

Formas de producción industrial

Bibliografía recomendada:

- Miotti, L. y Quenan, C. (1994), Globalización, regionalización y competitividad tecno-industrial, en "Las reglas del juego. América Latina, globalización y regionalismo", selección de Carlos J. Moneta y Carlos Quenan Argentina, Corregidor.
- Oman, Ch. (1994), Globalización: la nueva competencia, en "Las reglas del juego. América Latina, globalización y regionalismo", selección de Carlos J. Moneta y Carlos Quenan., Argentina, Corregidor.
- Hardt, M. y Negri, A. (2000), Imperio. Traducción de la edición de Harvard University Press, Cambridge, Massachussets. Capítulo 3.4
- BID (2018), "Industria 4.0. Fabricando el futuro", Buenos Aires

Artículos relacionados:

García Egea, Teodoro; *¿Qué tecnologías se esconden detrás de la Industria 4.0?*, El País (09/10/2017).

Online:

https://elpais.com/retina/2017/10/09/tendencias/1507530622_383656.html

McKinsey, *Industria 4.0: Reimaginar las operaciones de fabricación después del COVID-19*, (29/07/2020).

Online:

<https://www.mckinsey.com/business-functions/operations/our-insights/industry-40-reimagining-manufacturing-operations-after-covid-19/es-cl>

Espaliat Canu, Mauricio; *IV Revolución Industrial, Industria 4.0 y Economía Circular*, Prevención Integral (04/12/2017).

Online: <https://www.prevencionintegral.com/comunidad/blog/hacia-mundo-sostenible/2017/12/04/iv-revolucion-industrial-industria-40-economia-circular>

Bibliografía adicional:

Para los que no vieron los temas de las tres primeras revoluciones industriales, les recomiendo leer los libros de Benjamin Coriat (todos disponibles en la biblioteca de la UNQ):

"El taller y el cronómetro: ensayo sobre el taylorismo, el fordismo y la producción en masa".

"El taller y el robot: ensayos sobre el fordismo y la producción en masa en la era de la electrónica".

"Pensar al revés: trabajo y organización en la empresa japonesa"

"Los desafíos de la competitividad".

En las clases anteriores hicimos una revisión de algunas de las principales teorías del comercio internacional de los últimos trescientos años aproximadamente. Ahora haremos el recorrido por las diferentes formas de producción industrial de ese mismo período, por lo que además de reconocer cada una de ellas, deberíamos poder identificar su vínculo con las diferentes teorías que hemos visto. Así, por ejemplo, el período de la producción manufacturera preindustrial se corresponde con las ideas mercantilistas, lo mismo para el período de la primera revolución industrial que se corresponde con la aparición y evolución de las ideas librecambistas.

Nos interesa hacer el repaso por las distintas formas de producción industrial para comprender principalmente los cambios que han significado para el comercio internacional los saltos productivos que la humanidad ha realizado. La forma en que producimos las cosas tiene un correlato directo en los patrones de intercambio internacional y, con ello, en el crecimiento y desarrollo de los países lo que finalmente es explicado por alguna teoría económica.

De esta forma, podremos poner en perspectiva lo que dijimos al principio de la materia sobre los ciclos de la economía y el comercio mundial (recordando siempre que cada uno de ellos estaba impulsado por una innovación tecnológica), e identificar también en esos ciclos la forma de producción que le corresponde. Tenemos así una línea temporal en donde podemos identificar cada ciclo económico, cada teoría y cada forma de producción. Todo esto es necesario para comprender la particular importancia que ha tenido el salto del "fordismo" al "postfordismo" en la definición de la especialización productiva de cada país y con ello el establecimiento de los actuales patrones de intercambio internacional (tema que veremos en el capítulo siguiente).

Nos interesa en particular el postfordismo porque ha representado un cambio radical para el comercio internacional. Ese cambio en la forma de producción tuvo un impacto directo en las cantidades y tipos de mercancías que los países producen y le confirió al comercio internacional su forma presente. Comprender este fenómeno, en su faz productiva y económica es sumamente relevante de cara a la nueva revolución industrial que está en proceso, la que se origina en llamada Industria 4.0, ya que las lecciones aprendidas para los países y las empresas en el salto productivo anterior pueden ser de vital importancia para sostener el crecimiento y desarrollo en las nuevas condiciones productivas globales. Entonces, nos concentraremos en comprender la génesis de la última ola (el salto entre la Segunda y la Tercera Revolución Industrial) para tener herramientas que nos permitan reconocer patrones y actuar estratégicamente en la nueva ola que se está formando.

Entonces, revisaremos las características principales de las diferentes formas de producción y en las próximas clases veremos el salto del fordismo al posfordismo desde la perspectiva del intercambio comercial. En lo que respecta a las formas de producción anteriores al posfordismo las revisaremos solo esquemáticamente (ver Tabla 3.1), recomendando por supuesto la utilización de la bibliografía sugerida para completar los aspectos que aquí solo se mencionan tangencialmente.

Las formas de producción industrial

A lo largo de su evolución, la humanidad ha tenido diferentes formas de proveerse de los bienes y servicios que ha requerido para su bienestar (ver Figura 3.1). Como hemos dicho anteriormente, estas formas han ido evolucionando con la tecnología y modificando al mismo tiempo las bases del intercambio.

Figura 3.1 Formas de producción



No es nuestro objetivo desarrollar en extenso cada una de las formas de producción previas al capitalismo, pero podemos decir que a medida que cada una de ellas se fue perfeccionando y evolucionando tecnológicamente las cantidades producidas crecieron y con ello el intercambio, motorizado también por el aumento de la demanda, sostenida en el largo plazo por el crecimiento demográfico.

En clases pasadas, cuando explicamos las ideas de los economistas clásicos, vimos que ellos intentaban refutar las ideas de los Mercantilistas. Esas ideas que presentamos como políticas proteccionistas estaban basadas principalmente en su visión de la riqueza que llevaba directamente a un proceso de acumulación. Dijimos también que, dado el contexto en el cual surgieron esas ideas, no eran necesariamente erróneas pues era la transición de una economía feudal a una capitalista. Esa transición, desde el punto de vista del sistema productivo es la transición entre la producción "manufacturera" y la producción

"industrial", es el salto del "taller" a la "fábrica", el proceso de "mecanización" de la producción, o lo que llamamos habitualmente la Primera Revolución Industrial. Como indica Hosbawm (1990) la Revolución Industrial no es simplemente una aceleración del crecimiento económico, sino una aceleración del crecimiento determinada y conseguida por la transformación económica y social de un mercado Interno de gran tamaño y estabilidad, un mercado externo muy dinámico y variable y una política exterior subordinada al comercio. En términos concretos esto representó un aumento exponencial de las cantidades producidas, lo que llevó entonces a un cambio substancial en los patrones de especialización e intercambio de los países, reflejados desde la teoría en los enfoques de Smith y Ricardo.

Algo parecido ocurrió con el salto entre la Primera y la Segunda Revolución Industrial, que consistió en la adopción progresiva y generalizada de las formas *tayloristas* y *fordistas* de la producción. El crecimiento acelerado de la productividad generado por ese salto se reflejó directamente en las cantidades (y los precios) de los bienes producidos, lo que tuvo su correlato en la modificación de las especializaciones productivas de los países y en los patrones de comercio internacional. Como vimos en el capítulo 2, estos son los momentos en donde los autores neoclásicos difunden sus teorías, en particular vimos la de Heckscher y Ohlin y su modelo que explicaba el patrón de especialización de los países basado en su dotación factorial.

Tras el agotamiento del modelo fordista de producción surge en Japón una nueva revolución tecnológica que volverá a transformar la manera en que se organiza el sistema productivo. Este es el salto entre la Segunda y la Tercera Revolución Industrial. Generalizando y simplificando, podemos decir que el cambio del fordismo al postfordismo puede verse como el paso de una producción nacional autocontenida con comercio internacional de productos finales, al comercio internacional de partes y piezas con producción internacional integrada y ensamble regional. Básicamente hemos pasado de producir todo al interior de una fábrica (fordismo) a ensamblar partes y piezas de todas partes del mundo para los mercados regionales (postfordismo). Entonces, todas esas partes y piezas que antes se producían al interior de una gran instalación industrial ahora van y vienen por todo el mundo hacia los distintos ensambladores regionales. Esa es una parte muy importante del actual comercio internacional y, como veremos más adelante, lo que ha permitido a los países integrarse a los circuitos globales de producción y comercio para capturar parte del crecimiento para sus economías. Estos son los temas que, como vimos en clases anteriores, han desarrollado las Nuevas Teorías del Comercio y la Política Comercial Estratégica.

Tabla 3.1 Principales rasgos de la evolución del sistema productivo capitalista desde el taller hasta la fábrica fordista.

	Capitalismo Mercantil (el taller)	Capitalismo Industrial (la fábrica)	Capitalismo Monopolista (el fordismo)
Recursos productivos	<ul style="list-style-type: none"> - Base energética: diversificada (carbón vegetal, hidráulica, eólica) - Escaso nivel de mecanización (trabajo manual) - Capacidad tecnológica muy limitada - Reducido número de trabajadores por sector - Diversificación productiva 	<ul style="list-style-type: none"> - Base energética: carbón mineral - Máquina de vapor / mecanización de tareas - Revolución en el transporte - Mano de obra abundante y poco cualificada - Sectores motrices: siderometalurgia, textil, material ferroviario, armamento 	<ul style="list-style-type: none"> - Base energética: hidrocarburos, electricidad - Mejora y flexibilidad en transporte y comunicaciones - Nuevos materiales: aluminio, plásticos - Nuevos sectores motrices: automóvil, metalmecánica, química, material eléctrico - Explotación intensiva de recursos no renovables
Régimen de acumulación	<ul style="list-style-type: none"> - Predominio de empresas pequeñas monoplantada - Empresas de carácter familiar - Escasa división técnica y espacial del trabajo - Mercados predominantes locales / comarcales (excepto manufacturas de lujo) - Producción muy limitada (prototipos) - Escasa vinculaciones interempresariales 	<ul style="list-style-type: none"> - Grandes empresas en industrias pesadas y predominio de PYMEs - Producción en series limitadas - Expansión de los mercados y aumento de la competencia - Escasa división técnica del trabajo - Débiles vinculaciones inter empresariales 	<ul style="list-style-type: none"> - Producción a gran escala - Centralización y concentración del capital (empresas multinacionales) - Creciente importancia de la organización productiva y de la tecnoestructura - Racionalización de la producción, creciente división del trabajo (cadenas de montaje) - Aumento del tamaño medio de las fábricas
Organización espacial de la actividad manufacturera	<ul style="list-style-type: none"> - Cierta concentración junto a los recursos - Equilibrio rural / urbano - Dispersión intraurbana organizada por gremios - Importancia del trabajo domiciliario 	<ul style="list-style-type: none"> - Ampliación de mercados y aumento de la competencia territorial - Declive de la artesanía / manufactura rural frente a progresiva concentración (ciudades, yacimientos, nodos de transportes) - Relaciones centro / periferia a escala interregional e internacional (metrópolis, colonias) 	<ul style="list-style-type: none"> - Progresiva concentración / aumento de las economías de aglomeración - Complejos territoriales de producción - Crecientes desequilibrios rural / urbanos, interregionales e internacionales - Desarrollo de ejes difusores - Nueva división internacional del trabajo: fábricas para el mercado mundial
Modo de regulación	<ul style="list-style-type: none"> - Control gremial - Empresas estatales 	<ul style="list-style-type: none"> - Eliminación de restricciones al desarrollo industrial - Protección arancelaria (sustitución de importaciones) 	<ul style="list-style-type: none"> - Creciente organización de los trabajadores - Regulación del mercado de trabajo, avances del Estado de Bienestar y creciente intervención estatal

	<ul style="list-style-type: none"> - Liberalismo económico (laissez - faire) frente a regulación socio-laboral - Ordenanzas urbanas 	<ul style="list-style-type: none"> - Reducción del proteccionismo exterior - Empresas públicas en sectores estratégicos - Políticas de desarrollo industrial - Ordenación territorial y urbana
--	---	--

Fuente: adaptado de Méndez del Valle y Caravaca (1996)

Nos interesa comprender las características principales de las formas posfordistas de producción por dos motivos: el primero, porque es la forma difundida y predominante en que actualmente se produce a escala global. En segundo lugar, porque esta forma de producción es la que moldea los patrones de intercambio internacional y define gran parte del comercio. Podemos agregar un tercer motivo, y es que al mismo tiempo es la forma de producción que será reemplazada por la Industria 4.0, por lo que conocer sus fortalezas y debilidades nos permitirá tener una aproximación a lo que está por venir y actuar en consecuencia.

La Tercera Revolución Industrial: la producción postfordista

Recordemos que el postfordismo surge como nueva forma de organización de la producción sobre fines de los años 1970 en la fábrica japonesa de Toyota, lo que le valió originalmente el nombre de "Toyotismo", de igual manera que lo fue el "Fordismo" cuando se implementó en la fábrica americana de Ford cincuenta años antes. El toyotismo fue progresivamente adoptado por las empresas alrededor del mundo, lo que luego se dio a llamar "postfordismo" como una forma más general de referirse a todas las nuevas configuraciones de la organización de la producción bajo la lógica central de los procesos delineados originalmente por Taiichi Ohno¹ en la Toyota.

Las formas postfordistas de organización de la producción reducen significativamente las pérdidas de tiempo, es decir, aumentan la productividad (la duplican respecto al fordismo), a partir de integrar el pensamiento y la acción a todos los niveles de operación dentro de la organización, a la inversa del taylorismo. Se trata de una combinación entre ventajas de la producción artesanal con la producción fordista, evitando las desventajas de ambos: fusionan la flexibilidad y calidad (ventajas artesanales) con la velocidad y bajos costos unitarios de la producción de masas. Los cambios que introduce esta nueva forma de organización son a lo largo de toda la cadena de valor agregado incluyendo diseño e ingeniería de productos,

¹ Taiichi Ohno fue un ingeniero industrial japonés conocido por diseñar el sistema de producción Toyota, Just In Time, dentro del sistema de producción del fabricante de automóviles.

comercialización y distribución, organización interna de la fábrica y relaciones con los proveedores. Es un sistema dinámico en continua evolución por la permanente innovación en productos y procesos.

Características esenciales del sistema postfordista

Ingeniería simultánea: diseño y fabricación dejan de ser procesos separados para ser integrados y sincronizados en cooperación cara a cara entre diseñadores y productores, reduciendo el tiempo y los materiales desperdiciados, disminuyendo el tiempo y costo de lanzamiento de productos nuevos y creando una “manufacturabilidad” en el diseño de los productos.

Innovación continua y paulatina: todos los trabajadores ofrecen asesoría sobre la forma de mejorar los productos y procesos (círculos de calidad). Todos los trabajadores deben estar a la “caza de errores” y propongan la manera de eliminarlos. Esta modalidad requiere la delegación de un máximo de tareas y responsabilidades a los trabajadores de la línea de montaje, reducir la gerencia media y un sistema de información global para que todos los miembros entiendan y evalúen la situación global de la fábrica. Este aumento de participación de los trabajadores en todos los niveles permite: a) movilizar el conocimiento y la experiencia disponibles en la organización; b) fortalecer el desarrollo del personal por aprendizaje continuo y, c) consolidar el sentimiento de pertenencia de los trabajadores en la empresa y el compromiso con su desempeño, pero también el de la empresa con los trabajadores (importancia de los planes de seguridad de largo plazo para los trabajadores).

Trabajo en equipo: se organizan equipos flexibles relativamente autogerenciados con un líder y hasta 15 miembros con funciones intercambiables al interior del grupo y en otros (trabajadores polivalentes). Toman decisiones colectivas sobre la forma de manejar la parte de producción de la que son responsables, incluyendo la reparación y mantenimiento de los equipos, ordenación de materiales y control de calidad. Se requiere para esto que los trabajadores tengan “susceptibilidad de capacitación”, lectoescritura básica y capacidades sociales y de comunicación para un trabajo en equipo. Los niveles salariales se reducen y el pago está más estrechamente vinculado con el esfuerzo y desempeño del grupo.

Just in Time y principio “regulador cero”: además de la eliminación de los costos financieros que implican los grandes inventarios de insumos y productos, significa mayor y creciente flexibilidad y velocidad en la adaptación de la producción a los cambios de la demanda y facilita la producción de pequeños lotes. El principio de “control de calidad total” implica la incorporación de calidad al producto en vez de reparar errores luego de producidos.

Integrar la cadena de suministro: flujo de suministros coordinado con el principio de Just in Time permite aumentar la ventaja de la proximidad física entre productores, proveedores y clientes. Las relaciones cooperativas al interior se complementan con relaciones de colaboración o “sinergia” no reguladas por precios con los proveedores en general consistentes en obligaciones recíprocas de compromiso a largo plazo relativamente garantizado.

El secreto de la producción postfordista es el énfasis en la mejor gerencia y organización del trabajo y la superación de la subutilización del conocimiento, creatividad y capacidades humanas de la organización tayloristas. Su fuente de flexibilidad reside en sus características organizacionales más que tecnológicas. Las herramientas se hacen flexibles no tanto por estar basadas en el microprocesador, sino porque el contexto permite su implementación flexible.

La producción postfordista es, sin embargo, más vulnerable que la fordista en algunos aspectos. Fundamentalmente respecto a los cuellos de botella en el funcionamiento de transportes y comunicaciones que requieren ser "Just in Time" (JIT). Esto refuerza la ventaja de la proximidad física entre empresas y proveedores. Una vulnerabilidad mayor es la fuerza de trabajo que al funcionar en conjunto puede hasta detener la producción en caso de fallar.

Economías de escala, alcance y flexibilidad

La producción fordista obtiene de manera conjunta economías de producción, instalación y empresa, pero la producción postfordista ha cambiado estas relaciones conjuntas. La fuerza distintiva de la competitividad postfordista es la flexibilidad en oposición a la rigidez de la producción fordista, por lo tanto, en una misma instalación es posible producir una gama más amplia de productos que en el fordismo.

La flexibilidad también implica que la producción promedio es mucho menor que la fordista con lo que aumenta la importancia de las economías de alcance en oposición a las de escala: producir una gama de productos con un conjunto determinado de activos. Se observa una disminución significativa de las escalas de producción de eficiencia mínima realizadas en instalaciones más pequeñas².

Estas características de la producción postfordista (reducción de los niveles de eficiencia mínima y flexibilidad a las condiciones específicas de la demanda) lo hacen más adecuado (según Oman, 1994) para los países en desarrollo sobre todo para cubrir los mercados internos³. Además, "la buena noticia" es que

² La reducción de la escala de eficiencia mínima no significa el predominio de empresas chicas o que las grandes no sean tan ventajosas como en la producción fordista. Incluso sus ventajas pueden ser mayores al combinar economías de escala y alcance para los costos de I+D, mercadeo, etc. La diferencia respecto a las fordistas es que en vez de la rigidez e inercia burocráticas que caracterizan su estructura jerárquica, las organizaciones postfordistas requieren un gran sentido de la comunidad a su interior. En la práctica se aprovechan las grandes y las chicas a través de la "empresa red" que establece acuerdos de "sinergia" a largo plazo (Japón y norte de Alemania: gran corporación o keiretsu con redes internas entre sus filiales. En el norte de Italia, sur de Alemania y Dinamarca: distrito industrial de muchas compañías relativamente chicas con acuerdos de redes entre sí).

³ De todos modos, se hace necesaria la integración entre los países en desarrollo y los desarrollados por el peso que tiene la exportación, a pesar de la mayor importancia de los mercados internos.

como la especificidad de la producción postfordista es orgánica y no tecnológica *per se*, los cambios fundamentales no implican en una primera instancia un uso intensivo de capital ni por ende de divisas⁴.

Importancia del desarrollo y difusión de las tecnologías de la información

Es importante considerar que en el momento de adopción del postfordismo como forma extendida de producción se estaba produciendo una serie de innovaciones tecnológicas radicales, principalmente en el sector de la información y las comunicaciones: a fines de los 80 la irrupción de las computadoras y a fines de los 90 la explosión de Internet. La adopción de estas innovaciones permitió que la transmisión instantánea de grandes cantidades de datos a largas distancias fuera relativamente económica, suministrando los medios técnicos para la globalización financiera. La globalización financiera tuvo un rol importante en la localización global porque intensificó las fluctuaciones en las divisas internacionales incentivando a las empresas competitivas a buscar nuevos centros de producción en América del Norte, Europa y Asia para sortear las barreras proteccionistas. También es importante la globalización financiera en el financiamiento de la globalización de los activos corporativos.

Al mismo tiempo, el suministro más veloz de información a los demandantes situados en cualquier parte, contribuyó a la globalización de la demanda en muchos sectores. Pero fundamentalmente, las nuevas tecnologías contribuyeron a la globalización de la oferta, es decir, a la globalización de la competencia entre proveedores de diversas maneras. Una de ellas fue ayudando a los productores "postfordistas" a acortar el ciclo de vida de bienes intermedios y finales. Esta disminución de la vida de los productos presionó a las empresas para ampliar su participación en los mercados internacionales en el intento de amortizar sus costos fijos de producción en menor tiempo.

En respuesta a esta presión aumentó considerablemente la tendencia a invertir en publicidad y mercadeo que, junto a la inversión en I+D significaron un aumento considerable de la participación de los costos fijos en los totales. Estos altos costos combinados con la liberalización del transporte aéreo y las mejoras tecnológicas en la industria permitieron la racionalización de las operaciones al interior y entre las empresas (Sistemas Internacionales de Producción Integrada, tema que veremos más adelante) bajo el formato de fusiones y adquisiciones así como la proliferación de asociaciones entre corporaciones y creación de redes estratégicas y tácticas para distribuir costos y riesgos de las I+D y las estrategias

⁴ Si bien no se requiere uso intensivo de capital o divisas, sí se exige infraestructura y recursos humanos.

globales de cooperación que cambian continuamente la dinámica de la competencia oligopólica a escala global y escapa cada vez más del control de las políticas nacionales.

Para Oman (1994), la fuerza del cambio que promueve la globalización tiene un carácter microeconómico: la consolidación y difusión internacional del sistema postfordista de organización industrial. La división entre la etapa fordista (en crisis desde mediados de la década de 1960/70) y la postfordista es la capacidad muy superior de los productores postfordistas de aprovechar las nuevas tecnologías de la información aplicadas a la producción (autonomatización flexible) para reducir costos y aumentar la flexibilidad. Se trata de un nuevo sistema con nuevas reglas de competencia oligopólica a escala mundial.

Respecto al impacto macro del cambio de modelo, la transición ha sido dolorosa (sobre todo en América Latina) en términos de ajuste en el mercado de trabajo: desempleo significativo de empleados y obreros en industrias en proceso de reestructuración que llevaron a un ajuste "estructural" en el mercado laboral. Las perspectivas futuras en cuanto a la eliminación del desempleo estructural no son favorables teniendo en cuenta la intensificación de la competencia por la producción postfordista en industrias con mercados relativamente saturados (autos, electrónica, acero, etc.). Además, estas altas tasas de desempleo generaron presiones para la protección contra las importaciones dentro y entre regiones. De este modo, la globalización no sólo lanzó cada vez más productos y compañías, sino diferentes sistemas sociales o tipos de capitalismo a una competencia encarnizada que generó y sigue generando fricciones internacionales que por su magnitud son difíciles de abordar adecuadamente.

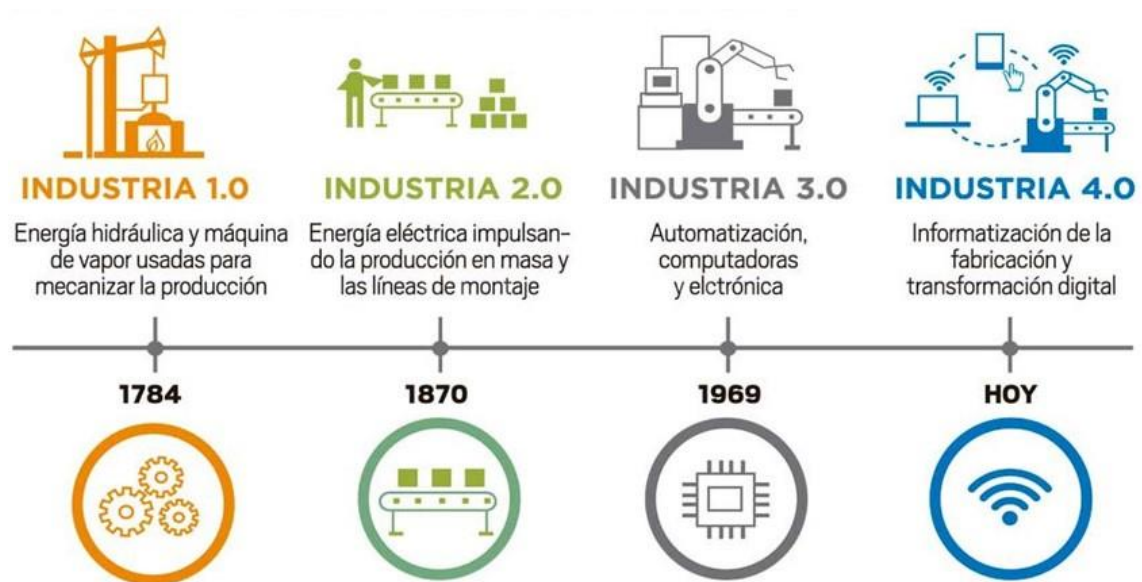
La Cuarta Revolución Industrial: la Industria 4.0

Hasta aquí hemos trabajado la evolución del sistema productivo capitalista con la información de un mundo que conocemos, simplemente porque corresponde al pasado, es decir, trabajamos a la luz de los hechos ocurridos al interior del sistema industrial luego de tres de sus revoluciones. Pero nos dirigimos hacia un proceso en génesis, vamos a observar algo que está ocurriendo ahora mismo en las entrañas de las principales industrias consolidadas y de casi todas las nuevas industrias que están surgiendo con fuerza alrededor del mundo. Por lo tanto, nada de lo que diremos ahora es definitivo porque la velocidad y la potencia del cambio son grandes y en la línea de partida es muy difícil saber quién tomará la delantera. Contamos con las lecciones aprendidas de tres revoluciones industriales previas para saber cuáles son las fortalezas con las que partimos y los obstáculos a sortear, pero muy poco sabemos de lo que realmente sucederá. Como en todos los momentos de revolución

que sobrevienen con una crisis... es justamente ahí donde se encuentran las oportunidades.

La Cuarta Revolución Industrial utiliza la inteligencia artificial y la información en tiempo real para aumentar la productividad y reducir los costos. Se caracteriza por la confluencia de tres grandes retos: asimilar los avances tecnológicos desarrollados por la denominada Industria 4.0, asumir el cambio de los modelos de producción, consumo y distribución desde un modelo lineal hacia una economía circular sostenible y responsable, y afrontar de manera efectiva la mayor amenaza a la que se ha visto expuesto el ser humano en toda su historia: el cambio climático (Espaliat Canu, 2017).

Figura 3.9 Evolución de las revoluciones industriales

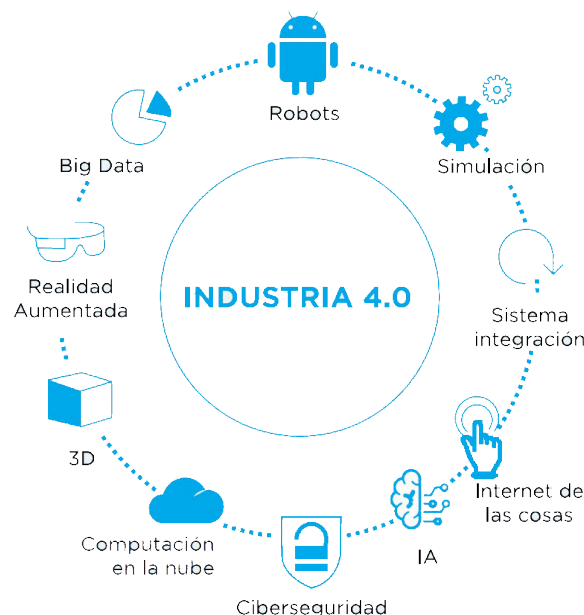


En 2011, en la Feria Internacional de Hannover en Alemania, los profesores Henning Kagermann, Wolf-Dieter Lukas y Wolfgang Wahlster acuñaron el término Industria 4.0 para referirse a la informatización, digitalización y automatización de la fabricación, lo que desde una perspectiva más amplia se considera como la cuarta revolución industrial. Se caracteriza por la incorporación masiva de las tecnologías de la información a toda la cadena de valor de los procesos relacionados con la industria. Esta integración se traduce en la optimización e interacción de los procesos de investigación y desarrollo, diseño, producción, logística y prestación de servicios asociados. La clave del concepto radica en el flujo de información a través de las capas organizativas de la empresa y a través del ciclo de vida del producto. Para conseguir esta fluidez, es necesario conectar lo que hasta ahora eran "nichos" de sistemas aislados y distanciados entre sí.

El 95% de las tecnologías que hacen posible la revolución industrial de nuestros tiempos ya existían hace años. La diferencia de la cuarta revolución industrial respecto del pasado se basa en la forma simbiótica en la que todas ellas operan. El trabajo coordinado y el carácter cooperativo de las tecnologías anteriormente mencionadas hacen que el desarrollo y perfeccionamiento de cada tecnología genere una mejora exponencial al resto de tecnologías (García Egea, 2017). Esta es una situación similar a la que se dio cuando se produjo el cambio del fordismo al posfordismo. Cuando Taiichi Ohno transformó la organización de la Toyota, contaba con exactamente las mismas tecnologías que ya existían y habían sido desarrolladas en la etapa anterior; lo que hizo Ohno fue justamente cambiar la organización y la forma en que operaban esas tecnologías, lo que al mismo tiempo generó nuevos avances tecnológicos que potenciaron su productividad.

Se pueden distinguir diez pilares tecnológicos sobre los que se monta la Industria 4.0: Big Data y análisis de grandes datos, máquinas y sistemas autónomos (robots), simulación en entornos virtuales, sistemas de integración, Internet de las cosas (IoT), ciberseguridad, computación en la nube, manufactura aditiva (impresión 3D), realidad aumentada e Inteligencia Artificial (IA).

Figura 3.10 Los pilares tecnológicos de la Industria 4.0



Fuente: AMETIC

La oferta de estas tecnologías se completa con otras: drones, sensores inteligentes, controladores, plataformas electrónicas

abiertas, sistemas de localización, sistemas de autoidentificación y blockchain son algunos de los muchos ejemplos que emergen por la convergencia de los pilares tecnológicos mencionados y juegan un rol igualmente relevante en la amplificación de la matriz tecnológica actual.

La industria 4.0 representa el salto en el proceso productivo, a través de nuevas tecnologías y herramientas como el análisis e interpretación de datos, la interconectividad, la digitalización y la monitorización de las cadenas de suministros. El presente y futuro industrial pasa por la fábrica inteligente, en la que el proceso automatizado e interconectado permite la aplicación del internet industrial de las cosas (IIoT) y de nuevos estándares de conectividad, cloud, edge computing, digital twins, big data, IoT o Blockchain.

Las soluciones tecnológicas de principio a fin (end to end) en la fábrica implican a toda la cadena de valor, desde la sensórica (sensores inteligentes implicados en la fabricación) y el propio trabajador, hasta plataformas de digitalización industrial –como los sistemas Manufacturing Execution System (MES) / Manufacturing Operations Management (MOM), SCADA, APS/SCM– y soluciones como robotización de instalaciones, mantenimiento predictivo o realidad virtual y aumentada. El objetivo es conseguir una mejora en la eficiencia global de los equipos, a través de la conectividad, el control de procesos y la analítica avanzada.

La aplicación de tecnologías de la Industria 4.0 y los nuevos modelos de negocios que emergen, llevan a las empresas globales a repensarse por completo. Estas compañías pueden relocalizar (reshoring) en sus regiones o países de origen las tareas de fabricación que antes habían sido deslocalizadas (offshoring) (BID, 2018).

El impacto de las nuevas tecnologías sobre el comercio internacional y los flujos bilaterales de los países que integran cadenas globales de valor permanece poco explorado en la literatura. La evidencia empírica sugiere que la automatización y el uso creciente de robots pueden conducir hacia la reversión parcial de las tendencias de deslocalización de procesos de manufactura y ensamblaje que caracterizaron a las cadenas globales de valor en sectores como el automotriz, la electrónica, el textil y la fabricación de equipos, entre otras. Estas tecnologías parecen erosionar las ventajas competitivas basadas en la oferta de mano de obra barata que supieron caracterizar a algunas economías nacionales. Asimismo, otros aspectos vinculados con la competitividad, tales como el sistema de infraestructura, logística y conectividad digital, el costo energético y los talentos de las personas acordes a las exigencias de la Industria 4.0, podrían volver a ocupar un lugar determinante sobre las decisiones de localización de las empresas globales. La novedad es que varias empresas han

cambiado su estrategia de integración global y empezaron a desandar el camino iniciado en la fase de globalización, para invertir en automatización y robótica e instalar plantas productivas en su país de origen (BID, 2018).

La automatización está reduciendo las ventajas de las economías emergentes basadas en mano de obra barata y el comercio se está desplazando cada vez más a los bienes y servicios digitales. Los flujos de comercio intensivos en conocimiento ya están creciendo aproximadamente un 30% más rápido que los flujos comerciales intensivos en capital y mano de obra (OECD, 2016). Los mercados laborales se ven afectados, mientras que los proveedores de capital intelectual y robótico, concentrados en los países desarrollados, se benefician enormemente (BID, 2018).

El comercio internacional acelera la adopción de nuevas tecnologías, pudiendo incluso incentivar nuevos desarrollos tecnológicos. Los tratados de comercio pueden incluir mecanismos específicos de intercambio tecnológico, cooperación técnica y fomento a la innovación y desarrollo. Sin embargo, mientras algunos acuerdos involucran producciones primarias con gran contenido tecnológico (ejemplo, la agricultura de precisión) generando un círculo virtuoso en términos de desarrollo tecnológico, otros acuerdos, basados en el comercio de productos de escaso valor agregado pueden generar incentivos contrarios a la adopción de nuevas tecnologías (BID, 2018).

Industria 4.0 y Economía Circular

Por definición, la Economía Circular es un modelo sostenible, reparador y regenerativo que se basa en tres enfoques fundamentales: uso de energías renovables, eficiencia energética y gestión eficiente y responsable de todo tipo de recursos. La economía circular, apoyada en la Industria 4.0, puede jugar un rol importante en la transformación de los modelos de fabricación y consumo, particularmente si se orienta hacia el desarrollo del "modelo de producto considerado como servicio". De acuerdo con este modelo, el uso generalizado del "Internet de las Cosas", junto con la adopción de una filosofía de responsabilidad por parte de empresas y consumidores a lo largo de todo el ciclo de vida del producto o servicio, puede "liberar" el potencial de la economía circular, sobre todo en un mundo donde existen al menos 50 billones de productos conectados a internet desde el año 2020.

La economía circular propicia el uso y la creación de nuevas tecnologías que permiten la transformación hacia modelos de negocio propios de la cuarta revolución industrial. Junto con otras iniciativas de gran actualidad, como el On-Demand Products y la Sharing Economy, contribuye también a hacer frente a lo que algunos creen erróneamente ser su mayor amenaza: la potencial y temida "destrucción" de empleos. Pero lo que ocurre en la

práctica es precisamente lo contrario: la economía circular plantea la intervención en todo el ciclo de vida de los productos y servicios, mejorando la calidad y optimizando la eficacia, la disponibilidad y la seguridad de los mismos, potenciando la creación de gran número de Industrias 4.0, las que a su vez requieren de mayor número de profesionales especializados, cuyo trabajo, mejor remunerado, genera mayor valor añadido.