

# DE LA MÁQUINA DE VAPOR AL QUBIT: CINCO ERAS DE TRANSFORMACIÓN TECNOLÓGICA



**CIIIS XXI**  
Centro de innovación  
e Investigación Siglo XXI

## I. Un Análisis de las Revoluciones Científico-Tecnológicas desde 1760

El cambio tecnológico no es un proceso lineal ni gradual, sino que se manifiesta en "**olas largas**" o **revoluciones científico-tecnológicas**, cada una redefiniendo el modelo productivo, las fuentes de poder y el rol de las naciones líderes. Desde la invención de la máquina de vapor hasta la promesa del *qubit*, la humanidad ha experimentado cinco grandes transformaciones que reescriben periódicamente el **paradigma tecno-económico** global.

## II. El Ciclo de las Cuatro Revoluciones Industriales

La periodización clásica del desarrollo moderno identifica cuatro fases bien definidas, cada una caracterizada por una convergencia de tecnologías clave, una fuente de energía dominante y un modelo de organización empresarial y social:

### Revoluciones Científico-Tecnológicas y su Impacto Socio-Político

REVOLUCIÓN	EJES CIENTÍFICO-TÉCNICOS	PARADIGMA TECNO-ECONÓMICO	PAÍSES LÍDERES	MODELO DE ORGANIZACIÓN DEL TRABAJO, ESTADO Y SOCIEDAD CIVIL
<b>1ª Industrial</b> (1760-1840)	Máquina de vapor, Mecanización textil, Carbón, Hierro.	<b>Capitalismo Industrial</b> o de libre competencia.	<b>Gran Bretaña</b>	<b>Trabajo:</b> El sistema fabril (factory system) y la división simple del trabajo. Explotación de mano de obra. <b>Estado:</b> Estado liberal (mínima intervención). <b>Sociedad:</b> Predominio de la burguesía industrial, surgimiento del proletariado y movimientos sindicales.
<b>2ª Industrial</b> (1870-1970s)	Electricidad, Petróleo/Motor de combustión, Acero,	<b>Capitalismo Monopolista</b> o de Gran	<b>EE. UU., Alemania</b>	<b>Organización de la empresa:</b> Fayolismo <b>Organización del Trabajo:</b>

REVOLUCIÓN	EJES CIENTÍFICO-TÉCNICOS	PARADIGMA TECNO-ECONÓMICO	PAÍSES LÍDERES	MODELO DE ORGANIZACIÓN DEL TRABAJO, ESTADO Y SOCIEDAD CIVIL
	<p>Química. Energía Nuclear (Desarrollo y Consolidación), Aviación Telecomunicaciones: Teléfono, radio y televisión. Primeros Avances hacia la Computación. Electrónica de Tubos de Vacío: Desarrollo de la electrónica, que permitió la invención de los primeros ordenadores electrónicos a gran escala. La invención del transistor</p>	<p>Empresa (Producción en masa). Keynesianismo Pacto Capital-Trabajo</p>		<p><b>Taylorismo</b> (gestión científica) y <b>Fordismo</b> (línea de montaje y salarios altos para consumo masivo). <b>Estado:</b> Tendencia a la <b>intervención económica</b> (regulación de monopolios). Origen del <b>Estado Social</b> o de Bienestar (lucha sindical). <b>Sociedad:</b> Masificación del consumo, urbanización acelerada y grandes sindicatos.</p>
<b>3ª Industrial</b> (1970s-2000s)	<p>Microelectrónica, Informática, Telecomunicaciones (Internet).</p>	<p><b>Capitalismo Global</b> y de la Información. Flexibilización productiva.</p>	<p><b>EE. UU.,</b> <b>Japón</b></p>	<p><b>Trabajo: Toyotismo</b> (producción <i>justo a tiempo</i>), <b>Flexibilidad laboral</b> y subcontratación. <b>Estado:</b> Tendencia al <b>Neoliberalismo</b>, desregulación y globalización de políticas. <b>Sociedad:</b> Ascenso de la <b>sociedad de la información</b>, surgimiento de movimientos civiles globales (<b>ONGs</b>) y la ciudadanía digital.</p>
<b>4ª Industrial</b> (2010s-Presente)	<p>IA, IoT, Big Data, Robótica avanzada, Ingeniería genética, Biología Sintética: combina la biología, la ingeniería y la informática. Se define</p>	<p><b>Capitalismo de Plataformas</b> e interconectado. Fusión físico-digital-biológica.</p>	<p><b>EE. UU.,</b> <b>China</b></p>	<p><b>Trabajo: Gig Economy</b> (trabajo bajo demanda/plataforma), automatización cognitiva, <b>colaboración humano-robot</b> (<i>cobots</i>). <b>Estado: Estado Algorítmico</b> (uso de</p>

REVOLUCIÓN	EJES CIENTÍFICO-TÉCNICOS	PARADIGMA TECNO-ECONÓMICO	PAÍSES LÍDERES	MODELO DE ORGANIZACIÓN DEL TRABAJO, ESTADO Y SOCIEDAD CIVIL
	como el diseño y construcción de nuevas partes biológicas, dispositivos y sistemas			Big Data para gestión pública y vigilancia). <b>Sociedad: Polarización digital</b> (ganadores vs. perdedores de la IA), debate ético sobre datos y <b>tecnología de vigilancia.</b>

Cada una de estas revoluciones no solo impulsó la productividad, sino que generó nuevas estructuras de gestión y organización, desde el ascenso del taller a la **fábrica** (1ª RI), la imposición de la **línea de montaje** (2ª RI), la **red global de valor** (3ª RI), hasta la **fábrica inteligente y conectada** (4ª RI).

### III. La Cuarta Revolución Industrial y la Brecha Tecnológica

La **Cuarta Revolución Industrial (4RI)**, o *Industria 4.0*, se define por la interconexión a través del **Internet de las Cosas (IoT)** y la toma de decisiones autónomas impulsada por la **Inteligencia Artificial (IA)**. Su paradigma es el **Capitalismo de Plataformas**, donde los datos se han convertido en la materia prima más valiosa.

Sin embargo, la 4RI, aunque acelerada y disruptiva, ya muestra sus límites y sus desafíos sociales, lo que ha propiciado el concepto de una próxima ola: la Quinta Revolución Industrial.

### IV. La Emergencia de la Quinta Revolución Industrial: Rehumanización y Sostenibilidad

La conceptualización de la **Quinta Revolución Industrial (5RI)**, a menudo llamada **Industria 5.0**, surge no solo de la necesidad de nuevas tecnologías, sino como una **respuesta a las carencias sociales y ambientales** de su predecesora.

Los principales ejes de la 5RI se centran en una corrección de rumbo de la 4RI:

**Enfoque Centrado en el Ser Humano (*Human-Centric*):** Se busca la colaboración eficiente entre humanos y robots (*cobots*), revalorizando la creatividad y la capacidad crítica del trabajador frente a la simple automatización.

**Sostenibilidad y Circularidad:** Impone la eficiencia en el uso de recursos y energías renovables, como un pilar innegociable del proceso productivo global.

**Resiliencia:** El diseño de cadenas de suministro y sistemas productivos flexibles, modulares y capaces de resistir *shocks* económicos o geopolíticos.

Aunque la 5RI se enfoca en estos valores sociales, su motor tecnológico de fondo es lo que promete el siguiente salto de paradigma.

## **V. La Computación Cuántica: El Motor Disruptivo de la 5RI**

Las tecnologías como la **Computación Cuántica (CC)** y las **Neurotecnologías (Interfaces Cerebro-Máquina)** son la verdadera **semilla de la 5RI**, aunque aún no sean el eje dominante de la 4RI:

**Madurez Actual:** Hoy, la Computación Cuántica está en una fase de investigación y desarrollo, luchando por alcanzar la "**ventaja cuántica**" (el punto donde un ordenador cuántico resuelve un problema que uno clásico no puede en un tiempo razonable). Por ello, no se le considera un eje central de la 4RI, la cual se define por tecnologías ya desplegadas masivamente (IA, IoT).

**Disrupción Futura:** La plena madurez de la Computación Cuántica supondría una **ruptura radical** con el paradigma informático actual. Su capacidad para procesar información a nivel de *qubits* (que pueden ser 0, 1 o ambos

simultáneamente, a través de la superposición y el entrelazamiento) no es solo una mejora de velocidad, sino un cambio fundamental en el tipo de problemas que podemos resolver.

La Computación Cuántica redefiniría campos enteros:

**Farmacéutica y Materiales:** Permitiendo simulaciones moleculares precisas para diseñar **nuevos fármacos** y **materiales avanzados** (superconductores o aleaciones más ligeras) imposibles de modelar con la computación clásica.

**Inteligencia Artificial:** Potenciando la **IA cuántica (QAI)** para crear modelos de aprendizaje automático y *Big Data* de una complejidad y precisión sin precedentes.

**Criptografía:** Exigiendo la transición global a la **criptografía post-cuántica (PQC)** ante la amenaza de descifrar los sistemas de seguridad actuales.

La adopción y despliegue masivo de la Computación Cuántica, junto con la integración de la IA generativa y la biotecnología avanzada, podría marcar la transición al **Paradigma Cuántico-Cognitivo**. Este nuevo modelo no solo optimizaría la producción (el objetivo de la 4RI), sino que transformaría fundamentalmente el conocimiento y la materia (un salto cualitativo), validando así la emergencia de la **Quinta Revolución Industrial**.

## V. Las reflexiones y aportes sobre la 5RI

Si bien la Quinta revolución industrial se nos presenta en la perspectiva de lo humano y científico, diversos autores han sentado las bases para la discusión sobre su irrupción y perespectivas de desarrollo, veamos algunos aportes:

## Cuadro Sinóptico de Referentes: Industria 5.0

Autor / Institución	Planteamiento / Aporte Principal	Cita Textual Clave	Enlace de Consulta
<b>Comisión Europea</b> (M. Breque, et al.)	<b>Formalización del paradigma:</b> Establece los tres pilares (Humano, Sostenible, Resiliente) como política industrial transnacional.	<i>"La industria debe adaptarse a los límites regenerativos del planeta y poner el bienestar del trabajador en el centro del proceso."</i>	<a href="#">Policy Report (PDF)</a>
<b>Saeid Nahavandi</b>	<b>Colaboración Humano-Robot:</b> Introduce el concepto de "robots con intención" que asisten al humano en tareas complejas y creativas.	<i>"La Industria 5.0 traerá de vuelta el toque humano a la manufactura... donde los robots están entrelazados con el cerebro humano."</i>	<a href="#">ResearchGate Article</a>
<b>Xun Xu, et al.</b>	<b>Evolución vs. Revolución:</b> Analiza la transición técnica de la 4.0 a la 5.0, enfocándose en sistemas ciber-físicos sociales (CPSS).	<i>"La Industria 5.0 no es solo un avance tecnológico, es un cambio de valores hacia la sostenibilidad social y ambiental."</i>	<a href="#">IEEE / ScienceDirect</a>
<b>Maija Fedotova</b>	<b>Gestión y Sostenibilidad:</b> Evalúa cómo la 5.0 impacta la gestión empresarial	<i>"El objetivo es una producción que no solo sea eficiente, sino que respete activamente los</i>	<a href="#">MDPI Open Access</a>

Autor / Institución	Planteamiento / Aporte Principal	Cita Textual Clave	Enlace de Consulta
	mediante el uso de energías limpias y economía circular.	<i>límites planetarios y la justicia social.</i> "	
<b>Yelena Lengyel</b>	<b>Resiliencia en Cadenas de Suministro:</b> Estudia la capacidad de respuesta ante shocks externos (pandemias o crisis climáticas).	<i>"La resiliencia en la industria implica diseñar sistemas capaces de absorber, adaptarse y recuperarse de interrupciones graves."</i>	<a href="#">Journal of Economics</a>

## V. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS PARA EL ESTUDIO

- **Autores Fundacionales: Ciclos, Ondas Largas y Revoluciones tecnológicas**

**Kondratiev, N. D.** (1984). *Los ciclos de ondas largas* (G. Daniels, Trad.). Richardson & Snyder. (Obra original publicada en 1925 como *Los ciclos económicos mayores*).

**Pérez, C.** (2004). *Revoluciones tecnológicas y capital financiero: La dinámica de las grandes burbujas y las épocas de bonanza*. Siglo XXI Editores. (Versión original en inglés de 2002).

**Schumpeter, J. A.** (2002). *Ciclos económicos: Análisis teórico, histórico y estadístico del proceso capitalista*. Prensas Universitarias de Zaragoza. (Obra original publicada en 1939).

- **Autores y Referentes: Industria 5.0 y Transición Tecnológica**

**Breque, M., De Nul, L., y Petridis, A.** (2021). *Industria 5.0: Hacia una industria europea sostenible, centrada en el ser humano y resiliente*. Comisión Europea, Dirección General de Investigación e

Innovación. <https://op.europa.eu/en/publication-detail/-/publication/46839c36-54e4-11eb-b59f-01aa75ed71a1>

**Fedotova, M., Nikolaeva, K., y Svidler, A.** (2022). La Industria 5.0 como concepto para una gestión inteligente en la economía del futuro. *Sustainability*, 14(23), 15874. <https://doi.org/10.3390/su142315874>

**Lengyel, Y.** (2022). Resiliencia en las cadenas de suministro: La perspectiva de la Industria 5.0. *International Journal of Production Economics*.

**Nahavandi, S.** (2019). Industria 5.0: Una solución centrada en el ser humano. *Sustainability*, 11(16), 4371. <https://doi.org/10.3390/su11164371>

**Xu, X., Lu, Y., Vogel-Heuser, B., y Wang, L.** (2021). ¿De la Industria 4.0 a la Industria 5.0: Evolución o Revolución? *Engineering*, 7(8), 1013-1015. <https://doi.org/10.1016/j.eng.2021.06.002>