

# Industria 4.0

## Camino hacia una economía circular

**César Ramírez-Márquez**  
**José María Ponce-Ortega**  
**Juan Gabriel Segovia-Hernández**

Cuando se piensa en el progreso humano, es inevitable tener en mente el concepto de tecnología. La tecnología se puede definir como una respuesta a la aspiración humana de transformar su entorno y mejorar su calidad de vida. En pocas palabras, la tecnología tiene la finalidad de satisfacer necesidades a través del conocimiento estructurado. En algunos casos, el desarrollo de nuevas tecnologías ha marcado un punto de inflexión para el progreso humano. Estos puntos de inflexión son conocidos como revoluciones industriales.

El ser humano ha experimentado, hasta el día de hoy, cuatro revoluciones industriales, cada una incitada por tecnologías que provocaron una evolución del mundo, en diferentes épocas y contextos. Hay que recordar que la primera revolución industrial inició a mediados del siglo XVIII, y que la base tecnológica que originó dicho desarrollo fue la máquina de vapor propulsada por carbón mineral. Esto cedió terreno para que, tanto las viejas herramientas como el trabajo humano y animal, fueran sustituidos de manera radical, ocasionando la creación de centros industriales masificados y fortaleciendo el modelo tradicional denominado economía lineal. La economía lineal tiene como ideología un modelo de consumo rápido, es decir, producir y luego desechar, sin tener en cuenta el impacto ambiental

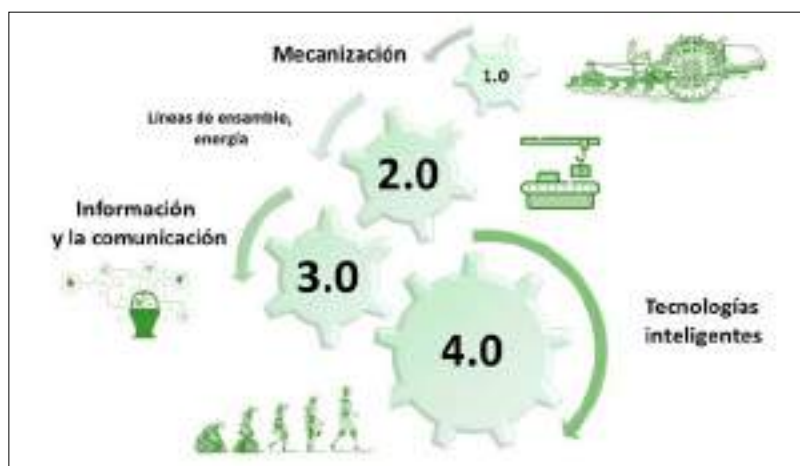


Figura 1. Las cuatro revoluciones industriales.

y sus consecuencias. Se puede considerar que la primera revolución industrial marcó un antes y un después en la historia de la humanidad, puesto que sus efectos, buenos y malos, los seguimos viendo hasta la actualidad (Popkova *et al.*, 2019).

La segunda revolución industrial surge a mediados del siglo XIX, extendiéndose hasta la segunda década del siglo XX. Sin duda, uno de los mayores impulsores de esta segunda revolución fue el desarrollo de la Primera Guerra Mundial. Los medios de transporte (en particular el ferrocarril), junto con nuevas formas de energía, el telégrafo, el teléfono y el cine, simbolizarían las tecnologías pilares de esta segunda revolución. Todas ellas, tecnologías que abonarían aún más al concepto de economía lineal, puesto que se priorizó el beneficio económico sin considerar la sostenibilidad, ya que los productos se fabricaron con la finalidad de ser usados y tirados a la basura.

Posteriormente, en la segunda mitad del siglo XX surge lo que conocemos como la tercera revolución industrial. Esta revolución se relaciona de manera estrecha con las tecnologías de la información y la comunicación. Aparecen elementos como el internet, que abrió brechas a la interactividad e intercomunicación. El desarrollo de elementos de informática como las computadoras, además de la aparición de nuevas energías renovables, también

son parte de dicha revolución. Período en el que la economía lineal sobresale como un elemento nocivo para la conservación del medio ambiente, y resurge el concepto de economía circular. Esta nace esencialmente para enfrentar el derroche consumista y evitar la sobreexplotación de los recursos naturales. La economía circular está encaminada a disminuir el impacto de los recursos mediante la reducción de la producción al

mínimo posible. Apoyando la regla de las tres “R” (Reducir, Reciclar y Reutilizar). Es importante señalar que el concepto de la economía circular no es nuevo, desde la antigüedad se encuentran vestigios de la reutilización de elementos cotidianos, como las hachas de mano para elaborar herramientas, o el reuso de la arcilla cruda para nuevas piezas de cerámica (Melnik *et al.*, 2019).

La economía circular, a lo largo de la historia, con los grandes avances tecnológicos, masificación en la producción y hasta cierto punto desinterés en la conservación de los recursos naturales y del planeta, se fue haciendo a un lado. No obstante, hoy en día lo vemos como una opción para cuidar nuestro presente y preservar nuestro futuro. Tratándose de un medio que tiene por objetivo reducir el impacto del ser humano en los recursos naturales, resultado del consumismo frenético de la actualidad. Parece que la economía circular podría ser una solución para una de las problemáticas actuales más importantes, pero ¿cómo implementarla de manera masiva?

Y es aquí donde la cuarta revolución industrial, también conocida como la revolución industrial 4.0, se encamina para conseguir dicho propósito. El concepto de la industria 4.0 es aún novedoso, puesto que se origina en la segunda década del siglo XXI. La industria 4.0, en esencia, combina técnicas vanguardistas de producción y operación con tecnologías inteligentes que se integrarán a

las organizaciones, las personas y los activos. El pilar de la industria 4.0 es sin duda la innovación para generar una adaptabilidad a las necesidades de producción y, por ende, concebir una mejora en la eficiencia de los recursos. Es decir, generar de manera inherente la economía circular en los procesos de producción masivos. Esto, sin duda, requiere el uso de sistemas y tecnologías inteligentes que puedan tener interconectividad, que puedan operar de manera autónoma, y que optimicen de forma horizontal cualquier proceso (Rajput & Singh, 2019). Con el fin de tomar decisiones inteligentes se deben gestionar y administrar los recursos y generar un ambiente de cero residuos.

#### UNA CONEXIÓN INHERENTE ENTRE LA INDUSTRIA 4.0 Y LA ECONOMÍA CIRCULAR

La robótica, la inteligencia artificial, tecnologías cognitivas, el internet de las cosas, la nanotecnología, la analítica de datos, entre otras tecnologías, son elementos fundamentales para la Industria 4.0. Dichas tecnologías tienen la virtud de proporcionar datos en tiempo real, lo cual se traduce en decisiones efectivas y en el estímulo de acciones y cambios en el mundo físico y, por ende, con la economía circular. Pero ¿por qué existe una conexión inherente entre la Industria 4.0 y la economía circular? Para ello es primordial entender que la industria 4.0 no solo tiene el potencial de afectar a los procesos de fabricación, sino inclusive permea a sectores sociales. Es evidente que la Industria 4.0 conducirá a productos y servicios completamente nuevos, es decir, se permitirá perfeccionar los productos de varias maneras, desde la creación de los prototipos y pruebas, hasta la incorporación de conectividad a productos anteriormente desconectados (Mavropoulos & Nilsen, 2020).



Figura 2. Economía Circular vs Economía Lineal.

Lo anterior mejora tanto el proceso que se genera desde que el cliente realiza un pedido, hasta que el producto o servicio ha sido entregado y cobrado (lo que se conoce como cadena de suministro), como las operaciones de negocio y el crecimiento de los ingresos. Esto genera de manera inminente impacto en diversos sectores, pero de manera enfática en la práctica de la economía circular, puesto que un cambio en la manera en que las empresas operan, y en la producción de bienes, sin duda estrecha ambos conceptos. Ahora bien, existen elementos que los vinculan, el primero es que ambos buscan evitar la pérdida de valor de los productos y la reducción de los desechos; el segundo es conseguir el potencial de recuperación del valor económico de los desechos, es decir, revalorizar lo que se cree que son desperdicios (hay valor económico que no está siendo aprovechado en los desechos). Y por último, el tercer elemento es generar concordia entre el ser humano y la tecnología, situando el factor humano otra vez en el centro del proceso productivo (Cezarino *et al.*, 2019).

Con todo lo expuesto, se concluye que las posibilidades de que las tecnologías emergentes (Industria 4.0) puedan desarrollar procesos inherentemente vinculados con la economía circular son altamente latentes, puesto que la Industria 4.0 ofrece la oportunidad de crear un impacto positivo en la



© Enrique Soto. Serie "Mofles", 2007.

eficiencia de las empresas, poniendo la tecnología al servicio de este nuevo modelo económico que apela por la reducción de los residuos, del consumo energético y del impacto ambiental, al igual que la economía circular. Además, hay que recordar que la sostenibilidad es un concepto interrelacionado con la economía circular y con la Industria 4.0, la cual busca el bienestar de las generaciones actuales sin complicar las necesidades de las generaciones futuras, mientras que se responde por equilibrio entre el crecimiento de la economía, el respeto al medioambiente y el bienestar social. Con ello se manifiesta que, tanto la Industria 4.0, como la economía circular, buscan abonar a la transformación de nuestro mundo, lema de la Agenda 2030 (ONU), favoreciendo un desarrollo sostenible e igualitario.

## REFERENCIAS

Cezarino LO, Liboni LB, Stefanelli NO, Oliveira BG and Stocco LC (2019). Diving into emerging economies bottleneck: Industry

4.0 and implications for circular economy. *Management Decision* 59(8):1841-1862.

Mavropoulos A and Nilsen AW (2020). Industry 4.0 and circular economy: Towards a wasteless future or a wasteful planet? John Wiley & Sons.

Melnyk LH, Kubatko OV, Dehtyarova IB, Dehtiarova IB, Matsenko OM and Rozhko OD (2019). The effect of industrial revolutions on the transformation of social and economic systems. *Business Perspectives* 17(4):381-391.

Popkova EG, Ragulina YV and Bogoviz AV (2019). Fundamental differences of transition to industry 4.0 from previous industrial revolutions. In *Industry 4.0: Industrial Revolution of the 21st Century* (pp. 21-29). Springer, Cham.

Rajput S and Singh SP (2019). Connecting circular economy and industry 4.0. *International Journal of Information Management* 49:98-113.

**César Ramírez-Márquez**

**José María Ponce-Ortega**

**Departamento de Ingeniería Química**

**Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo**

**cerama@hotmail.es**

**Juan Gabriel Segovia-Hernández**

**Departamento de Ingeniería Química**

**Universidad de Guanajuato**