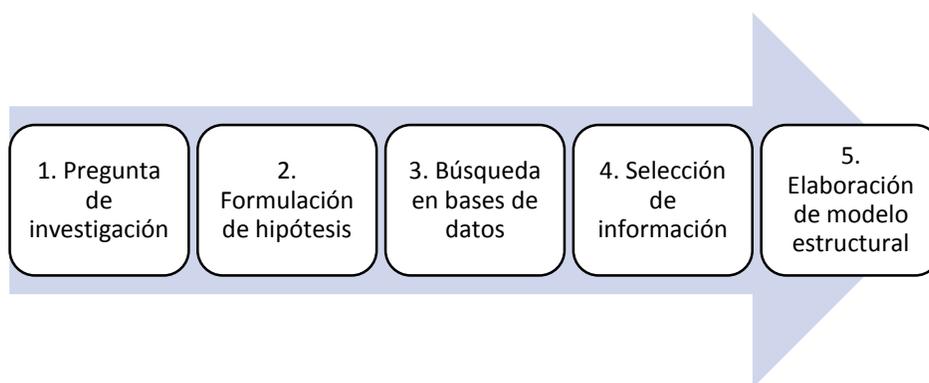


Figura 1. Etapas de la metodología.
Fuente: Elaboración propia.

Pregunta de Investigación

El estudio de las prácticas de EC ha tomado relevancia e interés en los ámbitos académico y profesional. Por ello, se hace necesario partir de establecer los diferentes métodos y enfoques de la EC y su aplicación en los sistemas gestión de productos y procesos, formulando la siguiente pregunta de investigación:

P: ¿Cómo se puede representar la medición de la integración de los enfoques, prácticas y metodologías de la EC en los sistemas de gestión de productos y procesos?

Formulación de hipótesis

Teniendo como referente la pregunta de investigación, se planteó la siguiente hipótesis:

H: Es posible desarrollar un modelo que represente la medición de la integración de prácticas de EC en sistemas de gestión de productos y procesos.

Búsqueda en bases de datos

Para la búsqueda de información en las bases de datos se consideró un periodo de 20 años, desde el año 2000 hasta el 2020. La indagación se realizó en las bases de datos Scopus, Taylor & Francis, Springer Link, IEEE, ProQuest y Google Scholar, empleando estas ecuaciones de búsqueda: "circular economy" AND "quality" AND "process", "circular economy" AND "quality" AND "products" OR "process", "circular economy" AND "process", "circular economy" AND "quality", "circular economy" AND "quality control" y "circular economy" AND "practices".

Selección de información

Para la selección de los estudios relevantes para la investigación se aplicaron los criterios de inclusión y exclusión correspondientes. Se seleccionaron todos aquellos estudios que proponen o desarrollan una metodología o secuencia para emplear la EC en sistemas de gestión de productos y procesos. Similarmente, se descartaron los estudios que proponen una metodología o establecen prácticas de EC que no estén enfocadas en los sistemas de gestión de productos y procesos.

En la búsqueda inicial se recuperaron 8168 artículos a los cuales se les aplicó un primer filtro como el intervalo de tiempo, el idioma y el área de estudio, obteniendo como resultado 1560 artículos. De este total, se obtuvieron 65 artículos que abordaban las prácticas de EC en sistemas de gestión de productos y procesos. Finalmente, aplicando los criterios de inclusión y exclusión se seleccionaron 17 artículos que cumplen los propósitos y son pertinentes a la investigación como referentes para el desarrollo del modelo objeto de este trabajo.

Resultados

Clasificación de la información

Luego de identificar los enfoques y prácticas de EC relacionadas o empleadas en los sistemas de gestión de productos y procesos abordados en los estudios seleccionados, se desarrolló un esquema con la finalidad de clasificarlos y tenerlos como referentes para la elaboración del modelo estructural objetivo de esta investigación. Así, las prácticas de EC identificadas (variables) se agruparon en cuatro grupos: gestión empresarial, gestión del producto, gestión y control de la

calidad e integración con el consumidor (Tabla 1). Dichas prácticas son evidenciables a través de los descriptores mostrados en la columna dos y la tercera columna contiene los autores referentes.

La variable gestión empresarial tiene como primer elemento descriptor las estrategias para empresas, tales como los modelos de negocio o metodologías que tienen en cuenta los costos, la calidad y costos ecológicos para ayudar a los productos remanufacturados a entrar en el mercado (Vogtlander et al., 2017). También, se encuentra la aplicación de *Lean Manufacturing* como ayuda para la toma de decisiones de EC en la organización (Yadav et al., 2020).

En cuanto a la comunicación entre empresas, se encuentran las estrategias o metodologías que ayudan a entablar comunicaciones entre diferentes empresas para diseñar estrategias de EC, como la herramienta SymbioSyS (Álvarez & Ruiz-Puente, 2017). En la comunicación entre procesos se encuentra la retroalimentación de la comunicación de remanufactura (RIFF, por sus siglas en inglés) y el diseño para la remanufactura (DfRem, por sus siglas en inglés) (Lindkvist Haziri & Sundin, 2020).

La variable gestión del producto tiene cuatro descriptores. El primero se refiere al diseño de productos, proponiendo estrategias para diseñar productos y componentes para el final de su vida útil (EoL, por sus siglas en inglés) (Lieder et al., 2017). El enfoque de recuperación de productos comprende aquellas estrategias que permiten la recuperación de los productos al final de su vida útil (Alamerew & Brissaud, 2019).

Tabla 1. Clasificación de prácticas de Economía Circular (EC).

Prácticas de EC	Descriptores	Autores
Gestión empresarial	Estrategias para empresas	(Vogtlander et al., 2017).(Smol et al., 2020). (Yadav et al., 2020). (Wang et al., 2019). (Alamerew & Brissaud, 2019).(Tsiliyannis, 2020). (Kehrein et al., 2020). (Shen et al., 2020).
	Comunicación entre empresas	(Álvarez & Ruiz-Puente, 2017).
	Comunicación entre procesos	(Lindkvist Haziri & Sundin, 2020).
Gestión del producto	Diseño de producto	(Lieder et al., 2017). (Sinclair et al., 2018).
	Recuperación de productos o componentes	(Alamerew & Brissaud, 2019). (Tsiliyannis, 2020).
	Transformar residuos en productos	(Smol et al., 2020). (Vaneckhaute, 2019). (Kehrein et al., 2020).
	Características de productos y componentes	(Vaneckhaute, 2019). (Iacovidou et al., 2019). (Tsiliyannis, 2020). (Shen et al., 2020). (Alamerew & Brissaud, 2019). (Steinmann et al., 2019).
Gestión y control de la Calidad	Herramientas de calidad	(Wang et al., 2019).
	Protocolo de calidad	(Antoniou & Zorpas, 2019).
	Indicador de calidad	(Steinmann et al., 2019). (Roithner & Rechberger, 2020).
Integración con el consumidor	Involucrar al consumidor	(Sinclair et al., 2018). (Kehrein et al., 2020).

	Influenciar al consumidor	(Vogtlander et al., 2017). (Kehrein et al., 2020).
	Disposición a pagar del consumidor	(Shen et al., 2020).

Fuente. Elaboración propia.

En el descriptor de transformar residuos en productos se encuentran los estudios que permiten recuperar los nutrientes de los residuos orgánicos para usarlos nuevamente, como el estudio de Smol et al. (2020), que consiste en gestionar las aguas residuales y aplicar diferentes técnicas como reciclar o reutilizar para incorporarlas nuevamente al proceso productivo. En el cuarto descriptor, características de los productos y componentes, se consideran las características de los componentes y productos al final de su vida útil, destacándose el estudio de Iacovidou et al. (2019), donde se abordan las características inherentes a los productos que pueden dañar la calidad y se propone una tipología que puede ayudar a tomar decisiones

En la variable gestión y control calidad, se encuentran las herramientas de calidad como *Lean Six Sigma*, diagrama de Ishikawa y el método Taguchi, para evaluar un producto verde e identificar los errores en el proceso de fabricación (Wang et al., 2019). En cuanto a protocolo de calidad se encuentra el estudio de Antoniou y Zorpas (2019), quienes proponen un protocolo de calidad para los aceites de pirólisis de neumáticos. En lo referente al descriptor de indicador de calidad, se destaca la propuesta de su aplicación para medir la circularidad de los materiales (Steinmann et al., 2019).

Por último, para la variable integración con el consumidor, se encuentran tres descriptores. El primero se refiere a involucrar al consumidor usando herramientas para el desarrollo de nuevos productos con prácticas de EC (Sinclair et al., 2018). En cuanto a influenciar al consumidor, Vogtlander et al. (2017) abordan estrategias para promocionar los productos verdes, influenciando así en las decisiones de los consumidores. El descriptor disposición a pagar del consumidor se refiere a la necesidad de considerar este aspecto en el planteamiento de la estrategia de EC (Shen et al., 2020).

Es de resaltar que los descriptores más abordados por los autores son estrategias para empresas y características de productos y componentes, proporcionando gran fuerza en las variables de gestión empresarial y gestión del producto. Luego, se encuentran las variables gestión y control de calidad e integración con el consumidor, con resultados muy similares, siendo cada enfoque planteado por uno o dos autores en total, como se evidencia en la Tabla 1.

Elaboración de modelo estructural interpretativo

En la revisión de la literatura se identificaron diversas prácticas de EC en la gestión empresarial, para procesos y para desarrollar productos, recuperar nutrientes, reciclar o reutilizar, etc. Sin embargo, se evidencia la falta de estudios que aborden dichas prácticas en combinación con los sistemas gestión de productos y procesos. Para cerrar dichas brechas identificadas se desarrolló un modelo estructural interpretativo que representa la integración de las prácticas de EC en sistemas de gestión de productos y procesos, tal como se muestra en la Figura 2.

Los trabajos previos establecen una relación positiva entre las variables de entrada y la variable respuesta representadas. Así, las hipótesis representadas en el modelo son:

H1: La gestión empresarial facilita la integración de las prácticas de EC en los sistemas de gestión de productos y procesos.

H2: La gestión del producto facilita la integración de las prácticas de EC en los sistemas de gestión de productos y procesos.

H3: La gestión y control de calidad tiene un impacto positivo en la integración de las prácticas de EC en los sistemas de gestión de productos y procesos.

H4: La integración con el consumidor tiene un impacto positivo en la integración de prácticas de EC en los sistemas de gestión de productos y procesos.

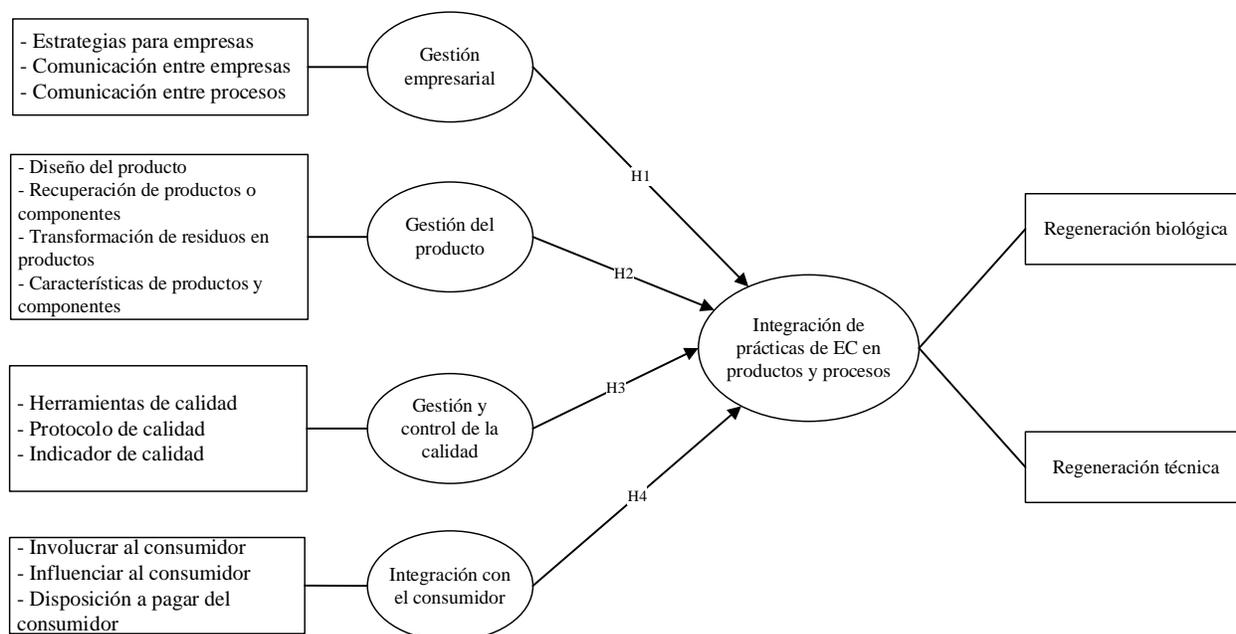


Figura 2. Modelo estructural para la integración de prácticas de EC en la gestión de productos y procesos.

Fuente. Elaboración propia.

Para la medición del grado de integración de las prácticas de EC en los sistemas de gestión de productos y procesos a partir de las variables representadas en el modelo estructural interpretativo de la figura 2, se desarrolló una herramienta tipo lista de verificación y calificación (Tabla 2). La puntuación de cada aspecto definido se da en una escala de cinco puntos, siendo uno (1) el estado en el cual no se aplica el aspecto y cinco (5) un cumplimiento total. La empresa puede evaluarse con respecto a cada variable, promediando los resultados de los descriptores de cada una y, también, obtener una valoración global de su grado de circularidad, promediando todas las variables y descriptores.

La aplicación de esta herramienta les permitirá a las empresas cuantificar el nivel de integración de las prácticas de EC en sus productos y procesos, identificar las variables en las cuales se deben tomar decisiones de mejorar y, en general, constituye una estructura general que

soporta el despliegue de la estrategia de circularidad a nivel intraorganizacional e interorganizacional.

El modelo estructural interpretativo desarrollado constituye un hito adicional de las contribuciones académicas en el área de estudio y expande el enfoque de los trabajos de los autores referentes seleccionados en la revisión de literatura. Una de las principales ventajas de este modelo es su aplicabilidad a empresas de cualquier sector, a diferencia de otros modelos que están centrados en sectores específicos como el de agua potable y aguas residuales (Smol et al., 2020) o aceites combustibles ligeros (Antonou & Zorpas, 2019).

Similarmente, las variables del modelo permiten considerar todas las etapas del ciclo de vida del producto, estableciéndose una diferencia con otros modelos que se centran en la planeación y diseño del producto (Kehrein et al., 2020), la fabricación (Lieder et al., 2017), la remanufactura (Vogtlander et al., 2017) o la disposición final (Alamerew & Brissaud, 2019). También, el modelo desarrollado incorpora la gestión y control de la calidad como una variable fundamental para la medición de la circularidad, lo cual es congruente con trabajos previos donde se aplicaron técnicas cuantitativas de planeación y monitoreo de la calidad en el desarrollo de modelos de producción circular en el sector automotor (Wang et al., 2019).

Tabla 2. Variables y aspectos para la medición de la integración de prácticas de EC.

Variable	Descriptor	Aspecto para evidenciar y calificar
Gestión Empresarial	Estrategia para empresas	¿La empresa ha incorporado aspectos de EC en su planeación estratégica (misión, visión, valores, políticas y otras)?
		¿La empresa cuenta con técnicas o metodologías para implementar prácticas de EC en su sistema de producción y sus productos?
	Comunicación entre empresas	¿La empresa cuenta con programas que faciliten la comunicación con otras empresas para la implementación de la EC?
	Comunicación entre procesos	¿La empresa ha implementado estrategias para mejorar o establecer comunicación entre los procesos?
		¿Las estrategias existentes han permitido o ayudado a la integración de prácticas de EC en la empresa?
Gestión del producto	Diseño de producto	¿En la etapa de diseño de productos se integran estrategias y principios de la EC?
	Recuperación de productos o componentes	¿La empresa cuenta con sistemas de recolección de productos al final de su vida útil?
		¿Los productos o componentes recuperados se incorporan nuevamente al sistema productivo?
	Transformar residuos en productos	¿La empresa cuenta con un programa para transformar residuos en productos propios o de otra cadena productiva?
Características de productos y componentes	¿La empresa emplea materiales que son fáciles de reciclar, reutilizar o reparar y que no contaminan los demás materiales?	
Gestión y control de calidad	Herramientas de calidad	¿La empresa emplea herramientas de calidad como un apoyo o ayuda para la transición a un sistema productivo más circular?
		¿La empresa usa herramientas de calidad para evaluar o mejorar la calidad de los productos verdes o hechos a partir de prácticas de EC?
	Protocolo de calidad	¿La empresa cuenta con protocolos de calidad donde establezca los lineamientos y límites permitidos para su producto verde o hecho a partir de prácticas de EC?

	Indicador de calidad	¿En el sistema de indicadores de desempeño de la empresa se han integrado los indicadores de circularidad de los productos y procesos, con un enfoque balanceado?
Integración con el consumidor	Involucrar al consumidor	¿En el diseño de productos verdes se consideran las opiniones y necesidades de los consumidores?
		¿La empresa cuenta con estrategias para recolectar las opiniones de los consumidores sobre sus productos verdes o hechos a partir de EC?
	Influenciar al consumidor	¿La empresa emplea técnicas para promover e incentivar el consumo de los productos verdes?
	Disposición a pagar del consumidor	¿La empresa cuenta con una estrategia de venta diferenciada para sus productos verdes (ofertas, reparaciones, servicio post venta, asistencia técnica y sistemas de recolección)?
¿Los consumidores de la empresa están dispuestos a pagar por productos verdes o hechos a partir de la EC?		

Fuente. Elaboración propia.

Conclusiones

En este trabajo se desarrolló un modelo estructural interpretativo para la medición de la integración de las prácticas de EC en la gestión de productos y procesos, con base en una revisión amplia de literatura donde se identificaron las variables y enfoques propuestos en los artículos seleccionados. La medición de la integración de las prácticas de EC se basa en una herramienta tipo lista de verificación-calificación desarrollada a partir del modelo estructural. El modelo estructural desarrollado puede ampliarse en futuros trabajos a medida que se incorporen nuevas investigaciones al cuerpo de conocimiento de la gestión de la sostenibilidad y la economía circular, incorporando variables y factores no presentes en la actualidad.

Es posible aplicar este modelo estructural en empresas de diferentes sectores, asumiendo las variables y descriptores propuestos como facilitadores para la integración de prácticas de EC en las organizaciones, teniendo en cuenta el tipo de producto elaborado o servicio prestado, las particularidades del proceso y la coordinación con los socios de la cadena de suministro. También, el modelo puede servir como una herramienta de referenciación competitiva para su uso en iniciativas sectoriales de mejora de la gestión circular de productos y procesos.

Este artículo es producto de una investigación en curso cuyo objetivo principal es el desarrollo de metodologías de modelado en el análisis de la gestión sostenible de la calidad. La siguiente etapa se centrará en la aplicación de la herramienta en un sector específico y, posteriormente, incorporar técnicas de modelado matemático que permitan analizar cuantitativamente las interrelaciones entre las variables y hacer análisis de sensibilidad, de escenarios y, en general, facilitar la toma de decisiones de estrategias de EC usando herramientas de modelado y simulación.

Referencias bibliográficas

- Alamerew, Y. A., & Brissaud, D. (2019). Circular economy assessment tool for end of life product recovery strategies. *Journal of Remanufacturing*, 9(3), 169–185. <https://doi.org/10.1007/s13243-018-0064-8>
- Álvarez, R., & Ruiz-Puente, C. (2017). Development of the Tool SymbioSyS to Support the Transition Towards a Circular Economy Based on Industrial Symbiosis Strategies. *Waste and Biomass Valorization*, 8(5), 1521–1530. <https://doi.org/10.1007/s12649-016-9748-1>
- Antoniou, N. A., & Zorpas, A. A. (2019). Quality protocol and procedure development to define

- end-of-waste criteria for tire pyrolysis oil in the framework of circular economy strategy. *Waste Management*, 95, 161–170. <https://doi.org/10.1016/j.wasman.2019.05.035>
- Cerdá, E., & Khalilova, A. (2016). Economía Circular. *Economía Industrial*, 35(5), 11–20. <https://doi.org/10.1590/s0034-75901995000500012>
- García, S. (2016). Economía Circular: La Unión Europea Impulsa Reformas Sobre la Base de un Tema Crucial, La Gestión de Residuos, con el Fin de Alcanzar Mejoras Económicas y Medioambientales. *Actualidad Jurídica Ambiental*, 57, 26–36.
- Iacovidou, E., Velenturf, A. P. M., & Purnell, P. (2019). Quality of resources: A typology for supporting transitions towards resource efficiency using the single-use plastic bottle as an example. *Science of the Total Environment*, 647, 441–448. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2018.07.344>
- Juran, J. M., & De Feo, J. A. (2010). *Juran's Quality Handbook: The Complete Guide to Performance Excellence* (6th ed.). McGraw-Hill.
- Kehrein, P., van Loosdrecht, M., Osseweijer, P., Posada, J., & Dewulf, J. (2020). The SPPD-WRF framework: A novel and holistic methodology for strategical planning and process design of water resource factories. *Sustainability (Switzerland)*, 12(10). <https://doi.org/10.3390/su12104168>
- Lieder, M., Asif, F. M. A., Rashid, A., Mihelič, A., & Kotnik, S. (2017). Towards circular economy implementation in manufacturing systems using a multi-method simulation approach to link design and business strategy. *International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, 93(5–8), 1953–1970. <https://doi.org/10.1007/s00170-017-0610-9>
- Lindkvist Haziri, L., & Sundin, E. (2020). Supporting design for remanufacturing - A framework for implementing information feedback from remanufacturing to product design. *Journal of Remanufacturing*, 10(1), 57–76. <https://doi.org/10.1007/s13243-019-00077-4>
- Masi, D., Kumar, V., Garza-Reyes, J. A., & Godsell, J. (2018). Towards a more circular economy: exploring the awareness, practices, and barriers from a focal firm perspective. *Production Planning and Control*, 29(6), 539–550. <https://doi.org/10.1080/09537287.2018.1449246>
- Roithner, C., & Rechberger, H. (2020). Implementing the dimension of quality into the conventional quantitative definition of recycling rates. *Waste Management*, 105, 586–593. <https://doi.org/10.1016/j.wasman.2020.02.034>
- Rosas Baños, M., & Gámez Anaya, A. L. (2019). Prevención de la generación de residuos en el marco de una economía ecológica y solidaria: un análisis del manejo de residuos en los municipios de México. *Sociedad y Ambiente*, 21, 7–31. <https://doi.org/10.31840/sya.v0i21.2036>
- Rusinko, C. A. (2005). Using Quality Management as a Bridge to Environmental Sustainability in Organizations. *International Journal of Sustainability in Higher Education*, 6(4), 340–350. <https://doi.org/10.1108/14676370510623838>
- Shen, B., Cao, Y., & Xu, X. (2020). Product line design and quality differentiation for green and non-green products in a supply chain. *International Journal of Production Research*, 58(1), 148–164. <https://doi.org/10.1080/00207543.2019.1656843>
- Singh, M. D., Shankar, R., Narain, R., & Agarwal, A. (2003). An interpretive structural modeling of knowledge management in engineering industries. *Journal of Advances in Management Research*, 1(1), 28–40. <http://dx.doi.org/10.1108/97279810380000356>
- Sinclair, M., Sheldrick, L., Moreno, M., & Dewberry, E. (2018). Consumer Intervention Mapping- A Tool for Designing Future Product Strategies within Circular Product Service Systems.

- Sustainability (Switzerland)*, 10(6), 1–21. <https://doi.org/10.3390/su10062088>
- Smol, M., Adam, C., & Preisner, M. (2020). Circular economy model framework in the European water and wastewater sector. *Journal of Material Cycles and Waste Management*, 22(3), 682–697. <https://doi.org/10.1007/s10163-019-00960-z>
- Steinmann, Z. J. N., Huijbregts, M. A. J., & Reijnders, L. (2019). How to define the quality of materials in a circular economy? *Resources, Conservation and Recycling*, 141, 362–363. <https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2018.10.040>
- Tsiliyannis, C. A. (2020). Prognosis of product take-back for enhanced remanufacturing. *Journal of Remanufacturing*, 10(1), 15–42. <https://doi.org/10.1007/s13243-019-00071-w>
- Urbinati, A., Unal, E., & Chiaroni, D. (2018). Framing the Managerial Practices for Circular Economy Business Models: A Case Study Analysis. *Proceedings - 2018 IEEE International Conference on Environment and Electrical Engineering and 2018 IEEE Industrial and Commercial Power Systems Europe, IEEEIC/I and CPS Europe 2018*, 1–7. <https://doi.org/10.1109/EEEIC.2018.8493650>
- Vaneckhaute, C. (2019). Towards Quality by Design and process analytical technology for enhanced nutrient recovery from wastewaters. *Npj Clean Water*, 2(1), 1–5. <https://doi.org/10.1038/s41545-019-0038-x>
- Vogtlander, J. G., Scheepens, A. E., Bocken, N. M. P., & Peck, D. (2017). Combined analyses of costs, market value and eco-costs in circular business models: eco-efficient value creation in remanufacturing. *Journal of Remanufacturing*, 7(1), 1–17. <https://doi.org/10.1007/s13243-017-0031-9>
- Wang, C. H., Chen, K. S., & Tan, K. H. (2019). Lean Six Sigma applied to process performance and improvement model for the development of electric scooter water-cooling green motor assembly. *Production Planning and Control*, 30(5–6), 400–412. <https://doi.org/10.1080/09537287.2018.1501810>
- Xueying, T., & Panke, N. (2016). Countermeasures and Support Environment for the Development of the Non-governmental Economy in Suzhuo, China. *Revista Ibérica de Sistemas e Tecnologias de Informação*, E5, 37–49.
- Yadav, G., Luthra, S., Huisingh, D., Mangla, S. K., Narkhede, B. E., & Liu, Y. (2020). Development of a lean manufacturing framework to enhance its adoption within manufacturing companies in developing economies. *Journal of Cleaner Production*, 245, 1–16. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2019.118726>