

# Trabajo Fin de Grado

La Economía Circular en la Cadena de Suministro

Circular Economy applied in the Supply Chain

Autor

Mario Adrados Pérez

Directora

M<sup>a</sup> Pilar Lambán Castillo

Grado en Ingeniería de Tecnologías Industriales

Escuela de Ingeniería y Arquitectura

2021

## RESUMEN

### La Economía Circular en la Cadena de Suministro

Este trabajo muestra el estudio de la economía circular y los procesos asociados a ella, directamente relacionados con la cadena de suministro. Para ello, primero se ha hecho una revisión de las diferentes definiciones de la economía circular y los marcos de referencia disponibles de este nuevo concepto, para a continuación, hacer un análisis de empresas que la están introduciendo en su hoja de ruta.

A lo largo de todo el trabajo se aportan datos y razones de la necesidad de abandonar el modelo productivo lineal, para iniciar un nuevo camino caracterizado por su sostenibilidad y también, por el crecimiento económico y la aportación de valor que muchos estudios afirman. También se hacen comparaciones entre las cadenas de suministro de ambos modelos, donde como principal novedad, en la cadena de suministro circular, el peso de la logística inversa se iguala al de la logística directa, al contrario que en el modelo lineal donde ésta última tiene todo el protagonismo.

Además, se propone una categorización de la economía circular y una serie de indicadores útiles para cualquier empresa que quiera medir su progreso, así como una hoja de ruta para facilitar y fomentar su introducción en el ámbito empresarial.

Por otro lado, se han expuesto las principales barreras que existen a día de hoy para dar el salto que, en función de la velocidad de desarrollo de la Industria 4.0, uno de los principales *drivers* de la puesta en marcha de la economía circular, se lograrán superar en más o menos tiempo.

## **ABSTRACT**

### **Circular Economy applied in the Supply Chain**

This work shows the study of the circular economy and the processes associated with it, directly related to the supply chain. To do this, both a review of the different definitions of the circular economy and the available reference frameworks of this new concept have been made as well as an analysis of companies that are introducing this concept in their roadmap.

Throughout the work, data and reasons are provided for the need to step out the linear production model, to start a new path characterized by its sustainability and also by the economic growth and the contribution of value that many studies confirm. Comparisons are also made between the supply chains of both models, where as the main innovation, in the circular supply chain, the weight of reverse logistics is equal to that of direct logistics, unlike in the linear model where it has all the leading role.

In addition, a categorization of the circular economy and a series of useful indicators are proposed for any company that wants to measure its progress, as well as a roadmap to facilitate and encourage its introduction into the business environment.

On the other hand, the main barriers that exist today have been exposed to take the leap that, depending on the speed of development of Industry 4.0, one of the main drivers of the implementation of the circular economy, is they will be able to overcome in more or less time.

## Índice

1. Introducción .....	5
1.1 Objetivo .....	6
1.2 Alcance .....	7
2. Economía circular: Definición y concepto .....	9
3. Marcos de referencia existentes .....	12
3.1 Marco de referencia internacional .....	12
3.2 Marco de referencia Europeo .....	16
3.3 Marco de referencia nacional .....	16
3.4 Marco de referencia regional .....	17
4. Casos De Éxito .....	18
4.1 Caso Nestlé .....	19
4.1.1 Nespresso / Nescafé .....	23
4.2 Caso Nike .....	24
4.3 Caso Schneider Electric .....	26
4.4 Caso Mercadona .....	28
5. Metodología .....	30
5.1 Categorización de la economía circular .....	30
5.2 Metodología aplicada a los casos de éxito .....	32
5.3 Conclusiones de la categorización de los casos de éxito .....	34
6. Conceptualización de la Cadena de Suministro Circular .....	36
6.1 Concepto de cadena de suministro .....	36
6.2 Introducción a la logística inversa .....	37
6.3 Barreras de entrada de las cadenas de suministro circulares .....	39
7. Hoja De Ruta Propuesta .....	40
7.1 Riesgos, oportunidades y beneficios .....	40
7.2 Modelos de negocio circulares .....	42
7.3 Industria 4.0 y la Economía Circular .....	43
7.4 Diagrama de una SC circular .....	44
7.5 Acciones sostenibles por departamentos .....	44
7.6 Indicadores .....	46
8. Estudio comparativo entre cadenas de suministro lineales y circulares .....	52
9. Conclusiones .....	56
10. Bibliografía .....	58

## Índice de Figuras

Figura 1.....	10
Figura 2.....	11
Figura 3.....	13
Figura 4.....	14
Figura 5.....	14
Figura 6.....	20
Figura 7.....	21
Figura 8.....	23
Figura 9.....	24
Figura 10.....	28
Figura 11.....	29
Figura 12.....	31
Figura 13.....	32
Figura 14.....	36
Figura 15.....	40
Figura 16.....	44
Figura 17.....	47
Figura 18.....	54

## 1. Introducción

La economía es “la ciencia que se encarga del estudio de la satisfacción de las necesidades humanas mediante bienes que, siendo escasos, tienen usos alternativos entre los cuales hay que optar” [1]. Dichas necesidades, en las sociedades más desarrolladas concretamente, se presentan en constante crecimiento donde cada vez más productos y servicios se conciben como básicos, en contraposición a los recursos que, como se dice en la definición, son escasos y además finitos.

El modelo económico lineal, busca satisfacer esta ingente demanda a partir de la extracción de recursos, transformación de los mismos en productos y eliminación de los mismos, una vez que su vida útil ha terminado o el consumidor lo reemplaza por otro. Este modelo perpetuado y en constante crecimiento, está sacando a la luz sus principales problemas que son: El agotamiento de los recursos naturales, el cambio climático provocado por la quema de combustibles fósiles, la fuente de energía de este modelo, y el impacto medioambiental que provocan los residuos que genera.

En estos últimos años, donde cada vez se hacen más evidentes todos los problemas que genera este modelo, es cuando el concepto de economía circular (CE) adquiere cierta importancia. Sus orígenes se remiten a los años 80, cuando se introduce el término en el libro “Economics of Natural Resources and the Environment” Pearce y R. Kerry Turner publicado en el año 1989.

A fecha de hoy, este nuevo modelo económico ya forma parte de la agenda de instituciones de todos los niveles y cada vez más empresas, la incluyen en su hoja de ruta como una herramienta fundamental en la consecución de los Objetivos de Desarrollo Sostenible y como medio para seguir creciendo de forma sostenible, cubrir las necesidades cada vez mayores de una población mundial en continuo crecimiento y además teniendo en cuenta que el ciclo de vida de los productos es cada vez más corto.

### 1.1 Objetivo

Dada la situación actual, el propósito del trabajo es estudiar e investigar acerca de la economía circular en el ámbito de la cadena de suministro y establecer qué acciones están llevando a cabo las empresas que están decidiendo introducirla en sus procesos. Para ello, serán necesarios los siguientes objetivos específicos:

- Investigar el concepto de economía circular y focalizarlo en la cadena de suministro
- Estudiar los marcos de referencia institucionales a nivel nacional e internacional, así como los propuestos por diferentes organizaciones especializadas en la materia.
- Analizar casos de éxito en empresas reconocidas por ser pioneras en la adopción de medidas relacionadas con la economía circular.
- Definir las diferentes categorías que comprende la economía circular y clasificar las acciones llevadas a cabo por las empresas analizadas en función de la categoría a la que pertenezcan
- Conceptualizar la cadena de suministro circular en el ámbito actual, estudiar semejanzas con ella a día de hoy, definir las barreras que existen para la implementarla y proponer un posible diagrama de flujos circular.
- Marcar una hoja de ruta que una empresa pudiera seguir para iniciarse en procesos circulares.
- Aglutinar indicadores relacionados con la medición de la economía circular elaborados por diferentes autores y establecer cuáles serían los más significativos a incluir en las empresas que están introduciendo este nuevo concepto.
- Comparar las acciones que se hacen en cadenas de suministro circulares frente a las lineales, y el impacto de cada una de ellas.

## 1.2 Alcance

Para abordar los objetivos específicos definidos, se ha estudiado la economía circular en procesos de la cadena de suministro y en agentes externos que le afectan directamente partiendo de la revisión de publicaciones acerca de la definición de la economía circular y de todas sus implicaciones.

A continuación, se ha hecho una búsqueda de documentación relacionada con las definiciones propuestas en el ámbito del proyecto, y se han investigado los marcos de referencia propuestos a nivel institucional en Aragón, España, la Unión Europea, la ONU y organizaciones sin ánimo de lucro con un peso relevante en el ámbito de la economía circular.

Posteriormente, se ha hecho una selección justificada de cuatro empresas que están adoptando a día de hoy medidas directamente relacionadas con la economía circular en su cadena de suministro y la cadena de valor de sus productos.

Tras la investigación de la economía circular y sus implicaciones, se establecen una serie de categorías y para cada una de ellas, se estudia qué indicadores son los más representativos.

Se propone una hoja de ruta que sirva de guía de introducción de procesos circulares en una empresa a partir del estudio de los riesgos que conlleva continuar con procesos lineales y las oportunidades y beneficios potenciales que podría suponer la adopción de la misma.

Finalmente, tras realizar una comparación entre cadenas de suministro circulares y lineales, se dan una serie de conclusiones acerca de qué se está haciendo en diferentes procesos de la cadena de suministro.



## 2. Economía circular: Definición y concepto

La CE es un concepto muy amplio, por lo que es complicado establecer una sola definición clara de lo que implica. Expertos en la materia han trabajado en elaborar una propuesta consensuada, presentando la siguiente definición: “Un sistema económico que representa un cambio de paradigma en la forma en que la sociedad humana se interrelaciona con la naturaleza y tiene como objetivo prevenir el agotamiento de recursos, la energía cercana, los bucles de materiales y facilitar el desarrollo sostenible a través de su implementación a nivel micro (empresas y consumidores), meso (agentes económicos integrados en simbiosis) y macro (ciudades, regiones y gobiernos)”[2]. Kirchherr et al. (2017) tras el análisis de 114 definiciones, presentaron la CE como un sistema económico basado en el reemplazo de los modelos de negocio enfocados al fin de vida por otros cuyo objetivo sea reducir, alternativamente reusar, reciclar y recuperar materiales en los procesos de producción, distribución y consumo [3].

Para encontrar una definición legal a nivel Europeo, no llegaría hasta el año 2020 cuando la Unión Europea (UE) la definió como “Un sistema económico en el que el valor de los productos, materiales y demás recursos de la economía, duran el mayor tiempo posible, potenciando su uso eficiente en la producción y el consumo, reduciendo de este modo el impacto medioambiental de su uso, y reduciendo al mínimo los residuos y la liberación de sustancias peligrosas en todas las fases del ciclo de vida, en su caso mediante la aplicación de la jerarquía de residuos” [4].

En ese mismo año, el Consejo de Ministros Español daría luz verde a la EEEC (Estrategia Española de Economía Circular), documento en el que establece la siguiente definición para la EC: “Aquella en la que el valor de los productos, los materiales y los recursos se mantienen en la economía durante el mayor tiempo posible, y en la que se reduce al mínimo la generación de residuos, lo que constituye una contribución esencial a los esfuerzos de la UE encaminados a lograr una economía sostenible, descarbonizada, eficiente en el uso de los recursos y competitiva” [5].

Además de medidas como las 3R's (Reducir, reciclar, reutilizar) que el modelo económico lineal actual basado en el “take – make – waste” ha introducido para disminuir el impacto ambiental de la actividad económica, la economía circular plantea las 7R's (Figura 1) para lograr un bucle donde los recursos permanezcan dentro de él, el mayor tiempo posible.

Figura 1: Diagrama Economía Lineal vs Economía Circular



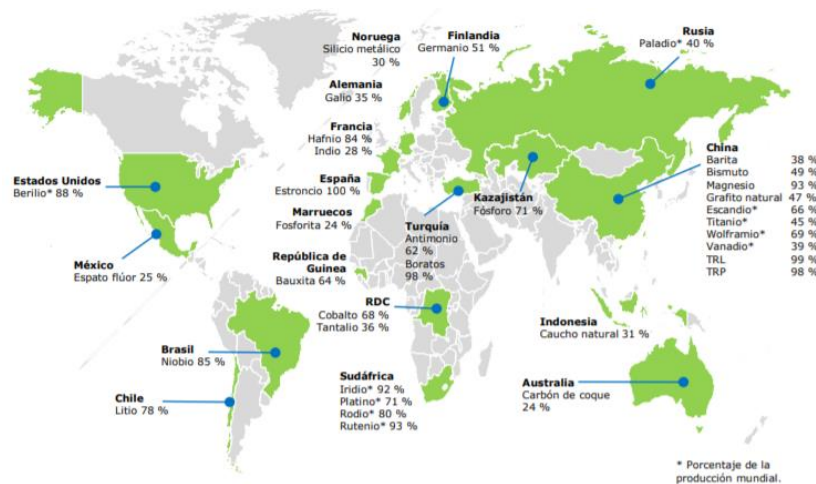
Fuente: [6]

La CE nace inspirándose en la propia naturaleza, en cuyo ciclo no existe desperdicio alguno. Todo lo generado en la naturaleza, sirve de insumo para otro organismo hasta llegar al último eslabón que, al descomponerse, sirve de nutriente al primero creando así un ciclo cerrado.

Actualmente, el 80% de los productos que se fabrican, sólo se utilizan una vez y el 60% acaban en un vertedero al final de su vida útil [7]. Estos porcentajes son insostenibles en el contexto actual, en el que se calcula que aumentará considerablemente la población mundial, para el año 2050 se calcula que la población mundial será de 9.700 millones de personas [8], la demanda de materias primas cada vez mayor para satisfacer las necesidades de dicha población creciente y la escasez de recursos que genera esta incesante demanda.

Una completa aplicación de la CE en todos los niveles podría suponer la reducción de entre un 80 y un 99% los desechos industriales y las emisiones que se generan actualmente [9]. Por ello, se han puesto en marcha ya iniciativas como el Pacto Verde Europeo para conseguir la neutralidad climática y desvincular el crecimiento económico a la sobreexplotación de recursos y contaminación descontrolada del planeta.

Figura 2: % de dependencia de Europa en el abastecimiento de materia prima



Fuente: [10].

Además, la implantación de la CE, se puede ver como una oportunidad para reducir la dependencia de España y la Unión Europea hacia otros países ya que, a día de hoy, Europa importa de media seis veces más materias y recursos naturales de los que exporta, y en muchos casos, el suministro de materias primas se encuentra monopolizado por países ricos en dichas materias como se demuestra en la figura 2 [10], hecho que actualmente está quedando evidenciado, donde la falta de abastecimiento de semiconductores, está parando las plantas de producción de automóviles europeas, la desorbitada subida de precios del gas natural está disparando el precio de la luz y la subida de precios de prácticamente todas las materias primas está ahogando a las empresas.

Por otro lado, la CE establece un modelo a partir del cual generar valor y empleo. Según estudios recientes, la aplicación de este modelo en la UE, podría incrementar su PIB en un 0,5% adicional y la creación de alrededor de 700.000 empleos nuevos [11], además de dotar de mayor competitividad e innovación al tejido productivo.

Este modelo no sólo se centra en la dimensión económica ya que aspira a lograr un desarrollo sostenible teniendo en cuenta tres aspectos: Prosperidad económica, equidad social y respetar el medioambiente. Por ello, la CE considera fundamental hacer un balance y alineamiento de las tres dimensiones: económica, social y medioambiental.

Dejando de lado los potenciales beneficios económicos, en el apartado medioambiental, se hacen evidentes ya las trágicas consecuencias que acarrearán el volumen de emisiones de gases de efecto invernadero y de otras partículas contaminantes, la deforestación

masiva, la contaminación de los océanos, la mala gestión de los residuos y el hecho de consumir recursos naturales muy por encima de lo que la Tierra es capaz de generar. Según WWF [12], el 29 de Julio de 2021, se consumió todo el capital natural disponible para ese año, es decir en 210 días, se agotó lo que el planeta genera en 365. En definitiva, estamos haciendo uso actualmente de 1,7 planetas Tierras y en 2050, será de 3.

Se puede decir que, a día de hoy, la definición de la CE, sus principios, todo lo que abarca y los posibles ámbitos de aplicación están ya establecidos. Los medios de comunicación, instituciones públicas y organizaciones sin ánimo de lucro, están haciendo el trabajo de que este nuevo concepto cale en el sector privado y en la sociedad porque, al fin y al cabo, gran parte del éxito de aplicarla dependerá de las empresas, del consumidor final y la conciencia social de ambos en torno al cambio.

### 3. Marcos de referencia existentes

A continuación, se analizan los marcos de referencia de los que se dispone a nivel mundial, europeo y nacional, para poner en contexto el grado de integración de la CE actualmente, en cada uno de los diferentes niveles.

#### 3.1 Marco de referencia internacional

La implantación de la CE aspira a tener éxito a nivel mundial, ya que los problemas derivados del modelo de consumo actual nos conciernen y afectan a todos. Los ODS (Objetivos de Desarrollo Sostenible), iniciativa llevada a cabo por la ONU en el año 2015 en la que, a fecha de hoy, se encuentran involucrados 193 estados miembros, establecen las principales metas para lograr un desarrollo sostenible y constituyen la principal hoja de ruta común para guiar las políticas de los países por el camino de las políticas sostenibles.

Además, se han realizado convenciones mundiales entre las cuales destacar el COP21 celebrado en París en el año 2015, donde España junto con 72 Estados más se comprometieron a ser neutros en carbono para el año 2050, y el COP25 celebrado en Madrid en el año 2019, donde se tomaron medidas más ambiciosas aún que en la anterior y el número de multinacionales comprometidas a ser neutras en carbono en 2050 se duplicó respecto de la convención celebrada en París, haciendo un total de 177 empresas [13].

Pese a que parezca un número no muy alto, dichas empresas suponen actualmente una fuente muy elevada de emisiones. En España, destacan empresas de renombre como Repsol, Telefónica, ArcelorMittal o AENA, de sectores muy diversos, pero con el mismo objetivo fijado: Cero emisiones netas en 2050. Por ello, puede decirse que la CE no es algo aplicable sólo a ciertos ámbitos, sino que su campo de aplicación contempla todos los diferentes sectores. Aunque bien es cierto que, en algunos modelos, su aplicación será más fácil y menos costosa que en otros, y supondrá más beneficios en algunas compañías que en otras donde, en un principio, a la propia compañía, sólo le suponga quebraderos de cabeza.

En dichas convenciones se han alcanzado acuerdos históricos para lograr reducir la emisión de Gases de Efecto Invernadero (GEI) y hacer frente a los efectos del cambio climático fijando como objetivo principal, que el calentamiento global no sea de más de 1.5 grados. Y también, abordar todos los retos englobados en los ODS que en total son 17 objetivos y 169 metas para los que se diseñaron 232 indicadores globales repartidos entre todos ellos. De los 17, 12 están estrechamente relacionados con la economía circular y sus implicaciones.

Figura 3: ODS vinculados a la economía circular



Fuente: [14]

En la página web del Instituto Nacional de Estadística (INE), se han incorporado los ODS y los indicadores que permiten hacer un seguimiento de los mismos con sus correspondientes datos. En la siguiente tabla, puede observarse el número de indicadores reportados por España en cada uno de ellos y el porcentaje que supone respecto de los que contempla la ONU.

Figura 4: Indicadores reportados por España por cada ODS vinculado a la CE

ODS vinculados con la transición hacia una economía circular	Indicadores reportados por España	%
6	10	90,9%
7	2	33,33%
8	10	58,8%
9	7	58,3%
10	4	36,4%
11	10	66,7%
12	7	53,8%
13	4	50%
14	4	40%
15	9	64,3%
16	13	56,5%
17	10	40%
<b>Total</b>	<b>134</b>	<b>54,9%</b>

Fuente: [15] INE (2021): Indicadores de la Agenda 2030

A modo de ejemplo, en el Objetivo 12 “Garantizar modalidades de consumo y producción sostenibles” accediendo a los datos recogidos por el INE de cada uno de los indicadores incluidos en él, puede observarse tanto la meta como la serie del indicador en el que se hace una breve descripción del indicador, junto con los datos, sus unidades y la fuente, que en este caso, 10 proceden del INE, 2 del Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico (MITECO) y 1 del Ministerio de Asuntos Exteriores, Unión Europea y Cooperación (MAUC).

Figura 5: Tabla resumen Indicadores de España Objetivo N°12

Objetivo	Meta	Indicador	Serie	Unidad	Último Dato	Dato base	Fuente
Objetivo 12	Meta 12.2.	Indicador 12.2.2.	Consumo nacional de materiales	Miles Toneladas	426.115,5	409.748,4	INE
Objetivo 12	Meta 12.2.	Indicador 12.2.2.	Consumo de materiales por PIB	Toneladas por millón de euros	356,90	380,20	INE
Objetivo 12	Meta 12.2.	Indicador 12.2.2.	Consumo de materiales per cápita	Toneladas por habitante	9,00	8,80	INE
Objetivo 12	Meta 12.4.	Indicador 12.4.1.	Total residuos peligrosos generados en la economía per cápita	Kilogramos/habitante/año	69,0	72,8	INE
Objetivo 12	Meta 12.4.	Indicador 12.4.2.	Total residuos peligrosos generados en la economía per cápita	Kilogramos/habitante/año	69,0	72,8	INE
Objetivo 12	Meta 12.4.	Indicador 12.4.2.	Proporción de residuos peligrosos reciclados	Porcentaje	70,6	67,8	INE
Objetivo 12	Meta 12.4.	Indicador 12.4.2.	Proporción de residuos peligrosos tratados mediante operaciones de	Porcentaje	0,0	0,0	INE
Objetivo 12	Meta 12.4.	Indicador 12.4.2.	Proporción de residuos peligrosos incinerados	Porcentaje	6,9	7,3	INE
Objetivo 12	Meta 12.4.	Indicador 12.4.2.	Proporción de residuos peligrosos vertidos	Porcentaje	22,5	24,9	INE
Objetivo 12	Meta 12.5.	Indicador 12.5.1.	Porcentaje de residuos reciclados respecto del total de residuos	Porcentaje	38,70	38,30	INE
Objetivo 12	Meta 12.6.	Indicador 12.6.1.	Número de licencias de Etiqueta Ecológica Europea	Licencias	248		MITECO
Objetivo 12	Meta 12.6.	Indicador 12.6.1.	Número de Organizaciones con Sistema Comunitario de Gestión y auditoría Medioambientales (EMAS)	Organizaciones	968		MITECO
Objetivo 12	Meta 12.a.	Indicador 12.a.1.	Cantidad bruta de apoyo en materia de investigación y desarrollo prestado a los países en desarrollo para el consumo y la producción sostenibles y las tecnologías ecológicamente racionales (euros)	Euros	770.373,41		MAUC

Fuente: [16] INE (2021) Resumen Objetivo 12

Por otro lado, encontramos multitud de fundaciones y organizaciones sin ánimo de lucro por todo el mundo, entre las cuales destacar por encima de todas, la Fundación Ellen MacArthur, fundada en 2010 y de procedencia británica, líder a nivel mundial por el tamaño de las empresas de prácticamente todos los sectores industriales que reúne (Nestlé, Google, IKEA, L’Oréal, Walmart, Coca-Cola, Nike, entre muchas otras),

instituciones públicas de todo tipo (Gobiernos Nacionales, ayuntamientos...), instituciones académicas y otras organizaciones y fundaciones expertas en la materia.

El marco ReSOLVE [17] propuesto por la fundación, establece seis líneas de acción comunes a la hora de implantar la CE en el ámbito que se desee:

- **Regenerar (Regenerate):** Cambiar a energías y materiales renovables.
- **Compartir (Share):** Economías colaborativas en las que se comparten activos, potenciación del mercado de segunda mano y diseñar productos más duraderos y reparables con el objetivo de alargar su vida útil mediante el mantenimiento.
- **Optimizar (Optimise):** Mejorar la eficiencia y eliminar los desperdicios a lo largo de toda la cadena de suministro y en la producción, principalmente a través de la potenciación de herramientas tecnológicas, Big Data, automatización...
- **Bucle (Loop):** Mantener los materiales y componentes en la economía a través de un bucle cerrado.
- **Virtualizar (Virtualise):** Reemplazar sistemas y modelos tangibles por otros virtuales, directa o indirectamente.
- **Intercambio (Exchange):** Sustitución de productos y servicios anticuados, por otros innovadores y renovables y búsqueda de modelos de negocio a través de modelos sostenibles.

Lopes de Sousa Jabbour y col. (2018) utilizó el marco ReSOLVE como el marco base con el que implantar los procesos implicados en la CE aprovechando las tecnologías implicadas en la Industria 4.0 [18]. Es un hecho que el uso de la tecnología puntera desarrollada en esta nueva era Industrial, beneficiará la implementación de la CE.

En su reconocido programa Circular Economy 100 (CE100) reúne a todos ellos y constituye una red colaborativa entre todos los integrantes, en la que se están desarrollando iniciativas, ideas innovadoras y modelos de negocios sostenibles más rápidamente y con gran poder de decisión, por el peso de todas las empresas e instituciones que lo avalan, haciendo que sus integrantes consigan sus objetivos y ejerciendo una gran influencia en el resto. La sinergia y fuerza intrínseca que tiene este programa, hace que tenga un gran potencial para todos aquellos que quieran beneficiarse de él, desarrollar proyectos conjuntamente y ofrecer soluciones para avanzar en la implantación de la economía circular en los procesos de cada uno de los miembros.

### 3.2 Marco de referencia europeo

A nivel Europeo, con el objetivo de alcanzar la neutralidad climática para el año 2050, se elaboró el Plan de Acción de Economía Circular en marzo de 2020 en consonancia con otros como el Pacto Verde Europeo (2019) o la Estrategia anual de crecimiento sostenible, para establecer los pilares de la sostenibilidad sobre los que se tiene que sustentar el desarrollo socioeconómico, tratando de regular aspectos como abordar una mayor reparabilidad y reutilizabilidad de los productos, mejorar la eficiencia en el uso de recursos, aumentar el % de materiales reciclados en los productos, disminuir la huella de carbono y ecológica, restringir los productos de un solo uso, aumentar el tiempo de vida de los productos, impedir la destrucción de bienes que no se hayan vendido, incentivar el PaaS (Product as a service) donde los productores mantienen la propiedad del producto, fomentando así el alargamiento de su ciclo de vida, y la transformación digital [19].

Para llevar a cabo esta transformación, la Comisión Europea se enfoca en las cadenas de valor de los siete sectores considerados clave para lograr un modelo económico circular:

- Plásticos
- Productos textiles
- Electrónica y TIC
- Alimentación, agua y nutrientes
- Envases y embalajes
- Baterías y vehículos
- Construcción y edificaciones
- Gestión y transporte de residuos

### 3.3 Marco de referencia nacional

En España, las políticas sobre CE se han diseñado en todos los niveles: Nacional, regional y local. En concreto, en 2017, más de 300 instituciones firmaron el “Pacto por una Economía Circular”, publicado por el Ministerio de Agricultura, Pesca, Alimentación y Medio Ambiente, cuyo objetivo es implicar a los principales agentes económicos y sociales en la transición hacia un nuevo modelo económico.

Por otro lado, la EEEC promueve la internalización de los principios de sostenibilidad y la adopción de una CE a nivel productivo y de consumo, tanto en el sector público como privado. Establece 12 objetivos como bases de actuación para llevar a cabo esta



implantación y fija como sectores clave para dicha transición, la construcción y demolición, agroalimentación, la industria en su conjunto y bienes de consumo y turismo.

### 3.4 Marco de referencia regional

A nivel regional, Aragón ha destacado por ser una de las comunidades pioneras en España en establecer la economía circular como sector estratégico y para ello ha elaborado un plan llamado “Aragón Circular” [20], firmado por entidades como la Universidad de Zaragoza y la Universidad San Jorge, los clústeres sectoriales de Aragón, el Observatorio Español de la Economía Circular o empresas como BSH, SAICA, SAMCA, Tervalis o Arpa.

Dicha estrategia, está alineada con los ODS, y con las necesidades propias de la comunidad Autónoma de Aragón, planteando una serie de objetivos específicos:

- Incentivar la actividad económica y la generación de empleo en economía circular en Aragón.
- Potenciar el sector de la economía circular como sector económico estratégico en Aragón, que se configure como elemento dinamizador y tractor del desarrollo económico y social de la comunidad autónoma.
- Promover el emprendimiento en los nuevos nichos de actividad derivados de la economía circular, así como el intra-emprendimiento en las empresas existentes innovadoras.
- Reconocimiento y puesta en valor de las empresas líderes en la transición al nuevo modelo económico.
- Posicionamiento como sector estratégico en el panorama económico de Aragón
- Fomentar la especialización en el sector

Para incentivar al sector privado, se puso en marcha el Sello Aragón Circular, que es un distintivo que permite identificar a las empresas que apuestan por un modelo innovador y sostenible y además dispone de cursos de formación en su página web, así como información detallada a disposición de empresas y entidades.

Se puede concluir con lo expuesto en este apartado que actualmente, los ODS establecen el principal marco de referencia para los gobiernos e instituciones públicas, a partir de los cuales, elaboran planes de acción y estrategias en los que profundizan más en cómo conseguirlos, qué sectores son considerados clave, cómo se va a financiar, fijar los pasos a seguir y reunir a los agentes considerados clave.

Las competencias en materia de medioambiente de España son compartidas entre el Gobierno Español y la UE, [21] y desde ambos lados, se están dando importantes pasos en:

- La implantación de medidas alineadas con la economía circular: Como se menciona anteriormente ambos han promulgado ya pactos y definido sus estrategias circulares.
- Aportar fondos económicos y de financiación dedicados a ello en los presupuestos: Destacan los 28 mil millones de euros que suponen más del 40% de los fondos del Plan de Recuperación, Transformación y Resiliencia (PRTR) del gobierno de España destinados directamente a la transición ecológica [22], y desde Europa, resaltar la hoja de ruta aprobada ya del Banco Europeo de Inversiones, que destinará 1 billón de euros en inversiones para la acción por el clima y la sostenibilidad hasta 2030. [23]

#### 4. Casos De Éxito

A continuación, se presentan cuatro casos de éxito de empresas que ya han integrado procesos circulares y han conseguido avances importantes en reducir su impacto ambiental, su huella de carbono y en definitiva crecer de forma sostenible.

Una de las elegidas ha sido Nestlé ya que es la empresa más grande del mundo tanto a nivel de ingresos como en número de empleados de la industria alimentaria, la cual es responsable de una de las mayores fuentes de emisión de GEI, es muy intensiva en la utilización de recursos y hace uso de enormes cantidades de embalajes y envases plásticos, por ello, representa un sector clave en la transformación hacia una economía circular. Además, Nestlé es conocida mundialmente por su fuerte compromiso con el medio ambiente y por la implantación de medidas para reducir su impacto ambiental y mejorar las condiciones de sus empleados y proveedores, a menudo situados en países del tercer mundo.

Nike, líder a nivel mundial del sector de ropa y calzado deportivo tanto en volumen de ventas como en valor de marca, ha sido seleccionada como caso de estudio por ser una de las compañías más avanzadas e involucradas, en cuanto a políticas referidas a la CE, en una industria responsable de ser una de las más contaminantes. Según un artículo publicado en la web del Parlamento Europeo [24], la industria textil es responsable del

20% de la contaminación mundial de agua potable y del 10% de las emisiones mundiales de carbono. Además, se estima que menos del 1% de la ropa se recicla como prendas de vestir y es responsable del 35% de los microplásticos liberados en el medioambiente.

Otra seleccionada ha sido Schneider Electric, una compañía francesa que opera a nivel mundial, que se denomina a sí misma como “especialista global en gestión de la energía y automatización”. Esta empresa representa una figura importante tanto en el campo tecnológico como en el medioambiental, ya que en 2021 ha sido declarada por el ranking Corporate Knights 2021 Global 100, como la empresa más sostenible del mundo debido a todas las medidas que la multinacional ha introducido a lo largo de toda su cadena de suministro.

Mercadona es una compañía de supermercados físicos de capital español, líder desde hace años en cuota de mercado y que cuenta con 1.654 establecimientos hasta la fecha entre España y Portugal. Destaca por ser un modelo de negocio sostenible y responsable por las estrategias sostenibles de abastecimiento a sus tiendas, la innovación en el packaging, la reducción del uso de plásticos en los productos de sus lineales y en el transporte de los mismos hasta las tiendas, la gestión de sus residuos, la reutilización y el reciclaje o la partida de 140 millones de euros que destinará a inversiones en materia de sostenibilidad en los próximos cuatro años. Además, elabora Memorias Global Reporting Initiative (GRI) en las que evalúa y mide su impacto ambiental, siendo una de las pioneras en España, y además se ha unido en 2020 a la iniciativa Lean & Green, impulsada por la Asociación Española de Codificación Comercial (AECOC), imparte la Cátedra Mercadona de Economía Circular junto con UPF Barcelona School of Management y formó junto a otras empresas y organizaciones el proyecto Economía Circular en Acción en el año 2020.

Todas ellas son *partners* de la Fundación Ellen MacArthur a excepción de Mercadona, que ha preferido asociarse a fundaciones españolas por el momento donde desarrolla su actividad junto con Portugal recientemente.

#### 4.1 Caso Nestlé

El grupo Nestlé es una multinacional dedicada a la producción de alimentos y bebidas con 323 mil empleados en todo el mundo y 413 fábricas, de las cuales 10, se encuentran en España, con un total de 4.450 personas de plantilla media, donde desde el año 2010

al 2020 ha conseguido reducir los residuos a vertedero al 100%, el uso de agua en un 64% y los gases de efecto invernadero (GEI) en un 35%.

A nivel internacional, la compañía cuenta con diversos proyectos medioambientales, todos ellos enfocados a tener una cadena de suministro más eficiente y a aumentar su circularidad, la mayor parte de ellos resumidos en su “Plan Estratégico De Nestlé Hacia Cero Emisiones Netas Al 2050” [25] guiado por la Science Based Targets (SBTi).

En base a la información expuesta en dicho plan, presentado en septiembre de 2020, la compañía se compromete a reducir a la mitad las emisiones de gases de efecto invernadero y alcanzar las cero emisiones netas en 2050, detallando el plan de acción que llevarán a cabo para que la empresa alimentaria más grande del planeta consiga estos objetivos. En el año 2019, la compañía calculó la huella de carbono de sus productos y la total resultante de su actividad (Figura 6) para la que tuvo en cuenta las diferentes fuentes de emisión que existen a lo largo de toda su cadena de suministro.

Figura 6: Tabla de emisiones Nestlé

<b>Fuente de emisiones</b>	<b>Cantidad (millones de toneladas de CO<sub>2</sub>)</b>
Abastecimiento de ingredientes	65,6
Envase y embalaje de los productos	11,0
Distribución	7,5
Procesos de fabricación	7
Viajes y desplazamientos de los empleados	0,8
<b>TOTAL</b>	<b>92</b>

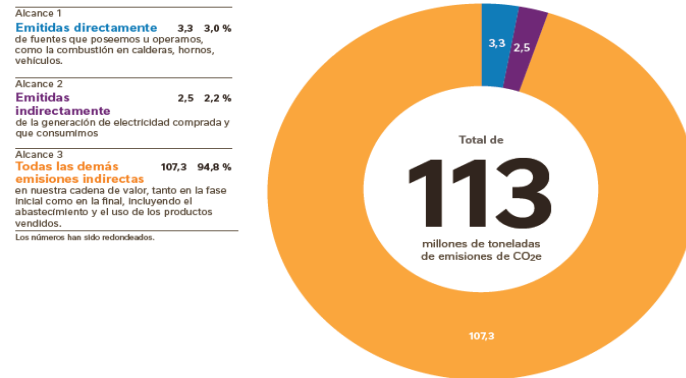
Fuente:[25]

Para calcular su huella de carbono, la empresa no ha tenido en cuenta dos factores que no están a su alcance: Por un lado, el uso de los productos vendidos por parte del consumidor estimado en 12,7 millones de toneladas de CO<sub>2</sub>, y por otro, los servicios adquiridos, activos arrendados, bienes de capital e inversiones a lo que se le atribuyen 8,6.

Si se observa el gráfico (figura 7), donde se clasifican sus emisiones en función del alcance de la compañía, resulta llamativo que, el alcance 1, correspondiente a las emitidas directamente por la compañía, constituyen únicamente el 3% de todas las emisiones contempladas en los tres alcances y el 2,2% derivadas de la generación de electricidad

consumida, las cuales se contabilizan en el alcance 2, por tanto, la actividad industrial de esta compañía es poco intensiva en emisiones de CO<sub>2</sub>.

Figura 7: Gráfico de Emisiones Nestlé en función del alcance



Fuente: [25]

El alcance 3, con casi el 95% del total de emisiones es donde la compañía está centrando todos sus esfuerzos para el cual la compañía ya ha puesto en marcha acciones para abordar el 80% de ellas.

Las acciones de mejora detalladas en el plan, si las agrupamos según los diferentes eslabones de la cadena de suministro y contemplando las diferentes líneas de negocio de la compañía, se resumirían de la siguiente manera (entre paréntesis cantidad en millones de toneladas de CO<sub>2</sub> que se espera reducir para el año 2030 teniendo en cuenta además la previsión de crecimiento de la compañía):

1. Abastecimiento de materia prima de forma sostenible: (-44,3)
  - (a) Lácteos y ganado: Mejorar la productividad de las granjas mediante formación y mejor gestión de rebaño, gestión de los pastizales y uso de la agricultura regenerativa, reducir el metano emitido por los animales mediante cambios en la dieta, alimentos para el ganado más sostenibles, eficiencia energética, aprovechamiento de estiércol y uso de digestores de biogás.
  - (b) Suelos y bosques: Prevenir deforestación, agrosilvicultura dentro y fuera de la granja, hacer uso de mejores prácticas agrícolas como cultivos de cobertura, fertilizantes orgánicos y rotación de cultivos múltiples, restauración de bosques degradados y turberas e instalación de sistemas de captación de metano en los molinos de aceite de palma.

2. Transformación del portfolio de productos: (-6)  
Evolución del portfolio de productos hacia categorías más sostenibles, cambio hacia ingredientes alternativos más sostenibles como los de origen vegetal, aplicación de modelos comerciales circulares y mejora de la eficiencia de equipos.
3. Evolución del envase: (-6,1)  
Aumento del número de envases reciclados al final de su vida útil, cambiar a energía de bajo carbono para la producción de plástico, aumentar contenido de plástico reciclado, cambiar materiales compuestos por monomateriales, reducir la masa total de los envases mediante aligeramiento y recoger más envases al final de su vida útil.
4. Uso de energía renovable para fabricar los productos: (-5,9)  
Aumentar la proporción de electricidad renovable, mejorar la eficiencia energética de las plantas de producción, reducir emisiones relacionadas con combustiones y los residuos.
5. Distribución: (-3,5)  
Introducción de camiones eléctricos, de hidrógeno y biogás para corta y larga distancia, aumentar transporte intermodal, aumento del % de llenado de los vehículos, mejorar sostenibilidad de fletes marítimos, potenciar el transporte ferroviario, eliminar los camiones diésel de EURO 4 e inferiores y evitar cuando sea posible el transporte aéreo.
6. Eliminación del carbono de la atmósfera: (-13)  
Las emisiones que no se pueden eliminar, se contrarrestarán mediante soluciones climáticas naturales.
7. Marcas neutras en carbono:  
Actualmente la compañía cuenta con marcas como Nespresso o proyectos en marcha como Nestlé Waters, que ya han sido o lo serán en los próximos años, neutros en carbono.
8. Ser un altavoz para impulsar la acción:  
Defensa de reglas claras y justas a través principalmente de normas internacionalmente reconocidas y declaraciones ambientales, y fomento de políticas para transformar las industrias. Además, el hecho de ser la compañía más grande del mundo del sector alimentación hace que tenga el tamaño, la escala y el alcance para influenciar e inspirar a otros.

Gracias a la puesta en marcha de estas medidas, en los próximos años la compañía se compromete a llegar a 2030 habiendo reducido sus emisiones en un 50% con respecto a la línea base de 2018 y siempre teniendo en cuenta el crecimiento previsto de la empresa, y continuar mejorando para cumplir el objetivo final de cero emisiones netas en 2050.

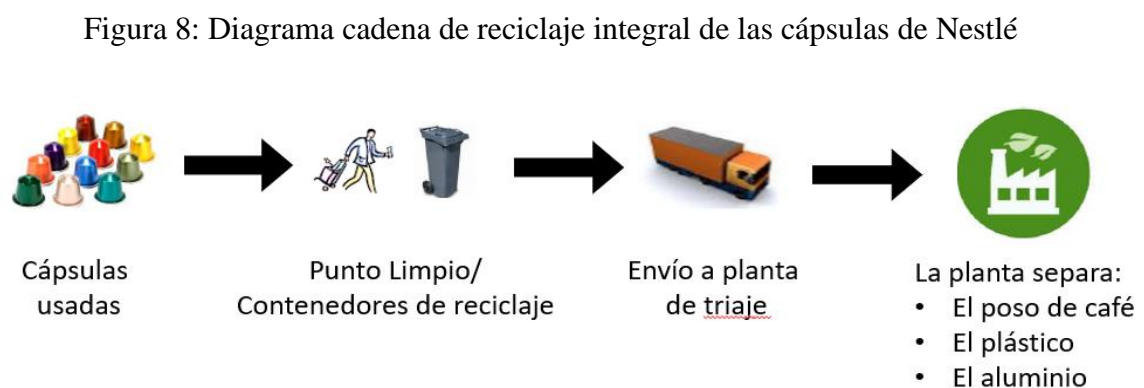
#### 4.1.1 Nespresso / Nescafé

Nespresso y Nescafé son dos marcas pertenecientes al grupo Nestlé pioneras en poner en marcha un plan estratégico para lograr alcanzar un plan de reciclaje integral de los productos que venden, en este caso, cápsulas de café [26].

El principal hándicap es la necesaria implicación del cliente final para lograr completar el plan de reciclaje integral ya que, si las cápsulas son depositadas en los contenedores de basura de los ayuntamientos en vez de en los puntos de reciclaje ofrecidos por las marcas, dichas cápsulas no seguirán el plan establecido y el órgano encargado de recoger los residuos no llevará a cabo el reciclaje integral de las mismas.

Para solucionar problemas de esta índole, algunas plantas de residuos se han adaptado mediante la introducción de corrientes de Foucault, capaces de detectar residuos de aluminio y acero de pequeño tamaño, y de esta manera, es posible utilizar el contenedor amarillo en la recogida de cápsulas.

Actualmente en España, cuenta con acuerdos municipales con diversos ayuntamientos, donde Nespresso ha llevado a cabo proyectos de colaboración público-privada con estas instituciones para lograrlo.



Fuente: Elaboración propia

En dichas plantas, se separa el poso de café que se destina a la fertilización de campos, el aluminio se envía a plantas de fundición y el plástico se convierte en granza para darle un nuevo uso.

## 4.2 Caso Nike

La multinacional americana cuenta con diversos programas como el llamado “Nike Reuse-A-Shoe” lanzado en 1993 o el “Nike Grind”, con logo propio incluido. Son dos de los más ambiciosos enfocados en promover el reciclaje de zapatillas al final de su vida útil, donde el cliente lo único que tiene que hacer es llevar dichas zapatillas a las “Nike Stores”, y posteriormente se les da una nueva vida útil.

En el informe de impacto ambiental de Nike del año 2019 [27], la compañía destaca las acciones que ha llevado a cabo en diversos campos relacionados con la economía circular y además, establece los objetivos definidos a corto y medio-largo plazo. En el apartado “Minimizar el impacto ambiental” se detallan seis campos en los que la compañía expone sus logros y objetivos:

- Materiales: 7.500 millones botellas de plástico recicladas transformadas en ropa y calzado, 53.500 millones de litros de agua ahorrados y 200.000 kg menos de pesticidas al cambiar a algodón sostenible y actualmente, el 76 % de productos comercializados por la marca llevan algún material reciclado.
- Agua: Mediante programas de eficiencia implementados por la compañía en sus principales proveedores, se ha ahorrado el uso de 23.000 millones de litros de agua dulce.
- Producto: A través del cálculo de huella de carbono promedio de sus productos, Nike tiene como objetivo reducirla en un 10% a corto plazo y además cuenta con diversas gamas de calzado como las zapatillas Flyknit o Air-Sole fabricadas a partir de botellas de plástico o residuos de fabricación.
- Energía / Carbón: Actualmente, el 75% de la carga global de electricidad proviene de fuentes renovables, teniendo como objetivo llegar al 100%, y además, haciendo más eficiente su cadena de suministro, planea reducir en torno a un 30% la energía consumida por unidad de producto.
- Residuos: El 99,9% de los residuos de fabricación de calzado se ha reciclado o convertido a energía, 2 millones de kg de residuos evitados mediante la instalación de máquinas de corte modernas y reducción del 25% del embalaje de sus productos cambiando el packaging de los mismos.

Adicionalmente, la industria textil, es muy intensiva en uso de productos químicos y por ello la compañía ha dejado de utilizar sustancias químicas peligrosas en la fabricación de sus productos.

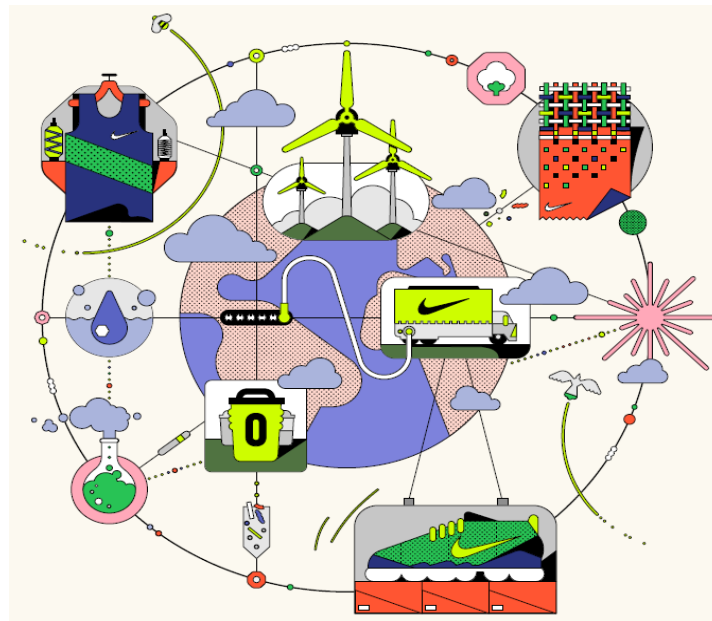


- Circularidad: Se ha creado en colaboración con la Universidad de las Artes de Londres y Global Fashion Agenda la Guía del diseño circular [28], para crear su propio lenguaje circular y las herramientas para implementarla en su cadena de valor.

La guía del diseño circular mencionada anteriormente, fue publicada en enero de 2020 y en ella se establecen los diez principios o categorías en los que se ha de enfocar para lograr una mayor circularidad en toda su cadena de suministro:

- ⇒ Selección de materiales: Elegir materiales de bajo impacto que utilicen materias primas recicladas.
- ⇒ Nuevos modelos: Establecer nuevos servicios y modelos de negocio que extiendan el ciclo de vida del producto.
- ⇒ Ciclabilidad: Diseñar teniendo en cuenta el cómo ese producto se podrá reciclar al final de su vida útil.
- ⇒ Packaging circular: Hecho de materiales biodegradables o que puedan ser reciclados en su totalidad.
- ⇒ Minimizar residuos: Minimizar o eliminar los desperdicios y residuos en el proceso de producción del producto.
- ⇒ Durabilidad: Productos hechos con materiales más duraderos y con mejores métodos de producción.
- ⇒ Diseño para el desmontaje: Diseñar productos que sean fácilmente desmontables y reconocer el valor de cada uno de sus componentes.
- ⇒ Versatilidad: Productos que se adapten fácilmente a estilos, tendencias, género, actividad y propósito.
- ⇒ Reparar/Remodelar: Prolongar el tiempo de vida de los productos a través de la reparación de componentes.
- ⇒ Química “verde”: Procesos y productos químicos que reducen o evitan el uso de sustancias peligrosas.

Figura 9: Ilustración Guía del diseño Circular



Fuente: [28]

### 4.3 Caso Schneider Electric

La compañía francesa, está asociada con la Fundación Ellen MacArthur desde 2015, como miembro del programa de economía circular (CE100), y en el año 2019 ganó el premio “The Circulars” otorgado por el Foro Económico Mundial, en reconocimiento por su gran compromiso y aportación a la economía circular en todos los niveles.

Especialmente se destacaron cuatro actividades en la consecución del premio: Ecodiseño de los productos con mínimo uso de materias primas primarias, proposiciones de valor circulares (objetos conectados, leasing, servicios, reparaciones...), cadena de suministro circular (logística inversa, centros de reparación, modernización y de reacondicionamiento) y política de empresa a favor de la economía circular (informes no financieros con indicadores de sostenibilidad y remuneración a los empleados en función de objetivos de sostenibilidad conseguidos).

Esta empresa ofrece gran variedad de productos, entre los que destacan, aparte de todos los relacionados con instalaciones eléctricas, a lo que se ha dedicado tradicionalmente, Data Centers, Racks, sistemas de producción y almacenamiento de energía solar y todo tipo de soluciones enfocadas a la automatización industrial y a la IoT (Internet of things).

En su informe de sostenibilidad publicado el 11 de febrero de 2021 [29], se detallan los resultados de la compañía obtenidos durante el año 2020 a través de 21 objetivos

alineados con los ODS, divididos en cinco segmentos: Clima, economía circular, salud & equidad, ética y desarrollo.

Para el análisis de este trabajo, se han seleccionado únicamente los objetivos incluidos en el apartado de clima y economía circular, junto con los resultados obtenidos en cada uno de ellos:

- Energía renovable: 80%
- Eficiencia de CO<sub>2</sub> en transporte: 8,4%
- Millones de toneladas métricas de CO<sub>2</sub> ahorradas en sus clientes gracias a ofertas “EcoStruxure”, una plataforma y arquitectura que mediante el aprovechamiento de la IoT, movilidad, detección, operatividad en la nube, análisis y ciberseguridad ofrece mayor seguridad, fiabilidad, eficiencia, sostenibilidad y conectividad [30]: 134
- Incremento de ingresos en servicios sostenibles y energía “EcoStruxure”: 18%
- Ventas bajo el nuevo programa “Green Premium”: 76,7%
- 200 sitios etiquetados como “hacia cero residuos a vertedero”: 206
- Cartón y pallets para el transporte y embalaje de origen certificado o reciclado: 99%
- Toneladas métricas de consumo de materia prima evitada a través de reciclaje, medidas ecológicas y programas de recuperación de materiales: 157,6

Esta compañía siempre ha sido pionera en sostenibilidad, prueba de ello es que su primer barómetro de sostenibilidad lo elaboraron en el año 2005. Recientemente, han publicado un informe en el que la compañía establece seis campos en los que llevar a cabo una serie de compromisos de aquí a 2025 [31]. De estos seis, dos están directamente relacionados con la economía circular:

- a) Clima: Para el que la compañía presenta tres compromisos: Aumentar los ingresos sostenibles hasta el 80% del total de su facturación, ayudar a sus clientes a evitar la emisión de 800 Megatoneladas de CO<sub>2</sub> teniendo en cuenta como base para el cálculo el año 2018 y reducir las emisiones de sus mil proveedores con mayor volumen.
- b) Recursos: Incrementar la cantidad de materiales sostenibles en sus productos, eliminar los plásticos de un solo uso del packaging primario y secundario y usar cartón reciclado exclusivamente.

#### 4.4 Caso Mercadona

En base a los datos obtenidos de la memoria medioambiental presentada al cierre de 2018 [32], la compañía cuenta con 1.400 proveedores “totaler” (Fabricantes de la marca blanca de Mercadona: Hacendado, Deliplus, Bosque Verde...) y destinó 74 millones de euros entre los años 2017 y 2018 a implantar medidas que mejoren sus procesos en beneficio del medio ambiente.

El sistema de gestión ambiental de Mercadona se asienta sobre tres pilares: La optimización logística, el ahorro energético y la gestión de residuos.

En cuanto a la optimización logística, la compañía tiene como objetivo general “transportar más con menos recursos” para reducir el número de viajes, lo que conlleva un menor consumo de combustible y por tanto un menor impacto ambiental. Para ello, se ha centrado en tres líneas de actuación: eficiencia logística, renovación de flota y buenas prácticas.

La eficiencia logística la lleva a cabo mediante la llamada “Estrategia del Ocho” que consiste en un modelo integral de gestión de flota, con la que abarca la logística de aprovisionamiento de todas sus tiendas y la logística inversa de pallets, envases y otros residuos plásticos para ser reciclados o reutilizados.

Figura 10: Esquema estrategia del 8 de Mercadona



Fuente:[32]

Además, Mercadona apuesta por el aumento de capacidad de carga, incorporando hasta el año 2018, 18 megatrailers.

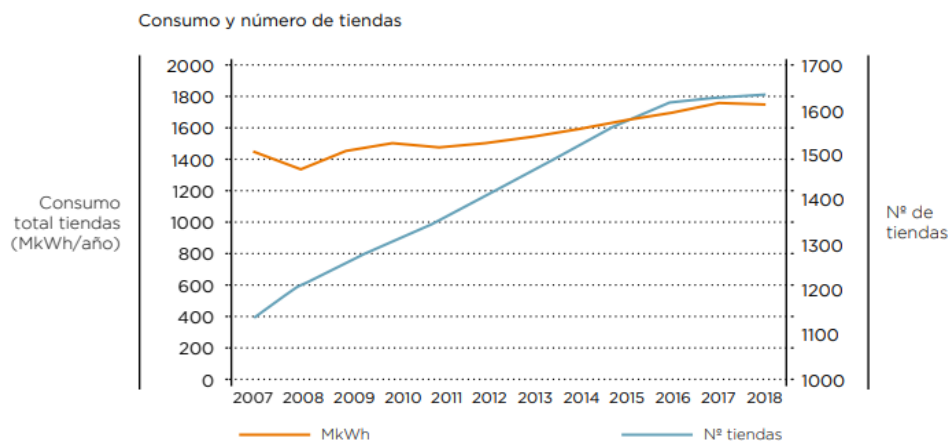
Otra de las líneas de actuación es la renovación de flota, en la que Mercadona realiza fuertes inversiones apostando por nuevas tecnologías y combustibles alternativos,

incorporando a su flota, camiones propulsados por gas natural licuado (GNL) y para el reparto a domicilio, vehículos eléctricos e híbridos.

La última línea de actuación es la de buenas prácticas, en la que sale a la luz el trabajo diario de la compañía en su estrategia de eficiencia, alcanzando un porcentaje de llenado de camiones del 90%, planificando la logística inversa, donde “se ha conseguido que el 65% de los viajes realizados para abastecer a las tiendas sea aprovechado para devolver a las instalaciones de gestión de envases de los bloques logísticos los Elementos Reutilizables de Transporte (ERT), además de los materiales que Mercadona envía a reciclar” y planificando la logística de última milla en horas valle siempre que sea posible, para ahorrar tiempo y combustible, evitando además congestionar más aún el tráfico de las ciudades.

El segundo pilar, sobre la que se asienta su estrategia ambiental, es el ahorro energético, donde la compañía ha incorporado en los supermercados transformados al nuevo modelo, una serie de nuevas medidas de ahorro energético entre las que se incluyen medidas de eficiencia energética como la instalación de muebles cerrados en zona de congelación, mejora de aislamientos, iluminación LED, acristalamiento doble y enfriamiento con aire exterior y otra serie de medidas como el control de fugas de gases refrigerantes y la instalación de sistemas de monitorización que miden en tiempo real el consumo eléctrico y de agua. Todo ello, ha hecho que Mercadona mantenga su consumo eléctrico muy contenido a pesar de haber aumentado considerablemente el número de tiendas.

Figura 11: Gráfico evolución Consumo total tiendas/Número de tiendas



Fuente:[32]

El último pilar en el que se basa dicha estrategia, es la gestión de residuos que se presenta con el eslogan “El mejor residuo es el que no se genera”, ya que para Mercadona la mejor

estrategia en el campo de gestión de residuos es la prevención, y actualmente se encuentran por debajo del 1% por kg servido a tienda en generación de residuos, cifra que según la compañía sigue teniendo margen de mejora y por ello se están llevando a cabo numerosas iniciativas en todos los procesos. En cuanto a la tasa de reciclado, en el año 2018 consiguió un 76%.

Dos de las medidas que está llevando a cabo en este campo, forman parte de “la estrategia del ocho” anteriormente explicada: una de ellas es el aprovechamiento de la logística inversa para transportar materiales valiosos recogidos en tienda, tales como cartón o el film flejador de los embalajes, que previamente compactados, se envían a reciclar. Y la otra, que le permite ahorrar 100.000 toneladas de cartón al año, es el uso de cajas de plástico reutilizables y reciclables para transportar la mercancía aportando tanto ventajas logísticas como medioambientales, además de aportar protección y seguridad al producto en el transporte.

Actualmente, la compañía trabaja para que, en los próximos años, todos sus envases sean 100% reutilizables, reciclables o compostables. Por ello, está desarrollando estrategias de envases alternativos en muchas de sus gamas de productos.

## 5. Metodología

### 5.1 Categorización de la economía circular

Este apartado trata de categorizar la economía circular. La elección de estas categorías está basada en poder representar a partir de ellas todos los campos que engloba el bucle de la CE. La pirámide de jerarquía de gestión de residuos, (figura 12) da una idea de cómo desgranar todas las acciones posibles que está llevando a cabo una empresa, desde la concepción y el diseño de un producto, hasta la gestión del mismo al acabar su vida útil, ordenando todos los eslabones en función del aprovechamiento de recursos y de la generación de residuos.

Figura 12: Pirámide de jerarquía en la gestión de residuos



Fuente: Elaboración propia

Observando la pirámide, cuanto más nos acercamos a la base, mayor grado de prioridad tienen. Así pues, en la base nos encontramos con “Prevenir” y “Minimizar” donde la empresa debe aplicar los principios de ecodiseño, entendido como “el diseño de productos que minimiza el consumo de recursos y energía y maximiza los beneficios para los usuarios durante todo su ciclo de vida desde la fase primaria de concepción del producto” [33]. Es decir, la base de la pirámide trata de evitar la generación de residuos y minimizar el uso de recursos, a partir de una adecuada elección de materiales y una SC eficiente en todos sus eslabones. A continuación, nos encontramos con reusar, refabricar y reciclar. Estos tres términos están muy interrelacionados entre sí pero cada uno tiene connotaciones muy diferentes: Reusar consiste en darle una segunda vida a los materiales u objetos antes de desecharlos, alargando así su vida útil y aprovechando al máximo sus propiedades, reduciendo también los residuos generados [34]; Refabricar consiste en devolver un producto usado a su estado original, reparando los componentes que hayan fallado o reemplazándolos por otros nuevos [35], esto actualmente se hace principalmente en industrias de alto valor como en la automoción; Reciclar que consiste en usar residuos en los procesos de producción, sirviendo como materia prima para la creación de otros productos nuevos, ahorrando tanto en la extracción de materia prima como en la huella de carbono del proceso [34]. Tras estos tres procesos de recuperación y aprovechamiento de materiales, las dos últimas opciones son la valorización energética, es decir, obtener energía a partir de los residuos, que dependerá de las características del residuo en cuestión, y por último, y por tanto el menos deseable, la disposición del residuo en el vertedero. Todos estos eslabones se tratan en la tabla, directa o indirectamente, y en los

indicadores planteados más adelante, donde se hace un análisis más en detalle de qué se quiere medir en concreto en cada campo.

También se ha hecho una revisión de la literatura disponible, donde se ha contemplado el sistema de categorización de la CE planteado por la UE [36] y el que plantearon Kristensen y Mosgaard (2019), centrándose especialmente en el micronivel, que es en definitiva, donde se quiere centrar el estudio de las categorías e indicadores de la CE [37].

## 5.2 Metodología aplicada a los casos de éxito.

A continuación, en la figura 13, se presentan las categorías en las que se ha decidido disgregar la economía circular, con las acciones que están implementando cada una de las empresas analizadas en los casos de éxito.

Figura 13: Tabla Acciones implementadas por las empresas por categoría

CATEGORÍAS	ACCIONES
Reciclaje	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Nestlé: Mayor número de envases reciclados al final de su vida útil, utilización de plásticos reciclados en la fabricación de los mismos.</li> <li>• Nike: Uso de materiales reciclados en el 76% de su portfolio de productos.</li> <li>• Schneider Electric: Mínima utilización de materia prima virgen en la fabricación de sus productos, 99% de Cartón y pallets de origen reciclado o certificado.</li> <li>• Mercadona: Estrategia “del 8” para realizar la logística inversa de pallets, envases y otros residuos plásticos para ser reciclados o reutilizados.</li> </ul>
Refabricación	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Nestlé: No aplica estrategias de refabricación.</li> <li>• Nike: Programa de reparación de componentes, diseño de productos fácilmente desmontables.</li> <li>• Schneider Electric: Servicios leasing, centros de reparación a disposición del cliente.</li> <li>• Mercadona: No aplica estrategias de refabricación.</li> </ul>



<p>Eficiencia en el uso de materiales y recursos</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Nestlé: Mayor uso de energías renovables, distribución más sostenible, mayor eficiencia en el proceso de producción, materia prima sostenible, todos los envases son 100% reciclables o reutilizables.</li> <li>• Nike: Mayor uso de energías renovables, gran ahorro de agua y pesticidas, reducción huella de carbono por producto, utilización de materia prima de origen sostenible.</li> <li>• Schneider Electric: Mayor uso de energías renovables, disminución huella de carbono a sus clientes, programa de colaboración para disminuir la huella de sus proveedores, aumento de eficiencia en el transporte, optimización de procesos en sus clientes mediante transformación digital.</li> <li>• Mercadona: Mayor uso de energías renovables, mejora continua en su eficiencia logística, programas de eficiencia energética en los supermercados, incorporación de combustibles alternativos y nuevas tecnologías a su flota.</li> </ul>
<p>Ecodiseño</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Nestlé: Aligeramiento de envases, usar monomateriales en vez de materiales compuestos para facilitar su separación.</li> <li>• Nike: Prendas más ligeras y resistentes, prendas y calzado fabricado a partir de residuos reciclados, packaging innovador.</li> <li>• Schneider Electric: Productos bajo su programa “Green Premium” y servicios “EcoStruxure”.</li> <li>• Mercadona: Estrategias de renovación de envases de toda la gama de productos para hacerlos 100% reciclables, reutilizables o compostables.</li> </ul>
<p>Reusar</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Nestlé: Programa de reutilización y reciclaje de envases.</li> <li>• Nike: Programa “Nike Reuse a shoe” donde la compañía se ofrece a recoger zapatillas que el cliente decide desechar para reciclarlas y darles una nueva vida a través de su programa “Nike Grind”.</li> <li>• Schneider Electric: Reutilización de componentes en la fabricación de sus productos.</li> </ul>

	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Mercadona: Utilización de Envases reutilizables de transporte (ERT).</li> </ul>
Tratamiento de residuos	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Nestlé: Inversiones en buenas prácticas agrícolas de sus proveedores (Agricultura regenerativa, aprovechamiento de estiércol...), ninguno de sus residuos generados acaba en vertedero.</li> <li>• Nike: 99,9% de los residuos de fabricación de calzado se ha reciclado o convertido a energía.</li> <li>• Schneider Electric: Cuenta con 206 establecimientos etiquetados como “Cero residuos a vertedero”.</li> <li>• Mercadona: Actualmente por debajo del 1% por kg servido a tienda en generación de residuos. Logística inversa de pallets, envases y otros residuos plásticos para ser reciclados o reutilizados.</li> </ul>
Extensión ciclo de vida	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Nestlé: No aplicable directamente en la industria alimentaria. Extensión del ciclo de vida de sus envases a través de la reutilización.</li> <li>• Nike: Materiales más duraderos a la par que sostenibles, además de implementar medidas de ecodiseño, para facilitar el desmontaje y reparación de sus productos.</li> <li>• Schneider Electric: Alarga la vida útil de sus productos a través de servicios de reparación, modernización y de reacondicionamiento.</li> <li>• Mercadona: En el sector gran consumo y retailers no es aplicable directamente, ya que no está a su alcance. Sin embargo, en su operativa interna ha implantado medidas como la utilización de ERT’s, añadido también en el indicador “Reusar”</li> </ul>

Fuente: Elaboración propia

### 5.3 Conclusiones de la categorización de los casos de éxito

Tras la revisión de las memorias de sostenibilidad de las cuatro empresas seleccionadas y categorizando sus acciones, cabe destacar el fuerte compromiso que tienen todas con los ODS, aunque éstos no tienen una guía concreta de acciones que una empresa tenga

que implantar. Por ello, cada una avanza en la consecución de estos objetivos involucrándose en campos diferentes, principalmente debido al sector al que pertenecen y el tipo de actividad que llevan a cabo. Sin embargo, acciones como disminuir la huella de carbono de sus productos, reciclar productos, embalajes o envases, invertir en mejorar su eficiencia logística, aumentar el porcentaje de energías renovables de su consumo eléctrico, reducir al mínimo los residuos a vertedero y la fuerte inversión en ecodiseño, son medidas que en todas las empresas analizadas pueden verse.

Actualmente, la categoría Reciclaje es la más desarrollada, ya que este proceso hace tiempo que se introdujo en el modelo económico actual, pero para la CE, el reciclaje es una medida insuficiente que se queda muy lejos de los principios que plantea, por la poca eficiencia de este proceso en comparación con otros como la reutilización o la refabricación, y sin tener en cuenta estrategias de ecodiseño para prevenir o minimizar el impacto. La eficiencia en el uso de materiales y recursos es otra que, a día de hoy, está ampliamente extendida en las políticas de las empresas bajo el paraguas de la mejora continua. Aunque cabe decir, que las acciones de mejora que se implantan son en su mayoría por el rédito económico que obtienen y no por el beneficio medioambiental.

En cuanto al tratamiento de residuos, observando a estas cuatro empresas, podría decirse que se han hecho importantes avances a nivel nacional, pero accediendo a los datos del MITECO [38], donde podemos ver las memorias de gestión de residuos por años comprobando que del 2012 al 2019, el reciclado de envases (cartón y papel, vidrio, metales, plástico, madera y otros) tan sólo ha aumentado un 3%, quedándose en un 69,6% y un 2,5% la valorización.

Otras categorías, véase refabricación entre otras, tendrán mayor o menor aplicabilidad según el tipo de industria en el que queramos ponerlo en contexto. Por ejemplo, resulta evidente que, por la naturaleza de los productos en el sector alimenticio, la refabricación de los mismos no tiene cabida.

## 6. Conceptualización de la Cadena de Suministro Circular

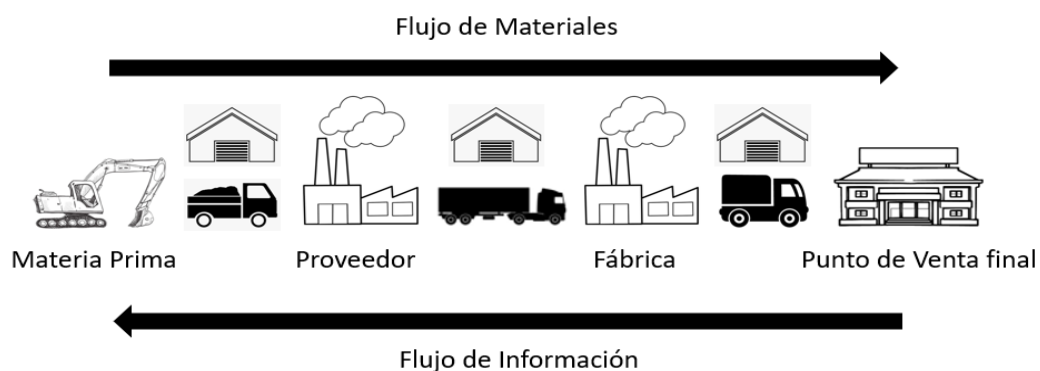
### 6.1 Concepto de cadena de suministro

Se define cadena de suministro como “todas aquellas partes involucradas, de manera directa o indirecta, en la satisfacción de las necesidades y expectativas de un cliente. La cadena de suministro incluye no solamente al fabricante y al proveedor, sino también a los transportistas, almaceneros, vendedores e incluso a los mismos clientes. Dentro de cada organización, como la de un fabricante, abarca todas las funciones que participan en la recepción y el cumplimiento de una petición del cliente. Estas funciones incluyen, pero no están limitadas, al desarrollo de nuevos productos, la mercadotecnia, las operaciones, la distribución, las finanzas y el servicio al cliente” (Chopra y Meindl, 2008) [39].

La cadena de suministro comprende todas las etapas por las que debe pasar un producto, y por ello, para lograr que sea eficiente y esté debidamente optimizada, necesita una gran coordinación entre todos sus actores que, dentro de una organización, se agrupan en tres partes fundamentales: Aprovisionamiento o suministro, proceso de fabricación y distribución.

Representando gráficamente toda la SC, el diagrama quedaría como el que se muestra en la figura 14, con dos flujos en direcciones opuestas. Por un lado, el flujo de materiales o de los productos y por otro el de información.

Figura 14: Diagrama SC tradicional



Fuente: Elaboración propia

En consonancia con el modelo de economía lineal, la administración de la cadena de suministro (SCM) tiene únicamente en el punto de mira el cliente final, y por eso, en la práctica, todos los estudios de la SCM giran en torno a él y en la máxima optimización de todas las etapas, que van desde la extracción de la materia prima hasta la venta final pasando, por toda la logística directa necesaria para conectar todos los eslabones.

## 6.2 Introducción a la logística inversa

Aquí es donde entra en juego el término GSC, Green Supply Chain, desarrollado como resultado de procurar crear ventajas competitivas a través de la CE reduciendo el consumo de energía o el uso de recursos en toda la SC [40]. Muchas de estas ventajas competitivas vienen de la mano de una logística inversa con un peso mucho mayor del que tiene en la actualidad, donde todo el protagonismo lo tiene la logística directa. Ya en 1971, Luttwak contemplaba su potencial valor de, para aquel entonces nuevo concepto, cuando afirmó que “en la industria moderna es cada vez más posible recuperar los productos o materiales de los clientes ya que lo que se desea es recuperar el valor económico o convertirlos en servicios de post venta, este proceso se conoce ya desde hace algún tiempo como logística inversa” [41]. Con el tiempo, la definición del término se ha hecho más compleja; Roggers y Tibben-Lembke (1998) la calificaron como “el proceso de planificar, implementar y controlar eficientemente el flujo de materias primas, inventario en curso, productos terminados y la información relacionada con ellos, desde el punto de consumo hacia el punto de origen con el propósito de recapturarlos, crearles valor, o desecharlos” [42]. En general, podemos diferenciar tres tipos de retornos:

1. No satisfacción del cliente: Cada vez más presente debido al gran aumento del volumen de ventas online.
2. Producto defectuoso (que se encuentre en garantía): La empresa se encargará de repararlo, reacondicionarlo o en algunos casos desecharlo y reemplazarlo por uno nuevo.
3. Fin del ciclo de vida del producto u obsolescencia: El producto podrá ser reacondicionado, canibalizado, reciclado, destruido o depositado en un vertedero.

A día de hoy, las políticas de devoluciones favorables al cliente, han hecho que la logística inversa ya sea una fuente generadora de valor para las empresas por la importancia que tiene en la fidelización del cliente y por ello, cada vez se le da más importancia y se invierte en mejorar los flujos inversos 1 y 2 nombrados anteriormente. En cuanto al tercero, su presencia a nivel de empresarial, no es protagonista en absoluto. Tan sólo es tenido en cuenta en flujos donde fácilmente se obtiene un beneficio económico, por ejemplo, en los elementos retornables de transporte, muy usados en automoción o alimentación, y en aquellos en los que la legislación obliga a tener en cuenta, mediante la RAP (Responsabilidad Ampliada del Productor), acuñada por la UE, que aspira a trasladar a los fabricantes la responsabilidad de los productos puestos en el mercado, para

obligarles a hacerse cargo de la completa gestión y todos los costes asociados al producto, una vez son desechados y tratados como residuo. Esta medida busca también el ecodiseño, para reducir el impacto ambiental y la generación de residuos, tanto en su fabricación como en sus fases posteriores, desarrollar productos preparados para la reutilización o con un reciclaje sencillo, aceptar la devolución de productos reutilizables, utilizar materiales procedentes de residuos en la fabricación de productos, proporcionar información sobre la puesta en el mercado de estos productos e informar sobre la repercusión económica derivada del cumplimiento de las obligaciones impuestas por la RAP [43].

A raíz de la directiva europea, en España se decretaron una serie de leyes donde se dieron a conocer los productos afectados por esta directiva: Aparatos eléctricos y electrónicos, pilas y acumuladores, vehículos, envases, neumáticos y aceites minerales. Para cumplir con sus obligaciones, los fabricantes de muchos de los productos mencionados, delegaron la gestión de estos flujos de residuos a los SCRAPs (Sistemas Colectivos de Responsabilidad Ampliada del Productor), organizaciones sin ánimo de lucro que constituían plataformas logísticas colectivas, en las que los fabricantes de productos de características similares se agrupan con el fin de abaratar los costes operativos y simplificar el ciclo de gestión integral de sus residuos. Dichas organizaciones, se financian mediante las tasas que se fijan en función de los costes operativos de gestión y procesamiento de los residuos y que normalmente, son trasladadas al precio final del producto, siendo por tanto soportadas por el consumidor final. De aquí a 2025, la UE ha fijado más productos en los que será de obligado cumplimiento la asunción de la RAP, por lo que, a tenor de esta tendencia, en el medio o largo plazo la práctica totalidad de los productores se verán afectados.

Hasta ahora, se ha recurrido a la fiscalidad y la implantación de leyes de obligado cumplimiento como motor del cambio en vez de por iniciativa propia, lo que hace pensar que, por el momento, las empresas no han evolucionado en el desarrollo de flujos inversos de residuos porque no se ha sabido encontrar aún la manera con la que costear los gastos asociados a la logística inversa y sacar además una rentabilidad económica a partir de la recuperación de valor de dichos productos.

### 6.3 Barreras de entrada de las cadenas de suministro circulares

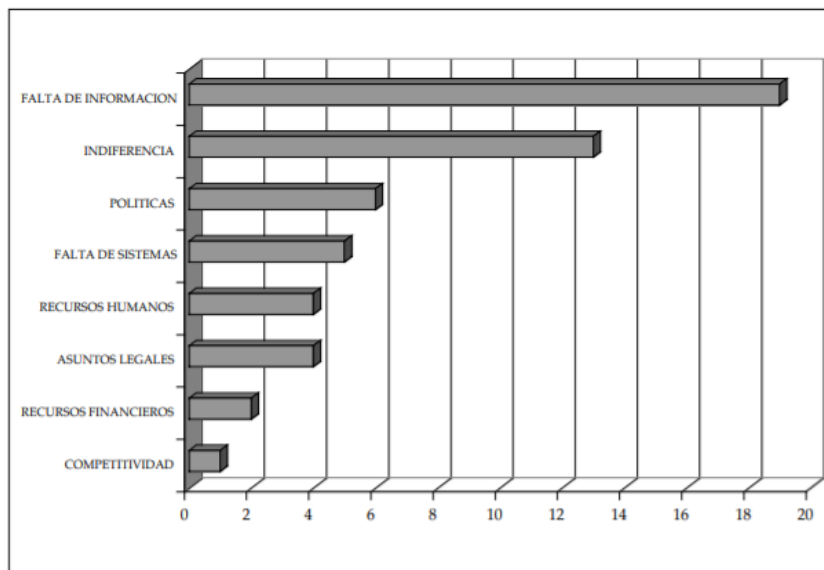
A día de hoy, de acuerdo al informe “Allanando el camino para una economía circular” [44] publicado por la AEMA (Agencia Europea de Medio Ambiente), estos son los principales factores culpables de frenar el progreso de la logística inversa:

- **Barreras políticas:** Resulta necesario por parte de las instituciones públicas una mayor armonización e incentivar la adopción de medidas a través de la financiación y políticas de impuestos favorables al cambio.
- **Barreras culturales:** La falta de conciencia tanto a nivel social como empresarial a la hora de consumir o producir, sigue siendo un hecho, a pesar de que, en los últimos años, se está viendo un gran crecimiento en el número de consumidores concienciados que además del producto, sus características y su precio, su elección está muy influenciada por lo sostenible y ecológico que sea. Además, cambiar la mentalidad del consumidor es otro gran escollo ya que muchos modelos de negocio como la economía colaborativa, la remanufactura o el cambio de modelos de propiedad a los de pago por uso, siguen sin tener gran aceptación en el cliente final afín a ese sentimiento de propiedad y en muchas empresas que lo ven como una amenaza para sus ventas.
- **Barreras tecnológicas e infraestructuras:** Las empresas no pueden hacer frente al desembolso que supone invertir en modelos innovadores y sostenibles, especialmente las pymes que no disponen de tantos recursos como sí los pudiera tener una multinacional.

Otro estudio, añade otro factor más a tener en cuenta [45]. Se trata de las barreras operativas de todos los complejos requerimientos del proceso: El número de entradas es impredecible, las inspecciones deben realizarse en cada producto de manera minuciosa e individualizada, además en función del producto, la desmontabilidad y separación de componentes es muy costosa ya que se trata de algo más que una simple manipulación del producto, el proceso tiene etapas inexistentes en la logística directa y también, las devoluciones en pequeñas cantidades tienden a representar altos costos por lo que se tendería a recurrir a los servicios de operadores especializados.

Una encuesta realizada a diversas empresas por este mismo estudio, sobre los principales obstáculos a los que tenían que hacer frente para la introducción de la logística inversa arrojaba los siguientes resultados:

Figura 15: Encuesta de obstáculos de las empresas de la logística inversa



Fuente: [45]

Por lo que se constata que además de la falta de información, las políticas y la falta de medios, la indiferencia es uno de los grandes culpables, achacable a las barreras culturales mencionadas anteriormente.

## 7. Hoja De Ruta Propuesta

### 7.1 Riesgos, oportunidades y beneficios

Después de analizar los problemas que plantea la logística inversa y las razones por las que muchas de ellas son reacias a verlas como una fuente de ingresos y como herramienta fundamental para el cuidado medioambiental y social, en este apartado se plantea una hoja de ruta para cualquier empresa que quiera dar el paso y empezar a cambiar su modelo de negocio.

El primer punto a tratar, sería el análisis de los riesgos que supone la economía lineal para la empresa en cuestión y qué oportunidades de negocio y beneficios potenciales supondría una implantación de la CE.

Un estudio presentado por Circle Economy [46] define como riesgos lineales, a la exposición de los efectos que tienen las prácticas de negocios lineales. Establece cuatro tipos de riesgos asociados:



- Riesgos de mercado: La volatilidad de los precios, la escasez de materiales, impuestos aduaneros, bloqueos comerciales...
- Riesgos operacionales: Las cadenas de suministro globalizadas viven una gran crisis en el escenario postpandemia y está haciendo cambiar la manera de pensar de muchas empresas, planteándose la regionalización del suministro.
- Riesgos de pérdidas de negocios: Los cambios de la forma de pensar y las sociedades emergentes están cambiando el paradigma actual, y el no adaptarse a lo que se demanda desde la sociedad podría suponer una amenaza.
- Riesgos vinculados a la legislación: La introducción de más productos y sectores a la RAP y las futuras regulaciones previstas, representan una amenaza para las empresas que no contemplan cambiar su modelo de negocio lineal.

En cuanto a oportunidades, la economía circular supone un cambio radical en el modelo, y por tanto multitud de oportunidades. Las oportunidades que se le presentan a una empresa, dependen en gran medida del producto que comercializa y el sector al que pertenece. A partir de ahí, se debería hacer un análisis de posibles ineficiencias y desperdicios de recursos que tienen a lo largo de toda su cadena, formas de aportar valor al cliente mediante modelos circulares, el potencial valor que se podría recuperar del producto al final de su vida útil o hacer *benchmarking*, recopilando las buenas prácticas que están implementando otras empresas.

Son muchos los estudios que afirman el enorme potencial que tiene la CE, entre ellos, los publicados por Deloitte (2014) [47], en el que se calcula que invirtiendo un 0,5% del gasto total de la empresa en logística inversa se recuperaría un 32% del valor del producto recuperado tras su fin de vida, y el de Accenture (2015) [48], que cifra el desperdicio de la cadena lineal en 4.5 trillones de euros, repartidos en cuatro causas: 1.7 en recursos no aprovechados, 0.6 en capacidad no aprovechada, 1.3 en valor implícito no aprovechado y 0.9 en ciclos de vida no aprovechados.

Los potenciales modelos de negocio que se le presentan a la empresa con la CE, también estarán condicionados por la actividad que realizan. Los modelos de negocio tradicionales no tienen cabida, ya que uno de los principios más importantes de la CE es mantener los productos y recursos dentro del bucle el máximo tiempo posible, lo que va directamente en contra de la forma de pensar tradicional, donde las empresas centran todos sus esfuerzos en incrementar las ventas a partir de, entre otras cosas, crear necesidad en el

consumidor para reducir el tiempo de vida de los productos. Por poner un ejemplo, según MarketWatch, el consumidor promedio renueva su móvil cada 14 meses [49].

## 7.2 Modelos de negocio circulares

A continuación, se detallan tres modelos de negocio innovadores compatibles con la CE, que además podrían combinarse entre ellos para nutrirse de los beneficios de cada uno:

- Modelos Cradle to Cradle: “De la cuna a la cuna”, a partir de una completa reinención de los procesos industriales, trasladar el ciclo que lleva a cabo la naturaleza a la cadena productiva. Se están viendo ya aplicaciones de este modelo en la construcción y en el diseño arquitectónico de edificios, y en industrias de producción a gran escala.
- Plataformas de economía colaborativa: De un tiempo a esta parte, este modelo ha cogido mucha fuerza en lo que se conoce como el P2P, de consumidor a consumidor, principalmente debido a tres factores: la crisis económica y el contexto social, el uso de redes sociales y *smartphones* y el auge de comportamientos colaborativos y plataformas online que permiten estas relaciones comerciales [50]. En relaciones B2B, a día de hoy existen cooperativas, modelo que puede asemejarse al expuesto, con la diferencia de que el expuesto, hace uso de las nuevas tecnologías con todas las nuevas posibilidades que conlleva y la forma de cooperar no tiene por qué ser continua en el tiempo. Aunque plantea alguna problemática el modelo B2B ya que, haciendo mal uso de este, puede favorecer la competencia desleal al estar asociándose las empresas entre sí y actualmente no se cuenta con una legislación específica para estas relaciones.
- Producto como servicio: Visto como uno de los principales *drivers* de la CE, por el hecho de que, el principio de la CE de alargar la vida útil de los productos, amenaza los ingresos de las compañías, lo que desincentiva la fabricación de productos duraderos con diseños pensados en el aprovechamiento del producto al finalizar su vida útil y además, la forma de financiación de las empresas es completamente diferente, mientras que en los modelos de venta la financiación es al instante, en los de pago por uso es mediante ingresos recurrentes. Se conoce como servitización, a la práctica de reducir el consumo de materiales a partir de transformar a los consumidores de productos, en usuarios de servicios [51]. Este modelo erradica ese problema, ya que supone un cambio en la forma en la que se relaciona el cliente con el fabricante, el productor no pierde la propiedad del

producto y por ello, le interesa que éste sea duradero, fácilmente reparable o reutilizable, con fácil desmontabilidad para que la refabricación del mismo sea viable y con alta reciclabilidad, para obtener el mayor retorno de valor posible en caso de que las anteriores vías no fueran posibles.

### 7.3 Industria 4.0 y la Economía Circular

Ahora bien, los tres modelos expuestos, requieren un continuo control del fabricante sobre los productos que pone en el mercado y la integración de procesos completamente novedosos. Para hacerlo posible, las tecnologías que vienen de la mano de la Industria 4.0 pueden ser de gran ayuda de diferentes maneras. Un estudio de PwC establece las siguientes cuatro como principales [52]:

- IoT: Los productos conectados con la tecnología de IoT permite a los fabricantes controlar y analizar a distancia información sobre el uso y el rendimiento de su producto. Además, permite la interconexión digital y la cooperación entre personas, dispositivos y objetos mediante redes inalámbricas, sensores, actuadores... Algún uso potencial de esta tecnología podría ser según apunta un informe de ATIGA [53]:
  - Mejora de la gestión de residuos.
  - Mejora de los flujos de materiales implementando ambientes industriales inteligentes.
  - Mejora de la cadena de suministro, de los procesos de remanufacturado y desarrollo de redes de colaboración mediante simbiosis industrial.
- Big Data: La industria 4.0 viene aparejada de enormes volúmenes de datos que necesitan esta tecnología para ser procesados y analizados correctamente.
- Robótica: Los avances en este campo permiten a los fabricantes emplear robots en cada vez más aplicaciones, incrementando el rendimiento y reduciendo los desechos, por el hecho de reducir los errores humanos y permitiendo la flexibilización de la producción.
- Fabricación 3D: Producción bajo demanda de repuestos para mejorar la mantenibilidad y prolongar el ciclo de vida de productos y equipos. Supone una rebaja drástica de los costes de fabricación y almacenaje de piezas aftermarket. Además, este método de fabricación permite el uso de nuevos materiales y reduce considerablemente el consumo energético y los residuos generados.

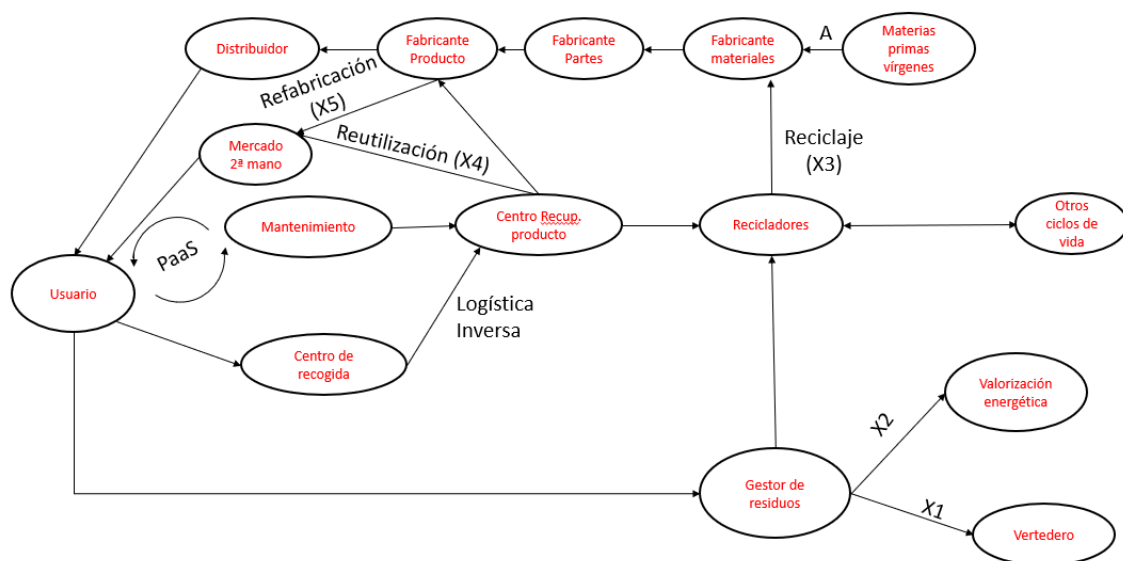
También existen otras tecnologías de la Industria 4.0 con potenciales usos clave, como la blockchain o la tecnología RFID, que podrían ser clave en la trazabilidad de los productos y de los residuos, así como otras no mencionadas: la realidad aumentada, la simulación de procesos...

Un estudio de la Fundación Ellen MacArthur junto a la consultora McKinsey, señalaba tres maneras en las que la Inteligencia Artificial puede facilitar y mejorar la CE: Diseño de productos, componentes y materiales circulares, operar modelos de negocio circulares y optimizar la infraestructura circular [54].

#### 7.4 Diagrama de una SC circular

Un ejemplo de SC circular podría ser la que se muestra en la figura 16. Si la comparamos con la expuesta en la figura 14, correspondiente a una SC lineal, esta tiene muchas más implicaciones y actores, por ello su complejidad es mayor. Por estas razones, las nuevas tecnologías mencionadas, se tornan de vital importancia para lograr construir SC circulares coordinadas y equilibradas en todos sus puntos.

Figura 16: Diagrama cadena de suministro circular



Fuente: Elaboración propia

#### 7.5 Acciones sostenibles por departamentos

Una vez vistos los riesgos y oportunidades que se presentan, así como los modelos de negocio, tecnologías aplicables y un croquis de cómo podríamos tener una cadena circular, el siguiente paso debería ser tener el compromiso y la iniciativa de llevar a cabo

cambios dentro de la organización. Un cambio tan radical no puede darse de un día para otro y más teniendo en cuenta, que está en juego la viabilidad y el futuro de la compañía. Por ello, lo más indicado podría ser establecer un timing a medio y largo plazo, como se ha visto en las empresas analizadas en los casos de éxito, que se autocomprometen a cumplir metas de aquí a 2050, definidas por las COP celebradas y en consonancia con los ODS.

A continuación, se indican medidas de diferente índole, que las empresas podrían integrar en su cadena de suministro:

- Compras: Elección de proveedores sostenibles e incentivar y colaborar con los mismos en proyectos de mejora, elección de materiales reciclables/reciclados, compostables o provenientes de fuentes sostenibles.
- Producción: Consumir energía procedente de fuentes renovables, medidas de ahorro en consumo de agua, sustituir sustancias peligrosas por otras que sean menos dañinas siempre que sea posible, soluciones de envasado que puedan reciclarse o reusarse, sistemas de producción Just in Time, de forma que se evite la sobreproducción para no desperdiciar recursos o correr riesgos de stocks obsoletos, permitir la refabricación en el proceso productivo, llevar a cabo prácticas de simbiosis industrial, minimizar residuos a vertedero generados en el proceso de fabricación, implantación de Industria 4.0, fabricación 3D para la producción de piezas aftermarket de manera que no resulte costosa la fabricación de las mismas a la empresa y el cliente tenga la posibilidad de repararlo sin pagar excesivamente.
- Logística: Elección de flotas sostenibles, logística de última milla respetuosa con los ciudadanos, packaging innovador y sostenible, optimización del llenado del medio de transporte y del contenedor o pallet, hacer uso de plataformas colaborativas en el ámbito de la logística, destinar inversión a la logística inversa.
- Centros de distribución y venta: Poner a disposición del cliente centros de reparación o refabricación, fomentar el paso de producto a servicio, digitalización y automatización de procesos post-venta a través del IoT.

La CircularEconomy Toolkit [55], podría ser de gran utilidad para hacer un primer análisis de potenciales mejoras dentro de una organización. A partir de responder a una encuesta en su página, la herramienta la evalúa y propone acciones en función de la

situación de la organización en cuestión. Supone una manera fácil y rápida de conocer maneras de mejorar y detectar posibles focos de ineficiencias y despilfarros de recursos.

Además de todos los departamentos involucrados en la cadena de suministro, también es necesaria la implicación de otros ajenos a ella: ecodiseño, compromiso cliente final y contexto político favorable.

## 7.6 Indicadores

Tras ponerse manos a la obra en la integración de procesos y cambios en la organización, en virtud de aumentar la sostenibilidad y la circularidad de la empresa, el siguiente paso a cumplir sería la medición del progreso. Esta medición sería posible a través de la definición de una serie de indicadores o también llamados KPI.

A día de hoy, hay diferentes KPI que se utilizan en las finanzas, las operaciones y en el rendimiento de los recursos (agua, energía, recursos no renovables o residuos entre otros). Los KPI están basados en el tipo de industria, la metodología de producción y la estrategia comercial [56]. Haciendo una revisión de algunos propuestos, Olugu y col. (2011) elaboraron un indicador de la industria automotriz derivado de elementos como la sostenibilidad del proveedor, el coste de ecologización, el coste total de operaciones ambientalmente sostenibles, el nivel de material reciclado en el producto y el coste asociado al consumo de energía [57]. Domingo y Aguado (2015) y Durán et al. (2018) agregaron una dimensión de sostenibilidad a la OEE multiplicándola por un factor de sostenibilidad [58,59]. Sassanelli y col. (2019) mostraron un indicador de rendimiento de la economía circular (IPC) que puede medir la energía mínima requerida en la fabricación de un producto [60].

Actualmente, el concepto de economía circular aún está en fase de desarrollo, se están haciendo importantes esfuerzos en enfrentarse a uno de los grandes retos como es la estandarización de un marco, que instaure un lenguaje común para todas las empresas para poder medir sus progresos y guiarlas en sus estrategias, a la vez que estimular la ambición en mejorar sus resultados.

Existen empresas que cuentan ya con hojas de ruta y estrategias circulares y realizan sus propios informes de sostenibilidad a partir de marcos establecidos por ellos mismos, o también frecuentemente, recurren a los ODS para incluir cada indicador que han medido en la categoría relacionada directamente con ellos. Sin embargo, este tipo de marcos de medición, tratados en el apartado 2, están más enfocados a marcos globales y al sector

público. Por ello, ya existen actualmente diversas herramientas y certificaciones centradas en el sector privado que reflejan el esfuerzo empresarial que se está llevando a cabo. Algunas de las más conocidas son:

- **GRI Standars:** Elaborada por Global Reporting Initiative, es la herramienta más reconocida mundialmente para elaborar memorias de sostenibilidad, es personalizable y permite parcialmente una verificación. Sin embargo, su utilización requiere de mucho tiempo y recursos.
- **Circulytics®:** Esta herramienta fue diseñada por la Fundación Ellen MacArthur y ofrece la posibilidad de monitorear el progreso de una empresa, organización o incluso un producto de manera sencilla en su paso de economía lineal a circular. Por el contrario, no permite la personalización por lo que a según qué tipo de empresas es difícilmente adaptable y está únicamente centrado en la circularidad de los recursos, sin tener en cuenta otros aspectos relevantes.
- **Cradle to Cradle Certified™:** Es un certificado con gran reconocimiento y tiene en cuenta aspectos tanto ambientales como sociales. Su principal desventaja es que es aplicable tan solo a un producto y carece de indicadores relevantes.

A continuación, se presenta una tabla elaborada a partir de la revisión de diferentes indicadores propuestos por distintos autores, para tratar de realizar un análisis de qué indicadores se han propuesto a día de hoy, a qué categorías van enfocados y haciendo una recopilación de todas las fuentes consultadas, tratar de escoger los más óptimos para incluir en la hoja de ruta. Al existir multitud de ámbitos tanto en el sector productivo como en el sector servicios, cada organización deberá analizar los puntos clave de su cadena de valor y de suministro en los que centrar sus esfuerzos y profundizar en posibles mejoras, así como dejar de lado categorías que, por la naturaleza de su empresa, no estén presentes en su cadena.

Figura 17: Tabla revisión de indicadores

<b>Categoría</b>	<b>Indicadores</b>	<b>Fuente</b>
<b>Eficiencia en la utilización de recursos</b>	Huella Hídrica	ISO 14046
	Variación en el consumo de energía por unidad de producto	Propia
	Indicador de eficiencia de recursos basado en el valor (VRE)	[61]
	% Energías renovables sobre el total consumida	Propia
	% Materia prima de origen sostenible sobre la materia virgen	Propia

	Eco coste/Ratio de valor (EVR)	[62]
	Tipología de propiedades de calidad (TQP)	[63]
<b>Ecodiseño</b>	Nº de sustancias utilizadas prohibidas por CtC	[64]
	Tasa de reparabilidad	[65]
	Tasa de reciclabilidad	Propia
	Tasa de reutilizabilidad	Propia
	Tasa de refabricabilidad	Propia
	Circularidad packaging utilizado	[66]
	% de Productos vinculados a la CE	[67]
	Tasa de desmontabilidad	Propia
	<b>Reciclaje</b>	EOL - RIR
Métrica de circularidad a nivel de producto (PLCM)		[69]
Índice deseado de reciclaje (RDI)		[70]
Tasa de beneficio de reciclabilidad		[71]
Índice de Reciclaje (RI)		[72]
<b>Reutilización</b>	Evaluación reutilización de material (MRS)	[73]
	Indicador de potencial reutilización (RPI)	[74]
<b>Refabricación</b>	Perfil de productos de refabricación (REPRO)	[75]
	Tiempo efectivo de desensamblaje (EDT)	[76]
	Creación de valor ecoeficiente (EEVC)	[77]
	Métrica de facilidad de desensamblaje (DEI)	[78]
	Índice de esfuerzo de desensamblaje (eDiM)	[79]
	Herramienta de apoyo en la decisión de refabricación (DSTR)	[80]
<b>Gestión fin de vida y residuos</b>	Tasa de residuos a vertedero	Propia
	Tasa de valorización de residuos	Propia
	Tasa de residuos a vertedero interna	Propia
	Índice de fin de vida (EOLI)	[81]
	Herramienta de decisión de múltiples criterios de recuperación de productos (PR - MCDT)	[82]
	Metodología de diseño para la recuperación de valor de productos fuera de uso (EPVR)	[83]
	Índices de fin de vida - Metodología de diseño (EOLI - DM)	[84]
	Modelo matemático para evaluar el diseño sostenible y las opciones para el fin de la vida (SDEO)	[85]
	Modelo de práctica ampliada de cero residuos (EZWP)	[86]
	% Total de valor recuperado de residuos	Propia
	Tasa de beneficio de recuperación de energía	[71]
<b>Extensión ciclo de vida</b>	Indicador de Longevidad (LI)	[87]
	Utilidad (X)	[88]
	Vida media estimada de los productos	[88]
	% Productos comercializados como servicio	[67]
<b>Indicadores Globales</b>	LFI de un producto o de todos	[88]
	MCI de un producto	[88]
	Huella de carbono corporativa	ISO 14064
	Huella de carbono media por producto	ISO 14064
	Declaración medioambiental del producto (EPD)	ISO 14025



	Huella de carbono cadena logística	[89,90]
	Proyectos en economía circular	[67]
	% Inversión destinada al desarrollo de proyectos "verdes"	[67]
	% Facturación procedente de Modelos circulares	Propia
	Análisis de ciclo de vida ambiental (ACV)	ISO 14040
	Calculadora de Circularidad (CC)	[91]
	Indicador prototipo de economía circular (CEIP)	[92]
	Directrices de diseño de circularidad (CDG)	[93]
	Matriz de combinación (CM)	[94]
	Indicadores de sostenibilidad en CE (SICE)	[95]

Fuente: Elaboración propia

Como puede observarse, existe un abanico muy amplio de indicadores directamente relacionados con la CE. En la actualidad, la contaminación atmosférica es el criterio de sostenibilidad más valorado, dejando en un segundo plano otros que son valiosos para tener una perspectiva global del rendimiento y el desempeño de la organización.

En esta supuesta fase inicial en la que la compañía estaría dando sus primeros pasos clave en el ámbito de la CE, podría medirse el progreso mediante indicadores globales, que no fueran excesivamente complejos de medir e hicieran una recapitulación de los recursos utilizados por la empresa y los flujos que han entrado y salido de su proceso productivo. En función de los marcos de referencia vistos, el estudio de los casos, el análisis de procesos en cadenas de suministro lineales y circulares y los indicadores revisados en cada una de las diferentes categorías, se plantean los siguientes indicadores, como una primera toma de contacto en la medición del progreso de la CE:

**Eficiencia en la utilización de recursos:** La energía y el agua son dos recursos clave en los que se tiene que hacer hincapié en su eficiente uso por el impacto que genera su uso abusivo. En cuanto a la materia prima, si ésta proviene de fuentes sostenibles certificadas, podríamos estar seguros de que el proveedor en cuestión también sigue políticas respetuosas con el medio ambiente.

- Huella Hídrica medida mediante la normativa ISO 14046
- Variación consumo energía por producto =  $\frac{\left(\frac{E \text{ año } n}{n^{\circ} \text{ productos año } n} - \frac{E \text{ año } n-1}{n^{\circ} \text{ productos año } n-1}\right)}{\frac{E \text{ año } n-1}{n^{\circ} \text{ productos año } n-1}} * 100$
- % E. renovables =  $\frac{\text{Energía consumida procedente de fuentes renovables}}{\text{Energía total consumida}} * 100$
- % Materia prima sostenible =  $\frac{\text{Materia prima sostenible}_2}{A} * 100$

**Ecodiseño:** Un aspecto clave del ecodiseño, sería poner una nota a cada uno de los productos en función de los siguientes indicadores:

- Tasas de Reciclabilidad, Reutilizabilidad, Refabricabilidad y Reparabilidad: No son medibles objetivamente. Podrían calcularse a través de una medición estandarizada mediante auditorías medioambientales que usaran un mismo criterio y así tener una idea de cómo de bien diseñados están tus productos en función de los principios de la CE.
- Además, tener en cuenta también la circularidad del packaging utilizado por el gran uso que se hace de éste y el impacto que tiene un uso ineficiente del mismo.
- La declaración medioambiental del producto, añadido en el apartado ‘Indicadores Globales’ aporta información relevante acerca del ecodiseño del mismo, ya que el principal objetivo de esta ISO es medir el desempeño ambiental a lo largo de todas las etapas del ciclo de vida por las que va pasando.

**Reciclaje:**

- Índice de reciclaje =  $\frac{X_3}{X_3+X_2+X_1}$

**Reutilización:**

- Índice de reutilización =  $\frac{X_4}{LI}$

**Refabricación:**

- Índice de refabricación =  $\frac{X_5}{LI}$
- Índice de esfuerzo en desensamblaje: [79]

La cifra teórica se da mediante las tasas vistas en el ecodiseño, y en estos tres apartados, las tasas reales, añadiendo uno otro en refabricación que da cuenta de la facilidad con la que puede refabricarse/repárarse el producto.

**Gestión fin de vida y residuos:** A través de los tres primeros, definimos los otros tres caminos posibles que puede seguir el producto. El último da una idea de cuánto valor económico nos está aportando el establecimiento de estos flujos de retorno.

- Tasa de residuos a vertedero interna =  $\frac{\text{Residuos generados a vertedero}}{\text{Total de residuos generados relacionados con el proc.productivo}} * 100$
- Tasa de residuos del producto al final de su vida útil =  $\frac{X_1}{(X_1+X_2+X_3)}$
- Tasa de valorización del producto =  $\frac{X_2}{X_1+X_2+X_3}$
- % Valor recuperado de residuos =  $\frac{\text{Valor recuperado medio}}{\text{Valor inicial del producto}}$

X<sub>1</sub>, X<sub>2</sub>, X<sub>3</sub>, X<sub>4</sub>, X<sub>5</sub>, LI y A: Flujos definidos en figura 16, medidos como masa de material o de producto.

**Extensión ciclo de vida:** En esta categoría, resulta interesante compararse con la competencia, para medir el desempeño de los productos comercializados frente a los de la competencia, razón por la cual se selecciona el siguiente indicador:

- Utilidad (X) =  $\frac{\text{Vida media del producto}}{\text{Vida media de productos similares en el mercado}} * \frac{\text{Uso medio del producto}}{\text{Uso medio de productos similares en el mercado}}$  [88]

**Indicadores globales:** A través de la huella de carbono corporativa se puede ver el impacto que tiene cada uno de los eslabones de la empresa, aunque a menudo, operaciones subcontratadas como el transporte no se tienen en cuenta. Al centrarse este trabajo en el ámbito de la cadena de suministro, es interesante introducir la huella de la cadena logística que aportan diferentes maneras de calcularla. Por otra parte, los dos últimos nos darán una visión de cuánto invertimos y cuánto facturamos a cambio, interesante de saber, a la hora de ver si los proyectos que se ponen en marcha tienen cierto éxito.

- Huella de carbono corporativa: ISO14064
- Huella de la cadena logística [92,93]
- Declaración medioambiental del producto: ISO 14025
- % Facturación procedente de modelos circulares =  $\frac{\text{Fact.proy. circulares}}{\text{Fact.total}} * 100$
- % Inversión destinada al desarrollo de proyectos "verdes": [91]

## 8. Estudio comparativo entre cadenas de suministro lineales y circulares

La gestión de la cadena de suministro circular (CSCM) integra la filosofía de la CE en la SCM, ofreciendo una perspectiva nueva y convincente en el ámbito de la sostenibilidad de la SC. En consecuencia, el interés que despierta es cada vez mayor.

La incorporación de la circularidad en las cadenas de suministro ha sido considerada por muchos investigadores, profesionales y responsables políticos como un enfoque para que las empresas mejoren sus resultados de sostenibilidad (Ellen MacArthur Foundation 2014; Lewandowski 2016; Murray, Skene y Haynes 2015; Nasir et al. 2017; Smart et al. 2017) [96].

Para la sociedad, los productos etiquetados como ecológicos o sostenibles, en cierta manera relacionados con la CE, son vistos como un valor añadido. Según una encuesta de Mckinsey & Company (Shen et al. 2019), se determina que los clientes estarían dispuestos a pagar un 5% adicional por el producto ecológico en la misma versión que el no ecológico, señalando también que los consumidores están dispuestos a pagar más por productos que provienen de cadenas comprometidas con un impacto social y ambiental positivo [97].

Una SC lineal extrae recursos de la geosfera y la biosfera y desecha los productos End of Life (EoL), los materiales de embalaje, los residuos de múltiples etapas de la SC y los artículos no deseados acaban depositándose en vertederos. Una SC de bucle cerrado mejora el rendimiento ambiental devolviendo los productos y materiales de embalaje al productor para recuperar su valor (Guide y Van Wassenheve, 2006) [98].

Un estudio de las tendencias de la ciencia y tecnología de los alimentos (Vera Lavelli, 2021) concluye que las cadenas de suministro de alimentos circulares pueden generar potencialmente alimentos de valor añadido. Aunque estos bucles podrían conllevar también nuevos riesgos. Los principales desafíos son la probabilidad de contaminación de los alimentos y la pérdida de identificación de los mismos debido a la dispersión de los lotes. Por ello, es necesario un enfoque holístico de la investigación para integrar la estrategia de adición de valor con el análisis de riesgos y aplicar estudios de previsión y optimización a toda la SC. A nivel operativo, el IoT podría representar una poderosa herramienta de gestión. Además, el sistema de gestión dentro de una SC circular debería concebirse y aplicarse más allá del nivel de la empresa, con la participación de todos los

socios comerciales para garantizar una gran transparencia, interconectividad y, por tanto, eficacia [99].

Nasir et al. (2017), en el caso de estudio práctico que llevan a cabo de la gestión de la cadena de suministro ecológica en la construcción, demuestran las ganancias medioambientales en términos de emisiones de carbono, que pueden lograrse mediante algunos principios de la CE frente a los sistemas de producción lineales [96].

Aunque a priori parezca que los principios de la CE son fundamentalmente aplicables al sector primario y secundario, también tiene un abanico amplio de posibilidades en el sector servicios. Martínez-Ramos et al. (2019) en su estudio, hacen una revisión completa de todas las posibles acciones directamente relacionadas con la CE y con los ODS, que se podrían introducir en toda la cadena de suministro implicada en el sector hotelero, enfocándose en poner freno a la problemática medioambiental y también incorporando impactos positivos sociales que ello conllevaría [100].

Una de las empresas que mayor rédito ha sabido sacar de diseñar una cadena de suministro de bucle cerrado ha sido Grupo SAICA, líder en Europa en la fabricación de papel reciclado para la fabricación de cartón ondulado. La compañía con 78 años de historia de origen zaragozano, cuenta con cuatro divisiones que forman entre sí una cadena circular, donde una sirve de insumo para la otra, alcanzando porcentajes de aprovechamientos de residuos cercanos al 100% no solo en su propia organización, sino también para los clientes con los que trabaja.

Para dar mayor valor a su modelo de negocio, Saica cuenta con sus propios sellos de calidad “De residuos a recursos” que garantizan el cumplimiento de los más altos estándares de calidad en la valorización de residuos y en la consecución del objetivo de residuo cero a vertedero y el “Zero a vertedero” que distingue a aquellas empresas que alcanzan un porcentaje igual o superior al 95% de valorización neta de los residuos que generan incluyendo los rechazos generados en su preparación para el reciclado [101].

De esta manera, podría decirse que a través de su *know how*, Saica hace las labores de consultoría medioambiental en el estudio de la cadena de suministro de sus clientes y a su vez, les aporta un gran valor añadido, al ser reconocidos como empresas con cero residuos a vertedero al llevar a cabo la gestión integral de los mismos. Un ejemplo de esta exitosa simbiosis industrial, es la existente entre ellos y Nestlé, una de las compañías estudiadas en los casos de éxito. Como así lo destacan ambas compañías, “tras revisar de

forma periódica tanto las áreas de generación como la señalización de residuos para conseguir la correcta segregación de materiales en fábrica, verificar permanentemente las condiciones de almacenamiento intermedio y finales de los mismos y analizar cada residuo, Saica ha ofrecido la mejor opción de valorización dependiendo de su naturaleza, implementando un modelo de economía circular y sostenible en las fábricas de Nestlé en España, a través de la reintroducción de residuos en forma de nueva materia prima" [102].

Mediante un exhaustivo proceso de segregación, selección, lavado y procesado, Saica Natur ha recogido de las factorías españolas de Nestlé 9.000 toneladas de residuos de las cuales, 3.150 toneladas corresponden a cartón que recicla y convierte en más de 16 millones de embalajes de cartón 100% reciclado que vuelve a utilizar la compañía de alimentos y 131 toneladas a polietileno de baja densidad transparente, material plástico que se envía a la planta Natur Cycle Plus para transformarla en granza reciclada, recurso que posteriormente es reintroducido en un 50% en el packaging secundario o film de agrupación que utiliza Nestlé para algunas de sus marcas [103].

En este último proceso, Saica detalla que, a través de este plan de reciclaje de polietileno, se logra disminuir un 37% la huella de carbono de la materia prima y un 39% el consumo de agua necesaria para su fabricación.

Figura 18: Modelo de negocio circular de Grupo Saica



Fuente: [103]

En la figura 18 aparece la representación de ambos bucles cerrados comentados anteriormente, con los que Saica, además de fabricar mediante procesos sostenibles, ha creado ventajas competitivas frente a su competencia ya que el precio de gran parte de su materia prima utilizada en su proceso, al ser obtenida mediante el reciclaje de los propios productos que vende a sus clientes, no está sometido a las fluctuaciones que por ejemplo

se están viviendo hoy en día, y que hace que muchos fabricantes tengan que soportar grandes incrementos de costes o incluso ver peligrar el suministro de la materia prima.



Finalmente, los residuos generados en el proceso de fabricación del papel, los valoriza energéticamente en su propia planta de valorización energética para producir energía eléctrica destinada a su consumo interno y a la venta de la misma al mercado eléctrico español.

Como resultado de comparar las dos tipologías de SC, se puede concluir que implantar procesos circulares en una cadena lineal, supone mejorar tanto en sostenibilidad como en el rendimiento de la misma. Cada sector tendrá diferentes posibilidades, ya que las SC de cada empresa, son muy diferentes en función de la actividad que desarrollan, y más aún si tenemos en cuenta los procesos circulares, donde el producto en circulación, resulta clave a la hora de definir las posibilidades que se pueden dar en los flujos inversos. Destacar también el éxito del modelo de Saica que, gracias a estar a la vanguardia en economía circular, ha sabido diferenciarse de su competencia, sirviéndole como una de sus principales palancas para seguir creciendo y aportar valor a sus clientes.

## 9. Conclusiones

Una vez realizado el análisis de la economía circular en todos los apartados contemplados en este trabajo, y tras la consulta de multitud de fuentes de información, de las cuales en este trabajo se han incluido más de 100, se puede extraer como principal conclusión que la economía circular ha venido para quedarse, vista la importancia que se le está dando desde las instituciones públicas de la práctica totalidad de los países desarrollados.

Los ODS están funcionando como principal herramienta tanto para instituciones como para empresas para guiar su hoja de ruta hacia el camino de la sostenibilidad y, pese a que no hay una guía definida de acciones que tiene que llevar a cabo el sector privado, se están haciendo avances en ello y se puede ver un patrón de acciones repetidas en las empresas como se deduce en la conclusión de los casos de éxito.

Ya sea por iniciativa propia o por obligado cumplimiento, cada vez son más las empresas que se comprometen a ser más respetuosas con el medioambiente e incluso a introducir de lleno la economía circular en su día a día. A nivel institucional, concretamente en la Unión Europea, los flujos circulares se están introduciendo por el momento mediante las RAP que como se ha dicho, en 2025 entrarán en vigor nuevos productos y sectores que deberán cumplirla, además de medidas cada vez más restrictivas en materia de contaminación en todas sus formas. Por ello, es el momento idóneo para adelantarse a las restricciones y obligaciones que vayan entrando por parte de los gobiernos y profundizar en la búsqueda de oportunidades y potenciales beneficios de introducir procesos de la economía circular.

También se ha definido una serie de acciones por departamentos que cada empresa podría empezar por introducir en su cadena de suministro y una sencilla hoja de ruta que podría servir para tener unos conocimientos previos sobre cómo hacerlo. En cuanto a la medición del progreso, no hay una serie de indicadores estandarizados para ello, y a partir de la consulta de diferentes fuentes y del diseño de un posible diagrama de flujos en una cadena de suministro circular, se han aportado unos KPI que pueden ser válidos para tener una imagen global de los procesos circulares que se están llevando a cabo en una empresa, así como ver y comparar el progreso que se está haciendo.

Por otro lado, en las comparaciones hechas entre cadenas de suministro lineales y circulares, se hacen evidentes los claros beneficios que tienen los flujos circulares a nivel medioambiental y a nivel de recuperación de valor del producto, y por tanto a nivel de



beneficios. Supone un gran reto el establecimiento de estos flujos, ya que en muchos sectores, está aún por definir la manera en la que se gestionará, por eso resultará fundamental la asociación entre empresas y la colaboración público-privada.

El desarrollo de este estudio ha hecho que tenga actualmente muchos conocimientos en todo lo relacionado con la economía circular y alguna noción de cómo podrían aplicarse procesos de la misma en los procesos productivos y en concreto, en la empresa en la que actualmente trabajo. Además, tras investigar acerca del modelo productivo actual, en mi opinión es necesario ponerse ya manos a la obra para ponerle freno a esta sobreexplotación de la Tierra y pensar fuera de la caja para cambiar la manera de hacer las cosas y no quedarnos cómodos en seguir como se ha hecho siempre.

Como mejora y ampliación del proyecto, se podría continuar con el estudio en sectores concretos de procesos circulares en sus cadenas de suministro para lograr avances en el cómo hacerlo. También, otra ampliación interesante sería estudiar más a fondo las posibilidades que tiene la Industria 4.0 en la economía circular y cómo pueden ayudarse mutuamente en lograr tener mayor protagonismo.

## Bibliografía

1. Definición de Lionel Robbins. Citado por José Silvestre Méndez Morales, Fundamentos de Economía para la sociedad moderna, edición ebook 2020, p. 25.
2. Prieto-Sandoval, V.; Jaca, C.; Ormazabal, M. Towards a consensus on the circular economy. J.Clean. Prod. 2018, 179, 605-615. [Google Scholar] [CrossRef]
3. Kirchherr, J.; Reike, D.; Hekkert, M. Conceptualizing the circular economy: An análisis of 114 definitions. Resour. Conserv. Recycl. 2017, 127, 221-232.
4. REGLAMENTO (UE) 2020/852 DEL PARLAMENTO EUROPEO Y DEL CONSEJO de 18 de junio de 2020 relativo al establecimiento de un marco para facilitar las inversiones sostenibles y por el que se modifica el Reglamento (UE) 2019/2088. Art. 2, Apartado 9). Disponible en: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/ES/TXT/PDF/?uri=CELEX:32020R0852&from=es>
5. MITECO, 2020, “España Circular 2030, Estrategia Española de Economía Circular”. Página 5. [espanacircular2030\\_def1\\_tcm30-509532.PDF](https://www.miteco.gob.es/espanacircular2030_def1_tcm30-509532.PDF) (miteco.gob.es)
6. ECOEMBES (2020) “La economía circular en España”.
7. Grupo PRONET, Diego Martínez. “Logística inversa el valor del camino de vuelta”.
8. Publicación de Organización Naciones Unidas (ONU). Disponible en: <https://www.un.org/es/global-issues/population>
9. N. Z. Nasr, J. D. Russell, “Redefining Value – The Manufacturing revolution”. ONU, International Resource Panel, 2018. Disponible en: <https://www.resourcepanel.org/file/1105/download?token=LPqPM9Bo>
10. Comisión Europea. 09/2020. “Resiliencia de las materias primas fundamentales: trazando el camino hacia un mayor grado de seguridad y sostenibilidad”.
11. Comisión Europea - Comunicado de prensa. 03/2020. “Modificar nuestras pautas de producción y consumo: El nuevo Plan de acción para la economía circular muestra el camino hacia una economía competitiva y climáticamente neutra de consumidores empoderados”. Nuevo Plan de acción para la economía circular (europa.eu)
12. WWF, 07/2021. “Informe Planeta Vivo”

13. MITECO, 2019. “Clausura de la cumbre del clima”. COP25. Disponible en: COP25 (miteco.gob.es)
14. UN.org : Objetivos y metas de desarrollo sostenible
15. INE (2021): Indicadores de la Agenda 2030
16. INE (2021) Resumen Objetivo 12
17. Ellen MacArthur Foundation, 2015. “Delivering the Circular Economy a toolkit for Policymakers”; Ellen MacArthur Foundation: Cowes, UK. [Google Scholar]
18. Jabbour, A.B.L.D.S.; Jabbour, C.J.C.; Filho, M.G.; Roubaud, D. “Industry 4.0 and the circular economy: A proposed research agenda and original roadmap for sustainable operations” Ann. Oper. Res. 2018, 270, 273-286. [Google Scholar] [CrossRef]
19. Comisión Europea, 03/2020. “Nuevo Plan de acción para la economía circular por una Europa más limpia y más competitiva”. EUR-Lex - 52020DC0098 - EN - EUR-Lex (europa.eu)
20. Gobierno de Aragón, 2020. Disponible en: Aragón Circular - Aragón Circular (aragoncircular.es)
21. Tratado de funcionamiento de la Unión Europea (TFUE), Artículo 4, punto 2, apartado e).
22. Gobierno de España, 05/2021. Nota de Prensa: “El Plan de Recuperación destinará más del 40% de la inversión a la transición ecológica”. Disponible en La Moncloa. 06/05/2021. El Plan de Recuperación destinará más del 40% de la inversión a la transición ecológica [Prensa/Actualidad/Transición Ecológica y el Reto Demográfico]”
23. Banco Europeo de Inversiones, 2020. Los Estados miembros de la UE aprueban la Hoja de ruta del Banco Climático del Grupo BEI para el período 2021-2025 (eib.org)
24. Parlamento Europeo, 12/2020. “El impacto de la producción textil y de los residuos en el medio ambiente”. Disponible en: El impacto de la producción textil y de los residuos en el medio ambiente | Noticias | Parlamento Europeo (europa.eu)

25. Nestlé, 10/2020. “Plan Estratégico De Nestlé Hacia Cero Emisiones Netas Al 2050”. Disponible en: [nestle-net-zero-roadmap-es.pdf](#)
26. CEOE, 10/2018. “Estrategia de Economía Circular: Plan de reciclaje integral de cápsulas”. Nestlé, Madrid.
27. Nike, 2019. “Informe de impacto de Nike, Inc. De FY19. Resumen ejecutivo”. Disponible en: [Nike\\_Executive-Summary-2019\\_SpanishSpain.pdf](#)
28. John Hoke, Nike, Universidad de las Artes de Londres, Global Fashion Agenda, 05/2019. “Circularity workbook:Guiding the future of design”. Disponible en: [CircularityGuide.pdf \(nikecirculardesign.com\)](#)
29. Schneider Electric,02/2021. “Schneider Sustainability Impact, Extra-financial results Q4 2020”. Disponible en: [SSI Quarterly Results 2020 \(se.com\)](#)
30. Schneider Electric, 2021. EcoStruxure: IoT – Internet of Things | Schneider Electric España ([se.com](#))
31. Schneider Electric, 2021. “Schneider Sustainability Impact 2021-2025 program”. Disponible en: [Schneider Sustainability Impact - Q1 2021 report \(se.com\)](#)
32. Mercadona, 2019. “Memoria Medio Ambiente 2017 – 2018”. Disponible en: [memoria-medioambiental-2017-2018.pdf \(mercadona.es\)](#)
33. Ramirez Juidias, Emilio. Galán Ortiz, Laura. “El Ecodiseño como herramienta básica de gestión industrial”. Universidad de Sevilla. Kripsol Intermark, S.L. 2006. Disponible en: [EL\\_ECODISEÑO\\_COMO\\_HERRAMIENTA\\_BSICA\\_DE\\_GE20160707-16069-1399mo9-with-cover-page-v2.pdf \(d1wqtxts1xzle7.cloudfront.net\)](#)
34. ECOEMBES. “Reducir, reutilizar y reciclar” (2019). Disponible en: <https://ecoembesdudasreciclaje.es/reducir-reutilizar-reciclar/>
35. Aclima. “La economía circular ya es real: 6 ejemplos que lo demuestran”. 2016. (Artículo en Consumer por Kristina Apiñaniz) – Aclima
36. Schempp, Christian; Hirsch, Peter. 03/2020. “Categorisation System for the circular economy”. Comisión Europea. Disponible en: [KI0420074ENN.en.pdf](#)
37. Kristensen. Mosgard. “A review of micro level indicators for a circular economy – moving away from the three dimensions of sustainability?” 2019. Science Direct.

38. MITECO, Memoria anual de generación y gestión de residuos. Disponible en: Memoria anual de generación y gestión de residuos (miteco.gob.es)
39. Chopra, Sunil y Meindl, Peter. “Administración de la cadena de suministro. Estrategia, planeación y operación”. 3ª edición. Pearson Educación, México, 2008.
40. Nascimento, D.L.M.; Alencastro, V.; Quelhas, O.L.G.; Caiado, R.G.G.; Garza-Reyes, J.A.; Rocha-Lona, L.;”Manuf. Technol. Manag.” 2019, 30, 607-627.
41. Luttwak, E.A (1971). “Dictionary of Modern War”. Nueva York, Harper & Row.
42. Ramírez, A. “La Logística inversa como fuente de ventajas competitivas y su relación con la gestión del conocimiento” Universidad de granada. 2007.
43. Diario Oficial de la Unión Europea, 11/2008. DIRECTIVA 2008/98/CE. Disponible en: L\_2008312ES.01000301.xml (europa.eu)
44. AEMA, 11/2019. “Allanando el camino para una economía circular”.
45. Laila Cure Vellojín, Juan Carlos Meza González y René Amaya Mier, “Logística inversa: una herramienta de apoyo a la competitividad de las organizaciones”, Ingeniería y desarrollo, núm. 20, 2006.
46. Circle Economy, PGGM, KPMG, WBCSD, EBRD. “How business as usual is a threat to companies and investor”. 2018. Disponible en: ‘Linear Risks’: How Business As Usual Is A Threat To Companies And Investors - Insights - Circle Economy (circle-economy.com)
47. Deloitte. “The hidden value of in Reverse Logistics”. 2014. Disponible en: BE\_POV\_Supply-chain-strategy\_20140109.pdf (deloitte.com)
48. Accenture. “La ventaja circular”. 2019.
49. Engadget. Publicación web disponible en: ¿Cada cuánto deberíamos cambiar de móvil o tablet realmente? | Engadget
50. Nataly Suarez. “Economía Colaborativa”. Universidad de Valladolid. 2016.
51. Vandermerwe; Rada. “Servitization of business: Adding value by adding services”. 1988. European Management Journal, Volumen 6.
52. PWC. “La industria 4.0 activa la economía circular”. Disponible en: La industria 4.0 activa la economía circular (pwc.com.ar)

53. Rodríguez, E; Villanueva, P. “Economía circular en la industria 4.0”. ATIGA. 2020. Disponible en: ATIGA - Economía circular en la industria 4.0
54. Mckinsey. “Artificial intelligence and the circular economy”. Disponible en: Artificial intelligence and the circular economy: AI as a tool to accelerate the transition | McKinsey
55. Herramienta disponible en el siguiente enlace: Circular Economy Toolkit
56. Micheli, G.J.; Cagno, E.; Mustillo, G.; Trianni, A. “Green supply chain drivers, practices and performance: A comprehensive study on the moderators.” J.Clean. Prod. 2020, 259, 121024.
57. Olugu, E.U.; Wong, K.Y.; Shaharoun, A.M. “Development of key performance measures for the automobile green supply chain”. Resour. Conserv. Recycl. 2011, 55, 567-579.
58. Domingo, R.; Aguado, S. “Overall Environmental Equipment Effectiveness as a metric of a Lean and Green Manufacturing System”. Sustainability 2015, 7, 9031-9047.
59. Durán, O.; Capaldo, A.; Acevedo, P.A.D. Sustainable Overall Throughputability Effectiveness (S.O.T.E) as a metric for production Systems. Sustainability 2018, 10, 362.
60. Sassanelli, C.; Rosa, P.; Rocca, R.; Terzi, S. Circular economy performance assessment methods: A systematic literatura review. J. Clean. Prod. 2019, 229, 440-453.
61. Di Maio et al. (2017).
62. Scheepens et al. (2016).
63. Lacovidou et al. (2019).
64. McDonough Braungart Design Chemistry, LLC. "Banned Lists of Chemicals". Cradle to Cradle Certified. Version 3.0, 2012.
65. Ifixit. “Calificación de reparación de Smartphones”.
66. Ds Smith. “Circular Design Metrics, How circular is your packaging?”
67. Forética. “La medición de la economía circular”.

68. Vercalsteren, An; Maarten, Chistis; Van Hoof, Veronique. "Indicators for a circular economy". Department of Economy Science & Innovation. Ce-centre.be.
69. Linder et al. (2017)
70. Mohamed Sultan et al. (2017).
71. Vercalsteren, An; Maarten, Chistis; Van Hoof, Veronique. "Indicators for a circular economy". Department of Economy Science & Innovation. Ce-centre.be.
72. Van Schaik and Reuter (2016).
73. Cradle to Cradle Products Innovation Institute. (2016).
74. Park and Chertow (2014).
75. Zwolinski et al. (2006).
76. Marconi et al. (2018). Mandolini et al. (2018).
77. Vogtlander et al. (2017).
78. Vanegas et al. (2018).
79. Das et al. (2000).
80. Van Loon and Van Wassenhove (2018).
81. 4 Lee et al. (2014)
82. 8 Alamerew and Brissaud (2018)
83. 9 Cong et al. (2019)
84. 7 Favi et al. (2017)
85. 9 Ameli et al. (2019)
86. 7 Veleva et al. (2017)
87. Franklin-Johnson et al. (2016)

88. ELLEN MACARTHUR FOUNDATION AND GRANTA DESIGN. "Circularity Indicators". Mayo 2015.
89. Mango, ESIC. "HERRAMIENTA PARA CALCULAR LA HUELLA DE CARBONO DE UNA CADENA LOGÍSTICA". Cátedra Mango. 2015.
90. AECOC. "Medición de la huella de carbono en logística". Disponible en: [Medición de la Huella de Carbono en Logística \(aecoc.es\)](http://www.aecoc.es)
91. IDEAL&CO Explore. (2016).
92. Cayzer et al. (2017).
93. Bovea and Perez-Belis. (2018).
94. Figge et al. (2018).
95. Mesa et al. (2018).
96. Miying Yang, Palie Smart, Mukesh Kumar, Mark Jolly & Steve Evans (2018). Product-service systems business models for circular supply chains, *Production Planning & Control*, 29:6, 498-508, DOI: 10.1080/09537287.2018.1449247.
97. Anderson-Seminario, Alvarez-Risco. "Economía circular y las estrategias de precios"2021, Universidad de Lima.
98. Muhammad Farooque, Abraham Zhang, Matthias Thürer, Ting Qu, Donald Huisingh. "Circular supply chain management: A definition and structured literature review". *Journal of cleaner production*. 2018.
99. Vera Lavelly. "Circular food supply chains – Impact on value addition and safety". *Science Direct*. 2021.
100. Martínez-Ramos et al. "CERRANDO EL CÍRCULO EN LA INDUSTRIA HOTELERA: DE LOS ODS A LA ECONOMÍA CIRCULAR" Universidad Jaume I. 2019.
101. Saica. "Saica natur lanza sus sellos de calidad 'De Residuos a Recursos' con la colaboración de TÜV SÜD" Madrid. 2019.
102. Nestlé. "Las 10 fábricas de Nestlé en España ya son cero residuos a vertedero". Saica. Nestlé. 2020. Disponible en: [plantilla Gabinete de Prensa \(nestle.es\)](http://www.nestle.es)



103. Saica. “Nestlé convierte los residuos plásticos de sus fábricas en plástico reciclado para sus embalajes con la colaboración de grupo Saica”. 2021. Disponible en: Nestlé convierte los residuos plásticos de sus fábricas en plástico reciclado para sus embalajes, con la colaboración de Grupo Saica