

HACIA LA ECONOMÍA CIRCULAR INTELIGENTE

El papel de la digitalización



Dossier 2020
Foro de Desarrollo Digital y Sociedad

ESPAÑA
DIGITAL
Fundación España Digital

© 2020 FUNDACIÓN ESPAÑA DIGITAL

Plaza de Castilla 3, 28046, Madrid; España | informacion@espanadigital.org |
www.espanadigital.org

Elaboración y coordinación: **Fundación España Digital**

Editado por **Ateneo Círculo Minerva** - www.circulominerva.es

Título: Hacia la economía circular inteligente – El papel de la digitalización

Documento base de Totti Könnölä, Insight Foresight Institute, debatido y concluido por Manuel Aguirre, Oscar Corcho, Fernando Davara, Esteban Egea, Francisco Lara, José Manuel Leceta, Juan Zafra; moderado por Juan Mulet.

Diseño gráfico: ACM

Primera Edición: Mayo de 2020

Copyright: Reservados todos los derechos. No se permite la reproducción total o parcial de esta obra, ni su incorporación a un sistema informático, ni su transmisión en cualquier forma o por cualquier medio (electrónico, mecánico, fotocopia, grabación u otros) sin autorización previa y por escrito de los titulares del *copyright*. La infracción de dichos derechos puede constituir un delito contra la propiedad intelectual.

INDICE

1. Introducción.....	4
1.1 Antecedentes	4
1.2 Objetivo	5
2. El reto de la economía circular	6
2.1 Creación del valor en la economía circular	6
2.2 Los niveles de cambio en la economía circular.....	8
3 La digitalización como palanca de cambio hacia un nuevo sistema circular	10
3.1 Las tecnologías digitales en la economía circular.....	10
3.2 Las barreras en la digitalización hacia la economía circular.....	12
4 Impulso digital en la implementación del cambio del sistema. Casos.....	13
4.1 Caso 1: Gestión de ciclos cerrados y técnicos – la eMovilidad urbana circular.....	14

4.2	Caso 2: Gestión de ciclos abiertos y biológicos – la agricultura digital y circular	16
4.3	Caso 3: Coordinación de ciclos abiertos y cerrados – el turismo circular digitalizado	18
4.4	Conclusiones sobre el potencial de la digitalización y la economía circular	20
5	Líneas de actuación para fomentar el papel de la digitalización en la Economía Circular	21
5.1	Desarrollo del entorno favorable	21
5.2	Dinamización de los actores clave	22
6	Bibliografía.....	25
7	Anexos.....	27
7.1	Anexo I: Movilidad – startups	27
7.2	Anexo II: Agritech – startups.....	27
7.3	Anexo III: Turismo – startups	28

Participantes

En la elaboración de este dossier, producido en el marco del Foro de Desarrollo Digital y Sociedad de la Fundación España Digital, han participado las siguientes personas:

Autor del documento base para el debate

Totti Könnölä; Managing Director, Insight Foresight Institute (IFI)

Participantes en el debate

- Manuel Aguirre; Socio Fundador, Sostinendo
- Oscar Corcho; Ontology Engineering Group. Universidad Politécnica de Madrid
- Fernando Davara; Fundación España Digital
- Esteban Egea; Fundación España Digital
- Francisco Lara; Fundación España Digital
- José Manuel Leceta; Presidente del Consejo Asesor de Alto Nivel de IFI
- Juan Zafra; Fundación España Digital

Moderador

- Juan Mulet; Fundación España Digital

1. Introducción

1.1 Antecedentes

El modelo económico que la sociedad ha vivido hasta ahora es el llamado lineal, que sigue la secuencia: extraer – fabricar – usar – tirar, que exige grandes cantidades de energía y otros recursos baratos y de fácil acceso, con evidentes consecuencias medioambientales negativas. El consumo de estos recursos está llegando al límite de su capacidad física. En la gestión de recursos naturales las empresas van buscando cada vez más las soluciones en las que todos ganan (win-win), es decir que aportan de forma simultánea una mayor competitividad empresarial y un mejor resultado medioambiental.

Una alternativa que tiene cada día más defensores es la llamada Economía Circular, basada en los tres principios siguientes:

- diseñar para reducir el despilfarro y la polución;
- mantener en uso los equipos y materiales más tiempo; y
- regenerar los sistemas naturales.

La aplicación de estos tres principios implica el cambio de las cadenas de valor y de los modelos de negocio, que hagan posible la transformación de toda la economía hacia un nuevo paradigma de sistema más sostenible (Kirchherr, Reike y Hekkert, 2017).

Este concepto está captando interés tanto de las empresas y como de los responsables políticos. En diciembre de 2014, la Comisión Juncker se comprometió a hacer uso de sus nuevos métodos de trabajo horizontales para presentar, basándose en las competencias de todos los servicios de la Comisión, un nuevo paquete sobre la Economía Circular referido a todo el ciclo económico, y no solo a objetivos de reducción de residuos, (EEA, 2016).

Desde entonces se han evaluado los logros y se han añadido nuevas medidas para allanar el camino hacia una Economía Circular. Según, el nuevo acuerdo verde 'The New European Green Deal' (European Commission, 2019), la Comisión europea adoptará una estrategia industrial de la UE en marzo 2020 para abordar el doble desafío de la transformación verde y digital. El objetivo es aprovechar el potencial de la transformación digital, que es un facilitador clave para alcanzar los objetivos del Acuerdo Verde. También en España, el Gobierno ha elaborado la estrategia para impulsar la transición a la Economía Circular (MINECO, 2018).

Entre diferentes áreas de mejora, quizás lo que menos se ha aprovechado son las tecnologías digitales¹, a pesar de su gran potencial especialmente para conectar en tiempo real los actores y activos en nuevos ecosistemas, y así posibilitar el cambio sistémico en la economía.

Estas tecnologías ofrecen una adecuada herramienta para gestionar la información y el conocimiento, que aseguran el éxito de cualquier transformación y también de ésta. Se podrán concebir nuevas herramientas informáticas que faciliten otras formas de diseñar, gestionar y monitorizar actividades. Un adecuado proceso digital de los flujos de información hará posible el mantenimiento de máquinas y la logística de residuos dentro de canales que aseguren su reutilización. La generación y ahorro de energía y la regeneración de los sistemas naturales pueden encontrar mejores vías si la ingente información que generan es tratada con la ayuda de las emergentes tecnologías cognitivas y de la Inteligencia Artificial (Morlet et al., 2016).

Esto significa mirar más allá del concepto 'Green TIC', que se puede definir como "el conjunto de soluciones de tecnologías de la información y de la comunicación optimizadas desde el punto de vista del consumo energético y la responsabilidad con el medio ambiente".

Tras ser aplicada en distintos ámbitos sociales y sectores productivos, la digitalización permite reducir notablemente los niveles de emisiones y el impacto contaminante de la actividad humana en el medio ambiente. Más allá de reducir el impacto del sistema económico actual, se propone en este documento aprovechar el potencial de la digitalización para cambiar el modelo de la economía lineal actual hacia el nuevo sistema de la Economía Circular.

1.2 Objetivo

El objetivo general de este documento es explicar la conexión entre la digitalización y la Economía Circular, y sugerir actuaciones que puedan acelerar, gracias a las Tecnología de la Información y Comunicación (TIC), la implementación de este nuevo modelo económico.

Más en detalle, los objetivos específicos son:

- Fundamentar el papel de la digitalización en el camino hacia la Economía Circular.
- Identificar áreas de aplicación digital para fomentar la Economía Circular.
- Sugerir actuaciones para la digitalización de la economía hacia modelos circulares.

¹ En la misma forma en que la digitalización de las empresas y la sociedad se ha demostrado esencial para el desarrollo económico y social, y en ser un motor de la innovación y de la competitividad, aquella puede jugar también un papel clave para alcanzar una Economía Circular.

2. El reto de la economía circular

La búsqueda de sostenibilidad está provocando respuestas innovadoras más allá de la gestión convencional de residuos o emisiones. Hoy en día, los empresarios están cada vez más expuestos a decisiones estratégicas vinculados con el medioambiente. Se trata incluso de los cambios en las cadenas de valor y en los modelos de negocio que al final conduzcan a la transformación del mercado hacia soluciones más sostenibles. Entre otros conceptos que provienen de la escuela de pensamiento de la ecología industrial, la economía circular es una simple, pero convincente estrategia que trata del análisis de los flujos físicos de recursos.

2.1 Creación del valor en la economía circular

En la Economía Circular, el potencial de creación del valor se debe principalmente a la extensión de la vida útil de los activos, al aumento de la intensidad de uso de los activos, a la reducción del empleo de materiales vírgenes y de la generación de residuos y la creación de externalidades negativas, al menos en las siguientes maneras (ver también, Morlet et al., 2016):

- **Mantenimiento y la extensión de la vida útil de los activos.** Mantener los productos, componentes y materiales en uso durante más tiempo significa que se reduce la necesidad de producir más activos a partir de nuevos recursos, mientras que se retiene el valor generado por la fabricación. Esto se puede lograr diseñando productos que sean más duraderos y fáciles de actualizar, reparar o mantener, e implementando un mantenimiento predictivo para prevenir fallos irreversibles, que podrían finalizar el ciclo de vida de un activo. Este factor de valor también implica reducir el consumo de un recurso finito, como es el combustible fósil.
- **Aumento de la utilización de un activo.** Habría que maximizar la utilización de los activos, ya sea compartiéndolos entre los usuarios (intercambio entre pares de activos de propiedad privada y utilización múltiple de activos públicos) o permitiendo una mayor productividad de activos o recursos en las operaciones. Se trata especialmente del aumento de uso de activos con menores externalidades negativas, así como la utilización de recursos renovables.
- **Revalorizar en cascada (bucles).** Hay que aprovechar los activos o recursos en su fin de uso de un ciclo y darles uno nuevo. La revalorización en cascada incluye remanufacturar o restaurar el activo antes de ingresar a un nuevo ciclo de uso, y si no, el reciclaje de materiales para reemplazar los recursos vírgenes en la fabricación de nuevos activos. Los activos o recursos en cascada significa moverlos 'en cascada' hacia mercados secundarios o usos de menor valor.

- **Regeneración de capital natural.** Se trata de la conservación y la mejora de la productividad a largo plazo de los sistemas naturales como el suelo, los océanos, los bosques y los humedales. Esto incluye devolver los nutrientes biológicos y el carbono a la tierra, evitar la erosión del suelo y la lixiviación de nutrientes, y reponer los nutrientes perdidos y las capas del suelo, así como administrar las reservas marítimas de manera sostenible.
- **Virtualización de los activos.** La virtualización es el acto de entregar la utilidad virtualmente. Esto afecta a los modelos de distribución tradicionales, lo que reduce, o incluso elimina, la necesidad del producto físico. Los ejemplos en los que la utilidad se entrega (en parte) virtualmente incluyen el uso generalizado de música digital, películas y libros, así como las tecnologías de fabricación aditiva emergentes, comúnmente conocidas como impresión 3D. La utilidad de los productos digitales se entrega directamente al cliente de manera virtual, interrumpiendo la distribución tradicional de copias impresas y eliminando la necesidad de empaquetamiento.

Como ya se ha mencionado, un reciclaje eficaz requiere que las empresas modifiquen sus modelos de producción y se planteen la recuperación de los productos que han llegado al fin de su vida útil. Requiere cerrar el ciclo y diseñar [un sistema de logística inversa](#) para recuperar los productos obsoletos. Esto ya es una realidad para la mayoría de los productores de acero y aluminio. Se calcula que el 80 por ciento del aluminio producido en todos los tiempos sigue en circulación.

Según denuncia la Comisión Europea en su plan de acción, el mayor desafío para los gestores es desarrollar una aproximación holística de gestión involucrando las distintas partes interesadas, gestionar de forma proactiva su compromiso con el desarrollo y beneficiarse de las sinergias con el objeto de evitar sorpresas desagradables. Especialmente en lo referente a la aceptación por parte del usuario o a la falta de apoyo institucional.

Sin embargo, en gran parte, los logros conseguidos con estas aproximaciones han sido incrementales y parciales, sin realmente cambiar la lógica de la economía lineal e insostenible. A diferencia de estas mejoras incrementales, se pueden [lograr, con la ayuda de las oportunidades de la digitalización, mejoras ambientales de largo alcance mediante acciones más fundamentales y estratégicas](#). Con ello sería posible transformar los modelos de negocio y las organizaciones relacionadas.

Para aprovechar realmente de esta oportunidad, la Economía Circular debería basarse en un cambio del sistema, lo que exige una transformación más radical, en lugar de un giro incremental de lo que ocurre actualmente.

2.2 Los niveles de cambio en la economía circular

Según Carrillo-Hermosilla, del Río González y Könnölä (2009), la Economía Circular puede implementarse según tres enfoques, o niveles de cambio, diferentes y, a lo mejor, sucesivos:

- i) Adición de componentes,
- ii) Cambio de subsistemas, y
- iii) Cambio del Sistema.

Como queda reflejado en la figura siguiente, el máximo de sostenibilidad económica y medioambiental se consigue con un cambio de sistema.

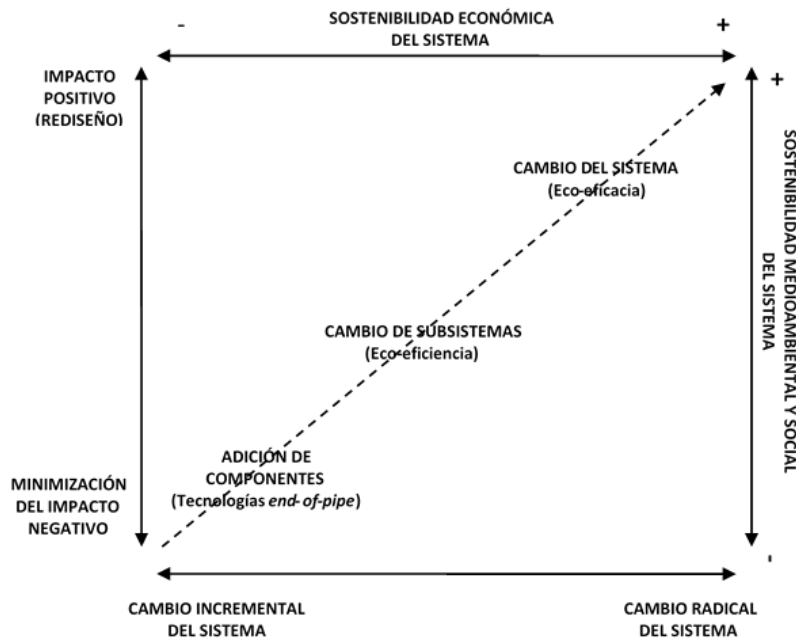


Figura 1. Marco conceptual para el diseño en la economía circular con base en los cambios incrementales y radicales, y en los impactos positivos y negativos en el medio ambiente.

La máxima sostenibilidad y competitividad será más probable en la esquina superior derecha del cuadro.

Fuente: Carrillo et al. 2009

En realidad, los dos primeros enfoques expuestos (adición de componentes y cambio de subsistemas) consideran a las actividades humanas como incompatibles con el entorno natural, fijándose en los efectos negativos que tienen los sistemas artificiales creados por el hombre.

El tercer enfoque, por el contrario, se centra en el rediseño de los sistemas artificiales. El cambio proyectado contribuye a rediseñar el sistema en su conjunto hacia una mayor biocompatibilidad y un mayor valor añadido del producto, servicio o proceso en cuestión, y así alcanzar la verdadera Economía Circular. Dentro de esta concepción sistémica, el enfoque del diseño medioambiental ofrece dos vías alternativas:

- 1) **la de ciclos cerrados y técnicos**, que busca diseñar la manera de volver a introducir los productos que han terminado su vida útil en nuevos procesos productivos, para obtener otros productos nuevos con el mismo o mayor valor, y
- 2) **la de ciclos abiertos y biológicos**, enfocada a diseñar productos que sean biodegradables y se transformen en nutrientes para otros ciclos del ecosistema.

3 La digitalización como palanca de cambio hacia un nuevo sistema circular

Un rápido aumento en el número de activos inteligentes está cambiando la forma de la economía, y este desarrollo creará un valor significativo. Se espera que la cantidad de dispositivos conectados aumente hasta 50 mil millones para 2020. Un creciente cuerpo de investigación indica que especialmente Internet de las cosas (IoT) ofrece una oportunidad de un billón de dólares, gracias a la mejora de los procesos de producción y distribución y, quizás más importante, un cambio significativo en la forma en que se utilizan los productos (McKinsey&Company, 2015).

Por ello, lo que está en juego no es solo un cambio incremental o una digitalización gradual del sistema como lo conocemos, sino **un reinicio: la conectividad generalizada e implementada a escala tiene el poder de redefinir la generación de valor y transformar la economía** lineal hacia una economía que restaura y regenera los activos. Por ello, en este documento, consideramos especialmente el papel de la digitalización en el desarrollo de soluciones para habilitar el cambio del sistema hacia el tercer enfoque de la Economía Circular antes descrito.

3.1 Las tecnologías digitales en la economía circular

La tecnología digital ha permitido un cambio fundamental en la forma en que funciona la economía, ofreciendo posibilidades de virtualización radical, desmaterialización y mayor transparencia en el uso de productos y flujos de materiales, al mismo tiempo que se crean nuevas formas de operar y participar en la economía para productores y usuarios (Sukhdev et al., 2017).

La digitalización se refiere en general a las nuevas tecnologías digitales que actualmente están transformando la economía. En base a la combinación de los sistemas ciberfísicos de producción, Big Data, la minería y el análisis de datos, la Internet de las cosas (IoT) y los nuevos mercados, los nuevos modelos de negocio proporcionan grandes oportunidades hacia una creación de valor económico más sostenible, que propician la captura de valor por la Economía Circular. Estas oportunidades nacen de muy diferentes áreas tecnológicas:

- **Información adquirida por sensores y a través del etiquetado:** La internet de las cosas (IoT) habilita la comunicación entre dispositivos y objetos. Los objetos se conectan por ejemplo mediante un tag RFID, que permitirá que el objeto sea identificable unívocamente. Las tecnologías de etiquetado de activos pueden proporcionar información sobre la condición y disponibilidad de productos, componentes o materiales. A su vez, esta información puede ayudar a extender el uso de un activo, aumentar su utilización, hacer un bucle o una cascada a través de ciclos de usos adicionales, y también ayudar a regenerar el capital natural. Por ejemplo, prolongar el ciclo de vida de un automóvil al monitorear sus patrones de uso y condición a través de sensores puede activar alertas sobre los problemas a medida que aparecen, para permitir una solución fácil y rápida (Sukhdev *et al.*, 2017).
- **Información geoespacial:** cuando esta tecnología se combina con los datos adquiridos de sensores y del etiquetado de activos, la información geoespacial puede proporcionar visibilidad sobre el flujo de materiales, componentes, productos y personas (p.ej. los patrones de rutas de movilidad óptimas, picos y valles de demanda de energía, congestión y generación de residuos) (Sukhdev *et al.*, 2017).
- **Integración de datos:** la combinación de la gestión de bases de datos relacionales (RDBMS) y la del ciclo de vida de productos (PLM) ofrece grandes oportunidades (Bressanelli *et al.*, 2018). Por ejemplo, la capacidad de visualizar el tráfico y la información sobre la contaminación en mapas base, junto con información valiosa de otras fuentes (por ejemplo: datos del censo, datos de información material) permite a los expertos predecir y planificar estrategias específicas para abordar problemas de congestión y contaminación, pero también permite que los ciudadanos entiendan y aprendan lo que muestran los datos, cuando tienen un formato accesible y comprensible (Sukhdev *et al.*, 2017).
- **Análisis de datos ('Big data')**: los métodos avanzados de aprendizaje automático y de inteligencia artificial (IA) en tiempo real y conectada entre activos y sus sistemas pueden ya utilizarse incluso en la escala global (Bressanelli *et al.*, 2018). La capacidad de cálculo actual permite superponer patrones generales de comportamiento humano con la información agregada recibida del seguimiento de activos e información geoespacial. Por ejemplo, se pueden predecir patrones de consumo de energía a nivel local, lo que permite ofrecer en tiempo real opciones de transporte para evitar los flujos de tráfico en hora punta. Aprovechando las capacidades avanzadas de procesamiento, las computadoras actuales pueden realizar análisis complejos y ágiles que ayudarán a determinar y desplegar las soluciones más efectivas a una velocidad y calidad sin precedentes (Sukhdev *et al.*, 2017).

- **Conectividad:** el acceso amplio y fácil a las aplicaciones desde terminales (p. ej. teléfonos) inteligentes permite una mayor conexión entre las personas y entre las personas y los activos. Con esto es posible diseñar modelos de negocio circulares, tales como plataformas de arrendamiento y uso compartido, logística inversa, sistemas de devolución y remanufactura distribuida. Por ejemplo, los modelos de negocios como Uber, Airbnb o BlaBlaCars no serían factibles sin una aplicación accesible que conecte los activos a las personas que les gustaría usarlos (Sukhdev *et al.*, 2017).

El uso creciente y fácil de tecnologías digitales, como la utilización de inteligencia artificial o la tecnología 'blockchain', ofrecen nuevas formas para mejorar la trazabilidad y la transparencia durante toda la vida útil del producto. También los productos inteligentes y conectados permiten a los empresarios monitorear, controlar, analizar y optimizar el rendimiento de los activos y recopilar datos de uso. Así los datos actuales recogidos, integrados y analizados de los activos se van sumando a los históricos, lo que facilita el rediseño de tecnologías, materiales y los propios modelos de negocio e, incluso, inducir el cambio de comportamiento de los ciudadanos.

3.2 Las barreras en la digitalización hacia la economía circular

Sin embargo, existen barreras importantes para llegar a hacer realidad esta visión. En un primer intento y de forma general, pueden clasificarse sus orígenes en tres grandes grupos:

- i) Organizacionales y culturales (p. ej. falta de talento o rechazo a la innovación abierta)
- ii) Legales y fiscales (p. ej. protección de la confidencialidad, lógica de los aranceles)
- iii) Tecnológicas (p. ej. dificultades de interoperabilidad)

Pero existen además barreras en aspectos mucho más concretos, por ejemplo en las transacciones económicas en tiempo real, que se ven dificultadas por su coste, múltiples verificaciones e incluso por una escasa integración tecnológica (Ritzén y Sandström, 2017; Araujo Galvão *et al.*, 2018).

El pleno éxito de la Economía Circular difícilmente se alcanzará si estas y otras barreras no son tomadas en consideración por los actores clave, que deberán apoyar además una eficaz coordinación entre ellos.

4 Impulso digital en la implementación del cambio del sistema. Casos

Hoy en día es posible encontrar numerosas soluciones digitales ya puestas en práctica para llegar a una Economía Circular. Gran parte de sus logros se han sido debidos a los esfuerzos en el nivel de componentes o subsistemas, y han obviado impulsar un cambio en todo el sistema para llegar a una plena Economía Circular. Este cambio de sistema necesita de una colaboración interorganizacional y del desarrollo y aplicación de nuevas soluciones tecnológicas que permitan la distribución de responsabilidades (p.ej. blockchain) y más inteligencia (p.ej. smart grids).

La Estrategia Española de Economía Circular, España Circular 2030 (MINECO, 2018), focaliza sus políticas e instrumentos en los siguientes ejes: producción, consumo, gestión de residuos, materias primas secundarias, y reutilización del agua. En todos ellos es posible comprobar las posibilidades de la digitalización para acelerar su transición a una Economía Circular.

A modo de ejemplo se desarrollan a continuación tres hipotéticos casos que muestran una secuencia de los tres enfoques descritos en el punto 2.2.

En su elección se han tenido en cuenta los Ejes de la Estrategia Española, porque cubren prácticamente a todos ellos, aunque están enfocados desde la perspectiva de tres sectores productivos: transporte, agroalimentación y turismo.

Dos de estos casos acaban en el nivel de cambio de sistema en una de las dos variantes enunciadas en aquel punto del documento. El caso de transporte (eMovilidad urbana) es un ejemplo de Ciclo cerrado técnico. El del sector agroalimentario lo es de un ciclo abierto y biológico, mientras que el tercero punto, y el de Turismo, representa una solución mixta.

En el cuadro siguiente se especifica el contenido de cada uno de sus niveles.

	CASO 1	CASO 2	CASO 3
	Gestión de ciclos cerrados y técnicos La eMovilidad urbana circular	Gestión de ciclos abiertos y biológicos La agricultura digital y circular	Coordinación de ciclos abiertos y cerrados El turismo circular digitalizado
Componentes	I El vehículo conectado	I El campo digital	I La unidad hotelera
Subsistemas	II Los vehículos compartidos	II Las granjas digitales	II El sector de hostelería
Sistemas	III La movilidad multimodal	III El sector agro digitalizado	III Los servicios integrales de destino único

4.1 Caso 1: Gestión de ciclos cerrados y técnicos – la eMovilidad urbana circular

A través de la recopilación y el análisis de datos sobre materiales, personas y condiciones externas, la tecnología digital tiene el potencial de identificar los desafíos de los flujos de materiales en las ciudades, delinear las áreas clave e informar decisiones más efectivas sobre cómo abordar estos retos y aportar soluciones sistémicas (Sukhdev et al., 2017). En este contexto, las grandes ciudades europeas están cambiando su modelo hacia la movilidad eléctrica. Las oportunidades en la aplicación de nuevas tecnologías han creado también una plétora de startups ofreciendo las soluciones de movilidad (Anexo I).

Las oportunidades de la digitalización pueden facilitar la transformación hacia la Economía Circular en los tres diferentes niveles definidos:

- **El vehículo conectado:** En el nivel de vehículos se consigue el valor de la digitalización por el aumento de información disponible i) de las partes del vehículo y ii) de la localización de propio vehículo.
- **Los vehículos compartidos:** las oportunidades de digitalización se concretan en nuevos servicios MaaS (Mobility as a Service o Movilidad como servicio). Poco a poco, las flotas de vehículos (coches, motos o patinetes eléctricos) compartidos se organizan para ofrecer la oportunidad de aumentar la intensidad de uso de una forma radical, al mismo tiempo que logran mejorar el mantenimiento predictivo sobre la base de más y mejores datos de los vehículos.
- **La movilidad multimodal:** En el marco de la MaaS se considera también como los usuarios pueden optimizar su movilidad combinando diferentes modalidades de transporte de una forma ágil y sencilla. La integración de las diferentes modalidades de transporte urbano y de sus sistemas de información permiten generar una mejor visión de posibles soluciones globales y acercarse a las mejores ventajas de la Economía Circular.

Las tablas siguientes muestran posibles ideas para materializar soluciones en los diferentes niveles.

	Mantenimiento y extensión de la vida útil	Aumento de la utilización	Revalorización en cascada	Regeneración	Virtualización
I El vehículo conectado Componentes	Mantenimiento predictivo y reemplazo de componentes defectuosos antes del fallo.	Nuevos patrones de uso para minimizar el desgaste.	Mejora de la planificación logística inversa.	Monitorización individual del entorno como ayuda al desarrollo de las soluciones de regeneración.	Conducción automática que convierte al conductor a pasajero.
	Servicio de reemplazo guiado de componente defectuoso	Tiempo de inactividad minimizado hasta el mantenimiento predictivo.	Localización automatizada de vehículos degradados para su destino a mercados secundarios.		El mejor uso de tiempo efectivo, que reduce necesidad de traslados
	Planificación optimizada de rutas para reducir el desgaste del vehículo.		Remanufactura predictiva y efectiva.		Oficina virtual

	Mantenimiento y extensión de la vida útil	Aumento de la utilización	Revalorización en cascada	Regeneración	Virtualización
II Los vehículos compartidos Subsistemas	Mejora del diseño del producto a partir de información de uso en las flotas	Trayectorias compartidas.	Valoración precisa del vehículo y sus componentes en comparación con otros vehículos.	La monitorización conjunta del entorno ayuda el desarrollo de las soluciones de regeneración	
	Suministro y mantenimiento optimizado de la flota a partir de patrones de uso.	Localización rápida de activos compartidos.			
		Conexión y contratación automatizada entre usuarios.			

	Mantenimiento y extensión de la vida útil	Aumento de la utilización	Revalorización en cascada	Regeneración	Virtualización
III La movilidad multimodal	Sistemas compartidos de alerta (p.ej. avisos automáticos de degradación de la carretera)	Planificación de rutas para reducir el tiempo de conducción y mejorar la tasa de utilización	Comercio online para materiales secundarios suministrados localmente.	Monitorización conjunta del entorno y gestión de acceso (p.ej. en picos de contaminación) ayuda al desarrollo de las soluciones de regeneración	La realidad virtual, telepresencia, telemedicina etc. disminuye radicalmente la necesidad de traslados
Sistemas		Transparencia del espacio disponible (por ejemplo, estacionamiento) para reducir el tiempo y congestión			

4.2 Caso 2: Gestión de ciclos abiertos y biológicos – la agricultura digital y circular

El rápido ritmo del desarrollo tecnológico ofrece soluciones a los negocios agrícolas. Las granjas inteligentes serán la nueva normalidad. Por ejemplo, con nuevas tecnologías tanto los agricultores como los consumidores pueden acceder en tiempo real a información exacta sobre el campo y los productos. En paralelo, el papel del técnico agrónomo también cambiará. Por ejemplo, la robótica y los drones pueden ofrecer a los agricultores una vida diferente, incluso pasar parte de sus días en las ciudades y seguir controlando sus granjas desde la distancia. Las oportunidades de la aplicación de nuevas tecnologías han creado también una plétora de startups que ofrecen soluciones para el sector agrícola (Anexo II). Los cambios tecnológicos en el sector alimentario se pueden presumir aplicados en los tres niveles descritos:

- **El campo digital** se centra en la digitalización de la gestión del campo. Los tractores comenzaron a equiparse con GPS desde los años 90. Las imágenes satelitales, los sensores, los drones y el software de gestión de granjas están permitiendo la agricultura de precisión. Por ejemplo, Bayer ofrece a sus clientes una plataforma web que les permite monitorear los campos, el clima y administrar la fumigación. Con este enfoque la digitalización se trata de hacer que el campo sea más eficiente y sostenible (Schrijver, Poppe y Daheim, 2016).

- **Las granjas digitales** recurren a los servicios digitales para integrar y complementar soluciones del campo digital y tratan de abarcar todas las actividades en las unidades agrícolas productivas. El 'big data' y los algoritmos diseñados para la agricultura permitirán obtener y comparar información en todo el sector y así optimizar de la producción agrícola.
- **Sector agro digitalizado**, que engloba las cadenas y redes de valor de una forma amplia toda la logística alimentaria: agricultores, procesadores, minoristas y consumidores. La inteligencia, la eficiencia, la sostenibilidad, y el trabajo del sector agroalimentario se pueden mejorar radicalmente mediante el uso de sistemas de información y apoyo a la decisión. Internet ofrece un adecuado camino para su integración. Por ejemplo, SAP está creando una plataforma agrícola conectada basada en SAP Cloud Platform. Actuará como un mercado de aplicaciones y de APIs con las que SAP y sus socios podrán desarrollar soluciones de colaboración (Capgemini Consulting, 2015).

Las siguientes tablas muestran posibles ideas para materializar soluciones en los diferentes niveles.

	Mantenimiento y extensión de la vida útil	Aumento de la utilización	Revalorización en cascada	Regeneración	Virtualización
I El campo digital Componentes	Agricultura de precisión	Nuevos patrones de uso para optimizar el rendimiento	Mejora de la planificación de uso de las materias orgánicas	Monitorización del campo y el tiempo	
	Sistema de riego automatizado	Tiempo de inactividad minimizado hasta el mantenimiento predictivo		Repoblación forestal automatizado (p.ej. drones)	
	Mantenimiento predictivo de maquinaria				
	Planificación de rutas optimizada				

	Mantenimiento y extensión de la vida útil	Aumento de la utilización	Revalorización en cascada	Regeneración	Virtualización
II Las granjas digitales	Suministro y mantenimiento optimizado de la granja a partir de patrones de uso y en comparación con el sector	Gestión de activos compartidos entre las granjas.	Mejora de la planificación de uso de las materias orgánicas en cascada entre las granjas.	Repoblación forestal y aprendizaje entre las plantaciones.	
Subsistemas					

	Mantenimiento y extensión de la vida útil	Aumento de la utilización	Revalorización en cascada	Regeneración	Virtualización
III El sector agro digitalizado	Mejor manejo de datos, privacidad y trazabilidad en el sector (p.ej. con blockchain)	Los procesadores de alimentos basados en datos podrán reducir sus niveles de existencias	Gestión integrada del ecosistema ofrece oportunidades de optimización de recursos en cascada	Agricultura urbana (automatizada) crea nuevas 'zonas verdes'	Circuitos más cortos para alimentos, donde los agricultores venden directamente a los consumidores (eliminan intermediarios)
		Utilizar envases inteligentes, automatizar el manejo y la planificación de alimentos para reducir los costos y el desperdicio			Agricultura urbana que elimina parte de logística

4.3 Caso 3: Coordinación de ciclos abiertos y cerrados – el turismo circular digitalizado

Las nuevas tecnologías están cambiando no solo cómo el turista adquiere sus servicios, sino también cómo los proveedores responden a esas nuevas necesidades y gestionan sus operaciones en base de los datos adquiridos. La digitalización ofrece una oportunidad no solo para informar mejor al turista sino también para hacerle participe en la creación del producto turístico, mejorando así su experiencia turística y orientar el turismo hacia practicas más circulares (Manniche et al., 2017). Las oportunidades en la aplicación de nuevas tecnologías han creado también una plétora de startups ofreciendo las soluciones en el sector turístico (Anexo III). En definitiva, el impacto de la digitalización en el turismo se puede observar en los tres niveles definidos:

- En el nivel de **la unidad hotelera** (alojamientos, restaurantes, ocio). Con la digitalización, la información es más exacta y actualizada y accesible, lo que ayuda a gestionar estas actividades y sus recursos cada vez mejor.
- En **el sector de hostelería** nacen oportunidades para mejorar el uso de la capacidad disponible gracias a actuaciones coordinada entre diferentes proveedores.

- En **los servicios integrales de destino** se podrán gestionar de forma integrada las actividades de toda la cadena de valor de viaje, eventos y atracciones ofrecida a los turistas. La visión más amplia y sistémica permite identificar y desarrollar nuevas actividades que conducen a una Economía Circular.

Las siguientes tablas muestran posibles ideas para materializar soluciones en los diferentes niveles.

	Mantenimiento y extensión de la vida útil	Aumento de la utilización	Revalorización en cascada	Regeneración	Virtualización
I La unidad hotelera Componente	Domótica personalizada	Habitaciones por horas	Codificación y registro de materiales para la construcción circular	Monitorización y gestión de la flora en el establecimiento	Llave virtual que elimina la necesidad de llave física
	Limpieza por uso (hab., toallas)		Gestión de restos de comida facilitado por Inteligencia Artificial		
	Leasing iluminación				

	Mantenimiento y extensión de la vida útil	Aumento de la utilización	Revalorización en cascada	Regeneración	Virtualización
II El sector de hostelería Subsistemas	Plataformas de reservas integrada y de compartir activos B2B, B2C, C2C	Plataformas de reservas integrada y de compartir activos B2B, B2C, C2C	Gestión de restos de comida en nivel del sector	Monitorización y gestión colaborativa de la fauna en los establecimientos	Servicios virtuales añadiendo valor a servicios físicos (visita virtual)

	Mantenimiento y extensión de la vida útil	Aumento de la utilización	Revalorización en cascada	Regeneración	Virtualización
III Los servicios integrales de destino único Sistemas	Plataformas de reservas integrada de hostelería, transporte, eventos y atracciones	Destino único - plataformas para facilitar planificación de las vacaciones	Gestión de restos de comida más allá de la hostelería (también restaurantes y agricultores)	Apps para involucrar a los turistas, (p.ej. limpieza playas) mediante canje de puntos en los comercios/a productos locales	Servicios virtuales añadiendo valor a servicios físicos (visita virtual)

4.4 Conclusiones sobre el potencial de la digitalización y la economía circular

Los tres ejemplos de diferentes contextos indican el papel fundamental de la digitalización. La integración de los sensores y la conectividad en el nivel de componentes permite gestionar una forma anticipada los activos y los recursos con un impacto positivo en la economía y el medioambiente. Se observan todavía mayores beneficios en el nivel de subsistemas al gestionar los activos de forma colaborativa. Por una parte, compartiendo los datos entre los agentes, que induce el aprendizaje y, por otra, compartiendo los propios activos para aumentar la intensidad del uso de los activos.

Existen múltiples soluciones digitales y circulares incluso en gran escala en los niveles de componentes y de subsistema. Sin embargo, en el nivel de sistema la situación es muy diferente. La falta de soluciones integradoras en este nivel es grave, porque es el ámbito donde están los más importantes beneficios, derivados de una mayor integración y coordinación de los actores y de sus funciones.

5 Líneas de actuación para fomentar el papel de la digitalización en la Economía Circular

Sin duda, la aplicación de tecnologías TIC a las soluciones que conducirán a la Economía Circular serán más eficaces cuando se opte por abordar los sistemas productivos en su conjunto, lo que en las páginas anteriores se ha denominado "nivel de sistema". También, los dos niveles inferiores se pueden aprovechar del uso intensivo de las TIC que se sugieren en este punto.

Las tecnologías TIC convenientemente aplicadas pueden ayudar a resolver tanto cuestiones que afectan al marco en el que la Economía Circular debe desenvolverse como a las que afectan directamente a los diferentes actores que harán posible esta nueva Economía.

5.1 Desarrollo del entorno favorable

Un entorno que favorecería la rapidez de la implantación de la Economía Circular podría aprovechar el inteligente uso de las tecnologías TIC, por ejemplo para:

- Asegurar la privacidad y confianza en el uso y acceso a la información compartida. Los actuales avances en ciberseguridad y conectividad ofrecen garantías más que suficientes para una gran fluidez de la información.
- Garantizada esta confianza, será posible que proliferen los llamados catálogos de datos abiertos (high value data sets) tanto públicos como privados. La reciente tecnología de "data lakes", que almacena ingentes cantidades de datos en bruto, que serán extraídos solo cuando sean considerados necesarios, permitirá asegurar que se dispondrá de los datos que se transformarán en información en su debido momento.
- Un ejemplo de este interés es la Directiva Comunitaria 2019/1024 (Parlamento Europeo y Consejo Europeo, 2019) relativa a los datos abiertos y la reutilización de la información del sector público, que en su artículo 14 dice que "La definición de conjuntos de datos específicos de alto valor contemplados en el apartado 1 se basará en... los que sean capaces de generar beneficios socioeconómicos o medioambientales importantes..."
- La regulación de este entorno podrá recurrir a las TIC para llegar a definir normas que incentiven actividades beneficiosas y eviten los efectos colaterales negativos sobre el medioambiente. La solución aplicada en el ámbito de las fintech, para evaluar entornos regulatorios, conocidos como "sandbox regulatorios" puede ser un ejemplo a imitar.

- Una herramienta que está siempre en manos de los gobiernos para incentivar conductas positivas y evitar las dañinas es la fiscal. Sin duda para el objetivo que aquí se pretende, conseguir una adecuada transformación digital de las empresas debería estar en los nuevos diseños fiscales, porque sin esta transformación será muy difícil conseguir el cambio a nivel de sistema que se propone en este documento.
- Esta transformación digital en las administraciones es también imprescindible para el alineamiento vertical de las instituciones en objetivos medioambientales, que harán más fácil la llegada de la Economía Circular.
- La transformación digital de las empresas es también imprescindible para alcanzar un mínimo alineamiento horizontal de los sectores productivos, que en todo caso deberá evitar los habituales conflictos de intereses que merman los resultados de las acciones cooperativas.
- La aplicación de las TIC para la preparación y difusión de los estudios de prospectiva medioambiental, cuya necesidad está impulsando la OCDE, es imprescindible.
- También una intensiva aplicación de las TIC facilita la colaboración, en un entorno de innovación abierta, para propiciar un entorno innovador que genere soluciones tendentes a la Economía Circular a nivel de sistema

5.2 Dinamización de los actores clave

Por otra parte, el uso intensivo de las TIC por parte de los actores que deberán hacer posible la Economía Circular será cada vez más imprescindible en el desempeño eficiente y efectivo de sus tareas.

Los ciudadanos podrán recibir continua información sobre cómo actuar para colaborar e influir en la aceleración de la transición hacia la Economía Circular. Algunas conductas están ya bien definidas, citándose entre ellas el uso compartido de vehículos, la compra de servicios de movilidad, alquilar herramientas y otros productos, o compartir la propiedad de segundas viviendas. También contribuiría a la implantación de la Economía Circular cuando llevara productos viejos o rotos a reparar, o renovarlos o remanufacturarlos totalmente en lugar de desecharlos. Sin contar con la clasificación de los desechos orgánicos y técnicos. En todos estos casos la conectividad 5G facilitará la implantación de estas nuevas conductas, ya que permitirá a los ciudadanos recibir información puntual y actualizada sobre la posibilidad de recurrir a las soluciones que estén a su alcance.

Las nuevas **oportunidades empresariales** enfocadas a la Economía Circular hacen ya un uso intensivo de las TIC. Las bases de datos avanzadas, las nuevas generaciones de comunicaciones móviles están en la base de la Economía de Plataformas, que permite pensar en el cambio del sistema productivo que defiende este documento.

En esta nueva economía se abre la conveniencia o, mejor dicho, la necesidad de una constante innovación en modelos de negocio, que con frecuencia incluirán la “servitización”, definida como un nuevo modelo de negocio asociado a las TIC, que transforma una organización industrial cuando pasa de vender servicios a sistemas de producto-servicio.

Muchas empresas ya han demostrado su capacidad para acercarse a la Economía Circular aprovechando las oportunidades que ofrecen las TIC, son claros ejemplos:

- Los pasaportes de productos (o de materiales), que ha desarrollado Maersk para optimizar la reutilización y reciclado de los componentes de sus barcos
- Una empresa china de bicicletas compartidas para optimizar la distribución de sus productos
- El caso de HP para que sus impresoras, en una solución IoT, soliciten automáticamente sus cartuchos.
- La empresa Winnow, dedicada ofrecer soluciones tecnológicas a restaurantes, ha recurrido a la Inteligencia Artificial para dotar a una cámara fotográfica con la capacidad de reconocer los diferentes tipos de residuos culinarios.
- La trazabilidad de la cadena de suministros es garantizada con tecnología blockchain, por la empresa Provenance
- Ecoembes ha creado una Plataforma IoT de gestión, control y monitorización de plantas productivas en tiempo real y la plataforma ‘SmartWaste’, para la gestión de información y análisis de datos para mejorar la eficiencia y calidad de los servicios municipales de gestión de residuos urbanos.

Las **administraciones** españolas se encuentran ahora apoyadas por el llamado Acuerdo Verde Europeo (*European Green Deal*), impulsado por la recién estrenada Comisión Europea, que se compromete a ser un líder mundial en la implantación de esta nueva economía, que la define como el futuro modelo económico europeo, proponiendo un nuevo “plan de acción centrado en el uso sostenible de los recursos, especialmente en sectores intensivos en recursos y de alto impacto, como los textiles y la construcción.” (European Commission, 2019). También es relevante aprender de las buenas prácticas internacionales, entre otras por ejemplo el desarrollo de ‘testbeds’ en la iniciativa de IoT Innovate UK.

Esta corriente debería facilitar la conexión de las acciones con experiencias de éxito en Europa y para ello las TIC serán imprescindibles. También la Comisión Europea mantiene una web que ofrece ejemplos de buenas prácticas europeas (European Union, 2019b) y que informa sobre la actividad llamada "Circular Economy Hackathons", que se desarrolla en el norte de Europa durante este año de 2019 (European Union, 2019a).

Por otra parte, cabe a las administraciones impulsar la formación y la detección de talento que asegure la transición a la Economía Circular, sin ellas será muy difícil el diseño y la implementación de esta transformación. La capacitación en tecnologías digitales es sin duda un ingrediente imprescindible en todas estas necesarias acciones formativas. El talento y la nueva cultura de colaboración interorganizacional son imprescindibles impulsando un cambio en todo el sistema para llegar a una plena Economía Circular.

6 Bibliografía

- Araujo Galvão, G. D. et al. (2018) «Circular Economy: Overview of Barriers», *Procedia CIRP*. Elsevier B.V., 73, pp. 79-85. doi: 10.1016/j.procir.2018.04.011.
- Bressanelli, G. et al. (2018) «The role of digital technologies to overcome Circular Economy challenges in PSS Business Models: An exploratory case study», *Procedia CIRP*. Elsevier B.V., 73, pp. 216-221. doi: 10.1016/j.procir.2018.03.322.
- Brightley, C. y International Institute of Gastronomy, Culture, A. and T. (IGCAT) (2017) «Tourism and the Circular Economy», Annual IGCAT experts meeting: Smart and sustainable destinations: trends, challenges and opportunities, 24-26 April, 12, pp. 23-26.
- Capgemini Consulting (2015) «Feeding 10 billion people in 2050: Debunking digital myths in agriculture».
- Carrillo-Hermosilla, J., del Río González, P. y Könnölä, T. (2009) *Eco-innovation: When sustainability and competitiveness shake hands*, *Eco-Innovation: When Sustainability and Competitiveness Shake Hands*. doi: 10.1057/9780230244856.
- EEA (2016) *Circular economy in Europe Developing the knowledge base*. doi: 10.2800/51444.
- Ellen MacArthur Foundation (2018) «Cities and circular economy for food», Ellen Macarthur Foundation, p. 66.
- European Commission (2019) *The European Green Deal*. Brussels.
- European Union (2019a) *Circular Economy Hackathon | European Circular Economy Stakeholder Platform*. Disponible en: <https://circulareconomy.europa.eu/platform/en/news-and-events/all-events/circular-economy-hackathon> (Accedido: 15 de diciembre de 2019).
- European Union (2019b) *Good Practices | European Circular Economy Stakeholder Platform*. Disponible en: <https://circulareconomy.europa.eu/platform/good-practices> (Accedido: 15 de diciembre de 2019).
- Kirchherr, J., Reike, D. y Hekkert, M. (2017) «Conceptualizing the circular economy: An analysis of 114 definitions», *Resources, Conservation and Recycling*, 127(September), pp. 221-232. doi: 10.1016/j.resconrec.2017.09.005.
- Manniche, J. et al. (2017) *Destination : A circular tourism economy*. Disponible en: https://crt.dk/media/90318/Cirtoinno-handbook_CRT_05102017-002-.pdf.

- McKinsey&Company (2015) «Interoperability Integrating multiple IoT systems enables 40 percent of potential value», (June). Disponible en: www.mckinsey.com/mgi.
- MINECO (2018) «España Circular 2030. Estrategia Española de Economía Circular.»
- Morlet, A. et al. (2016) «Intelligent Assets: Unlocking the Circular Economy Potential», Ellen MacArthur Foundation, (December), pp. 1-25. Disponible en: http://www.ellenmacarthurfoundation.org/assets/downloads/publications/ElleMacArthurFoundation_Intelligent_Assets_080216.pdf.
- Parlamento Europeo y Consejo Europeo (2019) DIRECTIVA (UE) 2019/1024 DEL PARLAMENTO EUROPEO Y DEL CONSEJO de 20 de junio de 2019 relativa a los datos abiertos y la reutilización de la información del sector público (versión refundida).
- Ritzén, S. y Sandström, G. Ö. (2017) «Barriers to the Circular Economy - Integration of Perspectives and Domains», Procedia CIRP. Elsevier B.V., 64, pp. 7-12. doi: 10.1016/j.procir.2017.03.005.
- Schrijver, R., Poppe, K. y Daheim, C. (2016) Precision agriculture and the future of farming in Europe.
- Sukhdev, A. et al. (2017) Cities in the Circular Economy: the role of digital technology.

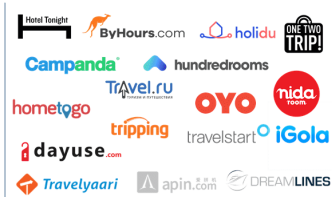
7.3 Anexo III: Turismo – startups

Travel tech market map

GENERAL BOOKING & SEARCH



SPECIALIZED BOOKING & SEARCH



TRAVEL ANALYTICS & SOFTWARE



HOME SHARING & RENTALS



CAR SHARING & RENTALS



ACTIVITIES, TOURING & INFO



SMART LUGGAGE



LUXURY & PERSONALIZED TRAVEL



PRIVATE JET BOOKING



B2B TRAVEL SERVICES



 CBINSIGHTS