

CEPAL

Comisión Económica para América Latina y el Caribe

Santiago, Febrero 2017

# **Transformaciones tecnológicas, su impacto en el mercado de trabajo y retos para las políticas del mercado de trabajo**

Juan Manuel Rodríguez

Este documento fue preparado por Juan Manuel Rodríguez, consultor de la División de Desarrollo Económico de la Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL), en el marco de las actividades del proyecto ROA-236-8 "Fortalecer las capacidades de América Latina y Asia para desarrollar y mejorar sistemas de formación profesional y capacitación y proteger los trabajadores frente al desempleo". Las opiniones expresadas en este documento, que no ha sido sometido a revisión editorial, son de exclusiva responsabilidad del autor y pueden no coincidir con las de la Organización.

## Índice

Introducción .....	5
I. Una nueva revolución industrial en un mundo en transformación .....	7
A. Aumento de la potencia de los ordenadores, de la capacidad de almacenamiento de datos (Big Data) y de su procesamiento .....	9
B. Inteligencia artificial .....	10
1. Puede aprender una computadora? .....	12
2. Aprendizaje automático .....	13
3. Limitaciones de las computadoras .....	13
4. Desarrollos en curso y previsiones futuras .....	14
C. Robótica y fábrica inteligente (Smart) .....	14
D. Internet de las cosas .....	15
E. Impresión 3D .....	17
F. Economía colaborativa .....	18
II. Los impactos en el mercado de trabajo .....	19
A. La cuantificación de las pérdidas de empleos .....	20
B. Metodología de Frey y Osborne y principales conclusiones .....	20
C. Críticas al trabajo de Frey y Osborne y otros enfoques .....	22
D. Cuantificación alternativa .....	23
E. Lentitud de implantación del cambio técnico .....	23
F. La nueva estructura de los mercados de trabajo .....	23
G. ¿Desaparecerá el trabajo? .....	24
H. ¿La revolución actual es diferente que las pasadas? .....	25
III. Las políticas nacionales ante la cuarta revolución industrial .....	27
A. Las políticas nacionales .....	27
1. Alemania, la pionera en crear un programa nacional: Industria 4.0 .....	27
2. Francia: detener la desindustrialización e implementar "Industria del futuro" .....	31
3. Corea del Sur: "Estrategia de Innovación de la Industria de Fabricación 3.0" .....	32
4. China: Plan "Hecho en China 2025" .....	34
5. Estados Unidos: iniciativas aisladas .....	35
6. España: Industria conectada 4.0 .....	36
IV. Algunos temas laborales, educativos y sociales .....	38
A. Algunas consideraciones previas .....	38

B.	Cambios en el diseño y la exigencia de los puestos de trabajo .....	40
C.	Alinear tecnología, organización y cultura del trabajo .....	41
D.	Políticas pasivas de empleo.....	42
E.	Políticas activas de empleo: formación profesional en la era digital .....	43
F.	Relaciones Laborales basadas en la negociación y el diálogo .....	46
G.	Analizar la necesidad de un ingreso básico focalizado y condicionado .....	47
V.	Conclusiones principales .....	48
A.	Todo indica que el mundo está ingresando en una nueva revolución industrial .....	48
B.	El cambio se produce en un contexto mundial con grandes transformaciones .....	48
C.	Principales cambios que conforman la cuarta revolución industrial .....	49
D.	Fuerte impacto en la disminución y estructura del trabajo en el corto plazo .....	49
E.	Estimaciones diferentes sobre la evolución del trabajo futuro.....	49
F.	Varios países implementaron políticas o programas nacionales para no quedar fuera de las transformaciones.....	50
G.	Necesidad de políticas laborales activas y pasivas .....	50
H.	Una reflexión sobre la situación de América Latina.....	51
	Bibliografía.....	52

#### Recuadros

Recuadro 1	Una computadora derrota a un campeón mundial: Deep Blue versus Garry Kasparov .....	10
Recuadro 2	Watson: del juego de preguntas y respuestas a la industria intensiva en información .....	11
Recuadro 3	Principales sectores en la sustitución de empleos .....	21
Recuadro 4	La experiencia de la Academia Cube .....	45

## Introducción

El objetivo central de este trabajo es analizar el conjunto de cambios tecnológicos que se están produciendo en la actualidad, los impactos que previsiblemente tendrán en el empleo y las políticas que se están aplicando primero para su promoción en varios países y, en segundo lugar, focalizando el análisis en los mercados de trabajo.

Este objetivo se desarrolla en cinco capítulos cuyos principales contenidos son los siguientes. En el Capítulo Primero se fundamenta porqué estos cambios configuran para muchos autores, basándose en su carácter disruptivo, una revolución tecnológica cuyo centro es la producción industrial. De ahí que se la denomine la Cuarta Revolución Industrial. Se describen los principales componentes de la misma, con las denominaciones que le dan los diversos autores. Algunos de los cambios formaron parte de la revolución de las TICs (la tercera) aunque con un gran aumento de su potencia y capacidad, lo que les permite abordar nuevos problemas y funciones. Es el caso del aumento de la potencia de los ordenadores, la mayor capacidad de almacenamiento y procesamiento de datos (Big Data) a costo reducido, la inteligencia artificial con nuevas aplicaciones, la ampliación del uso de robots con más funciones, más sensibles y con auto programación. El internet de las cosas, que establece vínculos de objetos con objetos con o sin participación humana; la impresión en 3D, que abre posibilidades de reproducir objetos sin moldes y a bajo costo y la economía colaborativa, también denominada economía de las plataformas. De cada uno de estos procesos se realiza una descripción de sus contenidos y sus impactos.

El segundo capítulo analiza el impacto que estos cambios tendrán en el empleo. Estudios de este tema, indicando la pérdida de empleos, se hacen desde hace más de una década. En el 2013 Frey y Osborne, dos académicos de la Universidad de Oxford, cuantificaron la pérdida para la economía norteamericana, en el 47% de los empleos. Esto generó una importante polémica y estudios alternativos de los que resultan cifras menos impactantes. Se analizan las distintas metodologías y los términos de esta polémica que se mantiene y alimenta permanentemente.

En el Capítulo 3 se analizan las políticas que algunos países definieron para promover la tecnificación, en la medida que se considera que traerá un gran crecimiento de la productividad y competitividad en las próximas décadas, por lo cual, no participar de la misma puede implicar un retraso relativo.

El Capítulo 4 se focaliza en las políticas para el mercado de trabajo: tanto pasivas (subsidio al desempleo) como activas (capacitación) y los cambios que la reorganización de los procesos

productivos implicarán a las relaciones laborales, incluyendo la nueva organización del trabajo, las responsabilidades crecientes que tendrán los trabajadores y las nuevas exigencias que tendrán cuando los cambios se efectivicen, lo que puede tener diferentes ritmos según los países.

Finalmente, en el Capítulo 6 se indican las principales conclusiones del trabajo. Un cambio de esta magnitud no se produjo muchas veces en la historia. En todos los casos tuvo una gran generalización, porque la marginación no es una opción. Esto tiene implicancias para América Latina, donde la discusión de este tema no tiene aun una relevancia significativa.

## I. Una nueva revolución industrial en un mundo en transformación

El cambio técnico es un fenómeno permanente que, en el tiempo, tiene ritmos y profundidades diferentes. En una mirada de largo plazo se percibe que existen períodos en los que las tecnologías, las innovaciones, tienen un carácter muy disruptivo y significan transformaciones radicales con respecto a las existentes. A partir de ello, el grado de transformación que introducen en la actividad productiva y los impactos que producen en el trabajo y la sociedad son muy significativos, superiores a lo normal.

Por eso se habla de revoluciones tecnológicas, que son precisamente cambios técnicos que introducen modificaciones radicales en toda la actividad económica, que tienen la capacidad de provocar enormes crecimientos en la producción y la productividad, así como transformar profundamente el trabajo. Una revolución tecnológica no solo crea un sector nuevo, donde se radica el cambio sino que penetra en el conjunto de la actividad económica e introduce cambios en todos los sectores.

Las actividades afectadas directamente desaparecen o se reducen al mínimo. Los empresarios y trabajadores de los sectores afectados se ven cuestionados por los cambios y, por el contrario se benefician los nuevos sectores y, por la generalización del nuevo paradigma que la tecnología implica, toda la economía. Analizado en su conjunto el cambio implica la existencia de perdedores y ganadores, destrucción de actividades y generación de nueva riqueza, todo lo cual implica un modificación de la distribución de la riqueza.

“Gran parte del aprendizaje tecnológico es gradual e incremental. Sin embargo, no hay ninguna progresión inevitable hacia una frontera cada vez más distante y siempre más inalcanzable ; existen discontinuidades importantes que se convierten en aperturas por las que los (países) recién llegados pueden dar un salto adelante. Éstas adoptan la forma de revoluciones tecnológicas e implican fuertes cambios de dirección en el avance tecnológico; también proporcionan los medios para modernizar la mayoría de las actividades a costa de abandonar muchos de los conocimientos de gestión acumulados anteriormente y parte del equipamiento anterior , junto con los conocimientos especializados conexos”. (Pérez, 2001).

Estos cambios radicales, a la vez que significan traumas económicos y sociales, son los momentos en que los países tienen oportunidades de insertarse en nuevos mercados y quizá iniciar un proceso hacia un desarrollo sostenido (Pérez, 2001). En esta óptica una opción poco razonable es descartar los cambios argumentando las dificultades que implica, pues dado que otros países se

insertan en ella, sin duda ganarán en productividad y competitividad quedando mejor posicionados en los mercados mundiales, desplazando a los atrasados.

Actualmente estamos en los inicios de una nueva revolución tecnológica, centrada en la industria, la cuarta. Se produce en un contexto de grandes transformaciones en la población y el orden económico mundial. Según Scarpeta (2016) y OCDE, NNUU, CAF (2016) tres son los grandes factores estructurales que están transformando el mundo.

El primero es el envejecimiento de la población en los países de la OCDE y en los emergentes. Se estima que en 2050 habrá un pasivo cada tres activos, y en algunos países como Japón y España, uno cada dos. En los países emergentes se está verificando la misma tendencia, como en China donde la edad promedio de la población está teniendo un constante crecimiento. Este hecho, sumado al crecimiento de la clase media, no solo afectará la sostenibilidad de los sistemas de seguridad social, al reducir la relación activos/pasivos, sino que implicará una modificación estructural de la demanda de bienes y servicios a nivel mundial.

El segundo fenómeno es el cambio en los procesos productivos, con una creciente fragmentación de los mismos, involucrando en ese cambio a diversos países. La producción se está organizando en cadenas de valor que traspasan las fronteras pues un producto es resultado de la agregación de bienes y servicios producidos en varios países. La reducción del coste de los transportes y sobre todo las posibilidades de comunicación y transmisión de grandes volúmenes de datos a costo insignificante así como de la potencia de los ordenadores, facilitó este proceso. En los mega acuerdos que se están negociando a nivel mundial (TPP liderado por EEUU; TTIP, entre la U. Europea y los EEUU y el acuerdo Asia-Pacífico, liderado por China) un tema relevante es qué país hace cada parte del proceso de producción de los bienes que se destinan a los mercados mundiales y, a partir de ello, como se distribuye el trabajo y los ingresos, lo cual es muy importante para definir el papel que cada país jugará en el orden mundial que se conforme.

La tercera tendencia fuertemente relacionada con la anterior es un cambio técnico de gran magnitud, una revolución científica tecnológica. La primera revolución tecnológica fue la introducción de máquinas cuyas principales energías fueron el carbón y el vapor. Originalmente se introdujeron telares en el siglo XVIII en Gran Bretaña y luego se generalizó a toda la industria manufacturera.

El crecimiento de la productividad provocado fue muy significativo y explica la generalización de la nueva tecnología. La producción de un arado en el sistema artesanal insumía el trabajo de 118 horas-hombre. En una fábrica mecanizada donde trabajaban 52 trabajadores, con elevada división del trabajo un arado pasó a producirse en 3,75 horas. Una camisa de muselina blanca que insumía 7,65 hs de producción pasó a realizarse en 1,31 hs. (US Department of Labor, 1899, citado por Frey y Osborne, 2013)

La segunda revolución se produjo por la introducción de la línea continua de montaje. En la fábrica de automóviles Ford, en el año 1903, para producir el modelo T, la producción se organizó en una línea continua que era transitada por los automóviles en la que se hacían paradas para la realización de las distintas tareas hasta alcanzar el producto final. La simplificación de las tareas permitió su realización por trabajadores no calificados, muchos inmigrantes, que sustituyeron a artesanos calificados. El sistema permitió una reducción del tiempo de trabajo general del 34% (Bright, 1958).

Frederick W. Taylor, desde hacía años trabajaba con gerentes y profesionales de empresas en la elaboración de manuales que describían los movimientos que cada trabajador debía realizar en cada etapa del proceso productivo. Esto permitió capacitar a los trabajadores en tareas sencillas. Ford a esta segmentación multiplicada del trabajo, le agregó la cadena de montaje. Otro elemento que contribuyó a conformar las transformaciones fue la utilización creciente de la energía eléctrica que no solo fue una nueva fuente de energía sino que permitió elevar la automatización de muchos procesos.

La tercera revolución es la vinculada a las tecnologías de la información y la comunicación (TICs). La utilización de computadores capaces de almacenar, procesar y transmitir informaciones abren espacio a realizar nuevas actividades y transformar las existentes a partir de utilizar en ellos las posibilidades que permitan las nuevas tecnologías. La utilización de computadoras industriales y personales, teléfonos móviles, Internet, cada uno de ellos evolucionando en el tiempo para adquirir más potencia, nuevas funcionalidades y



ser más baratos, hicieron posibles y rentables actividades antes imposibles. Y tal como ocurrió con las anteriores, el trabajo también tuvo fuertes transformaciones.

La actual revolución tecnológica, la cuarta, centrada en la industria, por lo que suele denominarse revolución industrial, se conforma a partir una serie de cambios relacionados entre sí y que en conjunto determinan una nueva forma de encarar la producción, el consumo, la relación entre los actores, con un gran aumento en la capacidad de producción y en la productividad, por lo que algunos afirman que estamos en los albores de un nuevo mundo.

Al analizar los factores constituyentes de la cuarta revolución industrial puede verse que varios de ellos ya formaron parte de la tercera, con la diferencia de que actualmente se potenciaron, adquirieron una dimensión nueva, con lo cual, abrieron posibilidades de aplicación también novedosas determinando cambios cualitativos (aunque en algunos casos provienen de un aumento de las propiedades que ya tenían aunque con un salto cuantitativo).

Dado que las aplicaciones de los elementos nuevos son muy diversas, los diferentes enfoques, al referirse a ellos lo hacen de maneras diferentes según la óptica o el área de aplicación desde el que se realizan. En los puntos siguientes se describirán los principales factores constituyentes de esta revolución industrial, aunque varios de ellos están íntimamente relacionados e incluso se le han dado denominaciones diferentes para referirse a los mismos o a conceptos muy similares. El objetivo es hacer una descripción somera de los mismos que, obviamente podría profundizarse ampliamente, con el objetivo de tener claro a qué se hace referencia con los términos que se utilizarán.

## **A. Aumento de la potencia de los ordenadores, de la capacidad de almacenamiento de datos (Big Data) y de su procesamiento**

La evolución de las computadoras tiene una tendencia a la ampliación de la capacidad de almacenamiento que acompaña al de procesamiento de la información. Las computadoras actuales funcionan con varias memorias. Por un lado está la memoria primaria, directamente conectada a la CPU del ordenador. Esta memoria contiene el almacenamiento primario del sistema, incluye los programas en ejecución y los datos con que trabaja. Suele operar a una gran velocidad en el procesamiento de los datos.

La diferencia de velocidad entre el procesador y la memoria primaria dio origen a la memoria caché. Esta es una memoria de muy alta velocidad, típicamente entre 10 y 100 veces más que la memoria primaria, y se emplea para mejorar la eficiencia o rendimiento del CPU

Además tienen una memoria secundaria, que requiere que la computadora use sus canales de entrada/salida para acceder a la más información. De esta forma amplían la capacidad de la memoria primaria permitiendo un almacenamiento masivo. Un disco duro es un ejemplo de almacenamiento secundario. Aunque es más lenta, la capacidad de la memoria secundaria es superior a la primaria. La velocidad de los computadores se incrementó por 100.000 aproximadamente y la capacidad de memoria creció en una proporción similar. (Wikipedia)

A ello se agrega el almacenamiento en la nube (cloud storage), donde los datos se almacenaban, administran y respaldan en forma remota, en servidores que están “en la nube” y que gestionan empresas que proveen este servicio. Los usuarios acceden a los datos que envían por medio de internet. Las ventajas de este sistema son una gran flexibilidad, una gran capacidad de almacenamiento de datos y a un costo relativamente reducido.

Todas las estimaciones indican que en los próximos años los procesadores aumentarán su capacidad de almacenamiento y procesamiento de datos y se seguirá reduciendo el costo unitario, por información procesada Este hecho abre enormes posibilidades para resolver problemas que requieren una transmisión masiva de datos. Por solo dar un ejemplo, considerado de los más importantes en la

organización de la economía mundial en las últimas décadas: la descentralización de los procesos productivos y la conformación de valor. Entre sus causas centrales está la posibilidad de transmisión de datos masivos a bajo costo, que permiten que las empresas controladoras de los procesos lo puedan seguir haciendo, independientemente del lugar desde el que lo hagan y donde estén radicadas las empresas que conforman la cadena.

### Recuadro 1

#### Una computadora derrota a un campeón mundial: Deep Blue versus Garry Kasparov

IBM desafía a Garry Kasparov, campeón del mundo de ajedrez y considerado uno de los mejores ajedrecistas de la historia, a jugar un partido contra uno de sus productos: el superordenador Deep Blue. El campeón acepta. Luego declara que había jugado muchas veces contra computadores. Garry Kasparov estaba seguro de su triunfo, al punto de rechazar una oferta que le realiza IBM, de dividir el premio entre ganador y perdedor en 60 y 40 % respectivamente. Su confianza era tal que solo quería todo o nada.

El juego se desarrollaría en dos etapas. La primera en Filadelfia en 1996. Contra todos los pronósticos el primer partido fue ganado por Deep Blue. Kasparov quedó impactado, lo que no le impidió recomponerse y ganar los siguientes tres partidos y empatar dos, por lo que esta primera etapa fue triunfo de Kasparov.

Al comentar su derrota en el primer partido, Kasparov explicó que se desorientó cuando Deep Blue hizo un movimiento con un peón absolutamente inútil, porque podía ser capturado sin problemas. Imaginar cuál era la trampa de IBM lo desorientó de tal manera que le hizo perder el partido. "Fue un movimiento maravilloso y extremadamente humano", declaró a The Times. "Yo había jugado un montón de ordenadores, pero nunca había experimentado nada como esto. Podía sentir - podía oler un nuevo tipo de inteligencia a través de la mesa".

En la segunda etapa, en mayo de 1997, IBM mejora su producto y Deep Blue tenía una capacidad de procesamiento de 200 millones de posiciones por segundo, el doble de la computadora del año anterior. Las primeras 5 partidas terminaron en tablas pero Kasparov perdió en la sexta y última partida, perdiendo el match.

En esta segunda etapa Kasparov también cometió un error, una vez más, irritado por una jugada del ordenador, tan sorprendente, tan poco maquinal, que estaba seguro de que el equipo de IBM había hecho trampa. La incompreensión de cuál era la "inteligencia" de IBM lo desconcertó y perdió el partido.

Análisis posteriores mostraron que lo que ocurrió no fue una gran "inteligencia", sino un error de programación de IBM. Deep Blue implementaba algoritmos de "fuerza bruta" y su gran capacidad de procesamiento le permitía, ante cada movimiento, analizar las opciones posibles a las que les asignaba su probabilidad de éxito futuro, luego de lo cual decidía la próxima jugada. En su memoria contaba con datos relativos a más de 4.000 movimientos posibles y las partidas de los grandes maestros de ajedrez. ¿Qué pasó en el juego con Kasparov? Que en un movimiento, ante demasiadas opciones pero ninguna con una preferencia clara, la computadora decidió hacer un movimiento elegido al azar. Obviamente no era racional y eso fue lo que desconcertó a Kasparov que imaginaba una gran inteligencia de IBM, que no comprendía. La causa de su derrota fue el imposible objetivo de tratar de entender la "inteligencia de IBM".

En la historia, el match (aunque hoy se ve de otra forma), quedó como una ratificación de la inteligencia artificial en su capacidad de derrotar a humanos destacados por su gran inteligencia. Para comprender algunos hechos no puede olvidarse que muchos de los desarrollos científicos son logrados por empresas luego de años investigaciones con el objetivo de lograr un producto cuya venta les de resultados económicos. Sin duda IBM valoró el resultado del partido como un gran resultado económico y de marketing.

## B. Inteligencia artificial

La inteligencia artificial (IA), que algunos consideran más adecuado denominarla inteligencia computacional, son acciones que realizan los computadores que se asemejan a las de la inteligencia humana. Una máquina es "inteligente" cuando a partir de un determinado entorno, un conjunto de hechos o situaciones y utilizando un modelo conformado por reglas o patrones de comportamiento – todo ello almacenado en su memoria - produce un diagnóstico/caracterización de la situación e indica las acciones más apropiadas para lograr un objetivo específico.

Visto en su conjunto este proceso de la máquina imita las funciones "cognitivas" de los humanos o que son vinculados a la inteligencia humana, en particular "aprender" y "resolver problemas"

La IA convencional o simbólico-deductiva está basada en un análisis formal, la aplicación del método deductivo y de la estadística para recomendar un cierto comportamiento. Este proceso cognitivo, una vez definido el objetivo (es decir el problema a resolver) requiere varios componentes:

- La consideración de casos, o sea problemas concretos, caracterizados por los factores que lo determinan, por las acciones que se adoptaron en cada uno de ellos y por los resultados que se obtuvieron. La recomendación que realiza la computadora se deriva de consideración de las acciones que dieron mejores resultados en el conjunto de casos considerados. Es posible que indique una serie de acciones posibles asignándoles a cada uno de ellos una probabilidad de éxito.
- Una base de conocimientos sobre el tema que se analiza, que establece las reglas o relaciones de causalidad que vinculan las situaciones o variables independientes para provocar determinadas consecuencias. En cierta forma estas relaciones de causalidad entre variables que determina como éstas interactúan entre sí para provocar determinados resultados, podría denominarse teorías.
- Estadísticas a partir de las cuales resultan las probabilidades de éxito para lograr el resultado buscado de las conductas o acciones posibles. En particular se utilizan las redes bayesianas (basadas en el Teorema de Bayes).

El razonamiento basado en casos propone soluciones de nuevos problemas basándose en los resultados obtenidos en problemas similares anteriores. Esto es lo que hacen las personas con su experiencia. Un mecánico al hacer una reparación considera otras que realizó anteriormente: compara si los síntomas son los mismos, tiene un conocimiento teórico acerca de cómo funciona un motor y, sobre todo, recuerda lo que hizo y dio buen resultado. Algo similar ocurre con los distintos especialistas, técnicos o profesionales de las distintas disciplinas. En cierta forma los “casos” que se ingresan a la computadora, operan de forma similar a la acumulación de experiencia en los humano.

## Recuadro 2

### **Watson: del juego de preguntas y respuestas a la industria intensiva en información**

Desde la victoria de Deep Blue sobre Garry Kasparov, en 1997, IBM buscaba un nuevo desafío intelectual y mediático. Se dice que en 2004, durante una cena, Charles Lickel, director de IBM Research, percibió que el restaurante se había quedado en silencio. La razón era que miraban el certamen de preguntas y respuestas Jeopardy que se transmitía por televisión. Este fue el origen de la idea de crear un ordenador que compitiera en el programa contra los mejores.

La idea fue planteada en IBM, donde no tuvo una buena acogida y tampoco voluntarios de trabajar en el proyecto. No se creía que una máquina pudiera ganar en competencias de ese tipo. Y se acusaba a la idea de efectista y alejada de la informática real. Sin embargo, con el tiempo, la idea fue aceptada y se conformó un equipo de proyecto.

En el programa los concursantes, además de dar respuestas a las preguntas formulan ellos mismos preguntas, que operan como pistas. Esto implica que la máquina debe ser capaz de producir preguntas sobre las posibles respuestas, antes de definir una. Para ello, IBM desarrolló DeepQA, una arquitectura de procesamiento paralelo masivo que consideraba las pistas que se daban y los datos que tenía en su memoria.

DeepQA primero selecciona respuestas a las preguntas en función de los datos de su memoria y realiza vinculaciones usando cientos de algoritmos para asignarle una probabilidad y decidir. El resultado es una lista de posibles respuestas con una probabilidad asignada. En su memoria se incluyeron 200 millones de páginas de información estructurada y no estructurada que consumen cuatro terabytes de almacenamiento en disco e incluye el texto completo de la Wikipedia. Durante el juego no estaba conectada a Internet. El resultado fue una máquina con 750 servidores, del tamaño de una pieza grande, que no podía estar en el escenario de televisión por el ruido que hacía su sistema de refrigeración.

Watson analiza preguntas a partir de palabras clave y fragmentos de oraciones con el fin de encontrar estadísticamente frases relacionadas. Su principal innovación no era la creación de un nuevo algoritmo sino su capacidad para ejecutar rápidamente cientos de algoritmos de análisis de lenguaje para encontrar la respuesta correcta. Una vez que selecciona un pequeño número de soluciones posibles, es capaz de comprobar en contra de su base de datos cuál es la que tiene más sentido. Con este resultado IBM comenzó a implementar el concurso.

Los más ganadores en la historia de Jeopardy eran Ken Jennings y Brad Rutter. En 2008, los representantes de IBM se comunicaron con el productor ejecutivo de Jeopardy ofreciendo la posibilidad de un enfrentamiento de Watson con los dos. Tanto los concursantes como los ejecutivos del Programa aceptaron. Watson estuvo representado en la TV por un avatar del

logotipo inspirado en el símbolo de IBM "planeta más inteligente", un globo atravesado por cintas del conocimiento. El resultado del enfrentamiento fue el triunfo de Watson por una gran diferencia.

Durante el mismo programa, IBM comienza a discutir las posibles aplicaciones comerciales de Watson. La salud surge como un primer campo, pero se estima que puede utilizarse en cualquier sector intensivo en información. En su evolución, Watson fue rediseñado y en poco tiempo se hizo 240% más rápido y su tamaño se redujo a un cajón. Su funcionalidad fue adaptada a recibir múltiples consultas paralelas en múltiples formatos y relacionadas entre sí.

IBM ha recibido ofertas de que Watson opere en varios sectores. Según IBM hasta 2013 aproximadamente 800 organizaciones e individuos habían firmado con la empresa su interés en la creación de aplicaciones para utilizar la plataforma de Watson. El principal es la salud donde hizo acuerdos con varias instituciones para ayudar en la realización de diagnósticos y posibles tratamientos, en áreas como la oncología. Su base de información (hasta 2013) incluía 600.000 informes médicos, 1,5 millones de registros de tratamientos de pacientes, 2 millones de páginas de revistas especializadas.

Su diversificación es impactante. En ese año instaló en el Politécnico Renseelaer una versión de Watson que se puso a disposición de investigadores y estudiantes. Se utilizó en Programas de apoyo a la salud y la educación en países de África. Creó bases de datos para la generación de recetas de cocina. Se utiliza en la industria hotelera; se creó una aplicación que colabora en juicios con información jurídica histórica. En el 2016 una firma comienza a utilizar Watson para campañas de marca, a partir de considerar información sobre demografía, rasgos de personalidad, público destinatario, etc.

En 2014 IBM anunció la creación de una unidad de negocios en torno a Watson donde invirtió 1.000 millones de dólares y trabajan 2.000 personas. Espera desarrollar proyectos en la industria farmacéutica, editorial y de biotecnología, así como crear un fondo para estimular proyectos cognitivos. En ese año IBM anuncio que Watson redujo su tamaño 90%, aumentó su velocidad 24 veces y mejoró su rendimiento 2.300%.

Lo central en un buen modelo es obtener buenas respuestas. Las distintas etapas de su construcción formalizan los datos centrales que caracterizan "un caso" del problema que se estudia. Esto permite su ingreso en el ordenador y su procesamiento. Considerando el conjunto de relaciones entre variables es decir la arquitectura o teoría del modelo se obtienen las soluciones más exitosas del conjunto de casos considerados, a las que se asigna una determinada probabilidad de éxito.

Con estos elementos puede generarse un conocimiento por un proceso deductivo o por inducción. Las reglas deductivas procesan la información paso a paso, superada una etapa que aborda un conocimiento específico se pasa a la siguiente y así sucesivamente. Es el caso de la contratación de un vuelo de avión: un programa consulta sucesivamente lugar de origen, lugar de destino, fecha del vuelo, cantidad de pasajes y algún aspecto más. Con estas informaciones, que conforman la demanda del consumidor, considerando la base de datos que las compañías aéreas tienen digitalizados, las computadoras pueden listar las diferentes opciones de pasajes ordenándolas por diversas variables.

El procedimiento inductivo no puede ordenarse en una serie de pasos lógicos, sino que se resuelve por medio de modelos de ecuaciones que relacionan el problema con sus soluciones. Los modelos provienen de la abstracción de casos pasados y de la arquitectura o teoría del tema que se trate. El resultado es igualmente una serie de opciones asociada a una cierta probabilidad de éxito.

## 1. Puede aprender una computadora?

Las nuevas condiciones tecnológicas permiten dar respuestas también nuevas, que vinculadas a la inteligencia tienen crecientes grados de autonomía con la acción del hombre. En el aprendizaje por casos es el hombre quien ingresa los distintos paquetes de información. Pero también ocurrir que la información provenga de máquinas que aportan datos que captan por sí mismas, sin intervención humana. Es el caso de los sensores que son capaces de relevar múltiples variables.

Estas informaciones son procesadas para definir en qué medida ellas se encuadran en los patrones "correctos", por ejemplo se ubican en un cierto entorno de valores. En caso de verificarse desvíos, por ejemplo si la variable adopta un valor fuera del entorno, pueden emitir una alerta o incluso adoptar una decisión automática. Por ejemplo en la actividad agrícola puede medirse en forma permanente la humedad de la tierra. En la medida que ésta se aleja de los niveles que requiere el cultivo, por ejemplo está muy seca, la computadora puede enviar una señal que el hombre recibe y decide cual es la medida más adecuada, en

particular cuándo debe iniciar el riego. Pero también es posible, si así se realiza la programación, que la propia computadora active el riego, sin intervención humana.

Existen sensores que se colocan en la piel de un enfermo o incluso en forma subcutánea para medir variables relevantes para la enfermedad, por ejemplo la glucosa en sangre en caso de la diabetes. Si los valores recibidos están fuera de lo normal, la señal del sensor puede enviarse al médico de referencia o activar la inyección de insulina, si existiera un depósito de la misma.

En estos casos la computadora en forma autónoma releva la información, la procesa con los patrones definidos y puede emitir una alerta para la intervención humana o decida por sí una acción correctiva. Los nuevos chips aprenden como aprende y actúa el cerebro humano. A este proceso se le ha llamado aprendizaje automático o machine learning y está relacionado con el llamado Internet de las Cosas.

## **2. Aprendizaje automático**

El aprendizaje automático es un sub-campo de la informática que "da a las computadoras la capacidad de aprender sin ser programada de forma explícita" En el aprendizaje por casos, los distintos paquetes de información que la computadora almacena y procesa son ingresados por el hombre, dado que provienen de experiencias humanas, en forma de casos. Y la solución resulta de la aplicación de algoritmos precisos.

En el aprendizaje automático no existen algoritmos porque su construcción no es posible. Por ejemplo, el filtrado de correo no deseado, la detección de intrusos de la red o los motores de búsqueda. Está relacionado con la estadística y utiliza grandes bases de datos realizando un análisis exploratorio de datos conocidos como aprendizaje no supervisado que permite establecer patrones de comportamiento a partir de los que definir anomalías que pueden conducir a ataques, robos, daños etc.

## **3. Limitaciones de las computadoras**

El proceso descrito deja claro las virtudes y las limitaciones de la inteligencia computacional. Las ventajas son la posibilidad de resolver problemas considerando, muy rápidamente y a bajo costo, más datos y teorías de las que cualquier humano puede tener presente en su memoria. El caso de Watson en la medicina lo ilustra con claridad (ver recuadro) Pero las computadoras ejecutan reglas y toda la información que consideren debe cumplir algunas condiciones.

La información debe tener la forma y codificación que permita ingresarla en la computadora y que ésta la procese. Los conocimientos codificados cumplen esta condición, sin embargo los datos de la realidad no siempre las cumplen por lo cual existen dificultades para su codificación. Por ejemplo cuando hablamos no siempre pronunciamos igual; cuando escribimos cometemos errores de ortografía o de gramática, cuando buscamos un texto no conocemos con precisión el nombre del autor. Algunos sitios como Amazon y, en general, en las compras por internet se busca evitar este problema detallando las opciones e indicando al usuario que clickee la correcta, para que ingrese en el carrito de la compra. Pero esto no siempre es posible.

Otro problema son los contextos especiales. Por ejemplo, conduciendo, puede pasar frente al auto una pelota. Un sensor puede emitir una señal, que no será indicativa de un peligro poco importante. Sin embargo un conductor experimentado seguramente sepa que es muy probable que tras pelota venga un niño corriendo, buscándola, por lo cual debe disminuir la velocidad. La conexión entre estos dos hechos, la pelota-el niño, es resultado de la experiencia, que se hace sentido común, factores que difícilmente puedan ser ingresadas como un patrones de comportamiento en una computadora. Este tema ha sido mencionado como la paradoja de Polanyi (Autor, 2015) "sabemos más que lo que somos capaces de decir", haciendo mención a lo que podría denominarse el conocimiento tácito, difícil de codificar. También se la denomina paradoja de Moravec (1988), quien escribió: "Es relativamente fácil hacer que las computadoras muestren el desempeño de los adultos en las pruebas de inteligencia o jugar a las damas. Lo difícil o imposible darles las habilidades de un niño de un año cuando se trata de percepción y movilidad".

Algo similar ocurre con los “problemas nuevos”. En estos casos la flexibilidad y creatividad de la mente humana está en mejores condiciones de encontrar una respuesta adecuada que una computadora.

Finalmente hay aspectos difícilmente ingresarles en una computadora como los afectivos, los vinculados a relaciones sociales y los artísticos o creativos. Estas son áreas en las que las computadoras tienen dificultades para sustituir a las personas y los trabajadores, como se analizará en el capítulo de impactos en el mercado de trabajo.

#### **4. Desarrollos en curso y previsiones futuras**

Existe total coincidencia en que la inteligencia artificial con sus diversos enfoques y énfasis está en una fase original y que muchas empresas trabajan en multiplicar sus funcionalidades y complejizar sus procesos para permitir abordar nuevos problemas. Este hecho debería dar una cierta relativización a las limitaciones indicadas anteriormente.

El programador actualmente trata de enseñar a las máquinas a aprender.

El traductor de Google, por ejemplo, da una opción de traducción, pero permite aportar una opción distinta. Con ésta mejora traducciones futuras. Es decir que el programa permite integrar los nuevos datos y mejorar su funcionalidad. Es una utilización conjunta de informática, ingeniería y estadística, cuyo resultado es similar al proceso de “aprender”. Algunos afirman que en el futuro las computadoras no solo aprenderán sino que enseñarán al hombre.

### **C. Robótica y fábrica inteligente (Smart)**

La ampliación de las capacidades tecnológicas y la disminución de los costos de los robots han aumentado la utilización de éstos en nuevas actividades. La generalización de la utilización de robots se multiplicó y todo indica que crecerá en los años siguientes. La industria manufacturera fue el sector tradicional de utilización de robots y lo sigue siendo, pero también se ha extendido en la agricultura, el sector de la construcción para prefabricados y en los hogares para realizar la aspiración de polvo, lavado de ropa y vajilla, como auxiliar en las tareas de limpieza, etc.

Contribuyó a la generalización la utilización de los sensores en tareas codificables, en las que implican esfuerzos físicos así como en el control de calidad de los procesos. En estos casos los robots suelen incluirse en las líneas de producción donde sólo había trabajadores. Esto obliga a rediseñar las tareas y resolver un tema nuevo como lo es la modalidad del relacionamiento de los robots con los trabajadores.

En el anterior sistema de conexión entre las máquinas (M2M) una máquina se comunicaba con otra por un circuito cerrado. El objetivo de las fábricas inteligentes es crear sistemas, con subsistemas, compuestos por muchos dispositivos y todas las máquinas conectadas. O sea no hay una conexión uno a uno sino de cada uno con todos los que conforman el sistema.

Agregando inteligencia a las herramientas y máquinas de una fábrica así como en los depósitos de materias primas y productos semi elaborados se puede interconectar y automatizar todo el proceso productivo desde el abastecimiento de insumos hasta el producto final. Agregando la comunicación con los consumidores, intermediarios y proveedores se logra una producción que atiende la demanda específica tanto en características de la producción como en plazos de entrega. La producción masiva y los depósitos de productos terminados y de insumos tienden a reducirse y ser sustituidos por producción ajustada a la demanda y en pequeños lotes.

Al relacionar los actores de la cadena, cuando se recibe un pedido se activa la solicitud de las materias primas necesarias para producirlo y las fechas en que se necesitan. El producto final se ajusta a la demanda y se eliminan los depósitos de insumos y productos intermedios. El control de calidad está integrado al proceso productivo.

La investigadora del AIT (Dra. Schaper-Rinkel) afirmó que la evolución reciente (que vincula al Internet de las Cosas) implica la combinación de conceptos desarrollados en los últimos 20 años, tales como Manufactura Integrada por Computadora (CIM), *Big Data*, robótica colaborativa, Web 2.0, entre otros. La convergencia de estas tecnologías permitirá que en el futuro la producción industrial se caracterice por procesos muy flexibles que facilitarán una fuerte individualización de los productos con la optimización de los procesos que les agreguen valor, además de una gran integración entre clientes y socios de negocios. Aquello dará como resultado una estrecha vinculación entre la producción de bienes y la generación de servicios de alta calidad, lo que conducirá a la fabricación de los llamados productos híbridos. ([www.mincyt.gob.ar](http://www.mincyt.gob.ar))

La reducción del costo de los robots multiplicó su utilización. En los últimos años la expansión de ventas de robots anual oscila en el 9%. Corea, Japón y Alemania son los países que encabezan la utilización de robots industriales, seguidos por Italia, Suecia, Dinamarca, Estados Unidos, España, Finlandia y Taiwán. Sin embargo la mayor tasa de crecimiento de compras de robots la tiene China. Se estima que en 2017 China será el país con más robots (IFR, 2015).

Tal como se vio al analizar la inteligencia artificial los robots tienen dificultades cuando se requiere la percepción de elementos complejos, ambientes no estructurados o desordenados, la existencia de objetos irregulares y cambiantes. Los hogares, en general, son ambientes no estructurados que dificultan la informatización y la utilización de robots (un objeto caído puede ser una dificultad insalvable). Esta es también una dificultad en la relación de robots con humanos cuyos movimientos son diferentes para hacer las mismas cosas. En cambio se expanden en los supermercados, almacenes y sistemas de logística en general, donde no existen factores aleatorios y cambiantes. El desarrollo de sensores más afinados y flexibles podría superar algunas de estas dificultades.

## D. Internet de las cosas

Internet hasta ahora era básicamente mensajes y email entre personas. Lo que se quiere ahora es que quienes se comuniquen entre sí sean las cosas. ¿Que son las cosas? Todo: una silla, un auto, un robot, todos los objetos.

Para que dos cosas se comuniquen una de ellas, quien decepciona el mensaje debe tener una computadora y la otra deberá tener un sensor, que transmite la información. Un sensor es un dispositivo que puede detectar y medir magnitudes físicas o químicas y las transforma en señales eléctricas. Esta señal eléctrica es la que recibe la computadora ubicada en el objeto receptor de la información.

Los sensores no son aparatos nuevos sino muy antiguos. La diferencia que tienen los actuales es que son mucho más sensibles y mucho más baratos. Por esto pueden cumplir más funciones y hacerlo mejor que antes. Por otro lado la inclusión de sensores en los productos no encarecen demasiado el costo de éstos. Su evolución fue la misma que los chips en las décadas pasadas, cuando su costo descendió radicalmente, se generalizó su utilización en computadores y fue la base de la época de la información y la comunicación que se denomina tercera revolución industrial.

¿Qué pueden medir los sensores? La lista de factores medibles es muy extensa y sin duda crecerá en el futuro. Pero ya actualmente miden temperatura, humedad, presión, flujo de líquidos, posición, presencia y proximidad de objetos, movimientos (como en las alarmas), velocidad, aceleración, desplazamiento, filtraciones, gases, etc., etc. Es posible colocar sensores pequeñísimos en plantas, animales y pueden medir variables atmosféricas y fenómenos geológicos. En todos los casos por su conexión a Internet, estos valores pueden ser almacenados y procesados.

Actualmente muchos objetos tienen sensores por lo que el Internet de las cosas ya es una realidad. Lo que se prevé es su generalización a nuevos ámbitos y funciones. Por ejemplo muchos autos tienen una computadora que recibe información que transmite un sensor sobre la cantidad de aceite que tiene. Cuando ese nivel se ubica fuera de un cierto entorno, la computadora emite una señal que prende un señalero y avisa al conductor que debe reponer aceite. O sea que un sensor capta una

realidad y transmite la información a una computadora que la procesa y actúa, en función de cómo fue programada, utilizando esa información. También tienen sensores para captar si hay una puerta abierta, si alguien no se colocó el cinturón de seguridad, si la temperatura del auto supera cierto nivel, si algún neumático tiene poco aire, etc. El discutido proyecto del auto autónomo se basa en la ubicación de múltiples sensores que capturen todas las variables necesarias para manejar un auto.

Las aplicaciones de Internet de las Cosas tienen posibilidades inimaginables. Siguiendo con la industria automotriz, actualmente ante una anomalía la computadora emite una señal y el conductor puede actuar o concurrir a un mecánico para que efectúe el arreglo. Pero también podría ocurrir que la señal fuera enviada directamente al mecánico que, de acuerdo a las instrucciones que tenga puede llamar al dueño del auto para que lo lleve al service, podría indicarle que debe detener el auto porque tiene un problema grave lo que evitaría males mayores y también podría en forma automática ir el mecánico y arreglar el problema, sin intervención del dueño.

Las máquinas que expenden bebidas en EEUU avisan a los proveedores el stock que tienen, lo cual evita que deban ser revisadas para ver si faltan productos, pero también pueden saber qué producto falta y en qué cantidad. Esto permite armar los camiones de reparto conteniendo los productos que se van a colocar. La función de reposición es programada de acuerdo a los faltantes y se sabe de antemano qué producto y cuánto va a ser repuesto en cada máquina.

Supongamos que una familia tiene programado los bienes que consume y tiene en la heladera. La ubicación de sensores en las heladeras podría permitir saber cuando un producto se termina o se está por terminar y esa señal captada por una computadora permitiría organizar la compra. Si la señal fuera enviada a un comercio, éste podría directamente enviar los bienes faltantes.

Algunas ciudades están instalando sensores en los estacionamientos que permiten saber en cada momento si están libres u ocupados. Esto permite reducir el tiempo de búsqueda de estacionamiento porque el auto podría dirigirse directamente a un lugar libre. Algunas estimaciones indican que el tiempo de búsqueda de estacionamiento alcanza al 30% del tiempo de manejo. Obviamente esto depende de las ciudades y las horas.

En la salud, ya se vio que la instalación de sensores podría corregir problemas. Hay pacientes que ingieren dispositivos de Internet que ingresan a su cuerpo para ayudar a los médicos a diagnosticar y determinar las causas de ciertas enfermedades. Internet de las Cosas abre la posibilidad de resolver temas que requieren almacenamiento y procesamiento de muchos datos, de ahí que el Big Data es un requisito paralelo.

Sin embargo también han surgido problemas nuevos. Por ejemplo ¿qué hacer si las máquinas, por un fallo en su programación, una intromisión externa o el desperfecto de un sensor comienzan a adoptar, en forma autónoma, decisiones no deseables. ¿Cómo puede intervenir el hombre para corregir un problema si no participa del proceso? Es decir si todo funciona perfectamente los resultados son muy positivos, pero si comienzan a producirse fallos pueden generarse problemas graves. Este tema de la seguridad y la corrección de los posibles problemas es objeto de debates en la actualidad.

Pese a estas dificultades muchos asignan al Internet de las cosas un rol relevante en la vida futura. Kevin Ashton (a quien se atribuye la creación del término Internet de las cosas) escribió en 2009: Los ordenadores actuales —y, por tanto, internet— son prácticamente dependientes de los seres humanos para recabar información. La mayoría de los datos disponibles en Internet fueron inicialmente creados por humanos, a base de teclear, presionar un botón, tomar una imagen digital o escanear un código de barras. Si tuviéramos ordenadores que supieran todo lo que tuvieran que saber sobre las “cosas”, mediante el uso de datos que ellos mismos pudieran recoger sin nuestra ayuda, nosotros podríamos monitorizar, contar y localizar todo a nuestro alrededor, de esta manera se reducirían increíblemente gastos, pérdidas y costes. Sabríamos cuando reemplazar, reparar o recuperar lo que fuera, así como conocer si su funcionamiento estuviera siendo correcto. El internet de las cosas tiene el potencial para cambiar el mundo tal y como hizo la revolución digital hace unas décadas. Tal vez incluso hasta más.



## E. Impresión 3D

La impresión 3D es una tecnología por la cual un objeto tridimensional es creado por la superposición de capas sucesivas de su material constitutivo. Los materiales a utilizar se han multiplicado. En su origen eran polímeros y resinas, pero actualmente se pueden producir objetos de materiales muy diversos, diversificando las posibilidades de utilización de la técnica.

Existen varios métodos para producir bienes, cada uno con ventajas e inconvenientes. En todos los casos se necesita una reproducción digital tridimensional del producto que se quiere imprimir, que envía la información a la impresora que hace una réplica del mismo. Se pueden hacer objetos muy variados, una silla, una lámpara, un caramelo, una prótesis, una pieza de una máquina, un auto, hasta un edificio.

Es muy renovador que, sin necesidad de moldes, se pueda producir un objeto a medida, a un costo muy reducido. El mayor costo era el de la impresora misma, pero los precios de éstas también tuvieron un sustancial descenso, sobre todo en versiones sencillas y de una calidad algo inferior. Actualmente son accesibles para empresas, instituciones educativas o incluso una familia. Hay impresoras hasta de 500 dólares.

Hay empresas que cuentan con impresoras montadas para cubrir todas las necesidades del usuario y ofrecen el servicio de impresión. Basta que el cliente le envíe el diseño digital en tres dimensiones, lo que puede hacer por internet, para que la empresa lo produzca (imprima) y envíe el producto terminado. A continuación se verán algunas de sus aplicaciones y proyectos de utilización para el futuro.

- En la industria automotriz y en la manufactura, en general, se utiliza impresión 3D para producir piezas difíciles de obtener en el mercado o en tiempos reducidos.
- En arqueología, se han hecho réplicas de reliquias de elevado valor histórico y cultural, a costo muy reducido, sin necesidad de hacer moldes, los que requiere utilizar sustancias riesgosas y caras.
- Se han hecho impresiones 3D de golosinas utilizando chocolate y cremas y alimentos como pizzas. Una empresa logró un premio internacional por vender a más de 100 países un software para hacer caramelos con el gusto, forma y color que demanden los niños.
- En prótesis ya se hicieron implantes de productos impresos en 3D. Se hicieron guías quirúrgicas y prótesis dentales. Las guías quirúrgicas se usan para que el dentista sepa exactamente dónde debe colocar un implante. Se implantaron brazos y manos hechos en 3D, a un costo muy inferior a los de manufactura tradicional. Las instrucciones para crear prótesis son públicas por lo que pueden hacerlo cualquier persona con conocimientos no elevados. Accidentados de tránsito han reconstruido en 3D, piel, órganos y partes de su cuerpo dañados, incluidos huesos. En China se implantó una vértebra hecha en titanio en 3D, luego de quitarle la suya por tener un tumor maligno.
- En Biotecnología, a nivel académico y comercial se estudia la reproducción de tejidos y órganos humanos a partir de células vivas y células madre. Se espera reducir la espera de los que necesitan trasplantes de órganos. Ya se hicieron riñones artificiales, aunque sin todas las funcionales de los naturales, tema en el que se trabaja. En 2015 la FDA (EEUU) aprobó un medicamento hecho en 3D para el tratamiento de la epilepsia.

Obviamente la lista anterior no es exhaustiva, sino solo indicativa de la multiplicidad de usos que puede tener la impresión en 3D, los problemas nuevos que puede resolver con costos bajos, calidad muy superior y en tiempo muy inferior a los métodos tradicionales.

## F. Economía colaborativa

La economía colaborativa comenzó a posicionarse como un modelo que a través de las plataformas tecnológicas permite optimizar el uso de activos subutilizados y generar nuevas oportunidades de trabajo. Las plataformas digitales conectan en forma directa oferta y demanda de bienes y servicios, en general a costos inferiores a los existentes en el mercado.

Se han dado varios fundamentos acerca de lo innovador e incluso revolucionario de esta modalidad de organizar las actividades económicas. Se ha dicho que la sociedad regresó a sistemas antiguos de intercambio directo como una forma de volver a los orígenes del comercio. El Comité Económico y Social Europeo definió la economía colaborativa como un modelo sostenible para el siglo XXI que promueve valores colaborativos y que significa una alternativa a la crisis económica. Esta última afirmación se basa en que durante la crisis 2008 -2009 el ofrecimiento de servicios en forma directa permitió a quienes disponían de bienes que no utilizaban plenamente (autos, casas, equipos, etc.) un ingreso adicional, lo que fue un paliativo a la caída de ingresos en ese contexto de crisis. La economía digital está muy vinculada a las redes y la participación creciente de la población en la economía digital.

Más allá de que existan diversas modalidades, las más difundidas son las de empresas, que utilizando las plataformas, cumplen una intermediación – y tienen un ingreso por ese servicio – entre los ofertantes y demandantes usuarios de la plataforma. Los demandantes, para obtener directamente bienes o servicios que necesitan, los ofertantes para utilizar en forma rentable un bien que tiene una utilización incompleta. Uno de los casos más debatido y polemizado es el de Uber, probablemente por la estrategia disruptiva que eligió esta empresa para ingresar en los mercados. Su metodología fue operar sin cumplir reglamentaciones, no negociar con las autoridades, ni ofrecer garantías. Hizo llamados públicos a quienes disponían de un automóvil para hacer transportes de personas y ofreció gratuitamente la aplicación para ser bajada en una computadora o celular para quienes quisieran contratar un traslado.

El servicio fue prestado en forma eficiente, los autos en general eran buenos y el costo inferior al de los taxis que cumplían el servicio. Y el consumidor tenía garantías, como que sabía desde el momento de contratar el servicio el costo del mismo (independiente del recorrido que hiciera el conductor). A su vez, como los servicios eran puntuados, el demandante tenía acceso a la información sobre desempeños anteriores de un determinado conductor, con lo cual lo contrataba o pedía otro. Existen empresas similares en la intermediación de alquiler de viviendas y apartamentos, venta de pasajes, alquiler de autos sin chófer, actividades financieras como préstamos de dinero, alquiler de equipos de salud, contratación de albañiles, constructores, electricista, etc. Todo indica que las aplicaciones se generalizarán a nuevas actividades.

Muchos países abordaron el tema de la regulación de estas actividades, de forma que cumplan con las garantías que la legislación exige para cada una de las actividades para las empresas y los trabajadores que actualmente realizan esos trabajos. Las dificultades provienen de que la modalidad de la actividad no está prevista en la legislación o la regulación. No es claro que los trabajadores sean dependientes, por ejemplo, ni que las aplicaciones al asignar un servicio, contrate a los trabajadores. A su vez los servicios ya instalados pagan impuestos nacionales, departamentales y aportan a la seguridad social. Ante una contratación atípica como ésta, no está claro cuáles son las obligaciones que debe cumplir. Otro problema es que estas actividades han dado lugar a nuevos problemas en las relaciones laborales, lo que se analiza más adelante.

Todo indica que con el tiempo se llegará a una regulación especial, a la imposición de condiciones para realizar la actividad o a su prohibición. Sin embargo, más allá de estas necesarias iniciativas de regulación e imposición de exigencias, todo indica que estas actividades seguirán expandiéndose.

En conclusión, como queda claro es esta breve reseña, todas las tecnologías están en una etapa original y empresas e institutos trabajan en desarrollos futuros. Hasta dónde pueden llegar y en qué medida podrán sustituir trabajos actuales es difícil de prever.

## II. Los impactos en el mercado de trabajo

La estructura del empleo es un fenómeno que cambia con la evolución diferencial de los sectores económicos. No solo incide el nivel de crecimiento relativo sino el grado de tecnificación que incide en el empleo total así como en sus características. En los países avanzados en el siglo pasado se produjo una muy importante reducción en el empleo en el sector primario que, por ejemplo en los Estados Unidos pasó del 42 al 2% al fin del siglo. La causa central fue la introducción de nuevas tecnologías. No en la misma medida, desde hace unas décadas se está produciendo una reducción del empleo industrial, mientras crece el empleo en el sector terciario, particularmente desde la década del ochenta. (Autor y Dorn 2013).

El tema del desempleo tecnológico, como se ha denominado a la sustitución de trabajo humano por máquinas nuevas con nuevos componentes tecnológicos, ha tenido un tratamiento muy amplio en la economía, desde los clásicos, fundadores de la ciencia, hasta la actualidad.

En las últimas décadas múltiples investigaciones sostienen que la reducción del empleo, sobre todo en algunos sectores, como la administración o la industria manufacturera está asociada a que su trabajo fue sustituido por computadoras, robots o plataformas. Particularmente en los empleos rutinarios la generalización de la informatización provocó importantes disminuciones (Bresnahan, 1999; Charles et al. (2013; Jaimovich y Siu (2012). Un estudio del Instituto McKinsey sostiene que el 44% de las empresas que redujeron su plantilla desde la crisis de 2008, lo hicieron automatizando tareas (MGI, 2011).

El impacto se centra en las tareas rutinarias, en los trabajos repetitivos, porque éstas son fácilmente codificables y realizados por una computadora o un robot (Acemoglu y Autor, 2011). Esta sustitución del trabajo focalizada en ciertas categorías está provocando cambios en la estructura del mercado de trabajo.

Autor y Dorn (2013) distinguen las tareas en cognitivas y manuales por un lado y rutinarias y no rutinarias por otro. Las computadoras claramente pueden realizar las tareas rutinarias cognitivas y las manuales, mientras que las no rutinarias presentan dificultades para su codificación.

Sin embargo este proceso no está cerrado. La descomposición de tareas no rutinarias hace que algunas partes de las mismas puedan ser codificables y por tanto realizadas por una computadora. El avance en este terreno depende de las mejoras que se realicen en la informática.

## A. La cuantificación de las pérdidas de empleos

Los impactos de los recientes cambios tecnológicos en el mercado de trabajo comenzaron a producirse desde hace unas décadas, particularmente en los países industrializados. Debe tenerse en cuenta que la tecnología avanza en un proceso continuo y se introducen en la economía con mayor o menor generalidad en los diferentes sectores y empresas. Este hecho implica que todo estudio, sea de un sector concreto o de una determinada economía tiene el valor de que es un caso concreto, por lo cual sus conclusiones tienen la limitación que no necesariamente refleja el conjunto del proceso. Por otro lado, precisamente porque estos trabajos son parciales, las conclusiones que extraen de los mismos se limitan a los respectivos campos de estudio y, a lo más, planteaban alternativas de evolución hacia el futuro.

Un cambio importante se produjo con el trabajo en el que Frey y Osborne, de la Universidad de Oxford, en el año 2013, hacen una medición de la pérdida de empleos previsible para los Estados Unidos en un plazo no muy extenso. El impacto de este trabajo está asociado a que se concluyó es impactante: se estima que el 47% de los puestos de trabajo sería sustituido por máquinas.

Otros autores aplicaron la metodología desarrollada por Frey y Osborne a otros países llegando a conclusiones similares. En los años siguientes se realizaron críticas a diversos aspectos de la metodología utilizada por Frey y Osborne y definieron otra metodología que permitió realizar un cálculo alternativo, cuyos resultados son menos dramáticos. Todos estos trabajos son muy recientes y, de hecho, este tema es objeto de una muy actual y fuerte polémica. En los puntos siguientes se explicará la metodología utilizada por Frey y Osborne así como las críticas que se le realizaron y los planteos alternativos dado que son relevantes para prever las causas de los cambios tecnológicos en el empleo.

## B. Metodología de Frey y Osborne y principales conclusiones

El objetivo del trabajo es analizar los impactos en el mercado laboral norteamericano de dos de los cambios tecnológicos recientes (que son parte importante de la llamada cuarta revolución industrial): el aprendizaje automático (ML) y la robótica móvil (MR). La metodología para hacerlo tiene un primer paso que mide el grado de computarización de las distintas categorías laborales. Como se indicó anteriormente el grado de codificación y computarización de las actividades es un factor clave para que pueda ser sustituido por una máquina digital.

Las categorías a las que se aplica la metodología son las que provienen de un servicio en línea del Departamento de Trabajo de los Estados Unidos: O \* NET, versión de 2010 que contiene información sobre 903 ocupaciones. En esta base los autores obtuvieron para las ocupaciones información de un conjunto de variables y la descripción de las tareas que realizaban incluyendo sus requerimientos y las habilidades requeridas para su desempeño.

En un taller del que participaron grupo de investigadores se clasificaron, en forma subjetiva, si eran automatizables o no, alcanzándose una respuesta para 70 ocupaciones.

Para clasificar las ocupaciones que no tuvieron una clasificación directa, de acuerdo a la actividad anterior, con las informaciones del Manual O \* NET se diseñó una encuesta solicitando opinión sobre nueve variables o conceptos considerados claves para la informatización de la categoría, incluyendo el nivel de percepción, manipulación, creatividad e inteligencia social requeridos. A continuación se indican las nueve variables agrupadas en siete capítulos.

- 1. Capítulo de destreza manual. Variables relevadas: a) La capacidad de realizar movimientos coordinados de los dedos de una o ambas manos para agarrar, manipular o ensamblar objetos muy pequeños, b) La capacidad de mover rápidamente la mano, la mano junto con el brazo o las dos manos para agarrar, manipular o ensamblar objetos, c)

¿Con qué frecuencia este trabajo requiere trabajar en espacios de trabajo estrechos que requieren entrar en posiciones incómodas?

- 2. Capítulo de originalidad. Variable relevada: d) La habilidad de presentar ideas inusuales o inteligentes sobre un tema o una situación dada, o desarrollar maneras creativas de resolver un problema.
- 3. Capítulo de arte. Variable relevada: e) Conocimiento de la teoría y las técnicas necesarias para componer, producir y realizar obras de música, danza, artes visuales, teatro y escultura.
- 4.- Capítulo de percepción social. Variable relevada: f) Estar consciente de las reacciones de los demás y entender por qué reaccionan como lo hacen.
- 5. Negociación. Variable relevada: g) Reunir a los demás y tratar de conciliar las diferencias.
- 6. Persuasión. Variable relevada: h) Persuadir a otros a cambiar sus mentes o comportamiento.
- 7. Asistencia y apoyo emocional: Variable relevada: i) Proporcionar asistencia personal, atención médica, apoyo emocional u otro cuidado personal a otros tales como compañeros de trabajo, clientes o pacientes.

Se les solicitó a los encuestados que indiquen para cada variable la importancia y el nivel de la capacidad requerida en la realización de las 702 categorías que son las que se busca determinar su grado de digitalización.

El resultado final de la investigación para los EEUU fue el la probabilidad de ser sustituibles era Alta para el 47% de las ocupaciones, Media para el 19% y Baja para el 33%.

El trabajo no determina en forma precisa en qué tiempo se efectuarían estos cambios, lo que en gran medida dependía de la intensidad con que se produjeran la introducción de las dos nuevas tecnologías analizadas. Pero, aunque los cambios serían paulatinos, se estimaba que habría una introducción importante en un horizonte de una o dos décadas.

Según Frey y Osborne luego de una pérdida de empleos se produciría una desaceleración del desarrollo de computadores y por tanto de la sustitución de empleos. Esa desaceleración sería provocada por la incapacidad de avanzar en la superación de los cuellos de botellas que impiden la digitalización de las tareas. Se produciría una especie de meseta tecnológica donde las mejoras incrementales se harían en las ocupaciones caracterizadas como de sustituibilidad media.

Finalmente las competencias caracterizadas como de sustituibilidad baja por ejemplo porque requiere “destreza manual, conocimientos generalistas, o que implican desarrollo de ideas nuevas o inteligencia social, tales como tareas ejecutivas o que actúan en consulta con otros miembros se estiman difíciles de sustituir.

### Recuadro 3

#### Principales sectores en la sustitución de empleos

##### **Industria manufacturera**

Continuará la tendencia que ya existe de la sustitución de los trabajos rutinarios. Entre éstos los que implican esfuerzos físicos y son peligrosos. Los robots cada vez más tecnificados y con sensores más modernizados y sensibles ocuparán más tareas, incluso manuales no rutinarias, a partir de la segmentación de las ocupaciones. (Frey y Osborne)

##### **Servicios domésticos**

El mercado de robots de servicios personales y enseres domésticos está creciendo al 20% anual (MGI 2013). Estiman que la movilidad y destreza humanas irán disminuyendo y el ritmo de sustitución en estos servicios crecerá. (Frey y Osborne)

##### **Ventas**

Pese a que intuitivamente las ocupaciones en ventas requieren un alto grado de inteligencia social y relacionamiento “cara a cara” las de ventas incluyen varias ocupaciones caracterizadas como de alto riesgo. Entre éstas las ventas por teléfono y por internet y los cajeros, que a pesar de ser interactivas no requieren alto grado de inteligencia social. (Frey y Osborne). Además tenedores de libros y operadores de telefonía (Bresnahan, 1999)

**Construcción**

Los productos prefabricados podrán hacerse en forma automatizada y probablemente la construcción los utilice en forma creciente. Esto implicaría que los edificios son programados y se producen los bienes según ese diseño, con lo cual el trabajo central es armar la estructura a partir de proyectos ya terminados. La variabilidad de la tarea se reducirá sustancialmente. (Frey y Osborne)

**Transporte, logística y administración**

Los avances tecnológicos ya realizados y otros en curso permiten prever que habrá importantes desplazamientos de trabajadores por máquinas y ordenadores en estos sectores (Autor y Dorn, 2013; Brynjolfsson y McAfee, 2011). Otros autores discrepan con que esto ocurrirá en el transporte, particularmente en la conducción.

La metodología de Frey y Osborne fue aplicada por otros autores a varios países.

Pajarinen y Rouvinen (2014) estudiaron la economía de Finlandia y estimaron los puestos de trabajo susceptibles de ser automatizados en torno al 35%. Por su parte Brzeski y Burk (2015) estimaron que para Alemania será el 59%. Bowles (2014) estima entre 45 y 60% los puestos de trabajos automatizables en los países europeos.

## C. Críticas al trabajo de Frey y Osborne y otros enfoques

Algunos autores revisaron críticamente los supuestos del trabajo de Frey y Osborne y formularon críticas, que dieron lugar a enfoques alternativos de los que se derivaron conclusiones muy diferentes. Las principales críticas fueron:

El enfoque de la tarea (en lugar de la ocupación). Pese a que la base de ocupaciones utilizadas, provenientes del Departamento de Trabajo de Estados Unidos incluyen informaciones sobre cómo se configuran las ocupaciones y las habilidades requeridas para desempeñarla, cuando se obtiene el grado de sustituibilidad, éste se aplica al número de trabajadores en cada ocupación.

Se considera que la sustituibilidad no es la misma para cada una de las tareas que conforman cada ocupación. Hay algunas que son automatizables y otras no (Autor, 2014, 2015). Considerando este hecho la cantidad de lugares completos que puede ser sustituible desciende notoriamente.

Asimismo se indicó que es diferente el “potencial tecnológico” de sustituibilidad y sustitución real. Frey y Osborne (2013) analizan la potencialidad de sustituir trabajos que tienen las dos tecnologías que analizan. Sin embargo la potencialidad técnica puede no ser igual a su viabilidad real. Hay obstáculos de diferente tipo.

Pueden existir obstáculos económicos derivados de la conveniencia de realizar la sustitución o no. Esto depende del cálculo de las rentabilidades relativas de cada opción. Por ejemplo si la nueva tecnología o el robot es muy caro seguramente no será rentable su introducción. Igualmente si el salario del trabajador que sustituye es bajo las decisiones de tecnificar serán menores. Por este hecho la reducción del precio de los robots en los últimos años aumento el mercado de los mismos.

También se realizaron críticas a la aplicación de los valores de sustituibilidad calculados para los EEUU a otros países. Por ejemplo:

- La automatización ya realizada en el pasado. La informatización que un país para modernizarse está influida por el nivel de inversión e informatización que realizó en el pasado. Si realizó una importante generalización de utilización de las TICs en las décadas pasadas probablemente las nuevas tecnologías le signifiquen cambios menores a los de otro país donde las inversiones hayan sido menores. En el capítulo siguiente se analiza este hecho en los planes nacionales de los distintos países.
- Las categorías y especificación de los trabajos en los diferentes países están influidos por factores culturales e históricos y existen diferencias nacionales. Por ejemplo se suele

considerar que los trabajos directivos en Italia y Alemania son de bajo grado de comunicación, mientras en los Estados Unidos y Gran Bretaña son más comunicativos. Es decir, considerando los factores nacionales que inciden en los perfiles de las categorías, el grado de sustituibilidad de cada una es diferente en los distintos países.

- La organización del trabajo y la capacitación de los trabajadores también tienen incidencia en el proceso de introducción de la nueva tecnología y seguramente incidan en cómo se conforman los perfiles de las nuevas ocupaciones.

## D. Cuantificación alternativa

Arntz, Gregory y Zierahn (2016) realizaron un estudio de sustituibilidad laboral para los diez países de la OCDE, incluido Estados Unidos. Utilizan el enfoque de las tareas, en lugar del de ocupaciones. Para ello la base de ocupaciones que utilizan es la del Programa para la Evaluación Internacional de Competencias de Adultos (PIACC), que encuesta las tareas.

El resultado es que los puestos de trabajo amenazados de ser sustituidos es del 9% para los países de la OCDE, en promedio, aunque hay diferencias entre los países: Corea (6%), Austria (12%). Asimismo señalan que hay razones por las cuales las pérdidas de empleo reales aun no pueden ser equiparadas a esas cifras.

## E. Lentitud de implantación del cambio técnico

En la industria manufacturera, uno de los sectores donde la digitalización tiene más posibilidades, algunas cifras indican que se está tecnificando muy lentamente. Otro factor que incide es la preferencia de la sociedad por los seres humanos en lugar de máquinas para realizar algunas tareas. Es el caso de los cuidados, la lactancia, etc.

También existen obstáculos legales y éticos que pueden impedir la introducción de nuevas tecnologías o, por lo menos, reducir su ritmo. Ejemplo de ello son las discusiones sobre el automóvil autónomo. En caso de accidente ¿Quién es el responsable? Este tema legal como es razonable tiene diversos enfoques, pero aún no existe un cierto consenso acerca de su solución. Por otro lado, en caso que el auto debiera optar entre estrellarse con un auto o con un camión ¿es razonable que esto sea definido por un algoritmo? Como generalmente ocurre con las transformaciones disruptivas sólo el tiempo dirá cómo y en qué tiempo se resuelven.

De acuerdo con el Boston Consulting Group (2015), la proporción de vehículos autónomos circulando llegarán al 10% en el año 2035, una cifra pequeña en el total pero significativa en cifras absolutas.

## F. La nueva estructura de los mercados de trabajo

La digitalización está determinando una reestructura del mercado de trabajo. Las tendencias pueden analizarse en función de varias variables. Número y crecimiento de los empleos, educación requerida, salarios de las categorías. En cuanto al número de empleos estudios de la economía norteamericana indican que el trabajo se tiende a concentrar -porque son los que tienen mayor crecimiento- en tres tipos de tareas: manuales no rutinarias, resolución de problemas no estructurados (dirección, gerencia, coordinación, reparación de automóviles) y trabajos con información nueva.

Sobre los niveles de capacitación o competencias hay grandes diferencias. Estos tipos de trabajos tienen desiguales requisitos de calificación. Por un lado los trabajos directivos, gerenciales y de coordinación de tareas, requieren alta calificación, habitualmente licenciatura y estudios de postgrado. En el lado opuesto hay actividades que no requieren elevada calificación aunque sí, en

algunos casos, competencias relacionales y afectivas: cuidado de personas, asistencia a la salud, reparación de electrodomésticos y automóviles, atención de jardines, etc.

En cuanto a la tercera variable, los salarios también son diferentes. Los trabajos de mayor calificación tienen ingresos al alza, no solo porque aumenta su demanda sino porque su oferta es rígida. La educación requerida implica alrededor de 20 años de estudio, por lo cual, su oferta depende de decisiones adoptadas hace mucho tiempo. La educación superior en los EEUU no acompañó a la demanda, por lo cual los niveles salariales crecen y previsiblemente lo seguirán haciendo.

En cambio los salarios de las categorías no estructuradas, pese a aumentar su demanda, los salarios no acompañan en la misma medida porque la oferta es elástica, en la medida que su formación no es demasiada y la formación profesional puede cubrirla en un tiempo breve.

Una tendencia del mercado de trabajo norteamericano indica reducción de las categorías de ingresos medios, que se explica fundamentalmente por ser trabajos codificables y por tanto sustituibles por la digitalización. En un estudio sobre 10 ocupaciones considera que las de capacitación media eran cuatro: ventas, trabajadores de oficina y administrativos trabajadores de producción y operarios. Estas eran el 60 % del empleo en 1979, pasaron a ser el 49% en 2007 y 46% en 2012 (Autor, 2015).

## G. ¿Desaparecerá el trabajo?

Existe consenso en que el mercado de trabajo tendrá una reestructura con una fuerte reducción de trabajos rutinarios, dado que, al poder codificarse pueden sustituirse por computadoras. Pero esta reducción no implica que se modifiquen las tareas y se mantengan muchos empleos. Hay múltiples ejemplos de este hecho.

Un ejemplo es el del sistema financiero. Los cajeros automáticos se introdujeron en la década del setenta y, en Estados Unidos entre 1995 y 2010 su número se multiplicó por cuatro (de 100 a 400.000). Podría preverse que los cajeros desaparecerían totalmente o casi. Sin embargo, los cajeros de los bancos crecieron en 50.000 puestos desde 500.000, entre 1980 y 2010. En un período similar los empleos en EEUU crecieron 18%, cifra superior al de los cajeros, pero éstos también crecieron.

Bressen (2015), de quien provienen estas cifras, indica que existen dos tendencias. Por un lado decrece el número de cajeros por banco, lo que reduce los costos de operación. Esto llevó a un aumento del 40% de las sucursales entre 1988 y 2004. En cuanto al trabajo, muchas tareas rutinarias desaparecieron, pero surgieron otras de mayor sofisticación, vinculadas, por ejemplo al uso de tarjetas de crédito, variedad de préstamos, productos de inversión, así como un vínculo más estrecho con los clientes.

Algo similar ocurrió con el trabajo de las Secretarías. En el pasado buena parte de su tiempo se ocupaba en tomar notas y redactar los textos a máquina. Con los programas de escritura es más sencillo escribir que dictar. Esto sustituyó el trabajo de Secretarías, que pasaron a realizar tareas más sofisticadas como búsqueda de información y elaboración de informes que anteriormente eran al ser considerados más calificados eran realizados por profesionales o directivos.

En términos generales puede decirse que la supresión de algunas tareas genera nuevas necesidades y por lo tanto creación de nuevos puestos de trabajo. Esta transformación ocurrió en todas las revoluciones industriales anteriores. Sin embargo ello no implicó que el trabajo disminuyera sino que aumentó.

La actual revolución digital transformará también el mundo laboral, que ya no será el que hoy conocemos. En la producción misma trabajarán cada vez menos seres humanos. Se necesitará, sin embargo, más personal con conocimientos de software y programación. El ingeniero tradicional, especializado solamente en mecánica, no tiene futuro. El nuevo ingeniero es un especialista multidisciplinario. Wegener, de Siemens, está convencido de que la importancia del ser humano, sin embargo, no se reducirá, sino que aumentará con la nueva forma de producción. Las personas realizarán menos trabajos mecánicos, pero más tareas creativas, de planificación, control y supervisión. Una importante tarea será evaluar la gran cantidad de datos que se generan en el proceso de producción y ponerlos a disposición para de la toma de decisiones y la simplificación de las estructuras.



Además de las transformaciones que la introducción de nueva tecnología provocará en los puestos de trabajo, habrá un nuevo cambio más vinculado a la organización del proceso productivo analizado en su conjunto en donde la interconexión en red tendrá un rol decisivo. Los consumidores y clientes serán involucrados en la producción a través de la conformación de cadenas de valor que van desde el abastecimiento de materias primas e insumos hasta la entrega final al cliente. Esta tendencia modificará los perfiles de los trabajos.

Uno de los factores que influye en forma diferencial en los distintos países es que las nuevas condiciones de la comunicación (fortalecimiento y abaratamiento de internet, big data, inteligencia artificial) e inciden en la deslocalización de la producción. La llamada Globalización 2.0, es decir la conformación de cadenas de valor de la producción en varios países, se hizo más viable con estos nuevos factores.

Este proceso sin duda incide en los mercados de trabajo, tanto en los que dejan de producir como en los que se radica la producción. Este tema ha influido en el crecimiento económico de la zona Asia-Pacífico, la zona más dinámica de la economía mundial en las últimas décadas. Sin duda es uno de los factores que influye en la distribución del empleo en el mundo y en los distintos países.

## H. ¿La revolución actual es diferente que las pasadas?

El progreso tecnológico en la historia económica se ha limitado básicamente a la mecanización de las tareas manuales, que requieren trabajo físico. Las máquinas realizaban el trabajo manual humano. En el cambio tecnológico en el siglo XXI, además de buscar esos objetivos históricos, se espera que las máquinas realicen una amplia gama de tareas cognitivas, que, hasta ahora, fueron un dominio casi exclusivo de los hombres (Frey y Osborne, 2013)

Las tecnologías de la información transformaron trabajadores manuales en trabajadores del conocimiento. La informatización en sus aspectos centrales abordó tareas rutinarias, que implicaban actividades basadas en reglas (Goos, Manning y Salomons, 2009;. Autor y Dorn, 2013).

En las últimas décadas, es decir en la actual etapa de tecnificación se producen, en forma paralela, procesos que aunque están relacionados, responden a diferentes objetivos. A la vez que robots avanzados están ganando habilidades, sensibilidad y destrezas, lo que les permite realizar una gama más amplia de tareas manuales (IFR, 2012; Robótica-VO, 2013; MGI, 2013), los algoritmos aplicados a grandes volúmenes de datos están ingresando en reconocimiento de patrones para sustituir el trabajo en una amplia gama de tareas cognitivas no rutinarias (Brynjolfsson y McAfee, 2011; MGI, 2013). Esto es probable que cambie la naturaleza del trabajo. MGI (2013) estima que los algoritmos sofisticados podrían sustituir a aproximadamente 140 millones de trabajadores del conocimiento a tiempo completo en todo el mundo.

En el mismo sentido, asumiendo que la inteligencia artificial y la robótica, mantendrán la tendencia actual de abordar tareas cognitivas, es posible prever que en el futuro habrá una importante sustitución del trabajo humano. Algunos autores como Beaudry et al. (2013) sugieren que el máximo de demanda de trabajadores altamente calificados y de tareas cognitivas se alcanzó hacia el año 2000 (Mokir, Vickers y Ziebart, 2015). Algunos autores afirman que una importante sustitución del trabajo humano provocaría una reducción del consumo, por lo menos en el corto plazo.

En una visión histórica los crecimientos de productividad por factores tecnológicos no han provocado reducción en la demanda de bienes y servicios. Por el contrario, al generarse más empleos y aumentar los ingresos creció el consumo de los hogares. Un trabajador estadounidense promedio que en el 2015 deseara vivir con el nivel de ingresos de un trabajador medio en 1915 podría lograr ese objetivo trabajando unas 17 semanas al año (Autor, 2015).

El vaticinio del fin del trabajo ha sido reiterado en la historia, porque el cambio técnico, apoyado en algunos hechos reales, genera temores y reacciones negativas. El ejemplo de William Lee inventor del telar en 1589, es ilustrativo. Para proteger la patente de su máquina se traslada a Londres,

alquiló un edificio para su fábrica y le solicitó a Isabel I que la visitara. Su decepción fue cuando la reina se negó a darle la patente explicándole que traería la ruina de sus trabajadores al perder sus empleos (Acemoglu y Robinson, 2012).

La reina había consultado a los gremios feudales que controlaban la manufactura textil, o sea que fue la oposición de éstos, que defendían sus intereses, fue lo que en ese momento frenó el maquinismo. Siempre un cambio implica, por definición, que algunas actividades se harán diferentes. Los vinculados a esas actividades sin duda serán afectados y se opondrán, sean trabajadores o empresarios. En este caso la situación cambió cuando empresarios, que preveían ganancias con la exportación de manufacturas más baratas y mejores, ganaron peso en el Parlamento, modificaron el equilibrio político y la introducción del telar tuvo respaldo legal.

En la década del sesenta también preocupado por la tecnificación Lyndon Johnson nombró una comisión que analizara el tema e hiciera recomendaciones. La Comisión consideró que la ruptura era suficientemente grave para que el gobierno considerara otorgar un ingreso garantizado a cada familia, aumentar los empleos del Gobierno para el núcleo duro del desempleo y asignar dos años de educación gratuita en todas las comunidades o colegios vocacionales patrocinado por la Reserva Federal. A mediados de los años noventa Jeremy Rifkin (1995) describió la difusión de la tecnología como una epidemia mortal que podría destruir vidas y sociedades y citando a un líder sindical afirmó que en treinta años solo el 2% del trabajo del mundo sería capaz de producir los bienes necesarios para la demanda mundial (Mokir)

El tiempo de trabajo en una visión de largo plazo ha tenido un descenso sustancial. Según Maddison (2001) entre 1870 y 1998, en las economías occidentales industrializadas las horas anuales trabajadas por trabajador se redujeron de 2.950 a 1.500. Y según cifras de la OCDE desde el año 2000 se redujeron 75 hs. por año (menos en los Estados Unidos). Autor (2015) no comparte las predicciones fatalistas sobre la desaparición del trabajo. Mientras algunas tareas de los puestos de trabajo no sean automatizables coexistirán en las actividades partes automatizadas y partes realizadas por trabajadores. El apoyo médico, las actividades técnicas en radiología, los técnicos enfermeros y muchos otros tienen componentes de contenido matemático, automatizable y otros que no lo son. Lo mismo puede afirmarse de empleados de comercio, reparación de automotores y trabajos de oficina que requieren coordinación y adopción de decisiones.

Mokir, Vickers y Ziebart (2015) también tiene una visión optimista del futuro. Parte de que se debería reconocer los límites de nuestra imaginación. Seguramente el futuro traerá nuevos productos y servicios que serán una necesidad para los ciudadanos en el 2050 o 2080. Y para producirlos se crearán nuevas ocupaciones y servicios que actualmente no somos capaces de imaginar. Las previsiones sobre la eliminación de los trabajos se basan en la consideración de los puestos de trabajo existentes actualmente, pero dejarían de ser válidas si existieran nuevas ocupaciones. Esto es lo que ha ocurrido en la historia.

Cuando la corona inglesa no autorizó al creador del telar a instalarse en Gran Bretaña para no dejar a sus trabajadores en la miseria, no pudo prever que la instalación, que finalmente se produjo de los telares creó más puestos de trabajo que los existentes. Aunque los nuevos empleos eran diferentes y sin duda algunos tipos de trabajo desaparecieron y quienes los hacían sufrieron el cambio y debieron reorientar su actividad laboral. En este caso, especialmente los artesanos y los trabajadores a domicilio, que trabajaban sin infraestructura y con una productividad muy inferior a los nuevos telares mecanizados. Curiosamente los trabajadores no calificados, de menores ingresos, fueron beneficiados primero por los trabajos creados en la industria textil y luego porque se produjo un crecimiento de los salarios.

Pero todo indicaría que se está lejos de esta situación. Con una cierta ironía, Mokir afirma que si una mente brillante como David Ricardo afirmó que la tecnología traería una reducción del consumo, los economistas actuales deberían ser más humildes en sus previsiones. Aunque para ser justo no sólo los economistas han hecho previsiones catastróficas.

### **III. Las políticas nacionales ante la cuarta revolución industrial**

En este capítulo el objetivo central es hacer una reseña de las principales políticas nacionales ante la cuarta revolución industrial. Se reseñan las políticas decididas por gobiernos, concretados en programas o planes concretos, aplicables, por lo tanto a nivel de los países. Estos programas en tanto que nacionales, se aplican en los países analizados en su totalidad. Como puede observarse son planes muy recientes que están en diferente grado de definición y aplicación. Asimismo tienen diferente grado de detalle en cuanto a sus características específicas.

Se intentó reflejar el nivel de desarrollo que existía en cada país, a partir de lo que surge de los documentos oficiales de los programas. Otra opción no reflejaría el nivel de análisis y definición de cada país. Es probable que existan definiciones en países no analizados, dado que el tema tiene actualmente una dimensión mundial y es percibido por casi todos como de una gran urgencia. En los países analizados fueron en los que se encontró mayor nivel de formalidad, salvo los Estados Unidos, que se decidió incluir por la importancia que tiene este país en la economía mundial.

#### **A. Las políticas nacionales**

Se analizarán los casos de Alemania, pionera mundial en definir un plan nacional, Francia y España, en Europa, los Estados Unidos en América y dos países en Asia, Corea y China. En Latinoamérica existen iniciativas privadas y públicas, pero no se encontraron planes nacionales que justifiquen su inclusión en este trabajo. Esto no deja de ser ilustrativo de una limitación de cómo la región está enfrentando este proceso de cambios.

##### **1. Alemania, la pionera en crear un programa nacional: Industria 4.0**

El programa Industria 4.0” fue el primero en ser decidido por un gobierno como parte central de su política industrial. Este hecho, sumado a que fue producto de un proceso intenso de análisis y que es muy sólido conceptualmente, hace que haya transformado en una referencia a nivel de todo el mundo. El concepto Industria 4.0 fue presentado por primera vez en el año 2011, en la Feria de Hanover, Alemania, en el salón de la tecnología industrial. En noviembre de ese año fue adoptado por el gobierno alemán como parte del Plan de

Acción de Estrategia 2020, su política de transformación hacia la industria del futuro. Un grupo de Trabajo coordinado por la Academia Nacional de Ciencias e Ingeniería propuso recomendaciones para implementarlo, que fueron presentadas como oficiales en octubre de 2012. Se constituyeron equipos de trabajo por áreas específicas que trabajan con un horizonte de 10 a 15 años. Las directrices centrales de la Plataforma Industria 4.0 comenzaron a operar en abril de 2013

El Plan implica transformar radicalmente sus procesos productivos a partir de una visión del futuro de la nueva economía mundial y del lugar que Alemania debe jugar en la misma. Por eso se parte de un diagnóstico de la industria alemana, se define una estrategia y los pasos para implementarla. En los puntos siguientes, a partir en especial de los documentos oficiales, se reseñarán estas definiciones (Industrie 4.0 Working Group, 2013)

### **a) Diagnóstico: liderazgo de la industria alemana en un mundo muy competitivo**

Se parte de la consideración que Alemania tiene una de las industrias manufactureras más competitivas del mundo y es líder mundial en el sector de equipos de fabricación. Este logro se debe en gran medida a la especialización de Alemania en investigación, desarrollo y producción de tecnologías de fabricación innovadoras y en la gestión de complejos procesos industriales. Desde hace varias décadas la industria alemana emplea con éxito tecnologías de la información y la comunicación (aproximadamente el 90% de todos los procesos de fabricación industrial ya están respaldados por las TIC).

La fuerte industria de fabricación de maquinaria de Alemania y su nivel de competencias en TIC es globalmente significativa y su know-how en sistemas integrados y automatización hacen que esté muy bien situado para desarrollar su posición como líder en la industria de ingeniería de fabricación. Esta posición de liderazgo la ubica, en la actualidad, en una posición de privilegio para dar un nuevo paso en su desarrollo.

Su primer objetivo es mantener este liderazgo, lo cual requiere adoptar una estrategia clara e implementarla con firmeza, dado que la competencia global en el sector de la ingeniería de fabricación se está volviendo más y más feroz. Alemania no es el único país en el mundo que ha definido una tendencia a desplegar el Internet de Cosas y Servicios en la industria manufacturera, uno de los componentes centrales de la transformación. Por un lado tiene competidores fuertes en los países de Asia, pero no son los únicos, pues también representan una amenaza competitiva otros países que también están tomando medidas para combatir su desindustrialización e implementando programas de promoción de la "fabricación avanzada" (Francia es uno de ellos, como se analizará enseguida).

### **b) Visión de futuro de Industria 4.0**

Definir una estrategia requiere tener una visión acerca del futuro así como de la forma de la transformar la realidad actual. ¿Cómo se percibe el futuro de las fábricas y de la industria? Se considera que en el futuro, las empresas establecerán redes mundiales a las que incorporarán sus máquinas, sistemas de almacenamiento e instalaciones de producción en forma de Sistemas Cibernéticos (CPS). El entorno de fabricación, estos Sistemas Cibernéticos comprenden máquinas inteligentes, sistemas de almacenamiento e instalaciones de producción capaces de intercambiar información de forma autónoma y realizar acciones. Todo el proceso se controla en forma independiente. Esto facilita mejoras fundamentales en los procesos industriales involucrados en la fabricación, la ingeniería, el uso de materiales, la cadena de suministro y la gestión.

Las fábricas inteligentes que ya empiezan a aparecer emplean un enfoque completamente nuevo de la producción. Los productos inteligentes son identificables de manera única, pueden ubicarse en cualquier momento de su proceso productivo y conocer su historia, su estado actual así como rutas alternativas para lograr sus características-objetivo. Los sistemas de fabricación integrados están conectados verticalmente dentro de las fábricas y las empresas con los procesos del negocio y horizontalmente a redes que se pueden gestionar en tiempo real desde el momento en que se realiza un pedido hasta su salida. Ambas conexiones requieren ingeniería de extremo a extremo en toda la cadena de valor.

Las fábricas inteligentes permiten satisfacer los requerimientos individuales de los clientes pero, incluso los artículos únicos, se pueden fabricar de manera rentable. Los procesos dinámicos de negocio y de ingeniería permiten cambios de última hora en la producción y ofrecen la capacidad de responder con flexibilidad a las interrupciones y fallas originadas por ejemplo en los proveedores. Se proporciona transparencia de punta a punta sobre el proceso de fabricación, facilitando la toma de decisiones optimizada.

Los nuevos sistemas darán lugar a nuevas formas de crear valor y nuevos modelos de negocio. En particular, proporcionará a las empresas en fase de creación y a las pequeñas empresas la oportunidad de desarrollar y prestar servicios integradas en cadenas de valor. Además, se abordará y resolverá algunos de los desafíos que enfrenta el mundo de hoy, como la eficiencia energética y de los recursos, la producción urbana y el cambio demográfico. El crecimiento de la productividad de todos los recursos y las ganancias de eficiencia serán continuos en toda la red de valor.

Los aspectos laborales y sociales tienen un lugar en la estrategia. Los sistemas de asistencia inteligentes liberan a los trabajadores de tener que realizar tareas rutinarias, permitiéndoles concentrarse en actividades creativas y de mayor valor agregado. En vista de la escasez inminente de trabajadores cualificados, se estima que los trabajadores de más edad extenderán su vida laboral y serán productivos durante más tiempo. La organización flexible del trabajo permitirá a los trabajadores combinar su trabajo, su vida privada y su desarrollo profesional continuo con mayor eficacia, promoviendo un mejor equilibrio entre la vida laboral y familiar.

### **c) Estrategia dual para su implementación**

Con el fin de lograr el cambio de la industrial actual a Industria 4.0, Alemania define una doble estrategia. En primer lugar, el sector de equipos de fabricación debe tratar de mantener su liderazgo en el mercado global mediante la integración de tecnología de la información y la comunicación en los sectores tradicionales de alta tecnología para lograr convertirse en el proveedor líder de tecnologías de fabricación inteligente. En segundo lugar, se propone crear y atender nuevos mercados para las tecnologías y productos de CPS. Para lograr los objetivos de esta estrategia dual de CPS, se deben implementar las siguientes características de Industria 4.0:

- Integración horizontal a través de redes de valor
- Integración digital de extremo a extremo de la ingeniería en toda la cadena de valor
- Integración vertical y sistemas de fabricación en red

### **d) Investigación y áreas clave**

El viaje hacia Industria 4.0 requerirá de Alemania poner una gran cantidad de esfuerzo en la investigación y el desarrollo y debe prestar atención a las nuevas infraestructuras sociales en el lugar de trabajo que surgirán de la introducción de las nuevas tecnologías.

Las actividades de investigación y desarrollo deberán ir acompañadas de prioridades en la política industrial e industrial. El Grupo de Trabajo Industria 4.0 definió las siguientes ocho áreas clave:

#### *i) Normalización y arquitectura de referencia*

Se conformarán redes de valor integrando varias empresas que operarán colaborando mutuamente. Esta asociación de colaboración sólo será posible si se desarrolla un conjunto único de normas comunes. Se necesitará una arquitectura de referencia para proporcionar una descripción técnica de estas normas y facilitar su aplicación.

#### *ii) Gestión de sistemas complejos*

Los productos y los sistemas de fabricación serán cada vez más complejos. Planificación adecuada y modelos explicativos pueden proporcionar una base para manejar esta creciente complejidad. Por lo tanto, los ingenieros deben estar definiendo y aplicando los métodos y herramientas que utilizarán estos modelos.

### *iii) Una amplia infraestructura de banda ancha para la industria*

Redes de comunicación fiables, completas y de alta calidad son un requisito clave para Industria 4.0. Por consiguiente, es necesario ampliar la infraestructura de banda ancha a gran escala, tanto en Alemania como entre Alemania y sus países socios.

### *iv) Seguridad*

La seguridad es fundamental para el éxito de los sistemas de fabricación inteligentes. Es importante asegurarse que las instalaciones de producción y los productos no representan un peligro para las personas ni para el medio ambiente. Al mismo tiempo, tanto las instalaciones como los productos y, en particular, los datos y la información que contienen, deben protegerse contra el uso indebido y el acceso no autorizado. Esto requerirá, por ejemplo desplegar arquitecturas de seguridad integradas así como identificadores únicos, junto con las mejoras pertinentes a la capacitación y al contenido de desarrollo profesional continuo.

### *v) Organización y diseño del trabajo*

En las fábricas inteligentes, el papel de los empleados cambiará significativamente. El control orientado cada vez más en tiempo real transformará el contenido, los procesos y el entorno de trabajo. La implementación de un enfoque socio-técnico de la organización del trabajo ofrecerá a los trabajadores la oportunidad de disfrutar de una mayor responsabilidad y mejorar su desarrollo personal. Para que esto sea posible, será necesario aplicar un método participativo para diseñar los trabajos.

### *vi) Formación y desarrollo profesional continuo*

Se transformarán radicalmente los perfiles de empleo y competencias de los trabajadores. Por lo tanto, será necesario implementar estrategias de formación adecuadas y organizar el trabajo de una manera que fomente el aprendizaje, permitiendo el aprendizaje a lo largo de toda la vida. Para lograrlo, deberían promoverse proyectos modelo y "redes de mejores prácticas" y se deberían investigar las técnicas de aprendizaje digital.

### *vii) Marco normativo*

Los nuevos procesos de fabricación y las redes de negocio horizontales deberán cumplir con la ley pero la legislación actual deberá adaptarse para tener en cuenta las nuevas innovaciones. Los desafíos incluyen la protección de datos corporativos, asuntos de responsabilidad civil, manejo de datos personales y restricciones comerciales. Esto requerirá no sólo legislación, sino también otros tipos de acción a nivel de las empresas incluyendo directrices, contratos modelo y acuerdos internos o iniciativas de autorregulación.

### *viii) Eficiencia de recursos*

Aparte de los altos costos, el consumo de grandes cantidades de materias primas y energía por la industria manufacturera también plantea una serie de amenazas al medio ambiente y la seguridad del suministro. Deben generarse aumentos en la productividad y eficiencia de los recursos. Será necesario calcular las compensaciones entre los recursos adicionales que se necesitarán invertir en fábricas inteligentes y los posibles ahorros generados.

La implementación de Industria 4.0 será un proceso evolutivo que progresará a diferentes ritmos en empresas y sectores. Las asociaciones profesionales BITKOM, VDMA y ZVEI han confirmado la importancia de este tema para la competitividad de la industria alemana y han documentado la necesidad de una información amplia. En una encuesta realizada en enero de 2013, alrededor del 47% de las empresas dijeron que ya estaban activamente comprometidas con Industria 4.0. El 18% de estas empresas dijeron que estaban involucradas en la investigación de Industria 4.0, mientras que el 12% afirmó que ya la estaban

poniendo en práctica. En la encuesta participaron 278 empresas, principalmente de la maquinaria y la industria manufacturera, de las cuales, 205 tenían menos de 500 empleados.

Los tres mayores desafíos relacionados con la implementación de la visión fueron identificados como estandarización, organización del trabajo y disponibilidad de productos. Además de la participación activa en los grupos de trabajo, otras medidas de apoyo solicitadas a las empresas para ayudarles con la implementación del programa incluyen la participación en seminarios específicos donde compartir experiencias. Las asociaciones profesionales desempeñarán un papel importante para garantizar un flujo constante de comunicación, trabajando estrechamente con los interlocutores sociales, la comunidad académica y el público.

## **2. Francia: detener la desindustrialización e implementar “Industria del futuro”**

Francia vive su política industrial como un desafío para detener el proceso de desindustrialización de las últimas décadas así como para adaptar su tecnología a las grandes transformaciones que se están produciendo en los países más dinámicos e importantes del mundo. Su estrategia es implementar el programa “Industria del Futuro”, que se percibe como una necesidad y un desafío competitivo a nivel mundial.

En el año 2013, siguiendo el camino de Alemania, Francia lanzó el programa "El Futuro de la Industria". En los meses siguientes éste se transformó en el eje principal de la política industrial del país. Sus objetivos incluyen aspectos muy concretos como oficinas de promoción y sistemas de financiamiento a la modernización de empresas hasta temas tan amplios y conceptuales como una reflexión sobre la situación que vive la industria y su futuro.

### **a) Diagnóstico de la situación actual de la industria francesa**

Diversos estudios realizados por instituciones públicas y entidades privadas muestran que la industria en Francia ingresó en un círculo vicioso hace por lo menos 10 años. Los márgenes empresariales son demasiado bajos para aumentar la inversión, con lo que los equipos de producción se envejecen y la capacidad de innovar se reduce. Estudios del año 2010 indican que el déficit de inversión con respecto a sus principales competidores podría ubicarse en unos 100 millones de euros. La cantidad de robots de Francia es inferior a sus competidores tanto en números absolutos como en robots por trabajador ocupado. Francia tiene 32.233 robots (la sexta parte que Alemania) y 125 por 10.000 trabajadores (la mitad que Alemania y menos que la tercera parte que Corea). (IFR)

### **b) Objetivos de la política industrial**

La política industrial del gobierno francés definió dos objetivos prioritarios a) apoyar la inversión para asegurar la modernización de las unidades productivas y b) acelerar la transición digital de las empresas. Ambos objetivos se consideran relevantes en función de los acelerados cambios tecnológicos y las transformaciones organizativas en curso. En los dos objetivos, en una comparación internacional, Francia está retrasada.

Se considera que estos objetivos están directamente asociados al desarrollo en el largo plazo y, por tanto, toda la sociedad está involucrada. De hecho, actores públicos y privados fueron invitados a participar, tal como ocurrió en los otros países.

La Industria del Futuro define ese camino a partir de lo que se espera que en el futuro será una fábrica “*La fábrica del futuro será más ágil y flexible, más barata y más respetuosa de sus trabajadores y el medio ambiente, a través de una fuerte nivel de automatización y una integración de la totalidad la línea de producción*” (La Fabrique N° 3, 2016).

Esta transformación tiene varias facetas. En primer lugar, desde el punto de vista tecnológico la industria debe sumarse a la nueva revolución industrial en curso. Entre los cambios a implementar está pasar del robot al “robot inteligente”, introducir avances en campo digital, aumentar la capacidad de almacenamiento, análisis y procesamiento de grandes bases de datos (Big Data), el desarrollo de redes

de comunicación y, en general, las orientaciones tecnológicas definidas en Alemania en Industria 4.0, cuyos objetivos son compartidos.

Un segundo aspecto, también relevante, implica superar dos obstáculos graves de la industria francesa. Uno es el económico: la mejora de la competitividad y la modernización se considera como la única manera de resistir la competencia internacional. El otro es la sociedad. Más allá de la mejora de la competitividad industrial, los cambios en los métodos de producción deberían reducir la monotonía del trabajo industrial.

El programa incluye apoyos financieros a las empresas que implementen acciones de modernización, digitalización y robotización. Se decidió un apoyo directo de 2,1 millones de euros para inversiones para incluyan la robótica en las PYMES. Como medida excepcional se asignaron 2,5 millones de euros para subsidios fiscales. Se reforzó con 1,2 millones el plan “Usina del Futuro” que ya apoyaba robótica y eficiencia energética. El programa «Robot Start PME» lanzado en octubre de 2013 promueve la introducción de un primer robot en las pequeñas empresas, (se incluirá en el plan Industria del Futuro a partir de 2017). Hasta febrero de 2016, 250 empresas que se beneficiaron de este plan.

Se crearon vitrinas tecnológicas para sensibilizar a los actores y la población, esperando llegar a quince. Se espera además crear un salón internacional dedicado a la industria del futuro, siguiendo el modelo de feria de Hanover con el objetivo de dar a conocer el “saber hacer francés”.

Se estima que los cambios implicarán sustitución de trabajo por máquinas. Más allá del problema laboral que esto implica, se considera que habrán también efectos positivos. Al tener menor intensidad en mano de obra, los costos laborales tendrán menor incidencia en la localización de la inversión. Este hecho sumado al mayor valor agregado en el país, se espera que detenga o reduzca la deslocalización de la industria hacia países con menores salarios como los asiáticos. Esto puede mejorar la situación laboral en Francia. Un ejemplo revelador es que Motorola decidió ensamblar su último modelo de celular en Austin, Texas para personalizar su relación con los clientes. De todas formas la mayoría de las partes del mismo son fabricadas en Asia.

### **c) Involucramiento social y diseño de "Industria del Futuro"**

El programa Industria del Futuro es parte del proyecto "Nueva Francia industrial" lanzado el 12 de septiembre de 2013 por el Presidente de la República y el Ministro de Recuperación Productiva. En su diseño trabajaron instituciones públicas y privadas dirigidas por el Consejo Nacional de la Industria (CNI) y participaron empresarios, trabajadores, profesionales.

Los 34 planes iniciales (redefinidos en el año 2015) se concretan en nueve “soluciones” y un programa transversal “Industria del Futuro” que acompañará la transformación de las empresas. La conducción del programa la realizan diversos representantes del mundo económico, que definirán la hoja de ruta.

Al lado de los grupos Fives y Dassault Systèmes, los dos copilotos del antiguo plan “Usina del Futuro”, hay representantes de los poderes públicos, de los industriales, así como los miembros de la Alianza por la Industria del Futuro. Es decir que en la definición de las acciones participan activamente el sector público, representantes del mundo empresarial y de la formación (CEA, Cetim, CNAM, Institut Mines-Télécom, etc.) y está abierto a los sindicatos, las federaciones profesionales y federaciones profesionales que deseen participar en el proyecto. De esta forma se espera que la sociedad francesa se involucre activamente en un plan que se considera clave para el futuro del país.

## **3. Corea del Sur: "Estrategia de Innovación de la Industria de Fabricación 3.0"**

Los documentos oficiales de Corea del Sur consideran que el país tiene varias ventajas para el desarrollo de su industria: alto nivel en la educación y habilidades de su fuerza de trabajo, un desarrollo importante en infraestructura digital y estar a la vanguardia en robótica, Corea es el país que



tiene más robots por trabajadores: 437 cada 10.000 trabajadores, seguido por Japón con 323 y Alemania con 282. (IFR, 2015).

Una limitación es que la estructura industria está basada en grandes conglomerados familiares (chaebols) que operan en los principales sectores, como la electrónica y telecomunicaciones (Samsung), la industria automotriz (Hyundai), la química (SK Group), el acero (POSCO) o la construcción naval. Ello no impide que el 60% de su industria sea de gama alta y media, nivel sólo igualado por Alemania (La fabrique, No 4, 2016)

La industria representó el 29% del PIB en 2012 y su crecimiento ha estado vinculado a la conformación de cadenas de valor especialmente con los países del sudeste asiático, particularmente China, y se ha basado en la exportación de productos semi acabados e intermedios de los sectores de mayor desarrollo. Las exportaciones de bienes finales alcanzan al 30%. El crecimiento y tecnificación de China es percibida en Corea como una amenaza, al igual que lo es para otros países. Un ejemplo de los riesgos existentes es que en 2014, Samsung perdió el liderazgo en el mercado de los teléfonos móviles en China frente a la empresa nacional Xiaomi.

### **a) La definición de un programa oficial**

Si bien el diagnóstico del gobierno coreano es que su industria está más desarrollada que la China, el avance de los acuerdos de libre comercio en toda la zona del ASEAN significan un desafío competitivo importante, ante lo cual decidió impulsar una política de promoción y tecnificación.

El Ministerio de Comercio, Industria y Energía y publicó en julio de 2014 un informe cuyas recomendaciones llevaron a la definición de la "Estrategia de Innovación de la Industria de Fabricación 3.0". Su objetivo central es la modernización de la industria y su primera meta es aumentar el número de fábricas inteligentes que eran 500 hasta alcanzar la cifra de 10.000 en 2020.

El plan busca principalmente a favorecer la digitalización de las PMI y ETI, en torno al concepto de "*convergencia industrial*". Esta noción de convergencia implica la necesidad de crear un nuevo tejido industrial a partir de la digitalización de las industrias de la tecnología y la comunicación existentes, agregándole contenido tecnológico y diversificando los servicios relacionados. En los documentos oficiales también se fija el objetivo de vincular funcionalmente varias tecnologías digitales (TIC, Internet de las cosas, sensores, etc.) en una estructura o una línea de producción única. Se busca mejorar la eficacia de los procesos y ofrecer mejores productos.

### **b) Pilares del plan piloto**

El programa piloto fue confiado al "Comité de Innovación Industrial" de conformación público-privado, con dos copresidentes, el Ministro encargado del programa y Presidente de la CCI (cámara empresarial) de Corea. El programa se estructura en base a tres pilares:

- La creación de una nueva industria de fabricación de alta tecnología en áreas futuras hasta ahora no desarrolladas (vehículos inteligentes, las prendas de vestir, robots, medicina). Éste es el principal componente del plan, y tiene un presupuesto de 886 millones de euros. Se busca desarrollar una oferta tecnológica de alto nivel y crear un núcleo de negocios inteligente con 10.000 sitios de producción en 2020.
- La digitalización de PMI y ETI es el segundo pilar del plan. Su objetivo principal es mejorar la eficiencia de las PYMES: 100 000 pequeñas y medianas empresas exportadoras recibirán asistencia desde el año 2017.
- Apoyar el desarrollo de innovaciones en los sectores donde Corea tiene ya un predominio (software, materiales, robótica). A este pilar se le asignaron 775 millones de euros e incluye investigación pública en 10 tecnologías, impresión 3D y Big Data. Este componente también incluye la conversión de los complejos industriales obsoletos en centros innovadores.

## 4. China: Plan “Hecho en China 2025”

"Hecho en China 2025" es una iniciativa del gobierno chino para mejorar integralmente su industria y ubicarla en condiciones de competir con las mayores potencias del mundo. El plan fue elaborado por el Ministerio de Industria y Tecnología de la Información (MIIT) e insumió más de dos años y medio de trabajo en el que participaron 150 expertos de la Academia de Ingeniería de China. (La fabrique N° 4, 2016)

Se inspira en "Industria 4.0" de Alemania. Sin embargo, ningún plan puede ser copiado pues operará en una realidad y sobre una estructura industrial diferente, por lo que sus objetivos, instrumentos e implementación son adaptados a la realidad china.

Mientras en Alemania en las tres décadas previas a la definición hubo un proceso sistemático de tecnificación cuyo resultado fue alcanzar una posición de liderazgo mundial en varios sectores, en China la situación es diferente: la eficiencia y la calidad de la producción china no es uniforme sino que tiene muchas diferencias entre sí. Por otro lado, en el momento actual, está enfrentando desafíos competitivos de naturaleza muy diferente. Por un lado aspira a superar sus limitaciones y ponerse en condiciones de competir (y cooperar) con las principales potencias mundiales en bienes de alta tecnología. Por otro no debe perder terreno ante recientes competidores cuya principal característica son los bajos salarios.

### a) Objetivos y componentes de “Hecho en China 2025”

El plan se propone impulsar la innovación priorizando la calidad sobre la cantidad, lograr un desarrollo verde, optimizar la estructura de la industria china, y fomentar el talento humano.

Un resultado esperado es mejorar la participación de productos chinos en las cadenas de producción globales (Si bien China es un gran exportador, un elevado porcentaje de los insumos de sus exportaciones son importados por lo cual, una parte significativa de los ingresos generados son apropiados por las transnacionales radicadas en China, que son quienes aportan los productos y servicios más sofisticados). La meta del plan es llevar el contenido nacional de componentes básicos y materiales a 40% del valor final en 2020 y 70% en el año 2025.

La implementación de un plan tan ambicioso requerirá una intervención muy activa del Estado. Se elaborará un marco institucional y se aportarán recursos financieros y fiscales para la creación de centros de innovación (15 en 2020 y 40 en 2025). El Estado confía en las instituciones del mercado para lograr un uso más eficaz de la propiedad intelectual (PI) protegiendo los derechos de propiedad intelectual para las pequeñas y medianas empresas (PYME) así como permitir a las empresas auto-declarar sus propios estándares de tecnología y participar en el establecimiento de las normas internacionales.

Se definen 10 sectores prioritarios: 1) La nueva tecnología avanzada de la información; 2) Máquinas-herramienta automatizadas y robótica; 3) Aeroespacial y equipos aeronáuticos; 4) Equipo Marítimo y de transporte de alta tecnología; 5) Equipo de transporte ferroviario moderno; 6) Vehículos basados en energía y equipos nuevos; 7) Equipos de alimentación; 8) Maquinaria agrícola; 9) Nuevos materiales; y 10) Biopharma y productos médicos avanzados.

### b) Un cambio de orientación en la política industrial

Se considera que el plan presentado representa un cambio significativo con respecto a los enfoques previos, de la administración de Hu-Wen. El plan previo al actual fue de 15 años, publicado en 2006, su pilar básico fue la "innovación indígena" y se centró exclusivamente en las tecnologías avanzadas. En el año 2010 se identificaron siete "industrias estratégicas emergentes" que se consideraban vitales para que China se convirtiera en una economía avanzada. Se desarrollarían por tecnologías avanzadas e inversión en I + D con financiamiento estatal. La industria acumularía patentes, estableciendo normas técnicas especiales y el aprovechando el acceso al mercado chino para lograr tecnologías extranjeras.

"Made in China 2025" es considerado un cambio significativo en varios aspectos: 1) Se centra en el proceso de fabricación y no sólo la innovación; 2) Se promueve el desarrollo no sólo de las industrias avanzadas, sino también de las industrias tradicionales y servicios modernos; 3) Hay todavía un enfoque

basado la participación del Estado, pero los mecanismos de mercado tienen un lugar más importante, (por ejemplo, en lugar de utilizar únicamente normas técnicas nacionales ahora se da prioridad a las normas auto-declaradas y el sistema de normas internacionales) y 4) Existen medidas claras y específicas para la innovación, la calidad, la fabricación inteligente, y la producción verde, estableciendo los niveles de referencia en los años 2013 y 2015 y fijando metas precisas para 2020 y 2025.

El lenguaje del plan también se considera muy diferente. El término "innovación indígena" sólo aparece dos veces y "SEI" sólo una vez. No hay ningún esfuerzo para presentar el plan como una continuidad o una extensión del anterior. Su enfoque de la innovación se inspira en los programas de otros países desarrollados elaborados a raíz de la revolución industrial. Es más afín a los enfoques surgidos a partir de Industria 4.0.

Se estima que las multinacionales enfrentarán nuevos desafíos y oportunidades. Los desafíos surgen del objetivo chino de aumentar la participación de su producción nacional en los componentes de los productos finales, o sea pesar más en el valor agregado nacional en las cadenas globales de valor. Al mismo tiempo se propone aumentar sus inversiones en el exterior (el diagnóstico oficial es que muchas inversiones externas fracasaron). Se involucra a los países de la "ruta de la seda" y a otros. Esto es una oportunidad para los países emergentes que pueden tener mayores inversiones directas chinas. Si se invierten en fábricas inteligentes es una oportunidad para las empresas de los países más desarrollados en la medida que se abren nuevos mercados para su producción de tecnologías de la nueva revolución industrial.

Xi Ping hizo dos viajes a Latinoamérica, el último en el 2016, firmó múltiples acuerdos de cooperación económica por más de 100 mil millones de dólares, que complementan la creación del Foro China – CELAC, de 2014. En sus intervenciones destacó la necesidad de una manufactura avanzada y en lograr una relación comercial con Latinoamérica no limitada a los recursos naturales (como ha sido hasta ahora), además de anunciar inversiones chinas en ferrocarriles de alta velocidad e información básica y destacar la necesidad de mejorar la capacidad de producción y la estructura industrial latinoamericana. Son hechos muy recientes pero en términos de discurso no dejan de alentar una expectativa positiva para la región. Y es un discurso nuevo de la relación comercial con China con la región.

## 5. Estados Unidos: iniciativas aisladas

No puede decirse que los Estados Unidos hayan definido un plan similar al que adoptaron los gobiernos de los países analizados anteriormente. Si, en cambio hubo varias iniciativas que quizá en el tiempo se centralicen en un plan nacional. Debe tenerse en cuenta que la participación del Estado no tiene las mismas características en todo el mundo.

Varias iniciativas innovadoras en los EEUU contaron con expreso respaldo estatal. El Presidente Obama anunció que el Pentágono colaborará con el sector privado a fin de reforzar la tecnología de fabricación en EEUU, para lo cual se crearán dos nuevos institutos de innovación que se radicarán en Chicago y Detroit. Asimismo se realizará un certamen para crear los primeros cuatro institutos adicionales que incentivarán la producción avanzada en Estados Unidos.(US Embassy)

En Detroit, el Instituto LM3I conectará a los principales fabricantes mundiales de aluminio, titanio y acero de alta resistencia con universidades y laboratorios pioneros en el desarrollo e investigación de nuevas tecnologías. El instituto se centrará en la ampliación del mercado para productos y sistemas que utilizan nuevos metales en aleaciones livianas y de alto rendimiento. También buscará generar nuevos consumidores para estos productos.

El Instituto DMDI, en Chicago, integra un consorcio de 73 empresas, universidades, organizaciones sin fines de lucro y laboratorios de investigación. La asociación entre expertos líderes mundiales del sector manufacturero y empresas de programas informáticos de última tecnología desarrollarán mejores capacidades digitales para diseñar y ensayar nuevos productos y reducir los costos de los procesos de fabricación en múltiples industrias.

Asimismo durante su discurso sobre el Estado de la Unión, en enero de 2016, Obama declaró que se abrirían tres nuevos centros de fabricación usando los departamentos y recursos existentes. El primero de ellos, es el Next Generation Power Electronics Manufacturing Innovation Institute, ubicado en Raleigh, Carolina del Norte.

Los institutos contarán con una inversión de 140 millones de dólares cada uno. El Pentágono financiará cada instituto por una suma de 70 millones, mientras que los miembros del consorcio aportarán una cifra similar. La idea es que los institutos sirvan como centros regionales, cerrando así la brecha entre la investigación aplicada y el desarrollo de productos. En lo que se refiere al desarrollo de productos, el instituto contará con la ayuda de consorcios formados por empresas, universidades, institutos de formación y, por supuesto, el gobierno federal. Todos ellos trabajarán enfocados en áreas tecnológicas clave que estimulen la inversión y la producción en los EEUU.

## 6. España: Industria conectada 4.0

El sector industrial español representa más del 13% del PIB y emplea a un 11% de la población activa. Sin embargo existen muchas diferencias entre las provincias. Autonomías como el País Vasco, Galicia y Comunidad Valenciana tienen un desarrollo relativamente mayor, pese a lo cual la industria española, en su conjunto, acepta las ventajas de abordar la digitalización. Sin duda que esta presión de las provincias más avanzadas y del conjunto del empresariado hizo que el Gobierno asumiera el tema centralmente.

En julio de 2015 el Ministerio de Industria, Energía y Turismo lanzó públicamente la iniciativa “Industria Conectada 4.0”, un proyecto público-privado para impulsar la transformación digital de la industria española y en el que participan Banco Santander, Telefónica e Indra.

La iniciativa nace con el triple objetivo de incrementar el valor agregado industrial y el empleo cualificado en el sector; favorecer el modelo español para la industria del futuro y la oferta local de soluciones digitales y mejorar la competitividad para impulsar las exportaciones. Los primeros proyectos se desarrollarán en el área de componentes para automóvil y en la industria textil

El Ministerio y los promotores privados de la iniciativa al fundamentar la propuesta afirmaron que, en su opinión, España debe sumarse cuanto antes a la cuarta revolución industrial en procesos de digitalización con la asunción de tecnologías como la computación en la nube, el big data, Internet de las cosas, la sonorización y la robótica inteligente. (Industria Conectada 4.0, 2016)

### a) Objetivos

El Plan indica que el modelo español de Industria 4.0 tiene tres objetivos concretos:

- Incrementar el valor añadido industrial y el empleo calificado en el sector industrial
- Favorecer el modelo industrial de futuro para la industria española, con el fin de potenciar los sectores industriales que tienen futuro en la economía española y detener su potencial decrecimiento desarrollando a su vez la oferta local de soluciones digitales
- Desarrollar palancas competitivas diferenciales para favorecer la industria española e impulsar sus exportaciones

### b) Líneas de actuación

Para impulsar la transformación digital de la industria española, se han definido cuatro líneas de actuación:

- Garantizar el conocimiento del concepto Industria 4.0 y de sus tecnologías asociadas, así como el desarrollo de competencias de Industria 4.0 en España,
- Fomentar la colaboración entre empresas de diversos sectores industriales, empresas tecnológicas, centros de investigación y otras entidades con el fin de promover el desarrollo de soluciones 4.0 adaptadas a las necesidades de la industria,

- Impulsar el desarrollo de una oferta española de habilitadores digitales,
- Promover las actuaciones adecuadas para la puesta en marcha de la Industria 4.0 en la industria española.

### **c) Areas estratégicas**

Las líneas de actuación se concretan en las siguientes áreas estratégicas en las que se focalizarán los esfuerzos:

- Concienciación y comunicación
- Formación académica y laboral
- Entornos y plataformas colaborativos
- Fomentar el desarrollo de habilitadores digitales
- Apoyo a empresas tecnológicas
- Apoyo a la adopción de la I 4.0 por la industria
- Marco Regulatorio y estandarización
- Proyectos de I 4.0

### **d) Gobernanza**

La implementación del plan dependerá de varios órganos, que en su mayoría incluirán representantes de los principales agentes involucrados: organismos públicos centrales y locales, empresas industriales y tecnológicas y asociaciones, centros de investigación y enseñanza, agentes sociales, y todas aquellas personas de competencia reconocida en el desarrollo de la Industria 4.0.

El Consejo Rector Industria Conectada 4.0 será responsable de la representación y comunicación de la iniciativa, del establecimiento de pautas, la coordinación a alto nivel de actores y presupuestos y la valoración de los resultados y habrá un Consejo Ejecutivo cuya responsabilidad será supervisar la definición, ejecución y los avances operativos. Asimismo habrá un Consejo Asesor que será responsable de identificar las tendencias tecnológicas de la Industria 4.0 y elaborar informes que incluyan recomendaciones.

## **IV. Algunos temas laborales, educativos y sociales**

En la Parte 2 del capítulo se tratan temas que se derivan de los cambios tecnológicos y económicos en general, pero se refieren específicamente a aspectos laborales, educativos y de formación profesional así como vinculados a las relaciones laborales. En algunos programas nacionales estos temas son tratados en forma expresa y por lo tanto son parte de los programas. En otros casos, en cambio, aparecen en forma muy tangencial o tienen muy poca relevancia.

En este caso las fuentes de información no fueron solamente los programas nacionales, sino la literatura que le ha dado a estos temas una importancia en ocasiones muy grande. Es el caso de los impactos en el empleo, o los vinculados a los perfiles de los nuevos trabajos analizados en el capítulo 2. También se integraron al análisis la experiencia en estos temas que es muy antigua en el mundo y la región.

Se considera que estén o no integrados en los planes decididos o a decidir, todos los países deberán enfrentar estos problemas y adoptar decisiones políticas sobre cómo enfrentarlos. Así ocurrió en la historia y también ocurrirá en la actualidad, porque los cambios, sea cual sea el enfoque oficial, afectarán al conjunto de la sociedad.

Obviamente algunos de estos temas son polémicos, lo cual no deja de ser parte de lo que ha ocurrido con todos ellos en cualquier momento de la historia. En todo caso, lo que se plantea en este trabajo no dejan de ser una propuestas, incluso por el hecho de que los temas que estamos analizando son muy recientes y se encuentran en una etapa de desarrollo.

### **A. Algunas consideraciones previas**

La cuarta revolución industrial, o la Industria 4.0, tendrá impactos profundos en la organización del trabajo y el diseño del propio trabajo. Es previsible que el ámbito principal de los cambios sean las propias empresas y ocurran en los propios puestos de trabajo. Sin embargo, queda claro a partir de la trascendencia que los gobiernos asignan a las transformaciones, por su relación con el desarrollo, así como para mantener la competitividad de la economía y a partir de ello para la mantención de los empleos y los ingresos. Desde este punto de vista este tema no es sólo de las empresas ni de los gobiernos sino que involucra al conjunto de las sociedades. Y por tanto deben ser asumidos por todos los actores sociales.

En los planes nacionales, sin embargo, este enfoque no está planteado, en general, de una manera tan expresa. En la mayoría de ellos se vincula a los actores empresariales, a los profesionales y académicos, en algunos casos a los sindicatos, pero no está siempre claro la razón de ese involucramiento. En algunos casos queda la sensación que el objetivo buscado es lograr eficacia o, por lo menos, una menor resistencia a los impactos negativos que van a existir. Es una buena práctica en la implementación de las políticas involucrar a los sectores sociales afectados por las mismas. Pero el enfoque debería ser más amplio. Además de eficacia – que obviamente es necesaria- en una óptica de democracia económica y social, debería buscarse la participación activa de toda la sociedad, dado que es el conjunto de la sociedad quien se verá afectado

Así está planteado claramente en el programa de Alemania y en cierta forma en el francés, lo cual seguramente está vinculado a sus respectivas historias y sus modelos de relaciones laborales. Mientras Alemania desde décadas tiene un modelo involucrador de los actores sociales – lo que obviamente no elimina la existencia de conflictos- en otras realidades nacionales la situación es diferente y la conflictividad suele predominar a la búsqueda de acuerdos acerca de los problemas nacionales, sectoriales o de empresa. En este caso pueden preverse conflictos mayores, menor participación y probablemente menor eficacia.

Algo similar puede decirse acerca de la participación del Estado y la creación de instituciones para gestionar el cambio. Hay países donde los Estados en general asumen una fuerte intervención activa en los procesos y otros en los que hay una cierta prescindencia. Alemania, Francia, así como los países asiáticos analizados, son casos de Estados fuertes e interventores, mientras que los Estados Unidos, entre los casos analizados, la presencia pública es muy inferior.

Probablemente esto explique casos como el alemán, en un extremo, donde desde hace años, se trabaja orgánicamente, en comisiones amplias, para elaborar políticas nacionales. Estas políticas una vez fueron aprobadas, se implementan o monitorean por comisiones de trabajo, también amplias, que son instituciones permanentes, con planes de largo plazo y con financiamiento para su funcionamiento. En el otro extremo están los Estados Unidos, donde realmente no hay plan, no hay instituciones nacionales, y las iniciativas que se han decidido parecen más apoyos estatales a empresas vinculadas a estos temas y son éstas, por ejemplo las que dedican más recursos y energía a la ciencia y la innovación. O sea el Estado no asume un rol activo e impulsor o director sino que apoya iniciativas privadas, dándoles quizá un ámbito institucional donde hay una participación pública.

Son modelos diferentes, pero en este caso, donde las transformaciones serán muy disruptivas y tendrán grandes impactos sociales, la centralización de las acciones y la creación de una institucionalidad propia, parece un camino más democrático y racional. Sin embargo, dado que estamos en el inicio de los cambios, solo los hechos futuros nos dirán si esta política es la más correcta.

Teniendo en cuenta estas diferencias culturales e históricas en los puntos siguientes se analizarán algunas consecuencias previsibles, que afectarán en mayor o menor medida a todos los países. Obviamente también a los que no han asumido aún la elaboración de políticas específicas vinculadas a este tema. Existe una dificultad que explica el uso del condicional. Una mirada rápida de las fechas de los planes nacionales deja claro que estamos ante procesos muy recientes. Pensemos que Alemania, país pionero, formula el termino Industria 4.0 en el año 2011, y aprueba el plan en el 2013, es decir hace muy pocos años. Los otros países lo hicieron en los años siguientes y algunos en el 2015, o sea prácticamente se están comenzando a diseñar. Asimismo puede afirmarse que la implementación de los cambios en el futuro también tendrá en los distintos países velocidades y nivel de profundidad. En función de esto, las previsiones de todos los cambios deben ser consideradas como probables o a confirmar a medida que el transcurso del tiempo consolide las diversas transformaciones.

Sin embargo, pese al escaso tiempo transcurrido desde la formulación de los planes nacionales, los cambios tecnológicos en muchas empresas y países ya comenzaron. Es decir ya se venían realizando sin existir un plan nacional. Esto nos permite contar con algunos estudios, investigaciones y encuestas sobre los impactos en las empresas y en los mercados de trabajo, las dificultades de la capacitación de la fuerza de trabajo y, sobre todo, los cambios en los empleos y la

estructura de la ocupación, temas abordados en los capítulos anteriores. Es a partir de estos trabajos que nos basaremos para identificar algunos problemas y formular tentativamente algunas recomendaciones.

## **B. Cambios en el diseño y la exigencia de los puestos de trabajo**

La organización del trabajo tiene como uno de sus objetivos racionalizar los esfuerzos y utilizar los diversos recursos, incluido el trabajo, para lograr eficiencia en los resultados (productos y procesos) a la vez que el desarrollo de los propios trabajadores en sus habilidades y conocimientos. En un futuro caracterizado por la creciente automatización, con un despliegue generalizado de sensores en los equipos, con robots que realizarán una parte de los trabajos dentro de la línea de producción donde antes solo había humanos, con sistemas de control realizados en tiempo real, ¿cómo podemos garantizar que los trabajos de las personas sean buenos, seguros y justos? Lograr una respuesta adecuada a esta pregunta determinará que se logre movilizar las capacidades existentes en innovación y productividad, lograr una ventaja competitiva en forma paralela a la generación de nuevos conocimientos.

Es muy probable que la naturaleza del trabajo y el diseño de los procesos suponga una exigencia significativamente mayor para todos los trabajadores en términos de gestión de la complejidad, la abstracción y la resolución de problemas. También se espera que los trabajadores puedan actuar por iniciativa propia mucho más intensamente que en la actualidad, lograr buena comunicación y tener capacidad de organizar su propio trabajo. Cada una de estas funciones requiere habilidades y conocimientos especiales. Habrá un aumento de las exigencias en creatividad y comprensión de los procesos, que se sumarán a los saberes específicos de las tareas, que ya existen actualmente.

Esta nueva naturaleza del trabajo puede analizarse desde distintas ópticas. Desde el punto de vista del trabajador le abrirá oportunidades para su enriquecimiento personal por estar en un ambiente de trabajo más interesante y desafiante, una mayor autonomía y más oportunidades de auto-desarrollo. Pese a ello, los componentes virtuales del nuevo lugar de trabajo pueden ser percibidos como una amenaza dada la predominancia de los componentes manuales en la actual cultura del trabajo. Esto puede tener diferencias grandes entre países, de acuerdo al grado de tecnificación ya realizado.

Considerando que los robots crecientemente realizarán las tareas que exigen mayor esfuerzo y riesgo y tendrán autocontrol, sustituirán muchos trabajos manuales hoy realizados por trabajadores. Esto tiene un efecto muy positivo, en términos de salud laboral y menor fatiga, pero implican para los trabajadores la pérdida de un espacio que hoy tienen. La virtualización de los nuevos puestos, con funciones para el trabajador de mayor intelecto correlativo a la reducción de los componentes manuales puede ser percibida como una pérdida de su control de los procesos e incluso como un paso a la sustitución posterior del trabajo humano o su significativa reducción.

La creciente virtualización y robotización de los procesos de producción y la desmaterialización del trabajo pueden aumentar la tensión entre lo virtual y lo material. Amenazas "viejas" y "nuevas" puedan combinarse para asumir una nueva dimensión y generar resistencias a los cambios, lo que tendrá efectos negativos en todos los aspectos, para las empresas y para los trabajadores. Lo cual, sin embargo, no deja de ser comprensible.

Los hechos, por otro lado, probablemente alimenten esta percepción si, como todo indica que ocurrirá, existirá una reducción de algunos puestos de trabajo. Estudios de la OCDE indican una reducción de los trabajadores en toda la industria y en los Estados Unidos de los de formación media (Autor 2015). Adoptar medidas paliativas o correctivas de estos hechos tiene una vital importancia. Las medidas que se podrían adoptar en el corto y mediano plazo, así como la metodología para definir las tienen una importancia relevante para el éxito en las transformaciones. Estos temas se abordan en los puntos siguientes.



## C. Alinear tecnología, organización y cultura del trabajo

Las fábricas inteligentes brindan la oportunidad de crear una nueva cultura del lugar de trabajo con mayores beneficios para los trabajadores. Pero estos beneficios no son automáticos, ni surgen directamente de la aplicación de una nueva tecnología. Es decir ésta permite que la fábrica sea inteligente, pero no por ello, se implementará un tipo específico de organización y de cultura del trabajo. Estos aspectos requieren una definición específica, pues existen varias alternativas.

La tecnología puede implementarse de forma muy diferentes. Los nuevos sistemas se pueden configurar imponiendo un control estricto sobre cada detalle del trabajo de una persona, o pueden configurarse como una fuente abierta de información que los empleados utilizan como base para tomar sus propias decisiones. Es decir que la tecnología no determina, por sí misma, el grado de autonomía y creatividad de los trabajadores. Esta puede ser muy amplia así como puede ser casi nula.

¿De qué depende? Del diseño de los sistemas de trabajo y su organización. Estos temas suelen estar en la órbita de los Gerentes de Recursos Humanos, con participación de los de Producción y habitualmente el Gerente General. Cuando existen sindicatos, habitualmente son temas tratados en la negociación colectiva o, también, en comisiones de empresa bipartitas, que no siempre están vinculadas al sindicato.

El modelo de organización y diseño del trabajo debería incluir un alto grado de responsabilidad individual y autonomía, con un liderazgo descentralizado y un enfoque de la gestión que permita a los trabajadores una mayor libertad para tomar sus propias decisiones, estar más involucrados y regular su propia carga de trabajo. Al mismo tiempo, flexibilizar las modalidades de trabajo.

En la medida que el Internet de las Cosas lleva las definiciones al nivel del conjunto de la cadena de valor, parecería conveniente que estos temas también fueran tratados y resueltos a ese nivel. Parece claro que un enfoque taylorista-fordista de los puestos de trabajo no es compatible con el enfoque de la fábrica inteligente. No promueve la creatividad, la participación activa, la corrección de problemas, es decir, impide todo lo no programado previamente. Esto no es propio de trabajadores del conocimiento y del aprendizaje. Este tema debería ser objeto de análisis, pero parece claro que la orientación debería promover el conocimiento y no la rutina.

Un objetivo de la empresa inteligente es lograr que la producción se ajuste a las necesidades del consumidor, lo que implica la adaptación de las especificaciones del producto a las demandas. Las demandas las formula el cliente y las concreta el trabajador en la fábrica. Por eso se tiende a sustituir la producción masiva y homogénea por lotes más pequeños y diferentes. Para el trabajador adaptarse a este objetivo le implica aceptar una flexibilidad en su trabajo muy superior a la actual, si es que hoy existe. Podría tener contacto con los clientes y participar de este modelo de negocios. Parece claro que esto supone para el trabajador un rol nuevo y cuya asimilación sin duda requerirá un proceso especial.

En Alemania el Grupo de Trabajo People and Work de Industria 4.0 hizo tres recomendaciones, que pese a ser muy generales, son una base para abordar estos temas:

- Determinar y documentar el impacto sobre el trabajo y el empleo (oportunidades y riesgos), junto con las acciones necesarias para lograr políticas laborales y de formación orientadas hacia los empleados.
- Proporcionar directrices y ayudas prácticas para promover enfoques innovadores para la organización participativa del trabajo y el aprendizaje permanente que abarquen a toda la plantilla, independientemente de su edad, sexo o cualificaciones.
- La Plataforma debería establecer un diálogo periódico entre los interlocutores sociales para permitir una identificación y discusión transparentes de los principales avances, problemas y posibles soluciones asociadas a la aplicación de Industria 4.0.

La Plataforma Industrie 4.0 se propone hacer una transferencia de conocimiento efectiva entre las partes interesadas dentro y fuera de las empresas tanto a nivel nacional como internacional. La gestión del conocimiento innovadora requerirá establecer redes sociales amplias.

## D. Políticas pasivas de empleo

Los cambios tecnológicos siempre afectan al empleo, especialmente si son radicales, es decir lo que denominamos revoluciones tecnológicas. Algunos empleos son sustituidos y los trabajadores que los ocupaban pierden el empleo. Por esto es una regularidad histórica la oposición de trabajadores y empresarios (los afectados) a la introducción de los cambios.

La historia ha indicado que también se crean nuevos empleos, por eso pese al aumento de la población (y a la larga de la tasa de actividad) no existe un desempleo masivo, a pesar que la tecnología ha evolucionado en forma permanente (aunque las revoluciones se producen más espaciadamente).

El resultado neto entre creación y destrucción de empleos hasta ahora ha sido positivo para la creación. Pero esto es en cifras absolutas medido en un cierto tiempo. La creación de empleos generalmente es posterior a la destrucción de los mismos con un retraso difícil de cuantificar. En la historia ha habido situaciones diferentes, pero un desajuste temporal siempre existe (para todos o para algunos trabajadores).

En este momento, es decir vinculada a la cuarta revolución industrial existe una discusión adicional: ¿no es esta una revolución industrial diferente de las anteriores? Hay quienes afirman que sí, argumentando que mientras en las pasadas se sustituyó trabajo manual por máquinas, en la actual la sustitución alcanza también al trabajo intelectual. Hay algunos tipos de trabajos y trabajos realizados en contextos cambiantes o no estructurados en los que la inteligencia artificial tiene dificultades en introducirse. Pero es cierto que su aplicación ha crecido.

Otros autores (Autor, 2015; Mokyr et al, 2016) tienen una visión menos fatalista y, aun en términos de estimaciones, (igual que los autores anteriores), creen que se crearán nuevos empleos y que la actual revolución tiene muchas similitudes con las anteriores. Lamentablemente no es posible hacer una previsión certera del futuro. Lo reciente de los cambios y el hecho que éstos recién comenzaron y sin duda se van a producir transformaciones nuevas, impide hacer previsiones, salvo en términos de tendencias.

Lo que sí es indudable, es que los nuevos empleos serán distintos a los que se perderán. Serán diferentes en su contenido, en los requisitos de capacitación, habilidades o competencias que se requieren para desempeñarlos. Esto implica que se requerirá formación y capacitación específica, lo que necesariamente requiere tiempo.

A partir de este conjunto de consideraciones podemos afirmar que durante un cierto tiempo habrá destrucción de empleos y que difícilmente se genere una cantidad similar de nuevos empleos y que, por otro lado, los trabajadores desocupados no estarán en condiciones de desempeñar los nuevos puestos, porque requieren habilidades nuevas. Estos problemas serán difíciles de aceptar para la sociedad y si no se encuentran primero paliativos para el corto plazo y luego soluciones para el largo plazo, los cambios pueden poner a la sociedad en contra, como ya ha pasado en la historia. Y quizá en actualmente la oposición sea mayor porque la sociedad tiene un grado de estructuración e institucionalización muy superior. Para el corto plazo es necesario aplicar políticas de empleo pasivas y desde lo antes posible definir políticas activas.

En este capítulo abordaremos las pasivas. En la medida que habrá un tiempo en que un número indeterminado de trabajadores perderán el empleo sin una opción laboral alternativa, es necesario prever que sus familias tengan un ingreso durante un cierto período de tiempo. En general los seguros de desempleo son una herramienta adecuada, aunque deberían hacerse algunas previsiones.

En los países en los que existe un seguro de desempleo hay que ver si el mismo incluye alguna forma de flexibilidad que permita ser aplicado en condiciones diferentes a las normales. En general las primas por desempleo están asociadas al cumplimiento de un cierto número de meses de

trabajo realizando aportes sociales. Por otro lado, las prestaciones están acotadas en el tiempo a un número limitado de meses. Estos dos factores, comprensibles en una situación normal, pueden ser limitantes en un período excepcional como el que es probable que vivamos. El número de meses de aportes pueden dejar fuera del sistema a muchos trabajadores y si el tiempo en que se otorgan los beneficios es menor al del desempleo, puede ocurrir lo mismo.

Algunos sistemas de seguro de desempleo, incluyen en las leyes en que se sustentan, la posibilidad de aplicarse en condiciones excepcionales, en las que no se cumplen los requisitos normales. Uruguay es uno de estos casos. La excepcional debe ser aprobada por el Parlamento, pero está prevista en la ley. Esto permitió, por ejemplo, mantener los beneficios por un período mayor que el normal, a trabajadores de empresas cerradas aunque con condiciones para ser reabiertas. En este caso para mantener los recursos humanos los beneficios se prorrogaban en el tiempo. Fue una de las herramientas de las empresas recuperadas. También se aplicó la excepcionalidad ante un hecho climático que impidió la cosecha de cítricos, lo que cortó el encadenamiento de trabajos rurales según los tiempos de cosechas. Para restablecer ese circuito se otorgó el subsidio por desempleo durante unos meses, a trabajadores que no tenían las condiciones para acceder a él. Y también en la crisis 2008-2009 fue aplicado en forma excepcional, en este caso para repartir el trabajo vinculando los días de desempleo a capacitación. Las garantías para la sociedad y el sistema político estaban dadas porque todas estas excepciones fueron aprobadas por el Parlamento. Sea este mecanismo u otro, el sistema debe incluir una cierta flexibilidad.

Una situación diferente es si un país no tiene un sistema de seguro de desempleo, ya sea porque la ley no fue aprobada por alguna dificultad que no se superó o porque no existen las condiciones políticas para su aprobación. Muchos países latinoamericanos se encuentran en esta situación. En este caso el vacío legal, podría cubrirse con leyes específicas referidas a las condiciones de este momento concreto, es decir dictadas para atender esta problemática social, que podemos prever que se va a extender por un tiempo. Hay ejemplos de leyes y programas implementados ante crisis sociales. El de Argentina a inicios de este siglo es un caso a estudiar. En estos casos los beneficios se acotan en el tiempo y se explicitan las causas por las que corresponden los beneficios. No es lo ideal, pero ante la inexistencia de una herramienta institucional para hacer frente a la situación puede permitir atender la emergencia, sin crear una institucionalidad permanente, lo que es más complicado y lleva más tiempo.

Un tema que no puede obviarse es que todas estas políticas requieren recursos que en nuestras economías siempre son escasos. En países donde los cambios tecnológicos están más avanzados hay cuantificaciones sobre los crecimientos de productividad que ellos generan y la mayor competitividad de la producción nacional. Esto implica una generación de recursos adicionales. Podría generarse un sistema de distribución para atender la problemática social generada por los propios cambios que mejoraron la productividad. Obviamente, como siempre, la distribución, implica que unos aporten para que otros reciban. Pero atender las problemáticas sociales que dificultan los cambios también es una necesidad, es decir no solo hay un problema social sino uno económico. En cualquier caso, sin duda es un tema complicado que debería ser analizado y decidido en forma equilibrada y justa.

## **E. Políticas activas de empleo: formación profesional en la era digital**

El objetivo principal de estas políticas es promover el reingreso del desocupado al mercado de trabajo. Pero hay una variedad de políticas cuyos efectos son diferentes. En algunos casos, sin embargo, pueden tener un efecto transitorio y compensatorio de efecto similar a las políticas pasivas. Es el caso de los empleos de emergencia sea en el sector público o en actividades especiales, como barrido de calles, acondicionamiento de espacios públicos, reparaciones de edificios. Son empleos directos, acotados en el tiempo, de baja calificación y de ingresos limitados cercanos o inferiores al salario mínimo nacional. Se han aplicado en muchos países en

períodos excepcionales donde el desempleo se hizo estructural. Estos empleos tuvieron el objetivo de asegurar un ingreso mientras no mejorarán las condiciones económicas.

Los sistemas de intermediación laboral que vinculan oferta y demanda de empleos existen en muchos países y pueden realizar una contribución superior a la normal en un período de muchos cambios de empleos. Actualmente hay sistemas de intermediación utilizando Internet que permiten con no demasiados recursos lograr respuestas flexibles. Si no existieran sistemas de intermediación institucionalizados, podría ser una alternativa. Y en cualquier caso podrían ser una opción adicional a la existente.

Pero las principales políticas activas están vinculadas a la capacitación y la formación profesional. Dado que los nuevos empleos tendrán requisitos de competencias y habilidades diferentes de los que tienen los desocupados (aunque también pueden aplicarse a otras poblaciones como jóvenes que buscan su primer empleo, o mujeres que se suman al mercado de trabajo) reintegrarse al mercado laboral depende de que adquieran esos nuevos conocimientos y habilidades. La formación profesional puede cumplir un rol de importancia mayúscula.

Los nuevos requisitos son de distinto tipo. Existe una demanda de profesionales, ingenieros, informáticos, cuya formación es por lo menos universitaria o más aún, de postgrado o doctorado, para ocuparse de los problemas de la robótica, el software o el hardware. Algunos estudios muestran que la oferta de estos profesionales no alcanzó a la demanda y existe en la actualidad una brecha que es difícil de llenar pese al crecimiento importante que se produjo en los salarios.

La Comisión Europea estima que (en 2015) habrá una escasez de 700.000 profesionales de las TIC en Europa (Noticias de la Comisión Europea, 2012); BITKOM calcula que hay un déficit anual de 9.000 graduados en IT en Alemania (BITKOM, 2012). Se estima que se necesitan 10.100 expertos en TIC adicionales en Italia, 18.300 en Polonia, 41.800 en España y 87.800 en Alemania (Eurostat, 2012). Esta demanda no puede cubrirse con formación profesional porque requiere no menos de 20 años de acumulación de conocimientos. Es un tema de la educación formal en sus diversos niveles incluyendo el universitario.

Es muy llamativa la afirmación realizada en el informe El futuro del Trabajo, presentado en el World Economic Forum de Davos (2015), de que la demanda de calificación no puede ser abordada por la educación formal por los tiempos que la misma insume y la lentitud en la implementación de los cambios educativos. Su propuesta es que la formación se realice al interior de las empresas, con sus propios profesionales, quizá complementados con docentes externos.

Sin duda que esta es una opción muy flexible y rápida de implementar y varios países (Chile, Uruguay, Brasil, entre otros) ya tienen programas de este tipo. Quizá sea necesario fortalecer esos programas promoviendo un vínculo mayor entre instituciones educativas y las empresas en el diseño y dictado de los cursos.

En cualquier caso parece claro que la formación profesional en sus diferentes formas debe jugar un rol relevante. En los países en donde existen instituciones que la implementen a nivel público, privado o mixto, puede haber respuestas flexibles y rápidas.

Siendo el institucional un tema importante hay otros que deben ser atendidos. Uno de ellos, muy importante, es el contenido de la capacitación necesaria, que a su vez depende de las características y funciones de los empleos. Los perfiles de empleo y de formación futuros serán afectados por dos tendencias. En primer lugar, los procesos de fabricación tradicionales, donde existía una división muy clara del trabajo, en el futuro, migrarán a empleos que estarán incluidos en una estructura organizativa y de funcionamiento donde coexistirán actividades específicas con funciones de toma de decisiones, coordinación, control y servicios auxiliares.

En segundo lugar, será necesario organizar y coordinar las interacciones entre máquinas virtuales y reales, sistemas de control de planta y sistemas de gestión de la producción. Efectivamente, lo que esto significa es que la convergencia de las TIC, la tecnología de fabricación y automatización y el software dará lugar a muchas de las tareas que se realizarán en un contexto tecnológico, organizativo y social mucho más amplio. Y totalmente nuevo.

Cuáles son las habilidades requeridas y cómo definir la capacitación que las trasmite es un tema que no está aún definido, pese a que tiene una importancia relevante. Para definirlo sin duda se requerirán aportes muy diversos, como de los ingenieros y los profesionales que tengan un rol relevante en el rediseño de los procesos productivos con las nuevas tecnologías, seguramente sociólogos del trabajo, profesionales de los recursos humanos, etc.

Una oferta de formación de estas características no existe, sin duda hay que delinearla. Incluso si se quisiera implementar al interior de las empresas habría problemas a resolver. En las empresas habría algunas ventajas como que se podrían implementar programas duales que combinen contenidos teóricos con experiencia práctica y además se dispondría de los profesionales que están implementando los nuevos procesos y por tanto los conocen en detalle. Pero saber hacer no significa saber enseñar. Es una condición necesaria pero no suficiente. Solo para dar un ejemplo. En Uruguay, ante escasez de personal capacitado en la construcción, se contrataron capataces jubilados con buen currículum. Pero hubo que darles un curso de cómo enseñar, o sea como ser docente y no jefe de producción. Con este requisito funcionó muy bien.

#### **Recuadro 4**

##### **La experiencia de la Academia Cube**

La Academia Cube es una iniciativa puesta en marcha por las empresas industriales alemanas e internacionales junto con las instituciones públicas con el fin de abordar la necesidad de nuevos formatos y contenidos de formación derivados de Industria 4.0. La oferta actual se dirige específicamente a trabajadores cualificados del sur de Europa, donde las tasas de desempleo son particularmente altas.

La Academia Cube proporciona información en línea a las partes interesadas acerca de cómo podrían ser capaces de utilizar sus habilidades y conocimientos, tanto en su país de origen como en el extranjero. Ofrece a los graduados sin empleo en las TIC ni en ingeniería, la oportunidad de obtener cualificaciones específicas y les ayuda a ponerse en contacto directo con las empresas industriales. Para esto dispone de una plataforma en la nube donde las empresas e instituciones ofrecen cursos de aprendizaje electrónico y ofertas de empleo para puestos específicos.

La plataforma ayuda a los solicitantes de empleo a obtener la capacitación que necesitan para aplicar a las ofertas de trabajo vacantes, al tiempo que emiten los certificados curriculares correspondientes. Estos certificados, que se basan en los planes de estudio estándar y aseguran que los empleadores potenciales que pueden confiar en la calidad de la formación. Los mejores candidatos se dirigen automáticamente a los puestos de trabajo vacantes de las empresas participantes.

El concepto Academia Cube se desarrolló en el Grupo de Trabajo N°6 sobre Educación e Investigación para la Sociedad Digital en la Cumbre Nacional de TI y fue lanzado oficialmente en el CeBIT 2013. Desde marzo de 2013, el programa ha estado ofreciendo seis planes de estudio completos y doce cursos específicos en el ámbito de la Industria 4.0. Los contenidos de aprendizaje incluye campos tales como la automatización, el análisis de grandes volúmenes de datos, procesos de fabricación y logística y la seguridad y protección de datos. (Academy Cube)

Sería positivo formar asociaciones entre empresas e instituciones de capacitación, públicas o privadas, que diseñen los currículos e impartan los cursos, quizá combinando su realización una parte en las academias y otras al interior de las empresas. Los cursos no deberían abordar solamente los aspectos productivos, sino que la producción será encarada como parte de una cadena de valor integrada en la capacitación habrá que incluir temas más propios de las escuelas de negocios que de oficios. Y, sin duda, la informática y la ingeniería tendrán un lugar de privilegio. Como las habilidades requeridas serán múltiples y muy diferentes entre sí, probablemente cursos modulares sean funcionales para ir adquiriendo, quizá en un tiempo más extenso, el conjunto de conocimientos, en un proceso que combine la adquisición de conocimientos con trabajo efectivo.

Un tema que merece una atención especial se deriva de la afirmación realizada también en el Informe de Davos: la mitad de los empleos que se demandarán aun no existen. Obviamente, de ser así, es imposible diseñar los cargos y la oferta de capacitación para formarlos. Debe tenerse en cuenta que este informe fue realizado a partir de una encuesta de la que participaron empresas de todo el mundo y todos los tamaños, donde los encuestados fueron fundamentalmente gerentes de recursos humanos. Puede suponerse que esta afirmación refleja la visión que tienen las áreas de personal de las empresas y sus dificultades para contratar el personal que necesitan.

## F. Relaciones Laborales basadas en la negociación y el diálogo

En varios momentos de este informe se hizo mención a la necesidad de implementar los cambios a través del diálogo y la negociación. El cambio en el diseño de los puestos de trabajo, de la capacitación requerida sin duda afecta a los trabajadores, la mantención de sus puestos de trabajo y sus ingresos. Todos estos temas, en sociedades democráticas, con libertades vigentes, son objeto de tratamiento y negociación entre los actores sociales, incluido el sector público.

Algunos de los temas centrales estarán vinculados a las transformaciones al interior de las empresas. Los temas analizados en este capítulo sobre los cambios en los perfiles de los puestos de trabajo, las nuevas exigencias a los trabajadores, el vínculo con lo digital, la nueva capacitación profesional, etc. son temas habitualmente decididas en negociaciones entre los actores sociales. Estas pueden ser bi o tripartita, según el modelo de relaciones laborales existente, pero siempre requieren la participación de los actores. Debe tenerse en cuenta, por otra parte, que si bien muchos cambios tendrán efectos positivos, todos ellos desafían los acuerdos vigentes y pueden implicar ajustes en la legislación laboral y los contratos de trabajo existentes.

Un tema específico está vinculado a uno de los cambios tecnológicos, el vinculado a la llamada economía colaborativa, por medio de la cual, los ofertantes de un bien o servicio se ponen en contacto directo con los demandantes, salteándose a los actores y empresas que actualmente cumplen estas funciones. Aunque hay diversas formas en que se concreta la economía colaborativa, la principal es la de empresas intermediarias que operan con plataformas digitales.

El caso de Uber es bien conocido por los debates y conflictos que generó en la mayoría de los países donde ingresó. En este caso, la estrategia de la empresa es de una gran agresividad. Desconoce las normas existentes, no negocia con el sector público y opera aun sabiendo que no cumple las reglamentaciones existentes para el servicio de transporte de pasajeros. Su modalidad operativa parece no respetar ninguna realidad ni exigencia legal. Incluso desafía a los poderes públicos escabulléndose en los vacíos legales que impiden caracterizar de forma clara sus actividades. Algunas veces fueron sancionadas, otras veces no, en ocasiones se dictó una reglamentación nueva y en algunos países simplemente fue prohibida.

Con menos publicidad pero no menos impacto plataformas similares operan en el alquiler de inmuebles, en la venta de pasajes de viajes, en la venta de bienes y servicios, en la actividad financiera, etc.

Estas actividades también implican un desafío a las relaciones laborales. No está claro el carácter del contrato que vincula a los trabajadores con las empresas. Si es dependiente o no y los compromisos mutuos que implica. Sí se sabe que –salvo que se haya aprobado una reglamentación específica- que no cumplen exigencias impositivas ni realizan aportes a la seguridad social. Por todo esto, la actividad ha sido vista como una competencia desleal por parte de empresarios y trabajadores de los taxis, fuertemente afectados porque sus precios son inferiores (y habitualmente el servicio de mejor calidad) por lo cual captan partes crecientes del mercado.

Los sindicatos de trabajadores y de empresarios han formulado protestas y realizado movilizaciones, con resultado dispar. En algunos países los trabajadores que, voluntariamente, realizan el servicio en las plataformas formaron su propio sindicato y exigen participación en las decisiones, incluido la formulación de las reglamentaciones del servicio. Esto implica un enfrentamiento entre dos grupos de trabajadores, ambos sindicalizados.

En algunos países se ha empezado a discutir si les corresponde cobrar horas extras en caso que realicen jornadas superiores a las legales, si tienen derecho a despido o a licencia paga. Asimismo existen discusiones acerca de la flexibilidad e inestabilidad de los contratos de trabajo así como de la vigencia o no de los acuerdos provenientes de los convenios colectivos existentes en los sectores. La negociación colectiva para regular el trabajo en esta nueva actividad parece ser una necesidad creciente.

Son sólo algunos de los temas que tradicionales abordaron las relaciones laborales y que seguramente serán abordados en el futuro, porque las condiciones del trabajo (tanto analizado desde el lugar del empresario, como desde el del trabajador) tienen características especiales.

## **G. Analizar la necesidad de un ingreso básico focalizado y condicionado**

Tal como ha ocurrido en el pasado, el fin del trabajo, es un fantasma que reaparece en la actualidad en diferentes formas, una de las cuales son las previsiones fatalistas de la pérdida de porcentajes tan elevados de la fuerza de trabajo que dificulta imaginar actividades que puedan absorberlos.

Como ya se dijo, hay sobre este tema opiniones encontradas. Sin embargo, ubicados en la postura de que esta eventualidad ocurra y un porcentaje elevado de la población no tenga empleo se generará una situación estudiada en las teorías de las crisis. La ausencia de ingresos de una parte significativa de la población hará que se reduzca radicalmente la demanda directa de bienes y servicios y la indirecta a través de las prestaciones de la seguridad social y sistemas de pensiones, porque se reducirían sus ingresos, en general asociados al trabajo.

Los sistemas de seguridad entrarían en crisis, habría un gran deterioro en la sociedad, pero además había un problema de reproducción en la economía, dado que la producción no se realizaría por ausencia de demanda efectiva. Esto implica un problema grave a la circulación de bienes y servicios: al reducirse el consumo, deja de tener sentido una nueva producción.

En una economía globalizada este análisis puede tener variantes pues en la medida que no todos los países realizan los cambios en forma simultánea o a la misma velocidad, es posible encontrar mercados para la producción en las zonas alejadas de las nuevas tendencias tecnológicas de la economía mundial. Pero, en todo caso es un problema de tiempo. Seguramente ninguna sociedad aceptará un deterioro social de esta magnitud, particularmente, si su centro son los países más tecnificados y modernos del mundo.

Sin llegar a una situación tan grave, puede haber situaciones intermedias. Y en estos casos, pueden existir políticas compensatorias. Por lo menos dos, vinculadas a temas laborales: la reducción del tiempo de trabajo y el ingreso básico garantizado en ciertas condiciones.

Una reducción de la jornada de trabajo, sin reducción proporcional de los ingresos, implica un crecimiento del salario real y un aumento de los empleos (no se analiza la dificultad de su implementación en las PYMES, que insumiría mucho espacio). Por ambos mecanismos la demanda crecería y se alimentaría el circuito económico de Producción-Distribución-Consumo.

El ingreso básico garantizado es una medida compleja, pero que puede tener aplicación limitada a colectivos que no tienen edad jubilatoria y no tienen condiciones de reinsertarse en el mercado de trabajo, ya sea por su capacitación como por otras condiciones que las empresas pueden exigir cuando existen menos puestos de trabajo que los demandados. Requisitos de edad, por ejemplo, que pueden determinar que trabajadores de 50 años no encuentren trabajo. Pasan a ser desocupados tecnológicos o estructurales. En definitiva, además de un problema individual es también un problema social. En estos casos, con todas las prevenciones y acotamientos que se puedan poner para evitar una distorsión de la medida, puede ser una opción, por lo menos temporal.

Al igual que en las medidas compensatorias analizadas anteriormente, se requerirán recursos para financiarlas. En caso que se decidiera esta medida, habría que idear un sistema de distribución que derive recursos de los sectores con productividad creciente a la población sin trabajo que, sin embargo, la sociedad debe atender. Obviamente, un tema también muy polémico.

## **V. Conclusiones principales**

En los puntos siguientes se hará una breve reseña de las principales conclusiones del trabajo destacando en las implicancias que este tema tiene para América Latina.

### **A. Todo indica que el mundo está ingresando en una nueva revolución industrial**

Uno de los fundamentos de los cambios económicos actuales es un progreso disruptivo en la tecnología. El cambio tecnológico es un proceso permanente, que se produce por acumulación de conocimientos de carácter incremental y gradual. Pero cada cierto período de tiempo se produce un salto en calidad y profundidad en ese avance, que modifica radicalmente la manera de encarar la producción en toda la economía, al imponerse un nuevo paradigma. Se ha denominado a estas situaciones revoluciones tecnológicas. Todo indica que estamos ingresando en un período de estas características, que tiene en las transformaciones industriales uno de sus pilares centrales, por lo que se ha denominado la cuarta revolución industrial. Las tres anteriores fueron la introducción del telar y la energía basada en el vapor, la introducción de la cadena de montaje y la utilización de la energía eléctrica y la generalización de las tecnologías de la información y comunicación.

### **B. El cambio se produce en un contexto mundial con grandes transformaciones**

Cambios demográficos, un nuevo orden internacional y una revolución tecnológica son los tres procesos claves en la reorganización de la economía mundial. El envejecimiento promedio de la población mundial y el de la clase media y su crecimiento, tanto en los países centrales como en los emergentes, introdujeron una modificación de las pautas de consumo y por tanto del comercio mundial. En segundo lugar una nueva fase en la globalización es determinada por la conformación de cadenas globales de valor donde la producción se segmenta y atraviesa fronteras al involucrar a varios países.

Esto que se ha denominado Globalización 2.0 lleva a una rediscusión de qué país produce que parte de cada proceso productivo. Y finalmente el importante cambio tecnológico que es el centro del trabajo.



## **C. Principales cambios que conforman la cuarta revolución industrial**

Se hace referencia a los múltiples cambios con distinta terminología, aunque varios términos se refieren a procesos similares o vinculados. Algunos de ellos fueron parte de la revolución de las TICs, aunque en la actualidad tienen un gran desarrollo de su potencia y volumen, lo cual permite abordar procesos productivos nuevos. Se produjo un gran aumento en la potencia de los ordenadores, se multiplicó la capacidad de almacenamiento y procesamiento de datos (Big Data), con una gran reducción en sus costos. Estos cambios generan condiciones de producir otros cambios, como la inteligencia artificial por la que las máquinas hacen tareas que anteriormente solo hacía el hombre, incluido el análisis de información y la propuesta de acciones. La robotización, fenómeno no nuevo, pero ahora potenciado por el número y por la ampliación de funciones automáticas que pueden asumir, sustituyendo trabajadores. El Internet de las Cosas por la cual las máquinas establecen vínculos entre sí pudiendo recomendar cambios o hacerlos directamente sin intervención humana a lo largo de toda la cadena de valor de los procesos que comienzan en el pedido del cliente, el abastecimiento y la producción con el involucramiento directo del cliente. La impresión 3D que permite producción a medida de bienes, sin moldes, a partir de un modelo digital y a costo reducido. Y la economía colaborativa o actividades a través de plataformas que vinculan directamente demanda y oferta, introduciendo una modificación importante en las relaciones de trabajo. Estos cambios están íntimamente relacionados entre sí y analizados en su conjunto implican una nueva forma de organizar la economía en cuanto a la producción y el consumo.

## **D. Fuerte impacto en la disminución y estructura del trabajo en el corto plazo**

Varios estudios muestran que se está produciendo la sustitución de algunos trabajos. Los trabajos rutinarios y repetitivos se encuentran entre los más afectados, tanto en la industria como en actividades administrativas, de ventas, etc. La explicación principal de este hecho es que precisamente por su carácter rutinario pueden ser codificadas y el proceso ingresarse en una computadora donde un robot en la industria o una plataforma reproducen el conjunto de actividades. Así se pueden vender pasajes, alquilar casas, realizar ventas, realizar trabajos administrativos. Por otro lado se avanza en la codificación de trabajos cognitivos. Esto ha provocado un cambio en la estructura del mercado de trabajo, donde cae la participación de estas actividades y crecen las no codificables, como las de gerencia, las que implican relaciones de coordinación o colaboración, o que tienen atributos afectivos o relacionales. Muchas de estas actividades tienen requisitos de capacitación elevados y otras no, por eso la estructura de la ocupación tiene diferencias según la variable analizada.

## **E. Estimaciones diferentes sobre la evolución del trabajo futuro**

Una investigación de académicos de la Universidad de Oxford estimó que la pérdida de empleos alcanzaría al 47% en los Estados Unidos. Estudios hechos con la misma metodología dieron resultados de reducción de empleos también muy elevados en otros países. Estas conclusiones generaron una alarma generalizada. Estudios posteriores cuestionaron la metodología utilizada y propusieron otra alternativa cuyos resultados fueron también de pérdidas de empleos pero en cifras muy inferiores: entre 6 y 14 % para los país de la OCDE. Otros autores también indicaron que aquellos trabajos tenían poco en cuenta las actividades no sustituibles por computadoras, que denominaron cuellos de botella, así como de los nuevos empleos que se crearían, acerca de los cuales la capacidad de la imaginación era limitada. Su visión era menos dramática y consideraban que esta revolución sería como las anteriores, donde los empleos creados superaron a los

destruidos. La polémica, sin embargo se mantiene con dos visiones extremas, una más pesimista y otra menos pesimista (en cuanto a los empleos) y múltiples posturas intermedias. Un debate muy actual que se alimenta con los nuevos trabajos e investigaciones.

## **F. Varios países implementaron políticas o programas nacionales para no quedar fuera de las transformaciones.**

Existe coincidencia en el hecho que las transformaciones tecnológicas, incluidas las organizacionales, en la industria y en el conjunto de la economía provocará un crecimiento de la productividad y la competitividad de los países que implementen los cambios más rápidamente. Es claro que esto alterará la importancia relativa de cada uno de ellos en los mercados y la economía mundial. Ante este hecho varios países implementaron (o lo están diseñando) programas para promover la tecnificación. El pionero fue Alemania con el Programa Industria 4.0, que se ha transformado en un referente mundial. Francia, España e incluso China y Corea han implementado programas que, por un lado coinciden con los objetivos de Industria 4.0 y, por otro, se adaptan a las características de la industria en cada uno de los países. Francia, buscando recuperar su retraso industrial, China con sus importantes desigualdades internas, Corea con una estructura industrial muy particular y en un complejo panorama de desafíos competitivos. Todos estos programas tienen por objetivo que las economías de estos países no pierdan competitividad internacional y por tanto logren recuperar empleo e ingresos internos.

## **G. Necesidad de políticas laborales activas y pasivas**

Si, como todo indica, existe una lógica económica detrás de los cambios tecnológicos actuales, es difícil imaginar una evolución futura distinta a su profundización y generalización. Este hecho generará cambios en los países líderes de la tecnificación, pero también, como correlato de ello, en los que no lo son. El nivel de intercambios en la economía mundial generará retrasos en los países no tecnificados y, por tanto, efectos en el empleo y los ingresos. Pueden preverse un conjunto de cambios que requieren políticas específicas:

- La reorganización de la actividad productiva, con combinaciones de elementos digitales y humanos, implicará cambios en categorías, exigencias a los trabajadores, un nuevo rol, con mayor involucramiento, capacidad de resolución de problemas, etc.
- En algunas categorías el trabajo se contraerá y los trabajadores desplazados encontrarán un nuevo puesto con la adquisición de nuevas competencias y habilidades. Es necesario prever políticas pasivas de empleo para atender esta nueva realidad
- Lo anterior justifica también políticas activas de empleo, donde la formación profesional jugará un rol importante capacitando en las nuevas competencias.
- Una dificultad adicional es que muchas nuevas ocupación actualmente no existen y se irán definiendo con el tiempo. Esto justificaría hacer un seguimiento de estos cambios y definiendo cursos y metodologías para dictarlos que se adapten a esta nueva realidad.
- Las relaciones laborales tienen un espacio importante en la medida que la mejor manera de implementar los cambios es a través del diálogo y la negociación con una amplia participación de los involucrados.

## H. Una reflexión sobre la situación de América Latina

Como se indicó anteriormente, no parece viable ni razonable una postura de aislamiento de las tendencias tecnológicas y organizacionales si éstas mejoran la productividad y la competitividad. Una característica de las revoluciones tecnológicas es que abren posibilidades a los países no desarrollados de insertarse en los mejores mercados e iniciar un círculo virtuoso de desarrollo. Esto exige un involucramiento activo de todos los actores. América Latina no parece estar dando a este tema una importancia similar a los países pioneros. Si esto se mantiene, los efectos sin duda serán negativos. En un contexto económico internacional desfavorable los objetivos principales de las economías latinoamericanas han pasado a ser retomar los equilibrios macroeconómicos de la década pasada. Si por un lado esto tiene un fundamento, también lo tiene el hecho de que las respuestas políticas, también en la economía, deben ajustarse a los tiempos de las transformaciones generales. En otro caso se comenzará a trabajar cuando otros ya tengan un largo terreno avanzado. Este es un dilema de la región en el que es difícil dar una respuesta rápida y equilibrada, es decir, que atienda a los desequilibrios actuales, al tiempo que acompañe la modernización tecnológica imprescindible para no quedar retrasado en la comparación internacional. Sin duda este será un tema importante en los próximos años, tanto en lo relativo a los cambios tecnológicos como en la atención a los problemas sociales.

## Bibliografía

- Academy Cube [www.academy-cube.com](http://www.academy-cube.com)
- Acemoglu, D. and Autor D. 2011. "Skills, Tasks and Technologies: Implications for Employment and Earnings." In *Handbook of Labor Economics*, Vol. 4, Part B, edited by Orley Ashenfelter and David Card, 1043–1171. Amsterdam: Elsevier.
- Acemoglu, D. and Robinson, J. (2012). *Why nations fail: the origins of power, prosperity, and poverty*. Random House Digital, Inc.
- Arntz, Melanie, Terry Gregory, y Ulrich Zierahn (2016). *The risk of automation for jobs in OECD countries. A comparative analysis*. OECD Social, Employment and Migration Working Papers, No. 189, Paris: OECD Publishing
- Autor, D. H. and M. J. Handel (2013), "Putting Tasks to the Test: Human Capital, Job Tasks, and Wages", *Journal of Labor Economics*, 31(2), pp. S59-S96.
- Autor, D. H. (2014), "Polanyi's Paradox and the Shape of Employment Growth", Paper prepared for Federal Reserve Bank of Kansas, Jackson Hole Conference, August 22, 2014
- Autor, D. H. (2015), "Why Are There Still So Many Jobs? The History and Future of Workplace Automation", *Journal of Economic Perspectives*, 29(3), pp. 3-30.
- Autor, D. and Dorn D. 2013. "The Growth of Low-Skill Service Jobs and the Polarization of the US Labor Market: Dataset." *American Economic Review*. <http://dx.doi.org/10.1257/>
- Beaudry, Paul, David A. Green, and Benjamin M. Sand. Forthcoming. (2013) "The Great Reversal in the Demand for Skill and Cognitive Tasks." *Journal of Labor Economics*.
- Boston Consulting Group (2015), "Back to the Future: The Road to Autonomous Driving", <http://de.slideshare.net/TheBostonConsultingGroup/the-road-to-autonomous-driving>
- Bresnahan, T.F. (1999). Computerisation and wage dispersion: an analytical reinterpretation. *The Economic Journal*, vol. 109, no. 456, pp. 390–415.
- Bessen, J. (2015) "Toil and Technology." *Finance and Development* 52 I
- Bowles, J. (2014), *The Computerization of European Jobs*, Bruegel, Brussels
- Bright, J.R. (1958). *Automation and management*. Division of Research, Graduate School of Business Administration, Harvard University Boston.
- Brynjolfsson, E. and A. McAfee (2011), *Race Against the Machines : How the Digital Revolution is Accelerating Innovation, Driving Productivity, and Irreversibly Transforming Employment and the Economy*, Digital Frontier Press
- Bowles, J. (2014), *The Computerization of European Jobs*, Bruegel, Brussels.
- Brzeski, C. and I. Burk (2015), *Die Roboter kommen. Folgen der Automatisierung für den deutschen Arbeitsmarkt [The Robots Come. Consequences of Automation for the German Labour Market]*, ING DiBa Economic Research.

- Charles, K.K., Hurst, E. and Notowidigdo, M.J. (2013). Manufacturing decline, housing booms, and non-employment. Tech. Rep., NBER Working Paper No. 18949, National Bureau of Economic Research.
- Eurostat, (2012) <http://ec.europa.eu/eurostat/>
- Frey, C.B. and M.A. Osborne (2013), The Future of Employment: How Susceptible are Jobs to Computerization?, University of Oxford.
- Goos, M., Manning, A. and Salomons, A. (2009). Job polarization in Europe. The American Economic Review, vol. 99, no. 2, pp. 58–63.
- IFR – International Federation of Robotics <http://www.ifr.org/>
- IFR (2012 August 30). World robotics 2012. Tech. Rep., International Federation of Robotics
- IFR (2015) Revista Summa <http://www.revistasumma.com/tag/federacion-internacional-de-robotica-ifr/>
- Industria Conectada 4.0, (2016) <http://www.industriaconectada40.gob.es>
- Industrie 4.0 Working Group (2013) Recommendations for implementing the strategic initiative INDUSTRIE 4.0 Final report of the Industrie 4.0 Working Group April 2013
- Jaimovich, N. and Siu, H.E. (2012). The trend is the cycle: Job polarization and jobless recoveries. Tech. Rep., NBER Working Paper No. 18334, National Bureau of Economic Research.
- La fabrique, N° 4 (2016) L'Industrie du futur ver le monde. [www.la-fabrique.fr](http://www.la-fabrique.fr)
- La Fabrique N° 3 (2016) "Industrie du futur: concepts et état des lieux" Février [www.la-fabrique.fr](http://www.la-fabrique.fr)
- MGI (2011). An economy that works: Job creation and America's future. Tech. Rep., McKinsey Global Institute.
- MGI (2013). Disruptive technologies: Advances that will transform life, business, and the global economy. Tech. Rep., McKinsey Global Institute.
- Mokyr, J., C. Vickers and N. L. Ziebarth (2015), "The History of Technological Anxiety and the Future of Economic Growth: Is This Time Different?", The Journal of Economic Perspectives, 29.3 (2015), pp. 31-50.
- Maddison, A. 2001. The World Economy: A Millennial Perspective. Paris: OECD
- Moravec, Hans (1988) Mind Children: The Future of Robot and Human Intelligence. Harvard University Press.
- OCDE, NNUU, CAF (2016) Perspectivas Económicas de América Latina 2017. Juventud Competencias y Emprendimiento.
- Pajarinen, M. and P. Rouvinen (2014), "Computerization Threatens One Third of Finnish Employment. ETLA Brief, No. 22.
- Pérez, C. (2001) Cambio tecnológico y oportunidades de desarrollo como blanco móvil. Trabajo presentado en el Seminario "La Teoría del Desarrollo en los Albores del Siglo XXI. Cepal
- Rifkin, J. (1995) El Fin del Trabajo. La decadencia de la fuerza de trabajo mundial y el amanecer de la era post-mercado. Putnam and Sons. En español Paidós, España
- Robotics-VO (2013). A Roadmap for US Robotics. From Internet to Robotics. Robotics in the United States of America
- Scarpetta, S. (2016), "What future for work?", OECD Observer, No. 305/1, OECD Publishing, Paris
- US Embassy <http://iipdigital.usembassy.gov/st/spanish/inbrief/2014/03/2014>
- World Economic Forum (2016) El futuro de los Empleos. Presentado en la reunion anual de 2016, Davos.