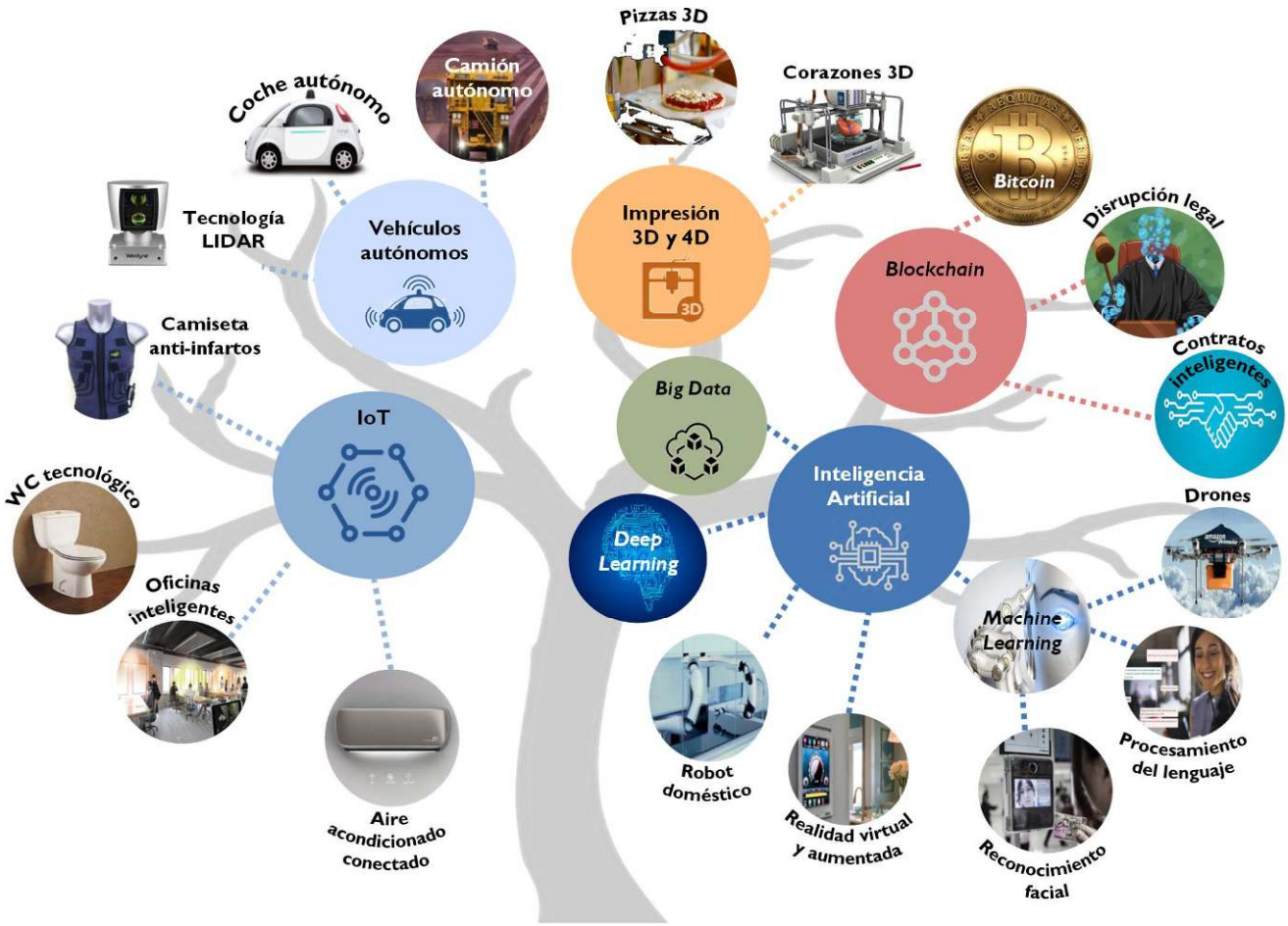
ARCANO

Octubre de 2017

La disrupción tecnológica ya está aquí

Cómo afecta a las personas, los gobiernos y las empresas



Video resumen del informe

Ignacio de la Torre, Ph. D.

idelatorre@arcanopartners.com

+34 91 353 21 40

Leopoldo Torralba

ltorralba@arcanopartners.com

+34 91 353 21 40

Sobre Arcano: la firma de referencia para invertir en España

www.arcanopartners.com

- Arcano es la firma independiente de asesoramiento financiero de referencia con oficinas en Madrid, Barcelona y Nueva York. Contamos con tres áreas especializadas: Banca de Inversión, Gestión de Activos y Multifamily Office.
- Nuestro equipo de expertos, formado por más de 140 profesionales cualificados, trabaja para ofrecer asesoramiento financiero a nuestros clientes y respuestas adaptadas a sus necesidades, con un enfoque único e independiente.
- En mercado de capitales, Arcano ofrece financiación a empresas medianas a través de bonos, acciones e instrumentos híbridos. Su responsable es Constantino Gómez (*cgomez@arcanopartners.com*).
- A través de su mesa de valores, Arcano ha desarrollado análisis sobre oportunidades concretas de acciones y bonos con los que implementar nuestra visión macro sobre España. Para ideas relacionadas con acciones, Sergio Ruiz (*sruiz@arcanopartners.com*) es el responsable.
- El departamento de Banca de Inversión de Arcano es líder en el segmento de compañías de tamaño pequeño y mediano en el mercado español, especialmente en fusiones y adquisiciones, con clientes como firmas de capital riesgo, de propiedad familiar o que cotizan en bolsa. Su responsable es Jorge Vasallo (*jvasallo@arcanopartners.com*).
- Arcano cuenta con equipos especializados en los sectores inmobiliario (Borja Oria, *boria@arcanopartners.com*) y tecnológico e internet (Juan Carlos Raposo, *jcraposo@arcanopartners.com*) que ofrecen asesoramiento financiero a empresas de estos sectores, fondos de inversión, y grandes family offices, tanto en fusiones y adquisiciones, capital privado y asesoramiento financiero en general, como en soluciones de mercado de capitales (SOCIMIs, bonos, acciones, que coordina Gonzalo Roca, *groca@arcanopartners.com*).
- La gestora de Arcano también posee productos en formato de fondos y cubre cuatro estrategias: private equity, venture capital, inmobiliario y crédito. Sus responsables son Jose Luis del Río (*jldelrio@arcanopartners.com*) y Manuel Mendivil (*mmendivil@arcanopartners.com*). Además, a través de su unidad de asesoramiento patrimonial, Arcano asesora las inversiones de altos patrimonios, su responsable es Iñigo Susaeta (*isusaeta@arcanopartners.com*).

Sobre *"La disrupción tecnológica ya está aquí: cómo afecta a las personas, los gobiernos y las empresas"*

- Ante la percepción de que se está produciendo un crecimiento excepcional de las nuevas tecnologías, el ser humano suele experimentar sensaciones desagradables como la perplejidad, la incomprensión del fenómeno o el miedo a cambios significativos e inciertos. Este informe intenta abordar las causas subyacentes de dichas emociones, mediante un acercamiento sencillo a las diferentes tecnologías, su adopción y previsible impacto económico, sectorial y social. Pretende así reducir al lector parte de la ansiedad hacia lo desconocido, que suele traducirse finalmente en miedo.

Sobre Urizen, el fondo de *venture capital* que posee la gestora de Arcano

- Urizen es un fondo de inversión de *venture capital* con foco en Estados Unidos que invierte en Inteligencia Artificial para la economía real. El equipo de Urizen Ventures es uno de los más reputados de Silicon Valley, liderado por Adeyemi Ajao y TJ Nahigian, tienen un perfil único combinando experiencia inversora con emprendedora, habiendo tenido un tremendo éxito en las dos facetas, de manera conjunta han invertido más de 350 millones de dólares en 60 compañías.
- El fondo dará continuidad a la estrategia que ha venido desarrollando el equipo en los últimos años y seguirá co-invirtiendo junto con los mejores fondos de *venture capital* norteamericanos como son Sequoia Capital, Accel Partners, IVP, Lightspeed Venture Partners, Andreessen Horowitz entre otros, un aspecto totalmente diferencial teniendo en cuenta que los 20 mejores fondos de este tipo concentran el 95% de las plusvalías del sector y la entrada de nuevos inversores en sus fondos está totalmente restringida.
- Urizen invierte en compañías con las dinámicas expuestas en este informe como la inversión en ETHOS que utiliza Inteligencia Artificial para agilizar los trámites inmobiliarios o Mavern, que es un servicio de software impulsado por la Inteligencia Artificial que agiliza el proceso de venta directa en el sector industrial.

Sobre los autores[1]

- **Ignacio de la Torre** es socio de Arcano desde 2008 y economista jefe de la firma. Acumula 20 años de experiencia en mercados de capitales entre Arcano, UBS y Deutsche Bank. Es autor de los informes "The Case for Spain", los primeros en predecir el cambio de ciclo de la economía española desde 2012. Es MBA por INSEAD, Licenciado en Ciencias Económicas por ICADE, Licenciado en Derecho y Doctor en Historia por la UNED. Ignacio es profesor de economía del IE desde 2003. Ha escrito cuatro libros y ganó, junto con Leopoldo Torralba, el premio Everis en 2009.
- **Leopoldo Torralba** se incorporó a Arcano en el 2015. Es analista de macro y mercados, adjunto a Ignacio de la Torre. Previamente, fue analista de Equity Research en Ahorro Corporación Financiera y trabajó en Planificación Estratégica y Control de Gestión en el Grupo Ahorro Corporación. Desde el 2008, es profesor asociado de finanzas (financiación bancaria) en el IE Business School. Tiene un Master de Analista Financiero Profesional Europeo (IEAF) y un MBA en el IE Business School. Es Licenciado en Economía por la Universidad de Zaragoza. Ha escrito un libro y ganó, junto con Ignacio de la Torre, el premio Everis en 2009.

[1] Los autores agradecen enormemente la colaboración de Adeyemi Ajao, Manuel Anguita, Enrique Dans, Amal Dar Aziz, Sonia del Couz, Guillermo Fernández-Cuesta, Rafael García del Poyo, Milo Jones, Tristan Mallinson, Pablo Massana, Tj Nahigian, Álvaro de Remedios, Joaquín Rivera, Javier Ruiz, Mohammad Sabah, Michael Stoppelman, Óscar de la Torre y Lara Vivas, por sus inestimables comentarios y sugerencias.

Sumario

Resumen ejecutivo 3

Introducción 4

Perspectiva histórica 5
Implicaciones en el mundo de la inversión 7
Sobre el informe 7

1. Descripción de tecnologías disruptivas 8

1.1. Inteligencia artificial, robótica y macrodatos 8
1.2. Internet de las Cosas (IoT) 13
1.3. Vehículos autónomos 15
1.4. *Blockchain*, *bitcoin* e *ICOs* 18
1.5. Impresión 3D y 4D 21

2. Impacto sectorial 23

2.1. Seguros 23
2.2. Gestión de activos y de patrimonios 23
2.3. Sector distribución 25
2.4. Sector legal 25
2.5. Sector de la salud 26
2.6. Sector inmobiliario 28
2.7. Sector transporte 29
2.8. Sectores de medios, defensa y auditoría 29

3. Impactos económicos y sociales de la disrupción tecnológica 31

3.1. Desaparición de trabajos 31
3.2. Productividad 33
3.3. Desigualdad y salarios 34
3.4. Educación 35

4. Implicaciones de inversión 36

5. Conclusiones y recomendaciones 38

Glosario 42

Bibliografía 44

Resumen ejecutivo

A finales de 2017, siete de las ocho empresas de mayor valor en el mundo eran tecnológicas (hace apenas diez años, sólo había una entre las… ¡veinticinco primeras!). Cuatro de las siete personas más ricas del mundo son fundadoras de empresas tecnológicas. Compañías de publicidad por internet como Google o Facebook valen solas veinte veces lo que vale la principal red de cadenas de televisión en EEUU, la CBS. Un gigante de la distribución por comercio electrónico como Amazon vale en bolsa el doble que la red de grandes almacenes WalMart, y quinientas veces lo que vale otro gran distribuidor, Sears. Se fundan continuamente nuevas empresas de tecnología disruptoras y, algunas de ellas, sin ni si quiera cotizar en bolsa, alcanzan valoraciones de más de mil millones de dólares en poco tiempo. Son las conocidas como "unicornios". Hoy en día existen ya 215, que valen en conjunto unos 747.000 millones de dólares. La empresa de transporte Uber es un "unicornio". Hace poco, ha sido valorada en más de 60.000 millones de dólares, más que el valor de todas las compañías de alquiler de coches juntas. La red para compartir pisos Airbnb, que tan sólo tiene ocho años de vida, vale más que el gigante hotelero Marriott, con ochenta años de antigüedad. Recientemente, Softbank lanzó el fondo de *venture capital* "Vision" para invertir en la revolución tecnológica. Tiene la friolera de 93.000 millones de dólares para invertir. Es posiblemente el mayor fondo de capital privado lanzado nunca. En 1960, la empresa más valiosa del mundo era General Motors, y empleaba a 600.000 personas para ganar unos 7.600 millones de dólares en dinero actual. Hoy en día, la principal empresa en valor es Apple, que gana 84.000 millones de dólares, más de diez veces lo que ganaba General Motors, pero que emplea tan sólo a 116.000 trabajadores[2]. En otras palabras, el beneficio neto por empleado de Apple multiplica por 57 el que en su momento generaba General Motors, abriendo enormes interrogantes sobre si en el futuro habrá suficientes trabajos para todos. Como dijo Voltaire, el trabajo nos libra de los tres males peores, "el vicio, el aburrimiento y la necesidad". Yo añadiría la autoinsatisfacción, pero si nos preocupa el futuro de los trabajos, deberíamos también preocuparnos de los cuatro males inherentes.

¿Qué está pasando? La confluencia de una multiplicación en la capacidad de procesar datos con el empleo de algoritmos avanzados que permiten tratarlos está acelerando la disrupción tecnológica. Así, por ejemplo, el ordenador que permitió llevar la sonda Apollo IX a la Luna en 1969 tenía 12.300 transistores. Un iPhone actual posee 3.300 millones. A esto hay que sumar i) la popularización de internet, que llega ya a casi la mitad de la población mundial y cuyo coste de acceso se ha reducido significativamente; ii) los *smartphones,* disponibles por menos de treinta dólares en países como la India y que permiten a cualquier persona del planeta acceder a más información que el Presidente de los EEUU en 1990; y iii) los sensores, capaces de conectar todo tipo de máquinas a internet. Todo ello constituye el caldo de cultivo de la aceleración de la disrupción tecnológica, proceso que se ha denominado "la cuarta revolución industrial". La diferencia es que, esta vez, las innovaciones tienen lugar cada vez en un número menor de años, por lo que el cambio se antoja vertiginoso.

La expresión de dicha revolución confluye, entre otras, en cinco tecnologías clave que analizamos en este informe: la inteligencia artificial (en lo sucesivo, IA) y sus implicaciones robóticas, el internet de las cosas (en lo sucesivo, IoT), el vehículo autónomo, *blockchain* y la impresión en tres y en cuatro dimensiones. Estas tecnologías permiten replantear el futuro de sectores clave de la economía, lo que explica la revolución del *venture capital*, de los "unicornios" y de las enormes empresas tecnológicas cotizadas en bolsa.

Además, la disrupción provoca importantísimas consecuencias en forma de destrucción de puestos de trabajo y aparición de otros nuevos, lo que convierte a la educación en protagonista absoluta como instrumento de adaptación. Este informe analiza también estos procesos y el futuro previsible. Aunque, en base a la historia, somos optimistas en cuanto a que, a medio plazo, el ser humano será capaz de crear nuevos puestos de trabajo suficientes, la realidad es que, en el periodo intermedio, la destrucción será más rápida que la creación, especialmente entre las capas de trabadores menos cualificados y en los países más pobres. Este proceso abre enormes consideraciones sociales que entre todos deberíamos debatir para actuar sobre ellas e intentar minimizar el daño que se generará entre los más desfavorecidos. La tecnología también presentará importantes oportunidades en forma de trabajos más divertidos, mejor remunerados y con jornadas laborales más reducidas. Además, nos permitirá vivir muchos más años con una salud sensiblemente mejor.

> "Estamos siendo afectados por la nueva enfermedad cuyo nombre muchos todavía no han escuchado, pero de la cual escucharán bastante en los años que vienen: el problema del desempleo tecnológico. Significa el desempleo debido a que el ritmo de descubrimiento de tecnologías que automatizan el uso del trabajo está superando al ritmo con que estamos creando nuevos trabajos. La depresión mundial que nos envuelve, la enorme anomalía de desempleo en un mundo lleno de necesidades, los errores desastrosos que hemos cometido, todos estos factores no nos dejan ver la verdadera interpretación de lo que está pasando debajo de la superficie: la tendencia hacia dónde van las cosas".

Esta frase no es actual. Es de Keynes, en el año 1930. Pero estamos ya ahí, ante un enorme reto que intentamos analizar en este informe.

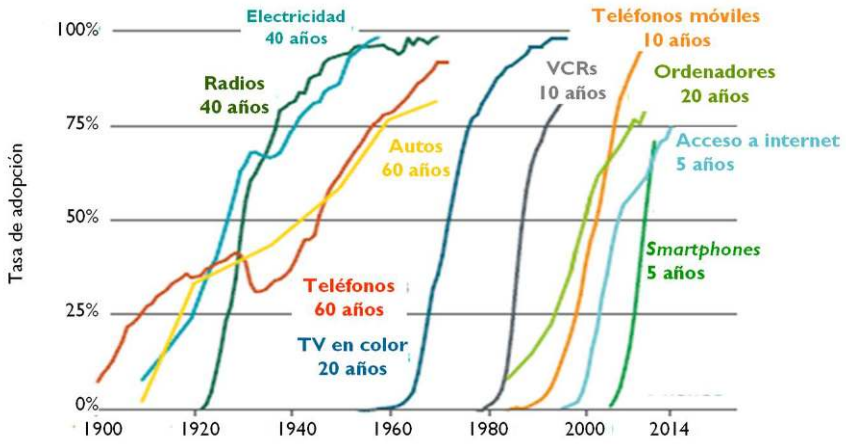
---

[2] Esta referencia de John Lanchaster en *London Review of Books* no tiene en cuenta que Apple subcontrata importantes porciones de su proceso de producción. Se calcula que los contratistas de Apple emplean a 1,5 millones de personas, lo que alteraría esta estadística.

Introducción

Tenemos la percepción de que las **innovaciones** tecnológicas crecen a un ritmo desaforado. Tanto, que muchas veces somos incapaces de aprender, ni aprehender, su ritmo ni su impacto. La figura 1 muestra precisamente cómo los ritmos de adopción de tecnologías disruptivas se han acelerado exponencialmente en las últimas décadas.

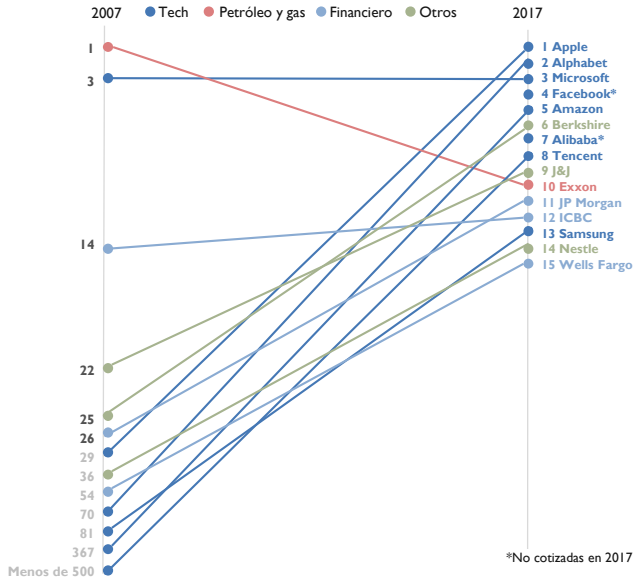
Figura 1. Tasas y plazos de adopción tecnológica en EEUU



Fuente: BlackRock (2014). "Interpreting Innovation. Impact in Productivity, Inflation and Investing"

De hecho, el avance tecnológico imparable se manifiesta inequívocamente en el hecho de que siete de las ocho compañías cotizadas más grandes del mundo están relacionadas con la tecnología (figura 2). Adicionalmente, de las siete personas más ricas del mundo según Forbes, cuatro están relacionadas con la tecnología (figura 3). Por todos estos motivos, creemos que ningún agente económico relevante, entre los que se incluyen empresarios e inversores, debería mantenerse al margen de leer este informe, para captar un conocimiento mínimo razonable de las implicaciones más relevantes que puede tener el potente avance tecnológico en proceso.

Figura 2. Ranking por capitalización de las 15 mayores empresas globales en 2007 y 2017



Fuente: Bloomberg

Figura 3. Lista de las siete personas más ricas del mundo

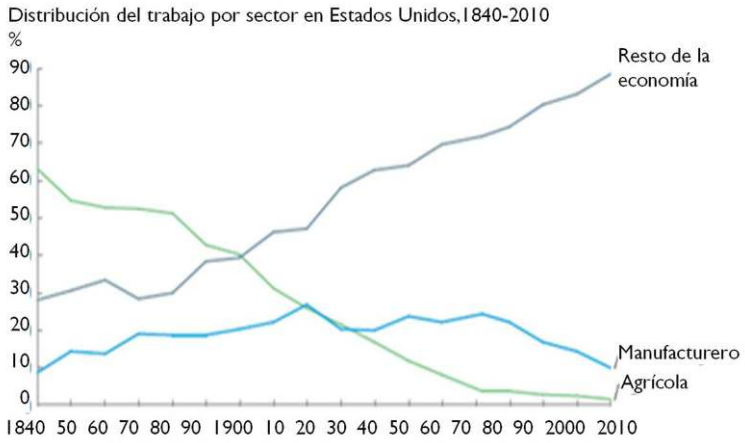
#	Nombre	Patrimonio (Miles de millones de dólares)	Edad	Empresa	País
#1	**Bill Gates**	**$86**	**61**	**Microsoft**	**EEUU**
#2	Warren Buffett	$76	87	Berkshire Hathaway	EEUU
#3	**Jeff Bezos**	**$73**	**53**	**Amazon.com**	**EEUU**
#4	Amancio Ortega	$71	81	Zara	España
#5	**Mark Zuckerberg**	**$56**	**33**	**Facebook**	**EEUU**
#6	Carlos Slim Helu	$55	77	Telecom	México
#7	**Larry Ellison**	**$52**	**73**	**Oracle**	**EEUU**

Fuente: Forbes

A medida que las innovaciones van provocando profundos cambios sociales y económicos (el ejemplo de Uber y el taxi es paradigmático) se generan emociones[3] de todo tipo. Una emoción que prevalece es el miedo, miedo a un futuro que desconocemos y del que nos sentimos desapegados, a veces por falta de capacidad para entender las disrupciones tecnológicas. La otra emoción es el desconocimiento. Hace unos meses estuve reunido con el primer ministro de un país europeo. Me dijo: "Mi hijo cumple 18 años; me ha preguntado qué debería estudiar, y la verdad es que soy incapaz de recomendarle algo debido precisamente al impacto del cambio tecnológico en los trabajos del futuro".

Este informe intenta precisamente dirigirse a las causas subyacentes de dichas emociones. Mediante un acercamiento sencillo a las diferentes tecnologías, su adopción y su previsible impacto económico, sectorial y social, se reducirá parte de la ansiedad hacia lo desconocido, ansiedad que suele traducirse en miedo. El conocimiento nos permitirá además poder realizar juicios propios, hasta el punto de recomendar ciertas ideas sobre posibles respuestas. De esta forma, quizás consigamos hacer realidad la famosa ambivalencia del carácter ideográfico chino "crisis" que apunta en dos direcciones, tanto en forma de "crisis" como en forma de "oportunidad". Así, se calcula que, en 1900, un 40% de los norteamericanos trabajaban en la agricultura. Hoy son tan sólo un 2%. En 1950 el 25% de los trabajadores de los EEUU estaban empleados en la industria. Hoy, apenas un 10% (figura 4). Y, sin embargo, el desempleo en los EEUU se encuentra en mínimos históricos (cerca de un 4%), ya que el trabajo se ha desplazado hacia otros sectores. El ser humano no sólo es capaz de innovar, también de adaptarse a los cambios e identificarlos como oportunidades. La principal cuestión es si la sociedad va a saber adaptarse a los cambios que se avecinan cuando la velocidad de cambio se acelera de la manera que estamos experimentando.

Figura 4. Distribución del trabajo por sector en EEUU (%)



Fuente: McKinsey (2017). "A Future that Works: Automation, Employment and Productivity"

Perspectiva histórica

Una buena forma de iniciar este informe y abordar las emociones subyacentes consiste en entender el problema desde una perspectiva histórica… Al observar cómo los problemas que ahora preocupan al ser humano, son los mismos desde hace siglos, y cómo la humanidad los ha resuelto exitosamente, se reducirá parte de la ansiedad que genera la incertidumbre tecnológica.

El propio Homero (siglo VIII a. C.), en el canto 18 de la Ilíada, ya habla sobre cómo la diosa Tetis se encuentra al dios Hefesto sudoroso, fabricando un carro con ruedas de oro capaz de moverse autónomamente para entrar y salir de la casa de los dioses sin tracción humana o animal, un buen precedente visionario del vehículo autónomo, pero de hace más de 3.000 años. Aristóteles anticipó en su Política (350 a. c.) la IA cuando propuso analizar un conjunto de reglas sobre el funcionamiento de la mente para así extraer automáticamente conclusiones racionales. Según el sabio griego, esto podría desembocar en la automatización de tareas, lo que permitiría hacer desaparecer la esclavitud: "supongamos que cada herramienta que tengamos pudiera realizar su tarea, ya sea por nuestra voluntad o por su autopercepción de la necesidad; los maestros artesanos no tendrían necesidad de siervos ni los amos de esclavos". Estas ideas fueron aplicadas por Ctesibio de Alejandría (250 a. C.), quien construyó un regulador del flujo de agua (racional, pero sin razonamiento).

En 1315 el sabio mallorquín Ramon Llull, en su libro *Ars Magna,* expuso la idea de que el razonamiento podía ser efectuado de manera artificial para lo que se propuso diseñar una "máquina lógica". El inventor italiano Leonardo Da Vinci, en el siglo

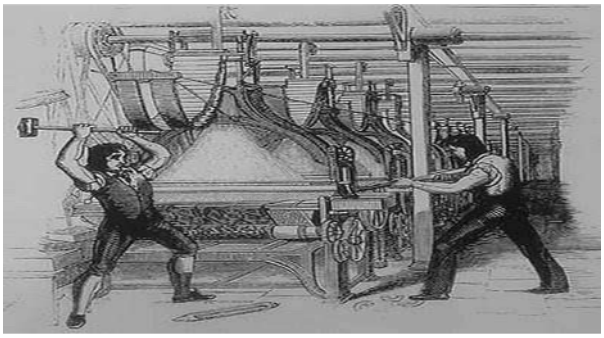
[3] Palabra que viene del vocablo griego que indica "movimiento".

XVI, intentó diseñar vehículos autopropulsados de tres ruedas y esbozó el primer robot autómata[4]. El matemático y filósofo francés Pascal intentó aplicar las intuiciones de Aristóteles y de Llull, para diseñar los fundamentos de la primera máquina de cálculo, la pascalina (s. XVII, figura 5), construida a partir de conceptos desarrollados en la Edad Media, en la que se plasmaron los fundamentos de una calculadora mediante el empleo de los *Exequer*, o tablas de cálculo.

La reacción humana ante la industrialización, que comenzó en Inglaterra en el siglo XVIII, no se hizo esperar. Así, en este país surgieron los luditas, que defendían atacar físicamente las fábricas para evitar "la desaparición del trabajo" (figura 6), de forma que, a principios del siglo XIX (1812), la destrucción de máquinas estaba tipificada como delito que se penaba con la muerte, pena que fue aplicada a varias decenas personas que habían osado destruir maquinaria fabril.

Figura 5. Pascalina (s. XVII)

Figura 6. Luditas atacando fábricas (s. XIX)



Fuente: Google

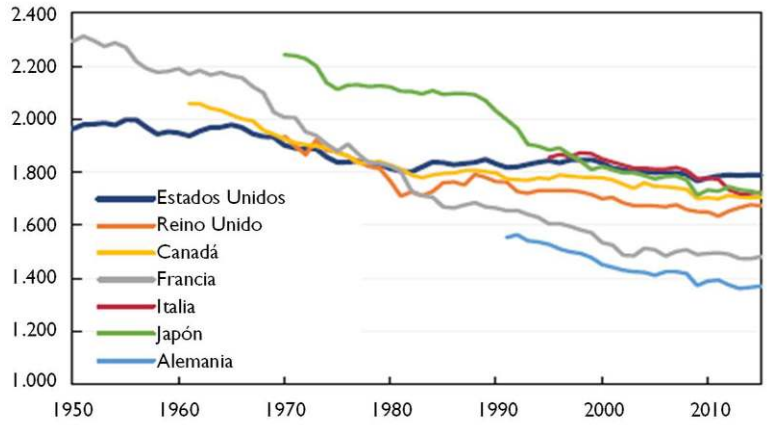
El 10 de junio de 1930, Keynes pronunció una conferencia en la Residencia de Estudiantes de Madrid ("Posible situación económica de nuestros nietos"), en la que planteaba los riesgos que para el trabajo suponía la adopción de robots a un ritmo superior a la capacidad de la economía para encontrar nuevos trabajos a la gente desplazada por la tecnología. Acuñó el término "paro tecnológico" para referirse a esta situación. También auguró que, a raíz de este fenómeno, la jornada laboral cien años después sería de sólo quince horas semanales, lo que repercutiría positivamente en la felicidad humana… También Einstein se haría eco de esta inquietud al año siguiente, en 1931, y del impacto que tendrían los robots en nuestras vidas futuras: "las tecnologías destinadas a servir al progreso del mundo liberando a la humanidad de la esclavitud del trabajo están ahora a punto de abrumar a sus creadores".

Esta línea de pensamiento se mantuvo y, en los años sesenta, el Presidente Kennedy ya planteó el reto de mantener el pleno empleo en una corriente de robotización. Transcurrieron más de veinticinco años desde que los primeros aviones a reacción aparecieron a finales de la Segunda Guerra Mundial, hasta poder llevar al hombre a la Luna, ciclos que serán mucho menores a futuro. Así, por ejemplo, el ordenador que hizo posible el alunizaje del Apollo en 1969, Guidance Computer, tenía 12.300 transistores. El iPhone 7 dispone de 3.300 millones, lo que permite la descarga de casi 200.000 millones de *apps* al año[5]. La revolución de la capacidad de procesamiento tendrá profundas consecuencias. Recordemos la leyenda sobre el origen del ajedrez, en la que un rey indio, que quedó muy complacido con el juego, le ofreció al inventor cualquier cosa que pidiese. El inventor pidió un grano de arroz en el primer recuadro del tablero, dos en el segundo, cuatro en el tercero, y así progresivamente duplicándose en cada casilla. El rey se rio del inventor por pedir tan poco y accedió a ello. Cuando sus sabios lo calcularon, le trasladaron que ni plantando toda la tierra siete veces se podría pagar el compromiso. Hasta la casilla 32 es manejable, a partir de ahí es inmanejable. La paradoja es que el rey mandó decapitar al inventor por reírse de él… En cualquier caso, la historia es pertinente para analizar el impacto que la ley de Moore, que pronosticó en 1965 que cada 18 meses se duplicaría la capacidad de procesamiento, puede tener en nuestras vidas. La predicción ha resultado correcta, y según ha calculado algún profesor del MIT, en 2006 hemos alcanzado la "casilla 32" del ajedrez, luego las consecuencias de la duplicación continua pueden ser formidables. Una máquina sola hacia mediados de siglo podrá tener más capacidad de computación que todos los seres humanos juntos.

En cualquier caso, independientemente de las resistencias coyunturales históricas frente al avance tecnológico, éste, en el largo plazo, siempre ha terminado contribuyendo a elevar sensiblemente la calidad de vida de toda la población, independientemente de su estrato social. La siguiente figura 7 muestra cómo ha menguado de manera significativa el número de horas trabajadas a lo largo de la historia.

[4] En una conferencia reciente en Chatham House, el Profesor Richard Susskind realizó una excelente reseña sobre los antecedentes históricos de la adopción tecnológica y, en su caso, las reacciones que ésta provocó, mencionando la *Ilíada* y a Da Vinci, los luditas, Keynes y Kennedy.
[5] Entre ellas, "Confesión", una *app* aprobada por la Iglesia Católica que permite preparar confesiones, signo de los tiempos.

Figura 7. Horas medias anuales trabajadas por empleado



Fuente: Oficina ejecutiva del presidente de los EEUU (2016) "Artificial Intelligence, Automation, and the Economy"

A fecha de hoy, con unos 7.500 millones de habitantes en el planeta, casi la mitad (aproximadamente 3.500 millones) dispone de acceso a internet[6] y de este segmento, la inmensa mayoría (3.000 millones) lo tiene mediante un *smartphone*, lo que nos da una idea del enorme poder disruptivo que en la actualidad puede tener la tecnología frente al pasado. Hoy en día, una persona humilde con un *smartphone* en Paquistán –accesible ya por unos treinta dólares– puede tener mucha más información que un presidente de los EEUU en 1990. Las consecuencias son muy profundas.

Implicaciones en el mundo de la inversión

Especialmente interesados en la lectura del documento deberían estar los inversores, por las enormes implicaciones que el avance tecnológico supondrá para el mundo de la inversión. Por un lado, la mejor manera de conseguir exposición inversora directa a la revolución tecnológica es vía inversión en fondos de *venture capital* con estrategias subyacentes similares a las descritas en este informe y buenos equipos gestores, aunque algunos fondos cotizados también lo permiten. En cualquier caso, como ocurre habitualmente en el mundo del capital riesgo, la dispersión de la calidad de la gestión entre las distintas gestoras es muy elevada, por lo que una adecuada selección del fondo se antoja como imprescindible para optimizar la rentabilidad-riesgo esperada de los inversores. A nivel macroeconómico, una potencial aceleración de la productividad inherente al desarrollo tecnológico supondría una aceleración de crecimientos reales del PIB (netos de inflación) y por lo tanto, de tipos de interés reales. El consenso del mercado no descuenta este escenario, por lo que las repercusiones serían muy relevantes. Finalmente, los efectos del avance tecnológico no serán los mismos en todas las áreas geográficas, de manera que unos países serán más sensibles que otros, por lo que resulta importante saber discernir adecuadamente al respecto, desde el punto de vista inversor. Por ejemplo, a medida que se introduzcan robots, los países emergentes pueden ver disminuida sensiblemente su ventaja competitiva principal, en muchos casos, los reducidos costes operativos basados en salarios muy bajos.

Sobre el informe

En este informe nos centramos inicialmente en describir tres tecnologías que juzgamos que poseen poder realmente disruptivo: IA, IoT y vehículos autónomos, así como otras dos sobre las que no escribimos en profundidad, pero que sí hemos analizado: *blockchain* e impresión en tres dimensiones. Posteriormente, analizamos el impacto sectorial, económico y social de dichas tecnologías para terminar abordando una serie de implicaciones para el mundo de la inversión y exponiendo nuestras conclusiones y recomendaciones.

Somos economistas, no tecnólogos, así que el lector sabrá disculpar nuestra superficialidad y naivismo. Por el contrario, al no ser del gremio "*techie*" hemos intentado plasmar conceptos que parecen complejos con la mayor sencillez posible, de forma que el conocimiento se traslade a una amplia capa de la población. Nuestro informe no se posiciona sobre la bondad o maldad de los cambios que se avecinan, simplemente los expone para, a partir de ahí, realizar sugerencias constructivas.

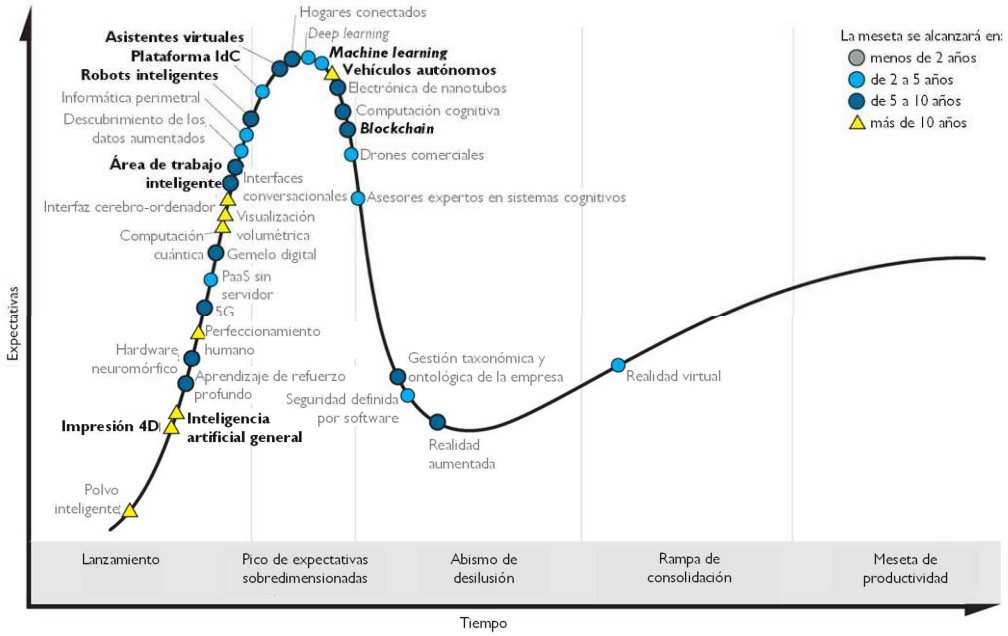
Se ha estimado que cuando un niño entra en la etapa educativa, al terminarla, dos terceras partes de los nuevos trabajos habrán cambiado. Este sencillo cálculo nos debería prevenir sobre las enormes consecuencias que debemos afrontar como padres, dirigentes políticos o empresarios. Ojalá que tras la lectura de este documento el referido mandatario europeo, así como alguno de nuestros lectores, tengan una idea más clara sobre qué recomendar a sus hijos para augurarle un porvenir brillante.

[6] La cifra irá aumentando rápidamente a medida que se ponen en marcha proyectos para llevar internet a todo el mundo empleando medios diversos como drones o globos, estos últimos impulsados por Google y Facebook (Proyecto Loon).

1. Descripción de tecnologías disruptivas

En este apartado estudiaremos en detalle tres tecnologías que consideramos esenciales: IA y derivadas, IoT y el vehículo autónomo. Adicionalmente esbozaremos otras dos tecnologías también importantes, como son *blockchain* y la impresión 3D. Para hacerse una composición de lugar inicial, la figura 8 muestra la fase en la que se encuentran las principales tecnologías (ciclo de Gartner). De las tecnologías que abordamos en el informe, IoT y *machine learning* (principal derivada de IA), se espera que alcancen la meseta de productividad en un plazo de 2-5 años, *blockchain* en 5-10 años y la impresión en 4D, así como el vehículo autónomo, en más de 10 años.

Figura 8. Ciclo de expectación (*Hype Cycle*) de Gartner



Fuente: Gartner

1.1. Inteligencia artificial, robótica y macrodatos

Definición y conceptos

La compañía de distribución francesa Carrefour introdujo hace dos años el robot Pepper, de la mano de grandes marcas, para evaluar su utilización a modo de dependiente en sus centros comerciales (figura 9), marcando un ejemplo de cómo la robotización[7] basada en IA puede revolucionar los trabajos del mañana. También se ha popularizado el robot Baxter que, por unos 25.000 dólares es capaz de realizar tareas de producción en diferentes medios. Hoy en día, por ejemplo, muchas crónicas de partidos de segunda división son escritas automáticamente por robots.

[7] Enlace a video que muestra los siete robots automatizados más inteligentes del mundo, desarrollados por Honda y Boston Robotics: https://www.youtube.com/watch?v=rVlhMGQgDkY&t=5s

Figura 9. Robot Pepper, de Softbank, empleado por Carrefour

Fuente: Google

En realidad la revolución robótica comenzó mucho antes. Cuando echamos gasolina, no nos damos cuenta de que interaccionamos con un robot. Los primeros surtidores automáticos surgieron en 1964, y produjeron un fuerte desplazamiento de mano de obra hacia otras tareas, tales como el desarrollo de pequeñas tiendas en las gasolineras.

La IA es la aplicación de sistemas computacionales en máquinas que permiten replicar tareas hasta ahora efectuadas por humanos. Así, por ejemplo, IBM desarrolló la máquina Deep Blue, que derrotó al campeón mundial de ajedrez Gary Kasparov en 1996[8], y la división de Google enfocada en la IA DeepMind[9] desarrolló AlphaGo, que derrotó en 2016 al campeón mundial del juego milenario Go, del que se dice que hay más movimientos que átomos en el universo. Estos ejemplos ilustran las aplicaciones de la IA, tecnología que, por ejemplo, está detrás de Amazon cuando nos ofrece productos teniendo en cuenta nuestras compras o búsquedas pasadas. También está detrás del concepto creciente de supermercado automatizado[10].

Paradójicamente, el término "robot" había sido acuñado en los años veinte por el escritor checo Kapec, utilizando un vocablo checo equivalente a "esclavo"[11]. El término "inteligencia artificial" fue acuñado en 1956 por John McCarthy definiéndola como el proceso de hacer una máquina inteligente. De ahí que la IA esté íntimamente relacionada con la robótica. A su vez, la generación masiva de datos provoca la necesidad de procesarlos mediante algoritmos para poder tomar decisiones, elementos base de la IA. Con todo, muchas predicciones que se han hecho los últimos cincuenta años sobre los robots no se han cumplido, así que el futuro será mucho más incierto[12].

Se distingue entre IA "general", que intenta replicar la inteligencia humana, e IA "estrecha" que comprende la optimización de tareas sencillas del día a día por parte de una máquina. A su vez, la "superinteligencia artificial" busca superar la inteligencia humana mediante el razonamiento y la solución de problemas complejos. DeepMind o NEIL (descrito más abajo) son ejemplos de IA general. La IA general está todavía a muchos años (¿diez?) de plasmarse en resultados, sin

[8] En realidad, se había predicho este punto de inflexión para 1968… tardó casi treinta años más. La respuesta de Kasparov al perder fue magistral: "Al menos mi adversario no ha disfrutado de la victoria". Al poco tiempo, un gran maestro de ajedrez respondió así a la pregunta sobre cómo preparaba su futura partida contra una máquina: "Con un gran martillo".

[9] Google DeepMind es una compañía de inteligencia artificial inglesa creada en 2010 como Tecnologías DeepMind, que fue adquirida por Google en 2014. Hoy en día DeepMind está enfocada en la detección de enfermedades oculares. Enlace a un video que muestra el que se considera gran hito de la Inteligencia Artificial: la victoria de AlphaGo, ordenador desarrollado por Google DeepMind (división de inteligencia artificial IA) ante el tres veces campeón del mundo: https://www.youtube.com/watch?v=JNrXgpSEEIE

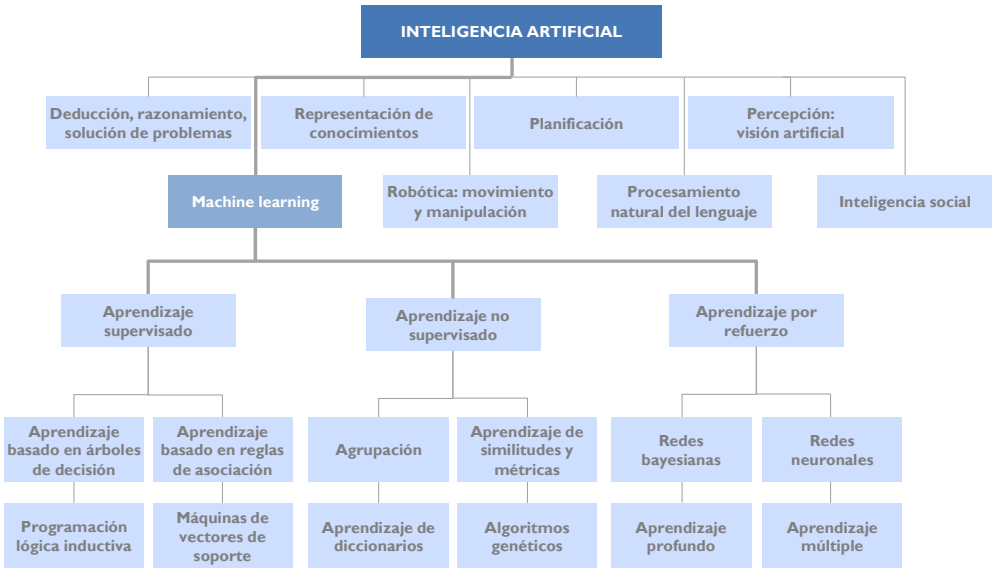
[10] Enlace a video que muestra el supermercado de Amazon, el más avanzado del mundo tecnológicamente: https://www.youtube.com/watch?v=NrmMk1Myrxc

[11] En los idiomas español o inglés, el vocablo "esclavo" proviene de "eslavo", por el enorme tráfico de esclavos eslavos que se desarrolló en el pasado hacia mercados islámicos. Dado que Kapec era eslavo, es entendible que quisiera buscar un lexema diferente.

[12] Una idea de la complejidad de estimar la magnitud de la disrupción tecnológica la da lo que le sucedió a la operadora telefónica AT&T en 1985. La compañía encargó a una de las consultoras más prestigiosas del momento que estimara qué pasaría con el negocio de la telefonía móvil en los EEUU en unos quince años de plazo (en el año 2000). La consultora auguró que el número se incrementaría hasta los 900.000 usuarios. Finalmente, el dato real fue de… ¡109 millones! Otro dato que ejemplifica la dificultad de anticipar la disrupción es lo que le sucedió a Nokia no hace muchos años, cuando no apostó por los *smartphones* por considerar que casi nadie pagaría más de 300 dólares por un móvil sofisticado. Hoy en día casi el 40% de la humanidad tiene uno…

embargo la IA estrecha está ya eclosionando. La siguiente figura muestra la distinta tipología de IA existente, destacando especialmente el concepto *machine learning*.

Figura 10. Clasificación de variedades de IA



Fuente: Robeco (2016). "AI: Our Savior or Humanity's Final Invention?"

El proceso de aprendizaje de una máquina puede ser retrospectivo, es decir, analiza el pasado para detectar errores mediante algoritmos computacionales, utilizando distribuciones de probabilidad para realizar asunciones, algo denominado *machine learning*. Por ejemplo, Facebook, junto con otras empresas, está desarrollando mediante IA los *chatbot*: agentes de diálogo en forma de chats que aplican la IA al comercio electrónico, llevando a cabo funciones de atención al cliente, como puede ser una reserva en un restaurante, sin necesidad de que intervenga un humano por parte de la empresa. A futuro, un solo chat como Snapchat o WhatsApp podría servir para realizar todo tipo de compras. En un grado superior, se puede alcanzar lo que se denomina *ecommerce* conversacional: podremos pedir entradas de cine, una botella de vino o encargar un taxi a asistentes como Siri o Alexa, y la máquina se encargará de gestionarlo.

En el denominado *cognitive learning*, un avanzado método que no es directamente una tipología de *machine learning* (aunque utiliza diversas técnicas asociadas al mismo), el aprendizaje es prospectivo. La máquina puede realizar juicios y percibir conocimiento, y por ello, tomar decisiones para el futuro, simulando el pensamiento humano y teniendo en cuenta la incertidumbre, pero con la ventaja de haber procesado millones de datos no estructurados. Así, por ejemplo, IBM Watson desarrolla tecnologías cognitivas en muchos sectores, desde la medicina hasta el comercio, mejorando la toma de decisiones empresariales.

La utilización del *machine learning* con redes neuronales[13] para así predecir el futuro se denomina *deep learning* (aprendizaje por refuerzo). Esta tecnología, que existe desde los años setenta, se ha desarrollado aceleradamente a medida que aumentaba la capacidad de procesar datos. Por ejemplo, los coches autónomos están gradualmente aprendiendo a reconocer obstáculos y reaccionar frente a ellos –un coche sabe que con un semáforo rojo tiene que parar, pero aún no razona que si se ha roto un extremo de un cable, éste puede caer en unos segundos, ya que esto implica, precisamente, razonamiento. Para conseguir el razonamiento hace falta que los robots "aprendan" del conocimiento desestructurado[14] relacionando imágenes y consecuencias, proyecto que está siendo hoy en día desarrollado por Carnegie Mellon mediante su robot NEIL, al que se le

[13] Las redes neuronales son sistemas de cálculo basados en el comportamiento observado en cerebros biológicos, a través de neuronas individuales y sus conexiones, activando o inhibiendo las neuronas adyacentes; los sistemas acaban aprendiendo y formándose a sí mismos, y son muy útiles para soluciones donde la programación convencional no es capaz de llegar. Cuando se desarrollaron los ordenadores no se contempló la idea de imitar un cerebro y la inteligencia resultante de la memoria. Así, si tocamos tres veces una taza caliente la experiencia hará que no lo volvamos a hacer. Un ordenador no piensa así, pero mediante las redes neuronales se consigue precisamente emular el cerebro humano y que el robot actúe en consecuencia.

[14] Ejemplos serían el mencionado cable a punto de caer o la reacción ante un conductor ebrio.

muestran durante 24 horas al día diferentes imágenes, de forma que poco a poco comience a razonar. Así, por ejemplo, NEIL ya sabe que un coche tiene ruedas, aunque no las vea, o que la palabra Columbia en inglés puede referirse tanto a una Universidad como a unos estudios de cine.

Con todo, los robots pueden reemplazar a humanos en tareas manuales sencillas. Otras más complejas como sacar unas llaves del bolsillo son muy difíciles de ejecutar; además un robot es incapaz de realizar una programación sencilla de diez líneas o resolver problemas complejos (*metathinking*)[15]. Sin embargo, en tareas que comprendan el procesamiento masivo de datos, como el procesamiento de lenguaje, o reconocimiento de voz o facial, los robots pueden llevar a cabo tareas mucho mejor que los humanos. Los robots no tienen emociones, pero paradójicamente pueden ser mucho mejores que los humanos reconociendo emociones ajenas. Así, por ejemplo, un robot puede percibir mejor si una sonrisa es falsa o genuina. También existe una *app* que permite a un enfermo bipolar hablar al teléfono, de forma que la *app* reconoce si la persona está o no en medio de un trastorno, con lo que el humano puede pedir ayuda o no tomar determinadas decisiones.

La implementación de la IA a través de tecnología móvil (*smartphones*) se denomina AMI (*automated mobile intelligence*). Por ejemplo, un vendedor puede dotarse de un *software* inteligente en su móvil que analiza funciones de compra de diversos clientes y le sugiere productos que puede ofrecerles, con altas probabilidades de éxito.

Como hemos visto, la acumulación masiva de datos permite su análisis y procesamiento a través de la IA, facilitando la toma de decisiones. El *big data* o macrodatos es un término que hace referencia a una cantidad de datos tal, que supera la capacidad del *software* convencional para ser capturados, administrados y procesados en un tiempo razonable. Emplea diferentes métodos para su procesamiento[16]. La suma de macrodatos y el poder de procesamiento nos confiere los ingredientes necesarios para el desarrollo de la IA y la analítica predictiva[17]. A veces, la IA se ha definido jocosamente como "todo aquello que lo robots no son capaces de hacer hoy".

Impacto y conclusiones

Procesamiento natural de lenguaje: supone, por ejemplo, reconocimiento de voz para poder realizar instrucciones, traducciones… como los asistentes de móvil Siri o Alexa, que son exponentes sencillos; también puede suponer reconocimiento de lenguaje escrito. El procesamiento suele abordar ámbitos muy específicos, tales como analizar la opinión reflejada de los clientes sobre un producto o servicio en particular, gestionar *call centers* mediante robots, automatizar la búsqueda de información en litigios civiles o investigaciones gubernamentales, realizar traducciones y automatizar la redacción de informes sobre temas como resultados corporativos o deportes.

Visión por ordenador: presenta diversas aplicaciones, incluyendo el análisis de imágenes médicas para mejorar el diagnóstico y el tratamiento de enfermedades (por ejemplo Microsoft Holo Lens permitiría, mediante unas gafas de realidad virtual, mirar un cuerpo y disociar su esqueleto o su masa muscular en dos cuerpos virtuales adicionales), el reconocimiento facial para identificar automáticamente a las personas en las fotografías, como el recién inaugurado iPhone X[18] o para estimar una esperanza de vida, la detección de sospechosos en seguridad y vigilancia, y el fotografiado de productos por parte de los consumidores para efectuar sus compras. Cabe

[15] Para un buen aprendizaje sobre la temática recomendamos escuchar la charla sobre IA del CFR en la siguiente URL: https://www.cfr.org/event/future-artificial-intelligence-robots-and-beyond-0

[16] La asociación busca encontrar relaciones entre diferentes variables con un análisis causa-efecto para así poder realizar predicciones. Así, si los datos sugieren que los varones entre treinta y cincuenta años compran el periódico tras echar gasolina, automáticamente se puede generar un proceso de venta cruzada ofreciendo el producto predicho, lo que puede provocar impulso de compra. La minería de datos (*data mining*) utiliza procesos estadísticos para identificar patrones en grandes cantidades de datos y realiza predicciones. Por ejemplo, hay motores que analizan fotografías con la cantidad de coches en los parking de los hipermercados para así predecir las ventas que van a reportar en el futuro en bolsa. La agrupación (*clustering*) divide grandes grupos de personas en colectivos menores, para encontrar pautas de comportamiento. El análisis de texto extrae información masiva de *mails*, webs y contenidos escritos para predecir comportamientos. Los servicios de inteligencia utilizan este análisis para predecir tempranamente alertas terroristas a partir del tratamiento masivo de datos.

[17] Para dar una idea de su importancia, la Comisión Europea quiere crear un mercado común del *Big Data* con los datos de todos los europeos. Propone un conjunto de reglas para almacenar y tratar los datos no personales dentro de la UE, con el fin de aumentar la productividad estructural de sus empresas y su economía.

[18] Es capaz incluso de detectar a una misma persona aunque envejezca. Presentación del iPhone X https://www.youtube.com/watch?v=_I7TxzdjGiw

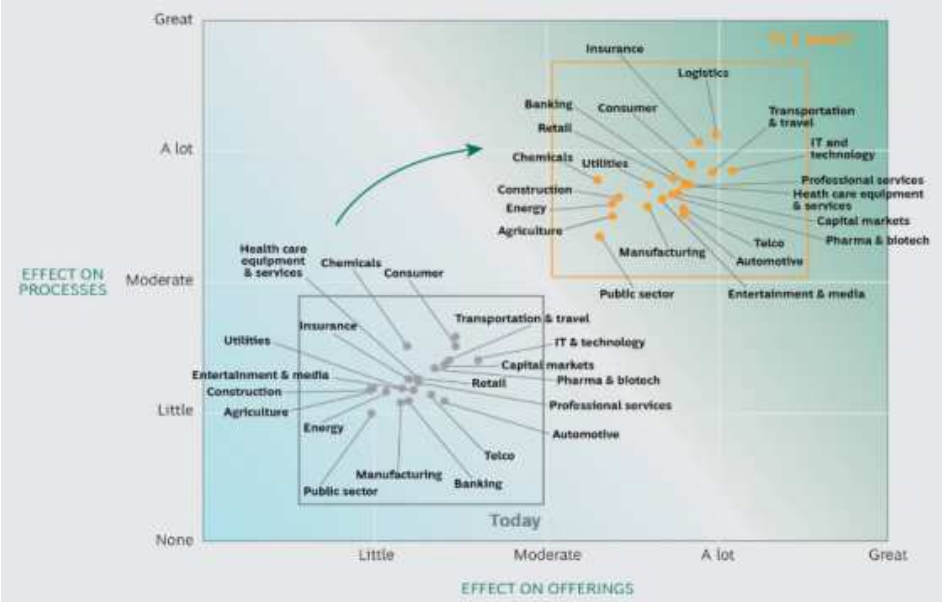
destacar los dispositivos de realidad aumentada[19]. General Electric utiliza gafas inteligentes de realidad aumentada que superponen vídeos, gráficos y textos sobre el espacio para guiar a sus técnicos en la supervisión de los cuadros de mandos de una turbina eólica, mejorando su rendimiento en un 34%[20].

Machine Learning: las aplicaciones son muy amplias, potencialmente mejorando el rendimiento en casi cualquier actividad que genere grandes cantidades de datos, que deben analizarse y utilizarse como materia prima clave para su uso en modelos predictivos, permitiendo analizarlos de una manera más rápida, controlada y exhaustiva. Si bien se está realizando un esfuerzo significativo en servicios financieros en torno al control del fraude y el blanqueo de capitales, el conocimiento del cliente y la gestión de inversiones, también hay un uso creciente en muchos otros sectores en aplicaciones vinculadas, entre otros conceptos, a la proyección de ventas, la gestión de inventarios, la exploración en petróleo y gas, y la salud pública facilitando, por ejemplo, el descubrimiento más acelerado de nuevas y mejores medicinas[21].

En cualquier caso, la adopción masiva de la IA y la robótica está por producirse en la economía, a medida que sectores tradicionales se lanzan a adoptar IA para automatizar todo tipo de tareas, tanto aplicables a trabajos de oficina como de fábrica. Según algunas estimaciones, en pocos años un tercio de la economía de los EEUU podría estar automatizada con la IA[22], lo que supondrá una enorme disrupción en muchos sectores, como analizamos en el capítulo correspondiente. Tan relevante es la revolución robótica que, por ejemplo, China ha suprimido los aranceles a la importación de robots.

La siguiente figura muestra qué sectores se verán más afectados por la IA en los próximos cinco años, según un estudio de una de las principales consultoras del mundo[23].

Figura 11. Efecto previsible de la IA en cinco años, por sectores



Fuente: Boston Consulting Group (2017). "Is Your Business Ready for Artificial Intelligence?"

[19] La realidad aumentada (RA) consiste en sobreponer objetos o animaciones generadas por computadora sobre la imagen real que recoge una cámara web (instalada en cualquier dispositivo, como un *smartphone* o unas gafas). https://www.youtube.com/watch?v=_Kb2l_TrP-Q

[20] Video: "Augmented Reality is Already Improving Worker Performance". https://hbr.org/2017/03/augmented-reality-is-already-improving-worker-performance

[21] Un ejemplo de *machine learning* sería, en el proceso de apertura de una cuenta bancaria por parte de los bancos, la simplificación y aceleración del conocimiento del cliente. Se produciría mediante la automatización de la recogida, enriquecimiento, validación y transmisión de datos desde el departamento comercial al administrativo (tales como la identidad del cliente, sus ingresos y sus empleos históricos). Un programa sofisticado lo gestionaría continuamente, implementando mejoras en el proceso según el mismo fuera aprendiendo autónomamente. Así se generarían enormes beneficios para el banco, tanto en ahorros en procesos, como en potencial mejora de la venta cruzada (y los ingresos) por una mejora continua del conocimiento del cliente.

[22] McKinsey (2017). "A Future that Works Automation, Employment and Productivity".

[23] Boston Consulting Group (2017). "Is Your Business Ready for Artificial Intelligence?".

Turing, el padre del ordenador, predijo en 1950 con el "test de Turing": "Existirá inteligencia artificial cuando no seamos capaces de distinguir entre un ser humano y un programa de ordenador en una conversación a ciegas". Estamos ya ahí. Se calcula que hacia 2050 un ordenador podrá tener más capacidad de procesamiento que todas las mentes humanas al mismo tiempo. La clave a futuro es determinar hasta qué punto ciertas decisiones han de tener o no como *input* emociones humanas, lo que podría expandir mucho el abanico de la IA, abriendo también interrogantes morales, como bien expone la exitosa serie de televisión "West World".

Por último, y siguiendo el argumento de dicha serie popular de TV, el consejero delegado de Tesla, Elon Musk, ha afirmado que los robots basados en IA podrían, de no regularse adecuadamente, rebelarse un día contra los seres humanos y eliminarlos: "La inteligencia artificial es un riesgo fundamental para la existencia de la civilización humana" según transmitió a una serie de gobernadores de los EEUU, animándoles a que la regulen. Estas ideas han sido apoyadas por Bill Gates y Stephen Hawking. Otros líderes de opinión, como el fundador de Facebook Mark Zuckerberg, son menos alarmistas (defienden que preocuparse por este tema hoy en día es como preocuparse por la sobrepoblación en Marte); eso sí, según Musk, el conocimiento de Zuckerberg sobre la materia es "limitado".

El debate está servido.

1.2. Internet de las Cosas (IoT)

EEUU posee una importante vía férrea de alta velocidad que conecta Boston con Nueva York y Washington, por lo que es muy utilizada por el poder político y económico. La explota la empresa Amtrak y, en ocasiones, se generan incidencias y retrasos, con sus consecuentes quejas, debidos generalmente a sobrecalentamientos de los cables de tensión que alimentan al tren. La empresa de ingeniería alemana Siemens aplicó en 2015 una tecnología llamada "Internet industrial de las cosas" que mediante 900 sensores en cada vagón permitía identificar, proactivamente, futuros problemas en las catenarias y resolverlos antes de que acaecieran. Los retrasos bajaron un 33% tras su implementación.

Definición

Internet de las cosas (IoT) es un concepto introducido, en 1999, por Kevin Ashton del MIT, y se refiere al mecanismo por el que sensores y transmisores están conectados por redes a sistemas informáticos y se comunican entre sí (figura 12), algo que ha sido posible gracias al abaratamiento de los sensores y del acceso a internet. Estos sistemas permiten monitorizar y gestionar el estado y las acciones de objetos, o incluso seres vivos, que estén conectados y aprender de dicha interconexión. Un ejemplo sencillo sería la domótica. Una casa conectada inteligentemente podría calentar más las habitaciones en las que detecta presencia humana, aprender pautas de comportamiento para calentar o enfriar las habitaciones en función de su uso habitual y mejorar así la eficiencia energética.

Figura 12. Conectividad en la red

Fuente: Elaboración propia

Esta tecnología, unida a la de *blockchain*, que analizamos más adelante, puede provocar disrupciones importantes. Por ejemplo, *blockchain* permite gestionar contratos inteligentes (*smart contracts*) que se redactan, acuerdan y resuelven automáticamente entre máquinas. Una máquina

de aire acondicionado podría estar en contacto con diferentes proveedores de electricidad e ir cambiando al más barato en función del uso que la máquina detecta y de las ofertas en mercado.

Una variante es el *Internet of me*, que supone que los dispositivos que tengo conectados y que acumulan información sobre mi persona dialoguen entre ellos para facilitar mi vida, y acumulen información y datos a nivel personal que nadie más pueda usar sin mi consentimiento. Las implicaciones son profundas; por ejemplo, ante un accidente, el escaneo de un código de barras personal permitiría a un hospital acceder a todo mi historial, lo que facilitaría mucho el proceso médico y abarataría su coste.

La principal "cosa" es obviamente el *smartphone*, que como hemos visto utilizan ya casi la mitad de los habitantes de la tierra a medida que su coste lo ha hecho asequible a enormes capas de población[24]. Son varios los factores que han facilitado el desarrollo e implosión del IoT: menor coste de los sensores (en especial los *smartphones*), la navegación (Wifi) y la conectividad, y mayor capacidad de análisis de datos.

El principal reto que tiene esta tecnología por delante es la seguridad[25]. Todas estas "cosas" conectadas entre sí pueden ser objeto de manipulación y extorsión por los denominados ataques *Ransomware of Things* (RoT). La seguridad de las "cosas" frente a estos ataques todavía tiene mucho recorrido por delante en ámbitos tanto técnicos como regulatorios, lo que generará mayor demanda de estos expertos en seguridad.

Aplicaciones

Sector	Aplicaciones
Hogares y oficinas	Termostatos inteligentes, climatización inteligente, seguridad, iluminación inteligente, incremento de productividad mediante la optimización de tareas en las oficinas a medida que las "cosas" detectan ineficiencias
Transporte	Diagnosis preventiva de errores del vehículo, información de navegación y rutas, seguridad.
Comercios	Optimización de inventarios, venta cruzada, productos promocionados en función de perfiles
Apps móviles personales	Relojes inteligentes que generan información sobre ritmos cardiacos, detección de enfermedades, calidad de sueño…
Internet industrial	Análisis en tiempo real de procesos para mejora continua, automatización de fábricas, eficiencia de sistemas de *supply chain*
Ciudades	Semáforos, contadores y parkings inteligentes, gestión de tráfico, seguridad…

Impacto y conclusiones

Mejora de salud y esperanza de vida: en el entorno de seres humanos, el valor de IoT viene por la mejora de salud, ya que los dispositivos conectados pueden "aprender" de nuestros comportamientos y pautas vitales, detectando anomalías en una fase temprana, lo que podría provocar importantes ahorros sanitarios. Por ejemplo, se están desarrollando prendas con sensores capaces de detectar si estamos incoando un infarto de miocardio, y que incluso aplican presión en el pecho en ese caso para reducir el impacto.

Mayor eficiencia fabril: IoT generaría valor por la eficiencia energética, la mejora de productividad de la mano de obra asociada, la optimización en el mantenimiento de equipos y en la gestión de inventarios, y la mejora de la salud y la seguridad de los empleados.

Optimización de ciudades: por las tres vías principales que son transporte (sistemas de gestión del tráfico vía sensores para detectar congestiones), salud / seguridad públicas (menor contaminación por la información aportada por sensores sobre emplazamiento e intensidad de niveles tóxicos) y gestión de recursos (reducción de pérdidas de electricidad en su distribución, sensores para detectar goteras…).

[24] El actual sistema de protocolo de Internet, el IPv4 permite unas 4.300 millones de direcciones, el nuevo, IPv6, permitirá casi un número infinito, facilitando por lo tanto la implementación del IoT, ya que se calcula que para 2020 habrá más de 20.000 millones de "cosas" conectadas.

[25] Un ejemplo del riesgo de seguridad asociado a la conectividad sería lo que sucedió en 2014 a la compañía Target. Multitud de datos asociados a las tarjetas de crédito de sus clientes fueron pirateados, habiéndose accedido a los mismos a su vez gracias a otro pirateo realizado, pirateo de credenciales que daban acceso a sus redes, pero efectuado en este caso sobre un proveedor de servicios de Target (calefacción y aire acondicionado).

Se han realizado predicciones sobre el potencial impacto económico que podría tener el IoT en 2025, y se señala un rango amplio (pero muy significativo en cualquier caso): entre 3,9 y 11,1 billones de dólares[26] anuales a nivel global. Este impacto económico se mide en función de los potenciales beneficios económicos que pueden producir, como mejora de productividad, ahorros de tiempo y mejor aprovechamiento de activos (extensión de su vida, reducción de inventario), además de un valor económico asociado al descenso de enfermedades, accidentes y muertes.

A medida que más y más dispositivos se conecten, se pueden optimizar muchas tareas. Será más difícil perder objetos o que caduquen alimentos o medicinas. El riesgo más ostensible estriba en la seguridad, ya que la conexión masiva de elementos puede hacerlos muy vulnerables a posibles ataques mediantes virus, como el que sufrieron algunas empresas en octubre de 2016. Este riesgo de ataques y secuestro de "cosas" se denomina RoT (*Ransomware of Things*). Por otro lado, la adaptación a esta tecnología dependerá de que los costes de acceso sigan bajando, y de que se estandaricen los protocolos de conexión para que sean compatibles los diferentes dispositivos, retos todavía muy significativos.

1.3. Vehículos autónomos

En 2015, la compañía minera Rio Tinto anunció que iniciaba un programa para sustituir los camiones operados en las minas hacia vehículos sin conductor en dos de sus minas de hierro en Pilbara, Australia (figura 13, izquierda). La minera también estaba probando trenes sin conductor y otras tecnologías asociadas a la automatización, con el fin de reducir costes y aumentar la seguridad. La compañía consideraba que la flota autónoma superaba en rendimiento a la flota humana en un 12%, eliminando del proceso las pausas requeridas por los empleados, el absentismo y los paros por cambios de turno. A su vez, varias compañías han obtenido permisos para ir probando el camión sin conductor en diversos estados de los EEUU (figura 13, derecha); este país está tramitando una ley con apoyo de los dos principales partidos para homogeneizar y acelerar permisos de coches autónomos en prueba, que podrían alcanzar 100.000 al año.

Figura 13. Camiones sin conductor trabajando en las minas australianas y circulando por Nevada

Fuente: Google

Tipos de vehículos autónomos

La primera noción importante es la distinción de los vehículos autónomos en diferentes categorías, en función del grado de involucración de la persona transportada[27] (figura 14).

[26] McKinsey (2015). "The internet of things: Mapping the value beyond the hype".
[27] Esta clasificación fue propuesta por la *Society of Automotive Engineers.*

Figura 14. Tipología de vehículos autónomos

Fuente: SAE International; National Highway Traffic Safety Administration

Por otro lado, la combinación de la introducción de sensores de cámaras en los coches (algo que ya se ha producido, dotándoles de "ojos" con los que poder contemplar otros coches, semáforos, peatones…), y la tecnología LIDAR (que permite a un vehículo emitir rayos y recibirlos para tomar conciencia de los objetos que le rodean), más un sencillo radar, abre muchas posibilidades para la mejora continua de la automoción en un contexto de coches autónomos, ya que proporcionarán una información mucho más perfecta que la que puede captar los ojos y la mente humana[28].

En cualquier caso, como hemos visto, estamos aún lejos de que se desarrollen coches totalmente autónomos, debido a que la conducción requiere "sentido común" para reaccionar ante sucesos imprevistos, que en realidad se producen con mucha frecuencia. Como ya hemos analizado, un robot no tiene esa capacidad de reacción. Por ejemplo, un coche autónomo no sabría reaccionar ante otro vehículo que circula delante de él, en el que un conductor ebrio realiza maniobras extrañas. Otro ejemplo válido sería el mencionado anteriormente, de un cable de acero que acaba de soltarse. Un humano detendría su vehículo para evitar que el cable le golpee, un vehículo autónomo seguiría adelante, al no detectar ningún obstáculo delante. En palabras de una persona que había probado un coche autónomo "es como ir en un coche conducido por mi hijo de 18 años con el carnet recién estrenado".

También parece que la visión de un *grafitti* en una pared desconcierta profundamente al coche autónomo. Además hay que considerar el impacto psicológico, ya que si un conductor "normal" se cruza con un coche autónomo "vacío" podría asustarse y reaccionar de una forma no esperada, motivo por el que Ford introduce conductores "de pega" en sus coches autónomos para así no asustar a terceros. En el corto plazo sólo es concebible la irrupción de coches autónomos en entornos muy seguros y de baja velocidad, como pueden ser coches de golf autónomos, vehículos similares para facilitar el desplazamiento en grandes residencias de ancianos o incluso sillas de ruedas autónomas. Con todo, a largo plazo sí que es previsible una substitución total, lo que hará desparecer muchos puestos de trabajo, como en su momento desaparecieron los ascensoristas. Piénsese que, por ejemplo, para conseguir una licencia de taxi en Londres hacía falta memorizar completamente el callejero de una ciudad tan extensa. Hoy en día no es necesario gracias a los GPS y aplicaciones similares, por lo que la actividad pasa a ser más fácilmente automatizable.

Aplicaciones

Transporte de mercancías: en general, la mayoría de los estudios concuerdan en que la principal aplicación del vehículo autónomo será más el transporte de mercancías, área en la que los ahorros de costes pueden ser ingentes. Sin embargo, esto conlleva grandes problemas laborales. Así, sólo en los EEUU se calcula que hay unos tres millones de camioneros que, además, mantienen los sueldos más elevados entre posiciones sin titulación universitaria y generan mucho empleo indirecto[29]. Con todo,

[28] La excepción es la niebla que, por ahora, no es bien captada por estos sensores.
[29] Suponen un 2% del total de trabajadores y el principal empleo entre varones blancos, lo que presenta implicaciones políticas.

los ahorros de costes pueden ser enormes, tantos como la cantidad de dinero que EEUU emplea en pagar anualmente las pensiones, luego habría margen y recursos para aplicar políticas paliativas por la disrupción laboral. La filial de Uber, Otto, se especializa en camiones autónomos, que ya circulan y que han repartido, por ejemplo, cerveza en diferentes establecimientos.

Coche autónomo: hoy en día está teniendo lugar una enorme batalla entre Apple, Uber, Google[30] a través de su filial Waymo, General Motors-Lyft[31], Ford, Tesla y Daimler por liderar el mercado del vehículo autónomo. Previsiblemente, habrá pocos ganadores, y quizás se produzca el fenómeno de que el ganador se lleve todo el mercado. Las implicaciones son muy relevantes. Así, por ejemplo, hoy en día, Uber se valora en una cantidad entre 50.000 y 70.000 millones de dólares, con un modelo de licencia que no comprende la propiedad de los vehículos asociados con conductor. Si, por ejemplo, Apple fuera la primera empresa capaz de popularizar coches sin conductor para el transporte urbano a un coste competitivo (algo factible ya que el principal coste de Uber sigue siendo el conductor), la valoración de Uber podría evaporarse. Como veremos, la irrupción del coche autónomo puede representar importantes cambios en nuestras ciudades.

Impacto y conclusiones

Los principales beneficios de la adopción del vehículo autónomo serían:

- Reducción de la siniestralidad en un 90%[32], lo que abarataría las primas de seguros y los costes médicos
- Mejora de la productividad asociada a la capacidad de emplear el tiempo del transporte en el trabajo
- Reducción del volumen de compraventas de coches (de media un coche se usa un 3-5% de su vida útil, ya que la mayoría del tiempo está aparcado en un parking, en tanto que los vehículos en economía colaborativa tipo Uber se utilizan cerca de un 60%), lo que provocaría ahorros de costes
- Mayor eficiencia en los desplazamientos inteligentes de vehículos por el menor tráfico o la mejora de los estacionamientos
- Mayor amplitud de las ciudades al no ser necesarios tantos aparcamientos[33]
- Mayor movilidad para gente que hoy en día no puede conducir, como personas de movilidad reducida y ancianos
- Menor consumo energético

En general, las ventajas se han llegado a cuantificar en aproximadamente un 10% del PIB, la mitad por mejoras de productividad y la otra mitad por reducción de los costes sanitarios[34].

Las principales desventajas señaladas serían:

- Disrupción laboral (taxis, camiones, peritos de seguros[35], hospitales, talleres…[36]), aunque también se crearán nuevos trabajos asociados al tratamiento de los datos de los vehículos autónomos y sus servicios de mantenimiento o talleres, que deberá realizarse en el menor tiempo posible. La economía colaborativa aumentará sensiblemente el uso medio por coche utilizado
- Riesgos de seguridad cuando los coches estén interconectados, principalmente en el periodo de transición cuando coincidan vehículos autónomos y no autónomos
- Costes incrementales asociados a la conectividad (cámaras, gps…)
- Menor recaudación de los ayuntamientos al poder desaparecer los parkings de superficie y subterráneos
- Incertidumbre jurídica ¿quién es responsable de un accidente de un coche autónomo?

En cualquier caso, según los diferentes estudios las ventajas serán muy superiores a las desventajas. Habrá que prever la reacción psicológica. Así, por ejemplo, la ciudad de Nueva York introdujo metros autónomos hace un tiempo, y fueron reemplazados por seres humanos más

[30] Google paradójicamente es también inversor en Uber y Lyft. Google presenta su último prototipo de coche autónomo: https://www.theguardian.com/technology/video/2014/may/28/google-self-driving-car-spin-video
[31] Lyft es el principal competidor de Uber, su proyecto está apoyado por General Motors (accionista de referencia de Lyft), Tata y Jaguar.
[32] KPMG (2017) "The Chaotic Middle. The Autonomous Vehicle and Disruption in Automobile Insurance".
[33] Los parkings pueden representar un tercio del subsuelo de las ciudades.
[34] Por ejemplo, fallecen al año 40.000 personas en EEUU en accidente de tráfico, con un número muy superior de hospitalizados.
[35] Hay unos 300.000 sólo en EEUU dedicados a peritaje de siniestros de coches.
[36] El conjunto de sectores que viven de los accidentes de coches ha sido denominado en EEUU *The Crash Economy*.

adelante. Por último, hay que recordar que una cosa son las tecnologías y otra diferente su adopción, para lo que se precisa del marco regulatorio adecuado. En este caso, la disponibilidad de la tecnología 5G es importante para que los coches "hablen" entre sí y con las redes, y aprendan de los datos[37] para, por ejemplo, esquivar automáticamente el tráfico o para organizar convoyes que vayan engarzados, algo denominado *platooning*, lo que aumentaría la capacidad de transporte de las carreteras y la eficiencia energética.

Cabe destacar que, por una parte, la adopción avanza rápidamente debido la confluencia en el tiempo de una serie de factores clave:

- Avances claros en los coches eléctricos
- Progreso imparable de la capacidad de conectividad
- Mejora de la confianza en la conducción autónoma
- Crecimiento de preferencias por el servicio de movilidad diversa vs. la propiedad del vehículo[37]

Hay países más avanzados al respecto, como Alemania, Suecia o Corea, pero en cualquier caso no es previsible que la disrupción se acelere hasta antes de 2025. Un escenario de disrupción elevada implicaría que, en el año 2030, sólo el 15% de los nuevos vehículos serían completamente autónomos (aunque posteriormente alcanzaría el 50% con bastante celeridad, antes del 2035, y llegaría al 90% en 2040).[38] El mercado potencial podría alcanzar los siete billones de dólares. Como hemos visto, esta migración afectará primero al transporte de mercancías. Hace apenas siete años, en 2010 nadie hablaba de coches autónomos. En tan poco tiempo el panorama ha cambiado. La combinación de potentes algoritmos, sensores más baratos y capacidad de procesamiento acelerará el proceso.

1.4. *Blockchain, bitcoin* e *ICOs*

Blockchain

Blockchain no es más que un registro de transacciones descentralizado. Es una tecnología que surgió a raíz de la invención del *bitcoin* por una persona anónima que se autodenominó Satoshi Nakamoto. Presenta una naturaleza disruptiva que está redefiniendo el procesamiento de todo tipo de transacciones, desde propiedades inmobiliarias hasta donaciones de la ONU o recuentos de votos, mostrando un gran potencial de cambio en la forma de interactuar de todos los agentes. Se ha afirmado que *blockchain* puede ser la tecnología más disruptiva desde la aparición de internet, ya que podría permitir de una forma segura la ejecución de todo tipo de compraventas, y la movilización inmediata de pagos (lo que reduciría mucho los costes de transacción), así como la trazabilidad de todo tipo de información, como la identidad de las personas, los títulos educativos o la verificación de propietarios de una casa.

Simplificando mucho la definición, se trata de una tecnología que permite gestionar un registro descentralizado de transacciones de todo tipo, permite la llevanza de un libro mayor o bases de datos a través de internet, encriptado y generando confianza entre las partes, ya que se puede verificar cualquier información:

- No está gestionado ni custodiado por ninguna entidad ni pública (gobierno), ni privada (banco). Así pues, es un sistema descentralizado, algo valorado de manera creciente por las sociedades, que no perciben con excesivo agrado el papel central de gobiernos o instituciones financieras como gestores de aspectos básicos de la vida
- Registra todas las transacciones en bases de datos distribuidas entre sus participantes (de ahí que la información se pueda verificar fácilmente), prescindiendo de una base centralizada
- Cuenta con un grado elevado de transparencia y seguridad[39], por lo que resulta más fiable para las personas que no confían en los sistemas de gestión centralizada de registros

[37] Aquí se generará la incertidumbre de quién es el dueño de los datos, el fabricante del coche, el conductor pasivo o la aseguradora.
[38] McKinsey (2016) "Automotive Revolution – Perspective towards 2030"; Morgan Stanley (2013), "Autonomous Cars. Self-Driving the New Auto Industry Paradigm".
[39] El funcionamiento de *blockchain* consiste en que una transacción, por ejemplo, entre un comprador y un vendedor, se registra en un "bloque" junto con un código que determina el momento exacto. Dicha transacción se une a otras muchas hasta rellenar un tamaño determinado de información, momento en el que se cierra el "bloque". Este proceso requiere de un sistema de criptografía muy sofisticado que precisa profundos cálculos matemáticos para generar un *hash* que permite el cierre del bloque, que informa a todos los ordenadores conectados y garantiza que sea inmutable e inmodificable. Para calcular el *hash* se emplean muchos ordenadores conectados, algo que se denomina "mina", y los programadores que operan dichas minas, "mineros". Suelen establecerse en países en los que la energía es muy barata,

- Permite certificar en cada momento quién es el dueño de qué, alimentando el proceso con el consentimiento de todas las partes en cada una de las transacciones, e imposibilitando que nadie pueda modificar la información sin el conocimiento / aprobación de los demás. La seguridad se garantiza empleando un sistema criptográfico avanzado, matemáticas sofisticadas y una elevadísima potencia computacional[40]
- Permite eliminar intermediarios en los procesos, destacando la posibilidad de llevar a cabo los llamados *smart contracts*, mediante los cuales se generan y auto ejecutan contratos a través de un programa (algoritmo) que no requiere la participación en el proceso de los intervinientes. Los *smart contracts* pueden provocar enormes disrupciones en el sector legal, como veremos más adelante en el capítulo de los sectores

Aunque el potencial de la tecnología *blockchain* es enorme, su verdadera capacidad todavía no se ha probado a gran escala. Su aplicación más conocida es el procesamiento de transacciones asociadas a *bitcoin*, la moneda virtual más relevante a nivel global, que, dada su naturaleza anónima, puede también ser empleada con fines de blanqueo de capitales, lo que ha generado fuertes reacciones, como los cierres de mercados de *bitcoin* en China. En cualquier caso sigue habiendo un 20% de la población mundial –unos 1.500 millones de personas– sin acceso al sistema financiero. *Blockchain* podría cambiar radicalmente esta situación, y así facilitar la erradicación de la pobreza, que está íntimamente ligada a la falta de acceso a las finanzas. En compras sencillas como la de una entrada de cine, *blockchain* nos permitiría comprobar si la entrada que estoy comprando es auténtica, ya que se trazaría su proveniencia última, y el sistema permitiría intercambiar digitalmente el dinero y la entrada[41]. También permitiría realizar pagos internacionales en segundos y sin costes, aunque como hemos mencionado anteriormente, esta aplicación es aún incipiente. Por ejemplo, se ha señalado cómo *bitcoin* registra entre cinco y ocho transacciones por segundo, en tanto que las tarjetas de crédito procesan 10.000 veces esa cantidad…[42]. Por otro lado, esta tecnología carece aún de un marco legal y no se sabe si el día de mañana podrá presentar amenazas de seguridad.

En cualquier caso, su valía como tecnología disruptiva significativa está comúnmente aceptada entre los expertos, siendo simplemente una cuestión de tiempo que explote y confirme toda su potencialidad de manera impactante. Una aplicación evidente será la simplificación de las compraventas de activos financieros. Así por ejemplo hoy podemos ejecutar la compra de una acción en segundos. Sin embargo, la liquidación (entrega del código que te hace propietario de la acción a cambio del dinero) se realiza dos días después, algo que fuerza la inmovilización de enormes sumas de dinero y procesos muy complejos. Muchos bancos comerciales y también centrales están trabajando en consorcios para crear una divisa virtual, que se podría convertir uno a uno contra el dólar, y que permitiría reducir la liquidación a fracciones de segundo, generando importante ahorros y desmovilizando capital[43]. El mismo concepto se podría aplicar al pago de un cheque, ¿por qué es posible recibir un mail en un segundo y, sin embargo, tardamos días en

---

como Rusia o Venezuela. En el caso del *blockchain* asociado a *bitcoin* los mineros que obtienen un *hash* y cierran un bloque reciben como premio un *bitcoin*. Hoy en día, se crean unos 25 *bitcoins* cada diez minutos. Cuando se abre un nuevo bloque, se engancha al anterior a través de un nuevo *hash*, que recoge elementos del anterior, de forma que se forma una cadena y se genera un sistema que ofrece total inmutabilidad y trazabilidad. Al existir concordancia entre los diferentes *hashes* se verifica la autenticidad de la información. Si no se diera dicha concordancia, automáticamente saltaría una señal de alarma. El acceso a la información se realiza mediante una "llave" o código que permite a un usuario acceder a una información concreta y así validar, por ejemplo, una propiedad. Como cada bloque se sella en un momento concreto preciso, se garantiza que no puedan registrarse dos a la vez.

[40] No obstante, cabe matizar que la encriptación de *blockchain* puede no ser perfecta, y en el futuro se pueden plantear problemas de seguridad. De hecho, la moneda digital Ethereum, parece que ya ha sido sometida a ataques de piratas informáticos. *Blockchain* se experimenta normalmente en transacciones, en lugares denominados *Sand Box* (del inglés, por el sitio donde juegan los niños pequeños), y parece que han sido también atacadas… Por lo tanto, aunque *blockchain* tiene una elevadísima seguridad, ésta no es completamente perfecta.

[41] Otro ejemplo relevante de los beneficios prácticos de la trazabilidad que permite *blockchain*, sería poder evitar los diamantes de la sangre. Hoy en día, gracias a esto, un porcentaje muy elevado de los diamantes comercializados no proceden de la sangre.

[42] Goldman Sachs (2015), "What if I Told You…".

[43] También se está debatiendo mucho sobre la posibilidad de que los bancos centrales (BC) emitan una divisa virtual para uso generalizado por el público. Aunque tendría la ventaja de agilizar y abaratar los medios de pago entre agentes (que podrían tener cuentas directamente en los bancos centrales), impondrían un severo riesgo de liquidez en el sistema bancario (no tendrían depositarios, que se irían al BC por ser más seguro), de tal modo que cualquier préstamo que tuviera que dar tendría que ser financiado, muchas veces, por los bancos centrales. Y esto supondría que sería una autoridad pública, el banco central, el que finalmente decidiría la creación de dinero final del sistema (y no las fuerzas del mercado vía el sistema bancario). Esto sería muy peligroso para la eficiencia del sistema (en la antigua Unión Soviética se intentó, y el experimento terminó en un descontrol tremendo de la inflación, ya que el poder político terminó provocando elevaciones considerables de la liquidez en el sistema).

cobrar un cheque, si al final éste comprende cambiar unos dígitos en dos cuentas corrientes? El motivo es el sistema de liquidación, que proviene de tiempos arcaicos. *Blockchain* cambiará todo esto, aunque el proceso será gradual.

No entraremos a analizar en profundidad algunos factores clave de *blockchain*, como sus aplicaciones o impactos más relevantes. No obstante, a continuación intentamos aportar algunas ideas interesantes al respecto, para dar una idea de la magnitud de su importancia.

Aplicaciones	Impactos
▪ Compraventa de activos financieros y divisas ▪ Optimización en el uso de servidores o licencias de *software* en empresas ▪ Autentificación de identidad[44] ▪ Servicios de almacenamiento de datos en la nube ▪ Ejecución de contratos. Contratos inteligentes[45] ▪ Votaciones digitales y recuentos electorales ▪ Medios de pago: transferencias, tarjetas, remesas, etc. ▪ Registro de la propiedad inmobiliaria[46] ▪ Registros de historiales médicos ▪ Registro de datos asociados a mecanismo de *big data* ▪ Herramienta para facilitar la provisión de servicios públicos: reducir fraudes, evitar errores, reducir costes operativos, facilitar la recaudación de impuestos, gestión de identidades, distribución de prestaciones, llevanza de registros (propiedad inmobiliaria…)	▪ Mayor velocidad y reducción significativa de costes de las transacciones efectuadas por los clientes, por menor número de intermediarios, y mayor transparencia y seguridad, destacando los impactos en sectores como el financiero (medios de pago, intermediación bursátil), inmobiliario (compraventa de inmuebles) o energético (posibilidad de que una persona pueda comercializar su capacidad sobrante). Por ejemplo, un negocio como el de las apuestas podría desaparecer ▪ Reducción de costes operativos del sistema financiero, en ámbitos como el *back office* (gestión de fondos) o la evaluación de riesgos en concesión de créditos ▪ Mejora de la eficiencia de las empresas en la gestión de la cadena de suministros (optimización de procesos) ▪ Protección a la innovación dificultando la copia de patentes ▪ Inversión actual: 1.740 millones de dólares[47], 796 millones en 2016 ▪ Impacto económico: 176.000 millones de dólares en 2025 y 3,1 billones en 2030[48]

Bitcoin

Bitcoin es la moneda virtual más conocida del mundo, creada en 2008 como respuesta a la impresión masiva de dinero de los principales bancos centrales durante la crisis, que ha impregnado a la economía de un innegable riesgo inflacionario a medio plazo, y que justificaría la búsqueda de monedas refugio, fuera del control (y de los riesgos) de los bancos centrales. A pesar de esta coherente justificación conceptual, que le aporta sostenibilidad y elevado crecimiento potencial futuro, en la actualidad dista mucho de poder competir con las mayores divisas del mundo como medio de pago, siendo sus volúmenes infinitamente inferiores. En muchos casos, y gracias al anonimato garantizado que proporciona la tecnología *blockchain*, se utiliza la moneda como vía de evasión de impuestos y de blanqueo o evasión de capitales. Su uso es más habitual en países con sistemas de gobierno cuestionables, o mayor control de capitales. Además, la elevada volatilidad de su cotización y valoración, en territorio de burbuja, dificultan su uso generalizado como depósito de valor y medio de pago. Respecto a la volatilidad, cabe destacar que desde sus inicios, en que su valor era de medio dólar, el *bitcoin* ha ido ascendiendo hasta alcanzar, a comienzos de 2017, una cotización cercana a mil dólares, llegar a 3.000 en junio, bajar a 2.000 en julio, volver a subir hasta 5.000 al inicio de septiembre, y caer de nuevo al entorno de 3.000 a mediados de mes –especialmente tras la decisión de China de reducir sensiblemente la operativa de intermediación de *bitcoins* en mercados secundarios. Es interesante la correlación que existe del 96% entre el precio del *bitcoin* y las búsquedas en google. Como la oferta es finita (no se puede superar el número de 21 millones de *bitcoins*, tal y como ha sido

[44] Microsoft y Accenture crean un sistema de identificación para refugiados a través de *blockchain*: http://fortune.com/2017/06/19/id2020-blockchain-microsoft/

[45] Un contrato inteligente es un programa informático con un conjunto fijo de reglas que han sido acordadas por ambas partes en una transacción y que permiten su auto-ejecución. Por ejemplo, en una transacción de valores, puede tener acceso a una cadena de bloques que rastrea la propiedad de acciones y otra que controle la propiedad de efectivo. Eso le permite transferir acciones al comprador y dinero en efectivo al vendedor.

[46] El gobierno sueco ensaya con registro de transacciones inmobiliarias a través de esta tecnología y en cuanto se pruebe y ultimen los flecos para su éxito, se espera que en poco tiempo se traslade a otros países de la UE. También hay ensayos en Brasil, Ucrania y Georgia. Dubái espera implantar para 2020 el 100% de sus servicios gubernamentales y las transacciones a través de *blockchain*.

[47] *Financial Times* (2017). "Growing Skepticism Challenges the Blockchain Hype".

[48] Gartner, INC (2017). " Informe Gartner (consultora tecnológica)".

diseñado), la mayor demanda puede provocar precios irracionales. Por lo que respecta a la burbuja, muchas figuras relevantes de la economía han advertido de ello. La última fue Jamie Dimond, CEO de JP Morgan, que comentó a la prensa a mediados de septiembre de 2017, que *bitcoin* era un fraude sólo comparable a la burbuja de los bulbos de tulipán de los Países Bajos del siglo XVII, reconocida como la mayor de la historia. Aunque el ejercicio es muy complejo, algún analista ha intentado valorar el *bitcoin*, concluyendo, en general, que la burbuja es un hecho y que estaba sobrevalorado en un 264% (las valoraciones de su modelo BitVal se basan en la paridad de poder de compra y en el montante estimado de blanqueo de dinero en cada momento)[49].

El gran problema es el anonimato inherente a las criptodivisas, que puede facilitar actividades ilegales. Además, desde hace cientos de años los Estados han controlado el suministro de la moneda. El que aparezca una red paralela puede tener consecuencias imprevistas, otro motivo por el que China parece estar actuando contra el *bitcoin*. Así, por ejemplo, si la oferta es finita y la demanda sigue creciendo, puede generarse una burbuja. A medida que sube de precio el *bitcoin,* se deflacta el valor de los bienes que puede adquirir. La deflación puede ser muy peligrosa, como hemos visto en Japón, y las autoridades la combaten mediante la creación de dinero. Si se pierde este poder, y sólo existiese el *bitcoin,* podríamos acabar en una deflación en una situación como la crisis de 2007, evento no programable en un *software*. Además, dos terceras partes de los *bitcoins* se almacenan, no se utilizan, algo que puede ser pernicioso para una economía. En cualquier caso van apareciendo otras monedas parecidas, como puede ser el *etherum*, que utilizan también tecnología *blockchain*. Estos procesos acelerarán el poder pagar sin necesidad de utilizar tarjetas de crédito, proyecto en el que compiten Apple, BitPay o Pay Pal.

ICOs (*Initial Coin Offering*)

Las ICOs son métodos de financiación utilizados por los promotores de proyectos tecnológicos avanzados, asociados a plataformas *blockchain*. La peculiaridad de la inversión en este tipo de criptomonedas reside en que se compran *tokens* (fichas, vales,... de uso restringido), a cambio de fondos que financien la puesta en marcha de los proyectos mencionados. El *token* confiere a su poseedor un valor de uso de la plataforma creada, y puede aumentar su valor o porque la plataforma sea tan exitosa comercializándose que el valor de uso suba o porque, siendo exitosa, se exija a los clientes de la misma pagar en *tokens* o simplemente por especulación. Normalmente, estos procesos están poco regulados, y recuerdan algo al *boom* bursátil de internet al inicio del siglo XXI. Se sabía por entonces que internet tendría un gran impacto económico a futuro, pero no se tenía claridad de qué proyectos terminarían triunfando. Y de hecho, la mayoría fracasaron (confiriendo valor nulo a la inversión), y sólo unos pocos triunfaron realmente, eso sí, llevándose una parte muy importante del pastel, y generando elevadísimas ganancias bursátiles (Facebook, Amazon, Google…). En definitiva, los riesgos en este tipo de inversiones son realmente muy elevados y los escenarios, muy binarios (alta probabilidad de perderlo todo, baja probabilidad de ganar muchísimo), de ahí que se haya definido al ICO como "financiar la construcción de un casino a cambio de fichas que sólo puedes emplear jugando en dicho casino".

1.5. Impresión 3D y 4D

Impresión 3D

La industria de la impresión 3D está todavía muy lejos de alcanzar su madurez, pero muestra indicios de que puede allanar el camino para una nueva revolución industrial. Se basa en técnicas de fabricación para crear objetos imprimiendo capas de material basado en modelos digitales. Estas impresoras han utilizado tradicionalmente el plástico, pero ya se están desarrollando otros materiales, como metal y gel, que reducen los costes de producción, debido a ahorros de tiempo empleado de hasta siete veces. La principal disrupción consiste en que, con la impresión 3D, se pueden alterar las líneas de la cadena de suministro existente, lo que podría reducir la dependencia del *outsourcing* y de la mano de obra en países emergentes, y tener profundas consecuencias. Así pues, países como EEUU, China, Alemania (en su faceta de 3D en metales) o Singapur están invirtiendo fuertes sumas. Por ejemplo, hoy en día compramos una funda de

[49] *Financial Times* (2017). "How to Value Bitcoin with a Traditional Valuation Measure",

iPhone fabricada quizás en China a partir de plástico producido con petróleo árabe. En el futuro, podremos imprimir nuestra funda con un material de maíz cultivado en nuestro jardín[50].

Lo mismo ocurrirá cuando imprimamos unas zapatillas Nike… Nuestras casas se convertirán en fábricas y se producirá una enorme disrupción global. Este fenómeno "casero" se denomina *Consumer 3D*[51]. Además, el 3D puede permitir imprimir objetos dispares, como un corazón[52], comida[53], casas o repuestos para naves espaciales. Así, por ejemplo, un 5% de las 6.000 piezas que tienen los aviones 747 de Boeing, se fabrican mediante impresión en 3D, porcentaje que el fabricante quiere incrementar hasta el 50% para reducir el peso del avión y, por lo tanto, ahorrar miles de millones en consumo de energía. Por lo tanto, 3D también supondrá una menor dependencia de petróleo. Airbus está emulando estos pasos. Estos procesos industriales se denominan *professional 3D*. La gran duda reside en las patentes, ya que hoy en día existe información en webs públicas sobre cómo imprimir todo tipo de objetos, lo que podría infringir normativas sobre patentes.

Al igual que con *blockchain,* no pretendemos profundizar excesivamente en este apartado, sino tan sólo mostrar algunas de las principales aplicaciones e impactos más relevantes.

Aplicaciones	Impactos
▪ Producción manufacturera ▪ Componentes de coches, barcos, naves y aviones[54] ▪ Construcción[55] ▪ Industria plástica ▪ Ingeniería mecánica e industrial ▪ Farmacia y productos médicos (prótesis, impresión de órganos…)[56] ▪ Bienes de consumo ▪ Industria metalúrgica	▪ Aumento de la eficiencia (reducción de costes en proceso productivo) y aceleración de los ciclos de desarrollo de productos en las principales industrias afectadas ▪ Construcción: reducción de costes laborales y suministros, y por tanto, de precios. Mayor accesibilidad global a la vivienda ▪ Nuevas estrategias de producción: productos más fácilmente reparables y personalizados ▪ Reducción de inventarios, por la capacidad de producir de forma más rápida y personalizada ▪ Desarrollo sostenible por la reducción de la contaminación, al poder reutilizar materiales ▪ Impacto de mercado en 2016: 6.063 millones[57] de dólares. Esperado en 2025: 200.000 a 500.000[58] millones de dólares

Impresión 4D

Se está creando un nuevo nivel de desarrollo denominado impresión 4D, cuya cuarta dimensión es el tiempo. Gracias a la nanotecnología, permitirá imprimir objetos con materiales físicos y biológicos, que cambiarán de forma con autonomía y se auto ensamblarán, por su capacidad de memoria. Sus potenciales impactos serían[59]:

- Arquitectura*:* materiales impresos 4D en sistemas de techo y fachada automática, que reaccionan a la luz y el calor
- Biomedicina*:* resina para recrear médula ósea y fármacos que liberan la medicina ante el primer síntoma de infección
- Comercio y transporte: materiales que se puedan transportar con un volumen menor y por un estímulo específico cambien a su forma natural con un volumen mayor
- Infraestructura: propuesta de tuberías programables y adaptables

[50] Conferencia sobre IA en CFR: https://www.cfr.org/event/future-artificial-intelligence-robots-and-beyond-0
[51] Hoy en día se pueden adquirir impresoras de 3D caseras por menos de 500 euros.
[52] https://www.youtube.com/watch?v=pd3TFB0wOl0
[53] Proyecto impulsado por la NASA para poder alimentar a sus astronautas. Hoy ya se pueden imprimir pizzas gracias a este proyecto. A futuro, se podrían fabricar filetes sin matar cerdos…
[54] BMW ya ha producido 10.000 accesorios y le siguen marcas como Renault. La marina de los EEUU lo emplea para componentes de portaaviones, y la estación espacial internacional, para sus repuestos.
[55] Se han construido casas en 3D en menos de 24 horas: https://www.youtube.com/watch?v=GUdnrtnjT5Q
[56] La Universidad de Missouri o la Universidad Médica de Carolina del Sur, concluyen que "la impresión de órganos, o asistida a través de ordenadores capa por capa de la biología de los tejidos y órganos, es actualmente factible". https://www.researchgate.net/publication/5695608_Organ_printing_Promises_and_challenges
[57] Wohlers Associates (2017) "Informe Wohler 2017".
[58] McKinsey (2013). "Disruptive Technologies: Advances that Will Transform Life, Business, and the Global Economy".
[59] Skylar Tibbits: "El surgimiento de la impresión 4D" https://www.ted.com/talks/skylar_tibbits_the_emergence_of_4d_printing?language=es#t-39010

2. Impacto sectorial

Habiendo analizado con cierto detalle tres tecnologías disruptivas y considerado otras dos más (*blockchain* e impresión en tres y cuatro dimensiones), aventuramos en esta sección los previsibles impactos que dichas innovaciones podrían suponer para un serie de sectores, así como para el conjunto de la economía. Dada su mayor complejidad, hemos excluido el sector de banca comercial.

2.1. Seguros

El sector asegurador se verá intensamente afectado por diversas tecnologías, tanto en su rama de vida como en la de diversos. En **seguros de vida**, el desarrollo de la IA permitirá a través del reconocimiento facial optimizar los cálculos actuariales, de forma que se pueda precisar mucho la vida esperada de un posible cliente. Por ejemplo, una nueva empresa de los EEUU, Lapetus, considera que un simple *selfie* puede reemplazar gran parte del proceso médico / actuarial para calcular la esperanza de vida. Los clientes deben enviar por correo electrónico sus mejores autorretratos y los sistemas informáticos se ocupan del resto: escanear la imagen y analizar las miles de zonas diferenciadas de un rostro. No sólo buscan información básica como el género, sino también pistas sobre la rapidez con la que la persona está envejeciendo, su índice de masa corporal y si fuman o no. Pertrechados con esta información y alguna otra complementaria de los clientes, Lapetus cree que la predicción que realizan los sistemas sobre la esperanza de vida, es mucho más precisa que los métodos tradicionales. Además, todo este proceso dura tan sólo unos minutos.

En el **sector de diversos** las aplicaciones también pueden ser relevantes. La IA y el coche autónomo pueden ayudar a eliminar muchas de las tareas asociadas a la gestión de siniestros en **motor**, lo que permitirá reducir muchos puestos de trabajo, como hemos expuesto anteriormente. Por otro lado, si la irrupción del vehículo autónomo se traduce como se espera en un nivel de siniestralidad mucho más bajo y, además, supone una migración desde el poseer vehículos a alquilarlos en flota, todo hace prever que el sector de motor experimentará una intensa contracción desde su dimensión actual. Por otro lado, la IA debería contribuir a generar una importante reducción en el fraude asociado a dar partes falsos o incorrectos. En el **seguro agrícola**, se están generando aplicaciones como la de la nueva empresa Aeorobics, que permite mapear el terreno en 3D y controlar la salud de las plantas desde el aire. El uso de datos a gran escala, en combinación con tecnologías de mapeo, también puede usarse para analizar otros factores relevantes como el riesgo de inundación. Por último, el **seguro de salud** también podría experimentar importantes disrupciones si nos atenemos a los impactos que exponemos más abajo para el sector salud, principalmente por el impacto que tendrán los avances tecnológicos en la longevidad.

El sector seguros verá como su modelo de negocio tradicional puede ser reinventado por la tecnología *blockchain*. La certificación de la integridad de los datos analizados en los procesos y los nuevos productos que surgirán gracias a esta tecnología, serán los principales impactos. Los *smart contracts* agilizarán los procesos, debido a que si ocurriera algún evento contemplado en el contrato, se detonaría una acción pertinente, como pudiera ser un envío de información sensible, la transmisión de un activo, o la realización de un pago, todo ello sin la necesidad de intermediarios, y gracias a la naturaleza autónoma de este *software*. Los *smart contracts* permitirán generar seguros automáticamente ligándose sólo al tiempo que usamos un bien, lo que podría reducir bastante el volumen de negocio asegurador (piénsese en un coche, que se usa de media un 3%). Por último, internet puede agilizar al máximo la forma de subscribir primas y reclamar siniestros, como ha mostrado la aseguradora china Zhong An, que recientemente cotizó en bolsa con una valoración de 10.000 millones de dólares.

2.2. Gestión de activos y de patrimonios[60]

El sector de **gestión de activos** (fondos de inversión, de pensiones…) experimentará también una importante transformación. Hemos visto cómo en los últimos años se han popularizado fondos de gestión pasiva (ETF) que replican los índices a un coste muy reducido, y este segmento

[60] Es la única línea de negocio asociada a los servicios financieros que tratamos más en profundidad, ya que en este informe no nos ocupamos a nivel agregado del sector de la banca comercial. No obstante, cabe simplemente mencionar, que una serie de procesos se verán muy favorecidas por la inteligencia artificial (*machine learning*), como son la apertura de cuentas, la lucha contra el fraude y el blanqueo de capitales, la tarea continua del KYC ("Know Your Client", conocimiento de necesidades del cliente) y la gestión documental de la otorgación de créditos.

ha ido ganando cuota de mercado frente a la gestión activa tradicional. Desde hace tiempo irrumpieron estrategias cuantitativas para realizar gestiones activas pero con una intervención humana limitada[61], de hecho BlackRock despidió a más de treinta empleados de los principales fondos de gestión activa. Estas estrategias se han ido desarrollando más durante los últimos años con diferentes variantes[62]. Sin embargo, la adopción de la IA puede suponer un enorme revulsivo para la gestión cuantitativa. Por ejemplo, las técnicas de reconocimiento de imágenes a través de satélite pueden detectar volumen de actividad de contenedores en los puertos más empleados por los fabricantes de componentes de automóviles indios para, a partir de ahí, aprender relaciones entre número de contenedores observables y volumen de facturación esperada por el mercado en las compañías cotizadas, de forma que cuando se detecten variaciones en las imágenes, el motor puede comprar o vender acciones. Estas técnicas ya se han utilizado en el pasado para detectar volúmenes de facturación entre compañías de distribución de los EEUU tipo WalMart, en función de fotografías sobre los parkings de sus centros.

Las estrategias de inversión cuantitativa han aprovechado durante mucho tiempo dichos sistemas, cada vez más poderosos, para tratar de encontrar señales estadísticas de oportunidades rentables de inversión. Pero el *machine learning* va un paso más allá. En esencia, un algoritmo de *machine learning* es una herramienta dinámica que analiza un gran montante de datos (*big data*), como precios de acciones, patrones meteorológicos, transcripciones de presentaciones de resultados de compañías, comentarios en Facebook o búsquedas en Google, tratando de sacar un patrón de comportamiento que le permita realizar predicciones fiables (es el denominado *trading algorítmico*).

Un algoritmo de *machine learning* evolucionará y buscará automáticamente nuevos patrones, ajustándose a lo que mejor funcione en los mercados ese día, semana o año. Esto significa que los gestores de activos pueden utilizarlo como una herramienta para mejorar su proceso de inversión, tal vez mediante la detección de patrones indetectables por los seres humanos, o incluso para desarrollar estrategias y ejecutarlas por sí mismo basándose en el procesamiento masivo de datos.

Figura 15. Foto tomada en tiempo real en un puerto comercial

Fuente: Google

En **asesoramiento sobre inversiones**, se ha desarrollado la automatización mediante el uso de *robo advisors*, herramientas de gestión de inversiones que diseñan y gestionan autónomamente una cartera financiera de un inversor, normalmente vía asignación de capital entre diversos fondos de inversión perfilados por riesgos y activos. Los *robo advisors* estudian y aprenden la tolerancia al riesgo de cada cliente, procesan millones de datos de valoraciones relativas y, sobre eso, construyen carteras adecuadas para cada perfil; un tipo de trabajo que hasta ahora desempeñaban los seres humanos en los sectores de banca privada y banca personal, pero de una forma previsiblemente más barata y con menos errores y conflictos. La técnica no es nueva, pero capacidad computacional más potente significa que, quizás ahora, pueda aplicarse a los mercados financieros de manera más eficiente. La IA puede ayudar a encontrar patrones de comportamiento que un humano nunca vería. Y eso puede conferirle una ventaja importante.

[61] De hecho dichas estrategias fueron las causantes del *crash* bursátil de 1987.
[62] Smart Beta, Factor Investing, Trading Algorítmico…

2.3. Sector distribución

El sector distribución observará importantes cambios en sus redes de suministro (*supply chain*) a medida que en unos pocos años se popularicen los camiones autónomos. A nivel de cliente final, el uso de robots para ayudar a clientes a elegir productos e informarse sobre ellos ya se está experimentando. Hemos expuesto cómo hacia finales de 2015, Carrefour introdujo junto con una serie de marcas conocidas a Pepper, un robot humanoide de la japonesa SoftBank, en tres de sus tiendas francesas y otras dos españolas. Los siete robots enviados a cada una de las tiendas en Francia se dedicaron a las tareas de dar la bienvenida a los clientes, proporcionándoles entretenimiento ligero y ofreciéndoles consejos sobre descuentos, promociones y nuevos productos. La robótica en el sentido más amplio del término –que abarca no sólo robots humanoides, sino otros dispositivos que pueden realizar tareas hechas por personas– está a punto de convertirse en una parte esencial del negocio de distribución minorista. No pasará mucho tiempo antes de que los robots y los sistemas informáticos reemplacen a los seres humanos en la gestión del inventario, promoviendo productos, analizando las preferencias de los clientes, facilitando los pagos automáticos, organizando entregas y muchas otras tareas. De hecho, los almacenes de Amazon son un gigantesco campo de prueba: son robots Kiva (capaces de mover 750 kg. cada uno) los que manipulan la inmensa mayoría del inventario según se procesan los pedidos[63]. Amazon, además, ha puesto en marcha la iniciativa Amazon Go, o supermercados en los que no se pierde el tiempo en colas ni en pagar, mediante la utilización de sensores[64] y *deep learning*. Hoy en día, Amazon vale el doble que WalMart y quinientas veces lo que vale Sears. Es el mejor ejemplo de disrupción.

También relacionado con la distribución, un ejemplo también muy gráfico sería el de los camareros en restaurantes, de tal modo que existe un riesgo no desdeñable de que sus funciones sean sustituidas por una Tablet, a través de la cual podrían hacerse los pedidos (de hecho, ya funciona este sistema en algunos establecimientos). Por otro lado, un robot podría entregarlos. Y los efectos pueden ser muy significativos, por cuanto hay países (como España) en los que el número de restaurantes y camareros es realmente elevado. Para los países con fuerte dependencia económica del turismo, con un alto número de restaurantes, puede ser una fuente de optimización y aumento de rentabilidad de los establecimientos, pero también de tensionamiento social.

2.4. Sector legal

La profesión de la abogacía experimentará serias disrupciones a raíz de la automatización, y se ha estimado que casi un cuarto de los puestos de trabajo en el sector corren riesgo de ser automatizados[65]. La IA permitirá optimizar el trabajo ingente que supone el análisis de datos y documentación cuando se genera un caso, tanto en procesos internos como en procesos externos, es decir, lo que al tráfico jurídico se refiere.

En términos de procesos internos, la compañía Lexoo no automatiza el trabajo legal, pero recorta el dinero gastado por las compañías en bufetes de abogados tradicionales mediante el uso de datos y algoritmos que hacen coincidir las tarifas de abogados autónomos experimentados con el trabajo que necesitan muchas empresas medianas. LegalZoom es un asesor legal online que, además, permite generar automáticamente borradores de diversos tipos de contratos.

En EEUU, la *startup* Lex Machina cruza datos sobre sentencias judiciales para analizar los casos archivados y examinar aquéllos que han tenido éxito en el pasado, reemplazando el trabajo que normalmente realizan abogados, incluso de una mayor cualificación. En derecho fiscal, aplicaciones como TurboTax American, han permitido a casi 50 millones de americanos resolver sus dudas fiscales sin necesidad de pasar por un fiscalista.

En Berwin Leighton Paisner, una empresa del Reino Unido, el personal utiliza un sistema de IA cuando trabaja en ciertos litigios de la propiedad. El sistema fue desarrollado por RAVN, una *startup* que extrae los datos de los registros oficiales de la propiedad. El *software* permite usar estos detalles para realizar avisos legales a los propietarios reales de los bienes en casos de disputa sobre una propiedad. Mientras antes, los empleados más jóvenes podían tardar semanas en la tarea, el sistema de IA realiza el proceso en minutos. La tecnología de RAVN busca, en gran

[63] Enlace a video que muestra los robots automatizados en logística de Amazon: https://www.youtube.com/watch?v=UtBa9yVZBJM
[64] https://www.youtube.com/watch?v=NrmMk1Myrxc
[65] McKinsey, (2017). "A Future that Works: Automation, Employment, and Productivity".

medida, datos no estructurados para obtener y resumir información muy específica. El sector jurídico es un cliente perfecto porque es intensivo en búsqueda y procesamiento de documentos.

Por otro lado, en ámbitos de procesos externos, los *smart contracts* presentan un gran potencial en lo que a contratación internacional se refiere[66]. Sus códigos informáticos permitirán la articulación automatizada de las diferentes fases de contratos complejos, en base a criterios objetivos previamente acordados por las partes. Estos están llamados a convertirse en sistemas de auto ejecución e, incluso, de resolución de cuestiones vinculadas a dicha ejecución de forma automatizada. Por ejemplo, si alguien se compra un coche por *blockchain* y se pactan unos plazos de pago, si el comprador incumple con las cuotas acordadas, automáticamente el coche dejará de funcionar… ya no hace falta un abogado ni un juez para la ejecución de un contrato, y esto tendrá efectos disruptivos en el sector. En el futuro muchos abogados deberán tener una formación asociada a la ingeniería, algo que ya está ocurriendo en el derecho de patentes (donde existe el "ingeniero abogado"). Por otro lado, esta tecnología que está detrás de *blockchain* también se espera que sustituya el actual sistema de firma electrónica debido a su incremento de fiabilidad y reducción de costes.

Finalmente, las consecuencias disruptivas de *blockchain* afectarán no sólo a los despachos de abogados, sino al funcionamiento del sistema jurídico en toda su extensión. Un sistema descentralizado implica no estar sometido a una jurisdicción concreta, lo que puede abrir enormes interrogantes legales sobre qué legislación aplicar. Además, dicho sistema descentralizado podrá permitir que muchas empresas descentralicen, mediante *outsourcing,* muchos departamentos… Por otro lado, *blockchain* puede generar una figura jurídica que empieza a debatirse en el Parlamento Europeo, la "personalidad jurídica electrónica", sujeta a deberes y derechos… incluso puede haber robots protegidos con esta figura y sin propietarios…[67]

En el derecho de patentes, la revolución asociada a la IA está siendo completa. Se calcula que más de tres cuartas partes de los litigios sobre la materia son resueltos por algoritmos, muchos de ellos a través de eBay[68]. Los algoritmos son capaces de procesar muchos más datos de disputas similares de cara a producir decisiones lo más justas posibles. Su uso para otras disciplinas no ha hecho más que empezar, lo que afecta al arbitraje y en última instancia, a la judicatura.

En la realidad, por supuesto, existen habilidades de muchos abogados cualificados que difícilmente podrán ser reemplazadas por la IA, tales como las relacionadas con el criterio, es decir, cuando el toque humano es imprescindible para tratar de anticipar la reacción de un jurado. No obstante, las tareas más vinculadas al procesamiento de información y a la interpretación de algunos documentos sí tienen un elevado potencial de automatización. Por ello, se ha producido un notable montante de transacciones asociadas a tecnología de IA en el sector legal durante los últimos años.

2.5. Sector de la salud

El análisis y procesamiento de complejos y cuantiosos datos médicos convierten también a este sector en uno de los más afectados por la introducción de la AI, del IoT y del *blockchain.*

En conjunto, el IoT y específicamente el *Internet of me* podrán acceder constantemente a datos gracias a los diferentes dispositivos (*wearables),* como pueden ser el reloj iWatch y una camiseta que reacciona frente a los primeros síntomas de ataque al corazón. Otro ejemplo, ya en marcha, es la atención a las personas diabéticas, de tal modo que un pequeño aparato mide la cantidad de azúcar en la sangre, de manera que, según el nivel observado, o bien directamente marca una recomendación del tipo "beber dos vasos de agua", "caminar un kilómetro"… o bien permite ponerse en contacto con un centro médico si observa una cierta gravedad. El *blockchain* procesará y analizará de manera más eficiente esta ingente cantidad de datos, proporcionando la facilidad de que todos los hospitales del mundo puedan acceder a estas bases descentralizadas, y lean una cadena (historial médico) al instante, conociendo desde los riesgos sanguíneos hasta las alergias. En el caso de la IA, el principal reto será en ámbitos de prevención y de investigación. Además, como hemos visto, la irrupción del vehículo autónomo podría suponer una importante reducción de gastos médicos debido al previsible menor número de

[66] JP Morgan COIN - *software* que escanea e interpreta contratos en préstamos comerciales - consigue en unos pocos segundos lo que normalmente implicaría 360.000 horas.
[67] Aquí cabe reseñar que en algún momento se intensificará el debate sobre si los propietarios de los robots deben tributar por ellos, cotizando a la Seguridad Social,…
[68] Plataforma a través de la cual se procesan automáticamente unos 60 millones de litigios al año.

accidentes, lo que provocaría una reducción del sector, aunque no muy traumática, ya que tan sólo un 1,5% de la actividad hospitalaria se debe a accidentes de motor.

Por ejemplo, el sistema Babylon Health, disponible en móviles, pretende ser más que un chequeador inicial de síntomas médicos. Su equipo de cien investigadores de IA no se limita a crear un léxico de enfermedades: trata de crear el mayor repositorio de conocimientos médicos del mundo, un médico virtual que puede seleccionar, diagnosticar e incluso tratar a través del teléfono. La compañía espera que la nueva versión de la aplicación se convierta en el primer robot certificado clínicamente por la Agencia Reguladora de Medicamentos y Productos Sanitarios del Reino Unido para proporcionar diagnósticos médicos. La diagnosis de Babylon se basa en miles de millones de datos recogidos de las miles de consultas que ha realizado cada día desde su lanzamiento, número infinitamente mayor a las realizadas por un médico corriente. Además, la compañía afirma que estos diagnósticos tienen un 92% de precisión. La implantación de este tipo de *apps* en países con capas de población sin acceso a medicina básica puede resultar prometedor.

Una de las partes más tecnológicas de la casa del futuro será el inodoro, que recogerá muestras de orina tres veces al día y podrá detectar con mucha antelación cualquier anomalía. Será muy útil, en especial, para la detección temprana del cáncer. Por ejemplo, Steve Jobs quizás no hubiera muerto de cáncer de hígado de haber tenido un inodoro así. Por otro lado, se están desarrollando nanorobots, que serán capaces de detectar células tumorales circulantes y así poder actuar y prevenir el desarrollo potencial de un tumor, lo que podrá paliar el desarrollo de enfermedades a las que podemos estar más predestinados por nuestro ADN.

Se espera también que en los próximos años haya avances notables en lo que a longevidad se refiere. Se están desarrollando mecanismos que expliquen los procesos oxidativos que afectan al ciclo celular, claves para entender el envejecimiento y la muerte celular. Una vez que la tecnología lo permita, no es ciencia ficción pensar en un control sobre la longevidad e incluso detener el envejecimiento. La diferencia cromosómica del ser humano con el chimpancé es solo de un 1%, mientras que existe gran diferencia en la longevidad e inteligencia entre ambos. Por lo tanto, mediante el ADN, quizás podríamos ser capaces de lograr periodos de vida mucho mayores. Incluso hay expertos que no descartan, en un futuro lejano, llegar a la inmortalidad.

Otro gran reto de la biotecnología será avanzar en la memoria y los sueños. El cerebro humano y el Universo son considerados los grandes desconocidos de la ciencia y se investiga cómo pervivir en el tiempo, de alguna forma, a través de ellos. No estamos lejos de poder grabar los sueños mediante técnicas de imagen y, gracias a un *software* informático, convertirlos y grabarlos en sistemas reproducibles.

En 2016, la Administración de Alimentos y Medicamentos de los EEUU aprobó 36 aplicaciones y dispositivos de salud conectados, desde monitores de función pulmonar móviles hasta pruebas de glucosa en sangre, que proporcionan asesoramiento médico a los consumidores. La transformación gradual de un *smartphone* en un doctor causará un cambio tectónico en la infraestructura de la salud tal y como la conocemos, según palabras del director de información clínica del sistema público sanitario de reino Unido (NHS), Keith McNeil. Según él, dentro de cinco años, los teléfonos inteligentes –o cualquier dispositivo que utilicemos para acceder a la información– aliviarán la carga de trabajo del limitado número de especialistas humanos accesibles, así como el coste público asociado a su menor uso. Por lo tanto, se automatizará y perfeccionará la diagnosis. Obviamente en la fase final intervendrá un especialista, pero serán necesarios muchos menos. El desarrollo de este tipo de instrumentos podría reducir mucho el gasto público. Además, hemos visto prometedoras iniciativas de impresión de órganos vitales en 3D.

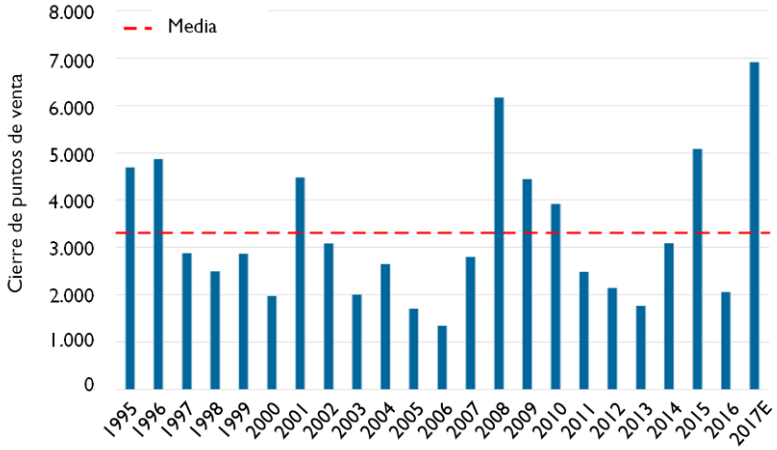
La parte negativa de implantar estos sistemas es la incertidumbre que aún existe respecto a la protección garantizada de nuestra privacidad e intimidad. Nuestros registros de salud albergan algunos de los detalles más sensibles acerca de nosotros, desde el abuso de alcohol o drogas a las enfermedades de transmisión sexual o detalles de abortos –datos que nunca queremos revelar a empleadores, amigos o incluso miembros de la familia. Más importante aún, este conjunto de datos es permanente. No se puede cambiar, como una contraseña o un número de tarjeta de crédito. Por todo ello, garantizar sistemas de seguridad fiables de verdad será una variable crítica para el éxito de su implantación más generalizada.

2.6. Sector inmobiliario

Otro sector en el que podría haber derivadas significativas por la adopción generalizada del vehículo autónomo sería el inmobiliario. Por una parte, podría fomentar residir en viviendas más alejadas de los centros urbanos, por cuanto la experiencia diaria del transporte no sería tan molesta teóricamente; mucha gente podría estar dispuesta a perder más tiempo en los traslados si estos permiten descansar en mayor medida, o aprovechar el tiempo avanzando trabajo. Por otro lado, la optimización del tiempo de uso de los vehículos autónomos, que estarían casi todo el tiempo circulando, podría liberar mucho espacio de estacionamiento necesario en las ciudades, lo que podría tener consecuencias inmobiliarias reseñables, como la caída de valor de los estacionamientos o su posible reutilización para otros usos: actividades comerciales, ocio, etc.

La irrupción del comercio electrónico ya está suponiendo el cierre de locales comerciales, y esta tendencia se agudizará. En el futuro, las marcas primarán locales *flagship*, como las tiendas de Apple en el centro de las grandes ciudades, y cada vez más las ventas se canalizarán electrónicamente. En EEUU y la región de Asia del Pacífico ya es así en un 20% y 38% respectivamente, del total del consumo, proceso que está provocando un importante impacto en el segmento *retail* inmobiliario, y eso a pesar de que no hay recesión, tal y como muestra el siguiente gráfico:

Figura 16. Cierres de puntos de venta minorista en EEUU



Fuente: Kleiner Perkins (2017). "Internet Trends 2017"

Sin embargo, el mismo desarrollo del comercio electrónico, aunque reducirá el número de puntos de venta físicos, incrementará la necesidad de centros logísticos (para el almacenaje y transporte de los bienes hacia los clientes).

La tecnología *blockchain* también tendrá su impacto en el sector. Así, cuando consigamos contabilizar o registrar todos los inmuebles del mundo con un sistema de *blockchain*, red descentralizada, cualquiera podrá conocer quiénes han sido los propietarios anteriores de un edificio y en qué precios se ha comprado y vendido en transacciones pasadas. Sabremos a qué empresas se ha alquilado un determinado inmueble y dispondremos de un histórico con los precios de arrendamiento, por lo que la oferta y la demanda del mercado del alquiler se unirán más fácilmente sin necesidad de intermediarios como Airbnb. El *blockchain* inmobiliario, además de registrar los activos, permite realizar transacciones y transferencias de activos de manera completamente segura e instantánea mediante los contratos inteligentes, por lo tanto se va a producir una explosión de eficiencia ya que se reducirán considerablemente los aspectos burocráticos y no tendrá razón de ser el pago de las comisiones de intermediación. Actualmente, los portales, tanto en primario como en terciario (oficinas, locales y naves industriales), aportan una solución parcial al problema de la transparencia. *Blokchain* revolucionará las plataformas y *marketplaces*[69] en las que observar el producto y las personas, será totalmente gratuito y con una transparencia absoluta. Se conocerá desde información sobre inquilinos y propietarios, hasta vencimiento de arrendamiento.

[69] Plataformas en internet que ponen en contacto a compradores y vendedores.

El gobierno sueco ensaya con un registro de transacciones inmobiliarias a través de esta tecnología y en cuanto se prueben y ultimen los flecos para su éxito, se espera que en poco tiempo se traslade a otros países de la UE. También hay ensayos en Brasil, Ucrania y Georgia. Dubai espera implantar para 2020 el 100% de sus servicios gubernamentales y transacciones a través de *blockchain*.

El IoT también tendrá un impacto en el mantenimiento preventivo del sector inmobiliario, cuyo coste ha sido tradicionalmente muy elevado. Con IoT se podrán instalar sensores inteligentes conectados a la red que puedan desde analizar el estado de los activos hasta predecir catástrofes. Las oficinas están muchas veces sujetas a normativas que les obligan reducir las facturas energéticas. IoT permite tomar datos y diagnosticar en tiempo real el rendimiento energético de un edificio, haciendo así una gestión inteligente de los suministros. También permitirá abaratar y mejorar muy significativamente la seguridad, uno de los mayores gastos en la gestión de inmuebles. Finalmente, también referido al IoT, los *smartphones* junto con las *apps* idóneas, permitirán a los propietarios de los edificios disfrutar de una información valiosísima (qué uso hacen los usuarios del edificio, cuánto tiempo están en sus puestos y en las salas de reuniones…).

Por último, se plantea el futuro del agente inmobiliario. No son raras las ocasiones en las que el papel del agente del demandante se reduce a guiarle hasta la vivienda o el edificio, y en las que la función del agente del ofertante se limita a indicar dónde están las diferentes estancias, habitaciones, accesos, etc. A través de cualquier dispositivo móvil, y gracias a la ubicación, los *beacons* realizan labores de guía en un aeropuerto, un centro comercial o una vivienda. A través de los *beacons* no hace falta que ningún agente inmobiliario acompañe a un cliente a enseñarle un inmueble. El desarrollo de la realidad virtual presentará muchas más implicaciones de automatización y de reducción de personal en este subsector. Por ejemplo, hay promotoras que ya utilizan cascos de realidad virtual para que futuros clientes puedan ver cómo será su casa en tres dimensiones hasta el último detalle.

Se espera que la impresión 3D revolucione el sector de la construcción, ya que reduciría costes laborales y en la cadena de suministros. La empresa Apis Cor ha fabricado una casa en menos de 24 horas con un precio aproximado de 10.000 dólares, por lo que cuando esta tecnología se asiente, se espera que los precios de la vivienda bajen, proporcionando mayor accesibilidad global[70].

2.7. Sector transporte

La irrupción del vehículo autónomo y eléctrico tendrá un impacto muy relevante en el **sector de transporte**, tal y como hemos visto. La producción de coches eléctricos observará una importante reducción de costes debido a las menores horas de fabricación y piezas empleadas, respecto a los coches de carburantes tradicionales. De media, empleamos el coche menos de una hora, de las veinticuatro que tiene un día. Un sistema de economía colaborativa con coches autónomos debería ser capaz de ofrecer soluciones de transporte mucho más seguras y baratas, en parte debido a la mayor eficiencia en el uso del vehículo. De aquí se deduce que podría reducirse la demanda de coches. En EEUU ya se ha comenzado a notar la caída en la venta de coches a medida que se ha popularizado Uber, y eso a pesar de la bonanza del consumo y del mercado laboral. Este factor será muy importante para el sector, lo que presenta importantes interrogantes sociales, dada su intensidad en el uso de mano de obra. Por otro lado, el desarrollo de la tecnología Hyperloop, que permite el desplazamiento de personas y mercancías a unos 1.200 kms. por hora a través de tubos al vacío, puede resultar totalmente disruptiva para el sector. Hyperloop ha estado en fase de pruebas en EEUU y comenzará su implementación en Dubai[71].

2.8. Sectores de medios, defensa y auditoría

Sector de medios y de ocio: hemos visto cómo diversas crónicas periodísticas son escritas directamente por robots. AP por ejemplo automatizó la redacción de artículos sobre resultados de compañías, lo que permitió multiplicar por quince su producción de artículos. Mientras, la publicidad se ha concentrado en los gigantes online que manejan datos. Hoy en día, Facebook o Google valen cada una veinte veces lo que la principal cadena de televisión de los EEUU, CBS, otro ejemplo de cómo la disrupción ha afectado al sector que vive de la publicidad. Por otro lado, la popularización del vehículo autónomo y la mejora de la productividad quizás nos permitan trabajar menos horas. Keynes predijo hace cien años que en los albores del siglo XXI

[70] Apis Cor construye casas en 3D en menos de 24 horas: https://www.youtube.com/watch?v=GUdnrtnjT5Q
[71] https://www.youtube.com/watch?v=O_FyOBCVGWE

trabajaríamos 15 horas a la semana. Aunque la dirección era correcta, tal y como se indica en la figura 7 de la Introducción, se equivocó en la cantidad, pero quizás estemos más cerca de reducir jornadas por la eficiencia. En cualquier caso, tendremos más tiempo para el ocio, lo que debería beneficiar al sector. Mediante la liberación de 75 millones de horas de tiempo de conducción o 6-7 horas por semana por conductor, se estima que el consumo total de los medios podría aumentar materialmente. De aquí el esfuerzo de las grandes compañías como Netflix, HBO o Disney en integrarse verticalmente conscientes de la sustitución de la televisión por internet.

El **sector defensa** centra sus investigaciones en la IA, aplicable a la ciberguerra, pero también al vehículo autónomo. Así, las funciones logísticas de los ejércitos cambiarán a medida que se popularicen los camiones autónomos, que podrán llevar suministros a zonas de combate limitando los riesgos de vidas durante el itinerario. Por otro lado, la empresa que desarrolló la aspiradora robot Rumba, iRobot, también desarrolló PackBot, un pequeño robot que asiste a los marines, y que se puede enviar al frente a explorar zonas peligrosas, recoger objetos y desactivar bombas caseras. Se emplearon unos 4.000 en Afganistán y el ejército francés ha comenzado también a utilizarlos. Por último, la utilización de drones por parte de la fuerza aérea y el servicio de inteligencia es ya muy avanzado.

Figura 17. Robot de asistencia militar y de defensa PackBot

Fuente: Google

Respecto al **sector de auditoría**, entre los meticulosos trabajos de los auditores *junior* está el comprobar una parte del inventario de una fábrica con papel y lápiz para, a partir de ahí, realizar extrapolaciones. Por ello, las grandes auditorías están desarrollando nuevas tecnologías, con el objeto de realizar estas labores de manera más eficiente y sobre una cantidad mucho mayor de datos tratados por algoritmos (por ejemplo el sistema Halo de PwC). Ya están implementando el reconocimiento de imágenes a través de drones para contabilizar, y no solo eso, están aplicando la IA para identificar y pronosticar patrones complejos e identificar posibles anomalías. Además, el uso de drones permitirá a las auditoras acceder a información sobre inventarios mucho más precisa. Sin embargo, la verdadera amenaza en lo que a puestos de trabajo se refiere es *blockchain,* ya que registrará todas las transacciones automatizando todo el proceso de producción y venta, facilitando así enormemente el proceso auditor de cuentas. Eso sí, todos sus *stakeholders*[72] deberán operar con esta tecnología, para que quede totalmente automatizado el proceso de manera real. En conjunto, la conjunción de la IA y los datos permitirá realizar modelos predictivos y retrospectivos, así como detectar cualquier incongruencia en estados financieros.

[72] Expresión inglesa que hace referencia a todas las partes interesadas en una empresa u organización, empleados, accionistas, clientes, proveedores, etc.

3. Impactos económicos y sociales de la disrupción tecnológica

Recientemente, la prensa señalaba cómo Japón –afectado por la deflación crónica aunque comenzando a ver la luz al final del túnel– había observado que, a la hora de estabilizar precios, la popularización de Amazon estaba resultando en una guerra de descuentos que volvía a ensombrecer la evolución de los precios. Esto nos plantea un ejemplo sencillo de cómo la disrupción tecnológica está afectando a variables económicas muy relevantes para la política monetaria.

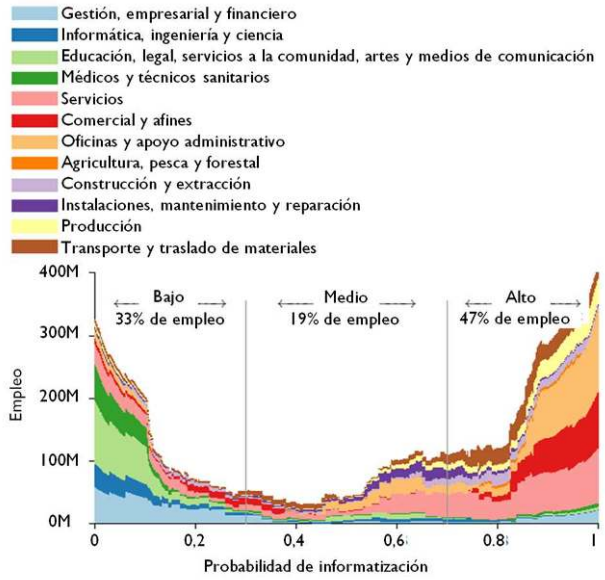
Son quizás tres los principales aspectos ligados a la disrupción tecnológica, la economía y la sociedad: la desaparición de trabajos y creación de nuevos puestos, el crecimiento de la productividad, el impacto en la educación y el impacto en la desigualdad. Analicemos cada uno de ellos.

3.1. Desaparición de trabajos

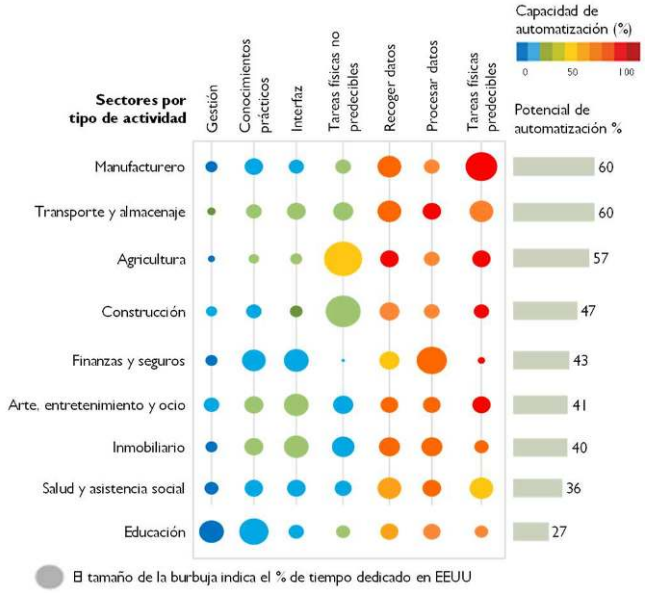
Dice Voltaire que el trabajo nos salva de los tres males mayores: el aburrimiento, el vicio y la necesidad. Hemos expuesto cómo hoy en día existen tres millones de puestos de trabajo de camioneros en EEUU. Es la profesión más importante entre los varones. Si se populariza el camión autónomo, estos trabajos pueden desaparecer. Las implicaciones son muy profundas. Como hemos visto anteriormente, la irrupción del dispensador de gasolina automático supuso la desaparición del puesto de trabajo tradicional del gasolinero. Sin embargo, muchos se reconvirtieron en dependientes de estaciones de servicio. La clave, por lo tanto, es entender el reciclaje masivo de trabajos que se producirá. En cualquier caso, no estamos ante un reto nuevo. Así, por ejemplo, en 1900 el 40% de la población de los EEUU se empleaba en agricultura vs. el 2% hoy en día y, sin embargo, el paro a fecha de hoy (2017) se sitúa en mínimos históricos. Con todo, el sector tecnológico, que representa aproximadamente un 10% del PIB, tan sólo emplea un 5% de los trabajadores.

Los trabajos más susceptibles de ser automatizados, que son aquellos en los que más de un 70% de la jornada laboral se basa en tareas repetitivas y previsibles, correrán mayor peligro, y esto afecta tanto a puestos de oficina como a trabajos manuales (figura 18). De hecho el sector manufacturero de los EEUU ha destruido unos 5,6 millones de puestos a principios de este siglo, en su mayor parte por las innovaciones tecnológicas, lo que facilitó los movimientos populistas.

Figura 18. Probabilidad de automatización de empleos por sectores



Fuente: Carl Benedikt Frey y Michael A. Osborne (2013). "The Future of Employment: How Susceptible Are Jobs to Computerisation?"



Fuente: McKinsey (2017). "A Future that Works: Automation, Employment and Productivity"

El porcentaje del número de puestos en peligro es objeto de debate. Las hipótesis más agresivas hablan de un 47%[73], y otras más conservadoras (OCDE), de un 9%. En cualquier caso estamos

[73] Carl Benedikt Frey y Michael A. Osborne (2013). "The Future of Employment: How Susceptible are Jobs to Computerisation?".

hablando de decenas de millones de trabajos, y en general el riesgo será mayor entre la gente con menor nivel educativo, en donde los porcentajes de desaparición serán mayores (las estimaciones más conservadores hablan de la desaparición de una quinta parte de estos trabajos), lo que abre enormes consideraciones sociales. Así, por ejemplo, el MIT estudió el impacto de la destrucción de empleo en pequeños talleres en el sudeste asiático a raíz de la irrupción de productos fabriles chinos, que supuso la desaparición de aproximadamente un 15% del total de trabajos en otros países afectados. Las conclusiones fueron mayores tasas de temporalidad, pobreza, suicidio y alcoholismo, algo que también se ha observado en ciertas zonas de los EEUU en las que se ha destruido mucho trabajo industrial.

Por otro lado, como de media un 30% de un trabajo normal contiene tareas automatizables, conviene hablar no sólo de desaparición y creación de trabajos, sino de transformación. Haremos cosas distintas y más divertidas. Todo este proceso será gradual, y la clave consiste en adaptarse a dicha gradualidad.

Mientras la tecnología es parcialmente responsable del estancamiento de los salarios de la clase media, cuyo poder negociador disminuye como empleados conforme mejora la tecnología que podría sustituirles, ha causado un mayor daño entre la población laboral menos cualificada que entre la más preparada, ya que sustituye más fácilmente las tareas de los primeros. En cualquier caso, la automatización ha mejorado indudablemente la calidad de vida en general: los índices de alfabetismo han subido, la esperanza de vida ha aumentado y los ratios de criminología se han reducido. Como Matt Ridley detalla en su libro *The Rational Optimist*, en 1900 el estadounidense medio gastaba el 76% de su renta en alimentación, ropa y vivienda (gasto básico), mientras que este porcentaje se ha reducido a menos de la mitad (el 37%) en nuestros días. Adquirir un coche "Modelo T" en 1908 requería trabajar 4.700 horas, mientras que a día de hoy, una persona puede comprarse un coche infinitamente mejor trabajando un 70% menos (1.400 horas).

Con todo, el imparable avance tecnológico se verá acompañado por la creación de nuevos puestos de trabajo directamente, en ámbitos como el desarrollo y la supervisión de la AI. De hecho, el CEA[74] ha identificado cuatro categorías de empleos que podrían experimentar un crecimiento directo impulsado por la IA en el futuro:

- Las que impliquen que los seres humanos se involucren con las tecnologías de IA existentes
- Las que desarrollen nuevas tecnologías de IA
- Las que supervisen las tecnologías de IA
- Las que faciliten cambios sociales que acompañen a las nuevas tecnologías de IA

Los límites actuales en la destreza manual de los robots y las restricciones asociadas a inteligencia generativa y creatividad de la IA, probablemente implicarán que prosperará el empleo que requiere destreza manual, creatividad, inteligencia e interacción social, y conocimiento general. Por dar un ejemplo sencillo, cuando aparecieron las hojas de cálculo se predijo que los contables iban a desaparecer. Sin embargo, simplemente cambió su función, pasaron de registrar asientos contables a analizar la información que proporcionaban las hojas de cálculo para, a partir de ahí, tomar decisiones. El trabajo se transformó y se hizo más interesante.

Además, durante siglos, la economía estadounidense se ha adaptado y evolucionado con la tecnología. Muchos trabajos que existieron hace 150 años no existen hoy, y otros, que nadie podría haber imaginado entonces, han tomado su lugar. Como hemos visto, en la actualidad, gracias en gran parte al cambio tecnológico, la agricultura emplea menos del 2% de los trabajadores estadounidenses, frente a cerca del 40% en 1900 o por encima del 60% en 1840 (figura 4). Y sin embargo, la producción de alimentos de los EEUU supera la demanda interna. En este caso, las innovaciones tecnológicas, desde las cosechadoras McCormick hasta los actuales tractores autónomos, aumentaron la productividad del sector agrícola y contribuyeron a aumentar el nivel de vida. El sector industrial acaparaba en 1950 el 25% del empleo frente a menos del 10% actual (ver figura 4 en la Introducción). En cualquier caso, hoy en día no basta con analizar las estadísticas de desempleo. Tenemos que fijarnos en la gente que ha dejado de buscar trabajo por desmoralización, así como aquellos que trabajan en empleos no deseados o los que trabajan a tiempo parcial, pero desean trabajar a tiempo completo.

Las dos mayores incógnitas a analizar son, a) ¿se crearán nuevos trabajos en una proporción igual a los trabajos destruidos?, y b) ¿será la velocidad de destrucción igual a la velocidad de creación?

[74] White House Council of Economic Advisers.

Nuestra impresión es que la respuesta a la primera pregunta será sí. Por dar un dato, hemos visto cómo el comercio electrónico está provocando el cierre de numerosas tiendas en EEUU. Sin embargo, en agregado, se han creado 400.000 trabajos en comercio electrónico, y se han destruido 200.000 puestos en tiendas. Sobre la segunda pregunta, nuestra impresión es que la respuesta es no, por lo que estaremos ante el paro tecnológico durante un tiempo, como ya avanzó Keynes. Así, siguiendo el ejemplo, en comercio electrónico se requiere un empleado para generar un millón de ventas, en tanto que en el sector tradicional de distribución (tiendas y grandes almacenes) se requieren entre 5 y 10 empleados. Por lo tanto, lo peor puede estar por llegar. Mientras se crearán miles de empleos en áreas como seguridad del IoT, programadores (la programación debería ser asignatura troncal en colegios), controladores de robots… de ahí que la educación resulte fundamental.

Ante las incertidumbres asociadas al "paro tecnológico", mucho se ha escrito últimamente respecto a una posible medida mitigante del riesgo para amplias capas poblacionales: la instauración de la denominada renta básica universal (el pago de una renta mínima garantizada a toda la población).

Los principales pros aducidos por sus defensores son: i) evitar que una proporción excesiva de la población pueda terminar viviendo transitoriamente por debajo del umbral de la pobreza (con el consiguiente riesgo social y auge de populismos), ii) combatir las desigualdades sociales que van surgiendo por las nuevas tecnologías: aprovechamiento del avance tecnológico de una gran parte de la población, implicando justicia social (de hecho, los ahorros potenciales de las Administraciones Públicas gracias a la tecnología, como los generados por el menor número de accidentes asociados al vehículo autónomo, podrían ser utilizados para financiar la renta básica u otros mecanismos de ayuda), iii) suponer que la mayor tranquilidad de la población por tener una renta asegurada, puede incentivar la explosión de su creatividad y emprendedurismo, iv) aumentar el poder negociador del empleado (implicaría una subida de sueldos potencial, lo cual dinamizaría el consumo y crecimiento económico), v) incrementar la simplicidad administrativa para las Administraciones Públicas, y vi) reducir la apelación al endeudamiento de las poblaciones por contar con mayores flujos recurrentes, lo que podría dotar de menores riesgos financieros y mayor sostenibilidad a la economía.

Los contras más relevantes argumentados por sus detractores son: i) a día de hoy, se están creando puestos de trabajo en las economías avanzadas (está por ver que se destruyen estructuralmente muchos más puestos de los que se crean), ii) el principal escollo es el coste: no hay consenso claro respecto a cómo debería ser financiado; la OCDE realizó un estudio en marzo de 2017 argumentando que transformar el actual sistema de beneficio sociales directos en una renta básica universal no alcanzaría el umbral de pobreza; en EEUU, Martin Feldstein considera que la financiación de una renta básica universal decente sería inviable, cree que habría que doblar el impuesto sobre la renta para garantizar unos 10.000 dólares anuales a cada habitante, iii) desincentiva la búsqueda de empleo y el esfuerzo productivo, iv) podría producirse también una fractura social provocada por una dualidad excesiva en cuanto a rentas y riqueza entre los adaptados al cambio tecnológico y los que no, v) podría acelerarse excesivamente la inflación, por cuanto la ganancia de poder negociador de los empleados podría ser superior a la óptima, vi) dificultaría que hubiera personas dispuestas a realizar los trabajos más desagradables, por contar todo el mundo con una renta básica asegurada, y vii) el saldo de deuda a día de hoy es excesivo para muchas personas, y el asegurarse una renta básica no demasiado elevada, no sería suficiente para mucha gente para garantizar el servicio de la deuda. Esto podría provocar incrementos serios de morosidad y afectar negativamente a la solvencia bancaria.

3.2. Productividad

Uno de los grandes dilemas que ocupan a los economistas estriba en por qué, a pesar de la revolución tecnológica, el crecimiento de la productividad está siendo muy decepcionante. Dicen que la productividad no lo es todo, pero que a largo plazo lo es casi todo. El motivo es que la productividad nos permite ganar más sueldo, trabajar menos horas, hacer a las empresas más rentables y no generar inflación. Por lo tanto, la productividad es el "Santo Grial" de una economía. Si el crecimiento de la productividad era superior al 2% hasta mediados de los setenta, desde entonces se ha observado una fuerte ralentización a niveles inferiores al 1%, exceptuando unos pocos años tras la popularización de internet. Hoy en día, apenas crece un 0,5% anual en muchas economías occidentales.

Se ha planteado que quizás esta paradoja se explique porque las estadísticas no recogen bien la medición de la innovación tecnológica. También que, a medida que ha crecido el sector servicios, se vuelve más difícil ganar eficiencia frente al sector industrial (piénsese en una obra de teatro, por ejemplo), y también se ha afirmado que existe una polarización entre unas pocas firmas muy eficientes, y un número muy elevado de pequeñas empresas menos eficientes. En cualquier caso,

parte del motivo puede estar radicado en que las innovaciones recientes no se han diseminado masivamente en empresas y sectores tradicionales, algo que estaría empezando a ocurrir ahora. Si es así, el crecimiento futuro nos podría sorprender.

Los cálculos tanto de PIB como de productividad están basados en el gasto efectuado (la demanda), no en la mejora de la calidad de vida generada o en el incremento de capacidad productiva. Por ejemplo, la economía colaborativa (Uber, Airbnb) aumenta la oferta (capacidad instalada) de servicios disponibles para el consumidor, pero su uso no afecta a las estadísticas vinculadas al PIB o productividad. La automatización puede aportar en los próximos 50 años entre 1% y 2% de crecimiento anual de productividad a la economía (según escenario de adopción temprana o tardía), lo que podría plantear implicaciones muy positivas para el crecimiento económico futuro. La clave, por lo tanto, no es la innovación sino la adopción de las tecnologías, y hoy éstas se adoptan cada vez más rápidamente (ver figura 1 en la Introducción).

3.3. Desigualdad y salarios

La tesis más extendida es la de que la irrupción tecnológica favorece al capital frente al trabajo, por lo que las desigualdades aumentarán. La verdad es que esta afirmación está por ver. La desigualdad de ingresos se mide por el coeficiente de Gini después de impuestos, que oscila entre 0 y 1, siendo 0 la igualdad absoluta y 1 la desigualdad absoluta. En periodos de crisis, sube el desempleo y la desigualdad tiende a aumentar y viceversa. Así, en España el coeficiente de Gini ha subido desde 0,3 a 0,34 entre 2007 y 2016. En cualquier caso, la crisis lo que ha provocado es que los coeficientes de Gini vuelvan a los niveles anteriores a la expansión económica anterior a la crisis. Por lo tanto, no es cierto el que hoy en día vivamos en una época de desigualdad históricamente alta.

No obstante, otro modo de evaluar el nivel de desigualdad de la economía lo supone analizar la relación entre el peso del beneficio empresarial y la remuneración salarial sobre el PIB. Y este indicador, sin embargo, sí muestra un descenso continuo de la remuneración del peso del factor trabajo desde el inicio del siglo XXI en EEUU (y por ello un aumento de las desigualdades). Según la curva de Phillips[75], este hecho no debería haberse producido en momentos en los que el paro estuviera en niveles reducidos, ya que esto implica un mayor poder negociador de los empleados y presiones salariales (y así inflacionarias) consecuentes. Sin embargo, en el periodo anterior a la crisis, el paro se situó en niveles muy bajos y aun así, el peso de la remuneración salarial sobre el PIB siguió cayendo. Además, llevamos bastante tiempo observando cómo el paro en EEUU se sitúa cerca de mínimos históricos y, sin embargo, la inflación (muy afectada normalmente por las alzas salariales) no termina de acelerar ni consolidar niveles objetivo de la Fed del 2%. Estos fenómenos indican que podría estar rompiéndose la efectividad de la curva de Phillips, de tal modo que las tasas reducidas de paro ya no presionan al alza la inflación como antes. Y precisamente este efecto puede estar produciéndose por la tecnología, incrementando ésta la oferta de factores productivos sustitutivos de mano de obra y reduciendo así el poder negociador de la misma.

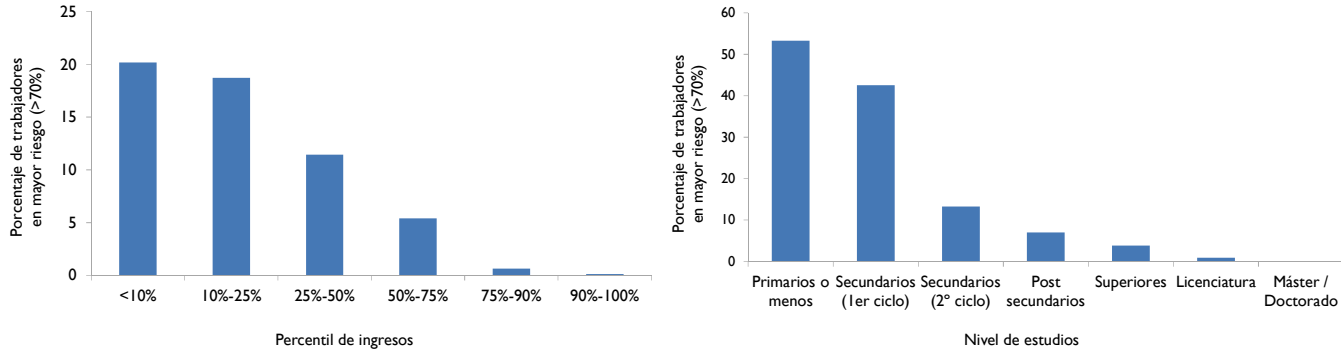
En cualquier caso, si la irrupción tecnológica supone incrementos de productividad, el crecimiento económico asociado a largo plazo se traducirá en reducciones generalizadas de desempleo y aumentos de salarios, lo que tenderá a mejorar los indicadores de Gini. Es cierto que muchos empleos desaparecerán, pero otros muchos aparecerán. No obstante, existen riesgos nada desdeñables de que esta transición tenga una duración superior a la deseada, superando durante unos años el ritmo de despidos al de la creación de nuevos trabajos. La clave, por lo tanto, para un mundo sostenible, estriba en un buen sistema de educación a lo largo de la vida de una persona.

La historia nos enseña cómo la tecnología puede generar resultados diferentes a los esperados. Así, por ejemplo, el siglo XIX se caracterizó por un cambio tecnológico que elevó la productividad de los trabajadores menos cualificados, en relación a la de los trabajadores más cualificados. Los artesanos altamente cualificados, que controlaban y ejecutaban los procesos de producción, vieron cómo su medio de vida era amenazado por el aumento de tecnologías de producción en masa. En última instancia, muchos trabajos artesanos y especializados fueron reemplazados por la combinación de máquinas y mano de obra poco cualificada. La productividad (producción por hora laboral empleada) aumentó, mientras que la desigualdad disminuyó, elevando el nivel de vida medio. Pero el trabajo de algunos empleados altamente cualificados perdió valor en el mercado.

[75] Curva de Phillips: teoría económica que relaciona la inflación con el desempleo, de tal modo que históricamente, a menor paro, mayor inflación (por presiones salariales asociadas al menor nivel de paro).

Con todo, es cierto que la disrupción en el mercado laboral se centrará entre la gente con menor nivel educativo e ingresos (figura 19), lo que podría empeorar los niveles de desigualdad, y por lo que se hacen necesarias políticas preventivas.

Figura 19. Probabilidad de trabajos en riesgo según ingresos y educación



Fuente: OCDE (2016). "The Risk of Automation for Jobs in OECD Countries"

3.4. Educación

El World Economic Forum (WEF) publicó un informe en enero de 2016 (*The Future of Jobs*), asociado a la tipología de empleo que se va a demandar en los próximos años (figura 20). Aunque la figura muestra que aparentemente, en el quinquenio 2015-20 van a destruirse muchos más empleos de los que se van a crear, se debe a que, a día de hoy, todavía no se han hecho estimaciones de la evolución de los nuevos puestos que seguro surgirán con el avance tecnológico. El organismo realizó una encuesta entre infinidad de responsables de departamentos de recursos humanos, para recibir sus opiniones sobre cómo imaginan que será el mercado laboral en 2020. La corriente general es que el avance tecnológico va a afectar de manera disruptiva de tal modo que, en muchas industrias y países, las especialidades más demandadas actualmente no existían hace cinco o diez años, mientras el 65% de los niños que están entrando ahora en la enseñanza primaria, tendrán trabajos que hoy en día no existen.

Figura 20. Variaciones de empleo por segmento, perspectivas 2015-20 (en miles)

Fuente: World Economic Forum, WFE (2016). "The Future of Jobs"

Continuando con la línea argumental asociada al proceso de automatización de las gasolineras en los años sesenta en EEUU, una generación de empleados que surtían de gasolina a los coches fue arrasada, pero la automatización de dichos empleos mostró a mucha gente que confiar en este tipo de trabajo no es una buena idea desde el punto de vista de la sostenibilidad. Esta idea caló en la sociedad estadounidense, y muchos padres se convencieron de la idoneidad de enviar a sus hijos a la universidad. Mientras en 1970, sólo el 14% de los hombres y el 8% de las mujeres detentaban licenciaturas de cuatro años, en 2015 estos ratios habían subido al 32% en ambos sexos. Por lo tanto, a lo largo del tiempo, Estados Unidos derivó varios cientos de miles de personas que podrían pensar en desarrollar trabajos en gasolineras hacia otra tipología de empleo que aportó mayor valor a la sociedad (y a sus bolsillos).

4. Implicaciones de inversión

Dicen que un inversor de *venture capital* siempre está pensando "¿qué industrias inmensamente rentables podemos alterar?", "¿cómo puedo obtener una porción de un sector de mil millones de dólares mediante la disrupción tecnológica y así hacerme rico?"

En EEUU, una parte reducida de las *startups* han sido financiadas por el *venture capital,* por lo que las oportunidades de inversión son reducidas para el grueso de la comunidad inversora. Gran parte de la inversión tecnológica canalizada en EEUU a través de fondos de *venture capital* se ha dirigido a compañías de tecnología[76], la figura 21 muestra los 50 primeros unicornios del mundo. Sin embargo, lo relevante aquí es considerar la pequeña porción que se canaliza hacia empresas que no son de tecnología. Es en este segmento, asociado a sectores tradicionales, donde se abre una gran oportunidad. La clave es la diseminación de la tecnología para resolver problemas en los sectores tradicionales mediante automatización masiva.

Figura 21. Lista de los 50 primeros "unicornios"

#	Compañía	Localización	Actividad	#	Compañía	Localización	Actividad
#1	Uber	California, EEUU	Transporte	#26	Social Finance (aka SoFi)	California, EEUU	Servicios financieros
#2	Xiaomi	Beijing, China	Electrónica de consumo	#27	Vice Media	Nueva York, EEUU	Medios de comunicación / ocio
#3	Airbnb	California, EEUU	Alojamiento	#28	Tanium	California, EEUU	Software empresarial
#4	Palantir	California, EEUU	Software de análisis de datos	#29	Ucar (dba Shenzhou Zuche)	Beijing, China	Transporte
#5	Didi Kuaidi	Beijing, China	Transporte	#30	Credit Karma	California, EEUU	Software financiero
#6	Snapchat	California, EEUU	Redes sociales	#31	Global Fashion Group	Londres, Reino Unido	Comercio electrónico
#7	China Internet Plus	Beijing, China	Servicios de internet	#32	Jawbone (dba AliphCom)	California, EEUU	Electrónica de consumo
#8	Flipkart	Bangalore, India	Comercio electrónico	#33	Meizu	Zhuhai, China	Electrónica de consumo
#9	SpaceX	California, EEUU	Aerospacial	#34	CloudFlare	California, EEUU	Publicación web
#10	Pinterest	California, EEUU	Redes sociales	#35	Delivery Hero	Berlín, Alemania	Alimentación a domicilio
#11	Dropbox	California, EEUU	Almacenamiento en la nube	#36	Machine Zone	California, EEUU	Videojuegos
#12	Lufax	Shanghai, China	Servicios financieros	#37	Bloom Energy	California, EEUU	Energías alternativas
#13	WeWork	Nueva York, EEUU	*Coworking*	#38	DocuSign	California, EEUU	Software empresarial
#14	Theranos	California, EEUU	Salud	#39	Ele.me	Shanghai, China	Alimentación a domicilio
#15	Spotify	Estocolmo, Suecia	Contenidos multimedia	#40	Fanatics	Florida, EEUU	Comercio electrónico
#16	DJI	Beijing, China	Robótica	#41	Legendary Entertainment	California, EEUU	Cine
#17	Zhong An	Hong Kong	Seguros	#42	Moderna Therapeutics	Massachusetts, EEUU	Biotecnología
#18	Intarcia Therapeutics	Massachusetts, EEUU	Biotecnología	#43	Sogou	Beijing, China	Herramientas de búsqueda
#19	Lyft	California, EEUU	Transporte	#44	Vancl	Beijing, China	Comercio electrónico
#20	Coupang	Seúl, Corea del Sur	Comercio electrónico	#45	Wish (dba ContextLogic)	California, EEUU	Comercio electrónico
#21	Ola Cabs (Ani Technologies)	Bangalore, India	Transporte	#46	HelloFresh	Berlín, Alemania	Alimentación a domicilio
#22	Snapdeal	Nueva Delhi, India	Comercio electrónico	#47	Slack	California, EEUU	Software empresarial
#23	Stemcentrx	California, EEUU	Tratamientos contra el cáncer	#48	Powa	Londres, Reino Unido	Pagos a través del móvil
#24	Stripe	California, EEUU	Pagos a través del móvil	#49	Garena Online	Singapur	Videojuegos
#25	Zenefits (dba YourPeople)	New York, NY	Software empresarial	#50	InMobi	California, EEUU	Publicidad

Fuente: Fortune

Algún inversor plantea esta disyuntiva como una posible guerra que se abre entre fondos de *venture capital* (VC) y fondos de *private equity* (PE). Los primeros evaluarán tecnologías disruptivas que permitan a pequeñas empresas ganar cuota de mercado a costa de la de empresas más grandes en las que estén invertidos los fondos de PE, que buscarán defenderse. Con todo, la forma en la que una empresa esté concebida, bien con la tecnología y la programación en su ADN, o bien de una forma más tradicional centrada en procesos, puede abrir enormes ventajas y desventajas competitivas. En cualquier caso, la mejor manera de conseguir exposición inversora directa a la revolución tecnológica es vía inversión en fondos especializados de VC, aunque también existen algunos cotizados indexados que pueden permitirlo[77]. Eso sí, como ocurre habitualmente en el mundo del capital riesgo, la dispersión de la calidad de la gestión entre las distintas gestoras es muy elevada, por lo que una adecuada selección del fondo se antoja como imprescindible para optimizar la rentabilidad-riesgo esperada de los inversores.

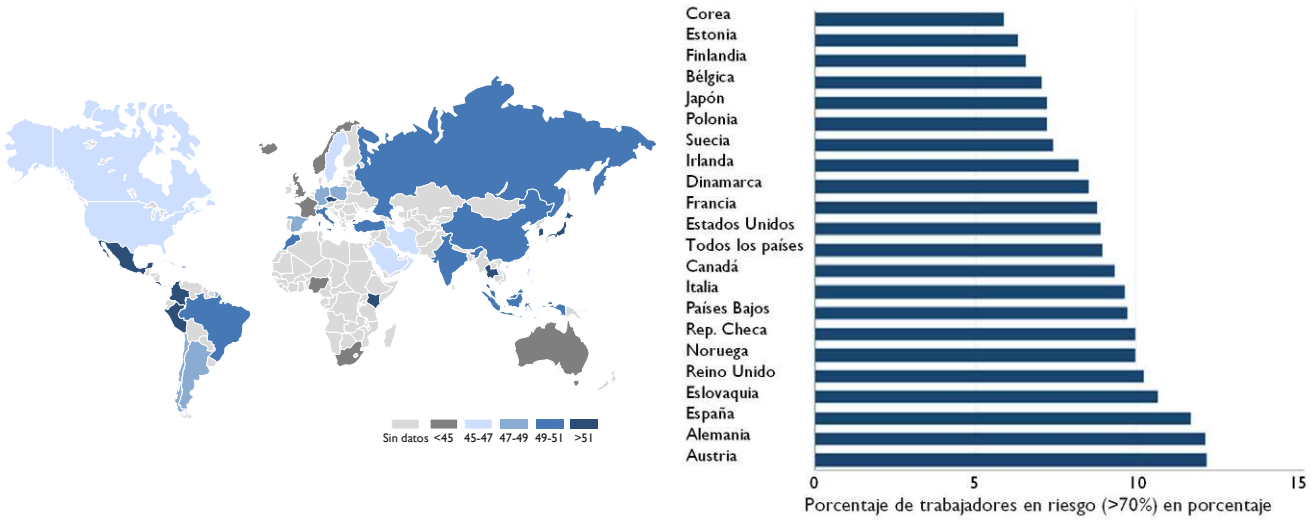
[76] Algunas estimaciones hablan de 17.000 millones de dólares hacia tecnología, de un total invertido al año de 20.000 millones.
[77] A futuro tenemos intención de publicar un documento más detallado en cuanto a opciones de inversión, dentro de nuestro servicio de pago "Arcano Economic Research Premium".

Otra consideración clave es la evolución futura del crecimiento de la productividad. Como hemos visto, ha sido muy reducido a pesar de las innovaciones tecnológicas. Sin embargo, muchas innovaciones se han centrado en el propio sector, y es sólo ahora cuando comienzan a ser aplicadas a otros más tradicionales. Si de esta expansión resultan incrementos substanciales de la productividad, las implicaciones de inversión podrían ser muy profundas, ya que el escenario de un *secular stagnation*, o crecimiento vegetativo de la economía, estaría obsoleto. Un escenario de mayor crecimiento de la productividad se traduciría en mayores crecimientos económicos, lo que haría subir los tipos de interés reales (netos de inflación), un dibujo apenas contemplado por muchos inversores (una subida de tipos podría provocar una caída de los mercados financieros por menores valoraciones de los activos asociadas).

Por otro lado, el pesimismo asociado al declive demográfico podría replantearse. Es cierto que desde hace dos años, quizás por primera vez en la historia, se está reduciendo el número de trabajadores en activo en muchos países occidentales, así como en China. Motivo por el que se plantea un escenario de estancamiento económico, quizás basado en el presente de Japón, que pierde un millón de trabajadores al año, de lo que resulta un crecimiento exiguo. Con todo, la irrupción masiva de robots podría cambiar este planteamiento.

Finalmente, el encarecimiento de los costes laborales chinos podría ser un revulsivo para la aceleración en el despliegue de robots. Las implicaciones geográficas pueden ser muy relevantes. Así, por ejemplo, la empresa de ropa deportiva Adidas acaba de inaugurar dos fábricas. No están situadas en Filipinas, ni en México, sino una en EEUU y otra en Alemania. De hecho, como muestra la siguiente figura 22, los países con más riesgo de ver sus puestos de trabajo automatizados son precisamente los emergentes (el motivo es que robotización y tecnología de impresión 3D puede permitirles prescindir de mucha mano de obra… las implicaciones para muchos países en desarrollo son enormes.). No obstante, también en la OCDE existirán disparidades.

Figura 22. Proporción de empleos en riesgo por países



Fuentes: McKinsey (2017). "A Future that Works: Automation, Employment and Productivity", and OCDE (2016). "The Risk of Automation for Jobs in OECD Countries"

5. Conclusiones y recomendaciones

De 1997, cuando acababa mi carrera y me incorporaba al mercado laboral, recuerdo dos cosas. En un examen de junio una compañera de quinto de económicas me preguntó "¿qué es internet?" dado que la pregunta podía caer en un examen. Ese otoño, la policía española irrumpió en una serie de casas ligadas a una red de pederastia. Recuerdo que en el Telediario se afirmó: "en las casas se encontró material pornográfico, y además sus dueños, presuntamente pederastas, tenían acceso a internet". Me frotaba los ojos. Fijémonos cómo ha cambiado el mundo desde entonces.

Durante unos años muchos economistas y banqueros centrales también se frotan los ojos sin entender por qué las bajadas de desempleo no se están traduciendo en mayores salarios, algo esperable según una ley clásica de la economía, la ley de Philips. Quizás la disrupción tecnológica analizada en este informe nos explique cómo el desplazamiento de trabajadores por robots esté provocando un exceso de oferta en el mercado laboral dispuesta a trabajar por precios menores, de lo que resultan salarios que siguen en retroceso como porcentaje del PIB en muchas economías mundiales; luego no es un fenómeno asociado al libre comercio, ya que no comerciamos con Marte. Casi con total seguridad es una consecuencia de la robotización. Como mientras los precios de bienes básicos como la vivienda siguen subiendo muy por encima de los salarios, se abre un enorme interrogante sobre las consecuencias políticas de este entorno.

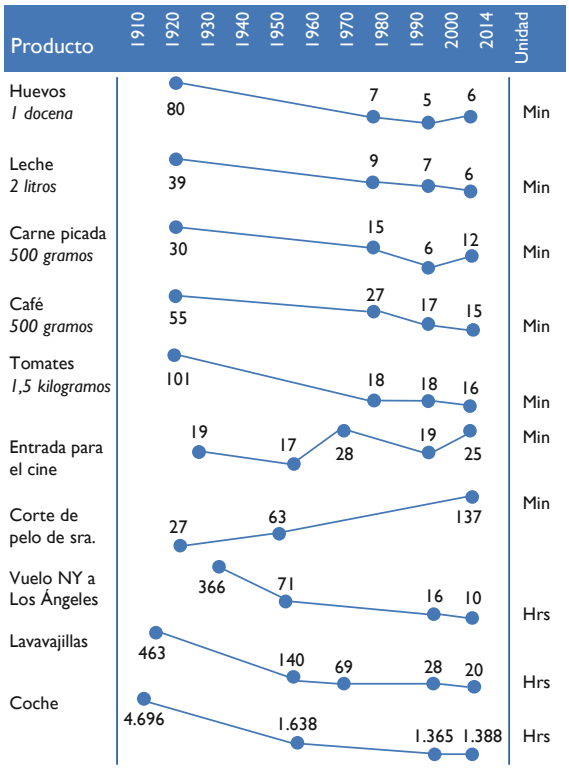
Ante la acelerada concatenación de innovaciones tecnológicas que nos rodean durante los últimos años, los agentes económicos tendemos a experimentar sentimientos de desconocimiento e incertidumbre que derivan muchas veces en miedo. Y es cierto que, históricamente, el avance tecnológico ha provocado tanto decepciones, por no responder al final a las elevadas expectativas puestas, como recelos en las poblaciones, que en algunos segmentos ocupacionales han sentido en sus carnes reducciones de empleo relevantes.

Sin embargo, estamos en un momento histórico en el que la probabilidad de impactos realmente significativos de las nuevas tecnologías es muy elevada, por cuanto han coincidido en el tiempo unas ganancias muy relevantes en capacidad de captación, almacenaje y análisis de ingentes cantidades de datos, todo ello de una forma muy asequible económicamente, y aderezado con la enorme capacidad existente de conectividad en las redes (internet, entornos abiertos, generalización de *smartphones*,…). Y cuando se producen tantos grandes desarrollos tecnológicos en relativamente poco tiempo, los efectos, una vez diseminados masivamente, pueden llegar a ser exponenciales.

Como hemos visto, la ley de Moore afirma que el de poder de computación se duplica cada 18 meses, por lo que pronto superará la mente humana. Pero las empresas muestran mayor resistencia al cambio tecnológico que las personas, lo que hace necesario que acometan la transformación digital, que consiste en adaptarse al cliente mediante la transformación de modelos de negocio, de producto, y la manera de trabajar, optimizando procesos gracias a la automatización y las tecnologías. No obstante, si siguen así y no evolucionan a la misma velocidad, tendremos una transformación digital 2.0, 3.0... Las compañías que acometan esta transformación digital de manera prematura y exitosa tendrán una ventaja competitiva tremendamente diferencial. La competencia que mata es aquella que no se parece a ti en nada…

Por otro lado, los recelos mencionados de las sociedades ante el avance tecnológico, deberían verse muy mitigados por la evidencia aplastante de que, a largo plazo, sus efectos siempre han sido realmente positivos para el mundo en general. Aunque sus beneficios se hayan esparcido desigualmente, la práctica totalidad de las poblaciones se han visto favorecidas por claras ganancias de calidad de vida. De hecho, la siguiente figura 23 muestra cómo el número de horas trabajadas por un empleado medio para comprar un coche, por ejemplo, cayó de 4.696 en 1910 hasta 1.388 en 2014: -70% de esfuerzo… para comprar un coche infinitamente mejor.

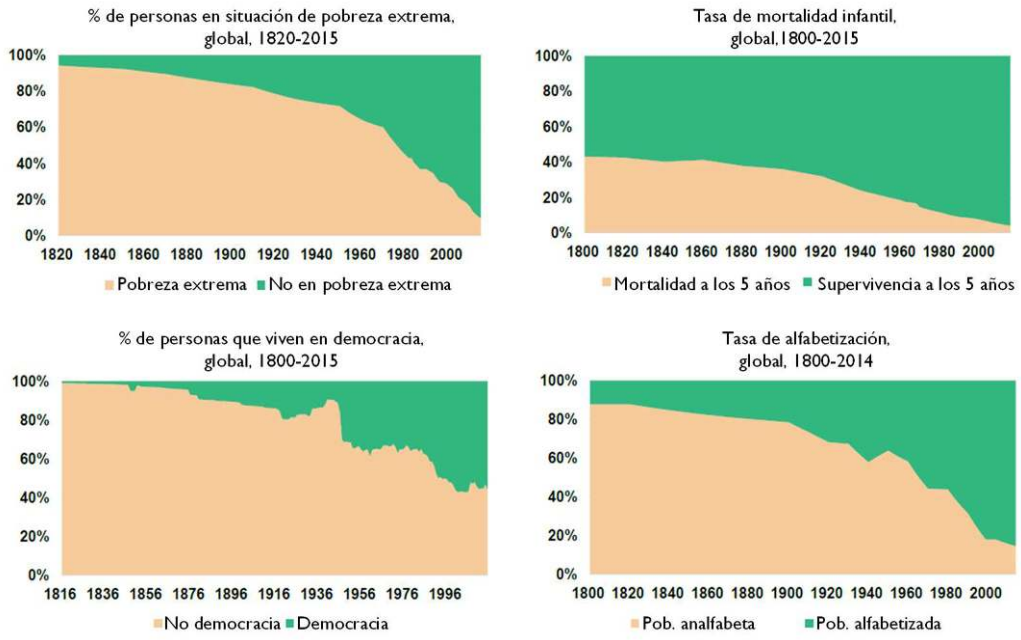
Figura 23. Número de horas trabajadas por un empleado medio para la adquisición de productos básicos



Fuente: BlackRock (2014). "Interpreting Innovation. Impact in Productivity, Inflation and Investing"

Adicionalmente, la figura 24 muestra algunos indicadores de la mejora de la calidad de vida experimentada desde hace más de un siglo por la humanidad. Naciones Unidas estima que la pobreza global se ha reducido más en los últimos 50 años que en los 500 anteriores. Además, hay que considerar futuros efectos beneficiosos que la revolución tecnológica podría tener en permitir más fácil acceso a amplias capas de la población a un sistema educativo y sanitario de calidad. Por ejemplo, un profesor del MIT ha señalado cómo en EEUU si se toma 1982 como base 100 una TV de color ahora valdría 10, en tanto que el coste educativo o de un seguro de salud valdría 600. La oportunidad estriba en reducir estas inflaciones en bienes tan importantes.

Figura 24. Indicadores de calidad de vida y progreso de la humanidad



Fuente: Kleiner Perkins (Mayo de 2017). "Internet Trends 2017"

Es evidente la enorme importancia de la tecnología en nuestras vidas, plasmada en hechos muy gráficos, como que siete de las ocho mayores compañías del mundo estén vinculadas a este sector o que también pertenezcan al mismo cuatro de las siete personas más ricas del mundo. Existen una serie de tecnologías más reseñables, tanto por sus mayores impactos potenciales como por su adopción generalizada prevista de manera más próxima en el tiempo (IA y automatización / *big data*, IoT, vehículo autónomo). Aunque en todos los casos estamos en un momento de fase temprana de adopción, teniendo en cuenta sus potencialidades, los avances están siendo muy rápidos desde hace tiempo y cada vez más extendidos transversalmente entre industrias[78]. Ante los indudables beneficios de la tecnología, ésta está para quedarse, aunque todavía pasarán unos años (5-10…, dependiendo la tecnología) para que estén plenamente adoptadas y los impactos plasmados en proporciones elevadas. Mientras, seguiremos también expuestos a nuevas amenazas de ciberseguridad. Como dice el presidente de Symantec "solo hay dos tipos de empresas, las que saben que han sido atacadas y las que no saben que han sido atacadas".

Por otro lado, se comienza a advertir un cambio de péndulo en lo referente a la actitud de los gobiernos ante la revolución tecnológica. Así, por ejemplo, si la Administración Obama favorecía una no intervención, la Administración Trump da muestras de girar en dirección de una mayor regulación ante un sector que en ocasiones se ha definido como oligopolístico debido al *winner takes all*[79]. La ley americana que regula los cárteles, la Ley Sherman, sigue siendo de 1890, y una ley de 1996 confiere inmunidad a las empresas de internet sobre cualquier anuncio subido por un tercero. Sin embargo, el empleo de Facebook por parte de Rusia en las recientes elecciones comienza a cambiar el rumbo. Existe un proyecto de ley que contempla acabar con dicha inmunidad, e incluso plantea que las empresas de internet no puedan emplear los datos obtenidos sin un consentimiento expreso. En Europa, la situación es similar, planteándose tributaciones sobre ingresos y no sobre beneficios, para así intentar remediar la percibida escasa tributación de mucho gigante tecnológico, o con iniciativas para alterar el tratamiento de datos. Aplicaciones como Facebook no son "gratis" [80], se calcula que el tráfico de datos representa un billón de euros, o el 8% del PIB de la zona euro, de ahí que Facebook presente márgenes operativos cercanos al 50%...

Como los impactos serán muy potentes y el tiempo de implementación no excesivamente elevado, las implicaciones son muy relevantes en distintos aspectos esenciales en nuestras vidas. Por una parte, ante la ganancia de eficiencia de las compañías que implementen las nuevas tecnologías, en muchos casos las máquinas y los sistemas sustituirán a las personas, provocando reducciones de empleo temporalmente en muchas ocupaciones e industrias (fenómeno transversal). Aunque también surgirán otros muchos empleos diferentes, como en todas las revoluciones tecnológicas, en algunas poblaciones pueden tardar más de lo tolerable, generándose potencial y transitoriamente algunas tensiones sociales. A largo plazo, la productividad deberá crecer estructuralmente más de lo esperado, lo que provocará una reducción de desigualdades sociales al beneficiarse capas poblacionales crecientes de ganancias salariales vinculadas. A corto plazo, sin embargo, la transición entre destrucción de "viejos" empleos y creación de "nuevos" puede ser superior a lo deseable, afectando negativamente a la desigualdad. En cualquier caso, la educación se antoja como herramienta indispensable para mitigar los factores sociales negativos asociados al proceso de cambio –la formación continua adaptada al mismo es esencial para captar el máximo beneficio.

Ante este entorno de avance acelerado tecnológico, enumeraremos una serie de implicaciones vinculadas a la inversión:

- Por el lado microeconómico, gran parte de la inversión tecnológica canalizada a través de fondos VC se ha dirigido a compañías de tecnología. Pero lo relevante aquí es considerar la pequeña porción que se canaliza hacia empresas no tecnológicas, segmento donde se abre una gran oportunidad. En cualquier caso, el VC es la mejor manera de tener exposición directa al avance tecnológico, siendo muy importante saber discernir adecuadamente entre gestoras. El mundo del capital riesgo se caracteriza por la elevada dispersión de la calidad de gestión entre todo el elenco de gestoras existentes

[78] Echando la vista atrás, puede observarse la velocidad a la que la disrupción tecnológica puede transformar profundamente la sociedad. Un ejemplo muy gráfico se obtiene observando una foto de la Quinta Avenida de Nueva York en 1900 y otra en 1913. En la primera se observará un atasco enorme de carruajes tirados por caballos, en la segunda, uno provocado por la congestión de automóviles…

[79] Expresión inglesa que quiere decir "el ganador se lo lleva todo".

[80] De hecho, la UE ha puesto la mayor multa de su historia, a Google, por 2.400 millones de euros, por discriminar en el comparador de precios y favorecer a su filial.

- Respecto a la macroeconomía, creemos que los avances de la productividad pueden ser a futuro, estructuralmente, claramente superiores a los modestos ritmos actuales (en torno al +0,5% en países desarrollados). Este hecho debería incrementar los crecimientos reales del PIB (netos de inflación) y con ello los tipos de interés reales, aunque estos también serán impulsados por otros motivos (ver nuestro informe "Por qué los tipos de interés reales subirán, lo que hará bajar los precios de muchos activos"). Y ambos escenarios no están siendo contemplados por el consenso del mercado (una subida de tipos podría provocar una caída de los mercados financieros por menores valoraciones de los activos asociadas)
- Además, conviene reseñar que los efectos del desarrollo tecnológico no serán los mismos en todos los países, de manera que habrá algunos que estarán más expuestos a dichos efectos. Por ejemplo, los países emergentes, más intensivos habitualmente en mano de obra, pueden verse negativamente afectados por la pérdida de su enorme ventaja competitiva de salarios muy reducidos, si la robótica e IA aumentan la eficiencia de las máquinas de manera significativa

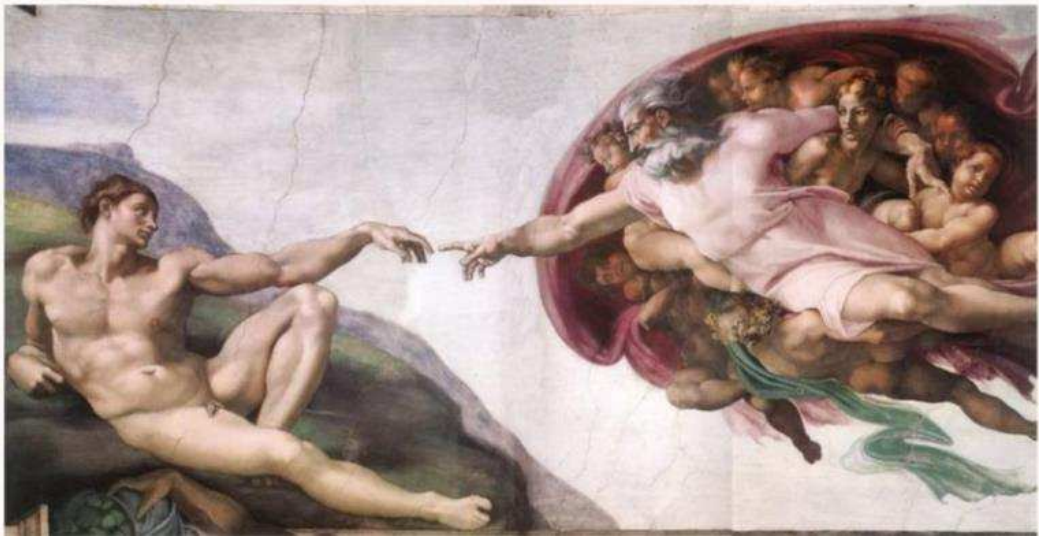
Finalmente, como se dice, "lo más importante es que lo más importante sea lo más importante". Habiendo analizado la disrupción tecnológica no cabe sino llamar la atención sobre la enorme responsabilidad que nos atañe a todos para ser solidarios y poder paliar las consecuencias negativas que la disrupción pueda generar entre los segmentos de población más débiles. Deberemos favorecer dos factores clave:

- Incentivar en la medida de lo posible un sistema educativo que sea capaz de responder adecuadamente a las demandas asociadas al rápido avance tecnológico. Tendremos que plantearnos diariamente las siguientes preguntas "¿cómo educamos a nuestros hijos?" y "¿cómo reeducamos a nuestros mayores?"
- Frente a la posible confirmación de pérdida significativa de empleo por las nuevas tecnologías y el esperado aumento de la desigualdad de rentas entre los dueños del capital tecnológico y las personas que pierdan sus puestos de trabajo, el gobierno deberá mitigar el posible descontento social transitorio, por ejemplo, diseñando sistemas fiscales y ayudas temporales bien enfocadas que puedan reducir las desigualdades excesivas. O implantando la Renta Básica Universal, aunque por ahora parece muy difícil una implementación realista desde el punto de vista económico. En cualquier caso, cabe mencionar que podrían utilizarse los ahorros para las arcas públicas generados por la tecnología (como la reducción de accidentes por el vehículo autónomo) para financiar cualquier tipo de ayuda

Comenzábamos este informe exponiendo el trasfondo histórico de la disrupción tecnológica y cómo, ya en 1931, Einstein se hacía eco del posible impacto que tendrían los robots en nuestras vidas futuras cuando afirmaba que las tecnologías destinadas a servir al progreso del mundo, liberando a la humanidad de la esclavitud del trabajo, estaban a punto de abrumar a sus creadores.

Del mismo modo, mencionábamos el genio de Leonardo da Vinci, que ya en el siglo XVI fue capaz de visionar robots y vehículos autónomos, visiones que se están haciendo realidad en los siglos XX y XXI. En la misma época, brilló también el genio de Miguel Ángel, que pintó la Capilla Sixtina, en el Vaticano. En el punto central de su grandioso fresco, el ser humano y Dios se acercan juntando sus índices. Quizás el genio de Da Vinci y el de Miguel Ángel también trascendió al arte y se pudo reflejar y anticipar cómo este acercamiento se aceleraría con la revolución de la tecnología: el hombre comienza a jugar a ser Dios.

Ya veremos cuáles son las consecuencias.



Glosario

Algoritmo: grupo finito de operaciones organizadas de manera lógica y ordenada que permite solucionar un determinado problema. Se trata de una serie de instrucciones o reglas establecidas que, por medio de una sucesión de pasos, permiten llegar a un resultado o solución. En IA, los algoritmos son reglas que enseñan a las computadoras a entender las cosas por sí mismas.

***Beacon* o baliza**: pequeño dispositivo basado en tecnología *bluetooth* de bajo consumo, que emite una señal que identifica de forma única a cada dispositivo. Ésta señal puede ser recibida e interpretada por otros dispositivos (normalmente, *smartphones*); detecta, además, la distancia a la que se encuentran. Gracias a los *beacons*, podemos geolocalizar a los usuarios de *smartphones* en todos aquellos lugares donde con la tecnología GPS no podemos.

***Big data* o macrodatos**: gestión y análisis de enormes volúmenes de datos que no pueden ser tratados de manera convencional, ya que superan los límites y capacidades de las herramientas de *software* habitualmente utilizadas para la captura, gestión y procesamiento de datos. Su finalidad es encontrar información oculta, patrones recurrentes, nuevas correlaciones, etc. para convertir los datos en información que facilite la toma de decisiones, incluso en tiempo real.

Bitcoin: moneda digital que no está respaldada por ningún gobierno y que permite a los individuos intercambiar valor entre ellos y pagar por bienes y servicios, eludiendo el sistema financiero y bancario convencional.

Blockchain: conjunto de tecnologías que, combinadas, hacen posible que computadoras y otros dispositivos puedan gestionar su información compartiendo un registro distribuido, descentralizado y sincronizado entre todos ellos, en vez de utilizar las tradicionales bases de datos. La información se transmite y guarda de un modo extremadamente seguro, respetando la identidad y privacidad, gracias al uso de claves criptográficas. Es un registro que no puede ser alterado, es decir, no permite deshacer o reescribir lo ya registrado, que además es visible para cualquier participante de la red, siempre y cuando sea pública, añadiendo una gran transparencia.

Bot: *software* de IA diseñado para realizar una serie de tareas por su cuenta y sin la ayuda del ser humano, como hacer una reserva en un restaurante, marcar una fecha en el calendario o recoger y mostrar información a los usuarios.

Chatbot: programa informático que simula mantener una conversación con un usuario mediante inteligencia artificial. Los chatbots suelen comunicarse con humanos, pero se están desarrolando aplicaciones para facilitar la comunicación entre chatbots. Se utilizan en servicios de atención al cliente de comercio electrónico, call centers y juegos en internet.

***Clustering* o agrupamiento**: proceso que consiste en la agrupar un conjunto de objetos de forma que los objetos de ese mismo grupo (denominado *cluster*) sean más similares entre sí que los de otros grupos. Se trata de una técnica de minería de datos, muy habitual en el análisis de datos estadísticos, utilizada en muchos campos, incluido *machine learning*, reconocimiento de patrones, análisis de imágenes, recuperación de información, bioinformática, comprensión de datos y diseños de gráficos por ordenador.

***Cognitive computing* o computación cognitiva**: plataformas tecnológicas que, en términos generales, se basan en disciplinas ciéntificas de la IA y procesamiento de señales. Dotan a las aplicaciones, robots o *wearables* de "capacidades humanas", tales como aprender, razonar, escuchar, hablar, comprender o interpretar nuestras necesidades e interacciones mediante el uso de métodos naturales de comunicación.

***Cognitive learning* o aprendizaje cognitivo**: acción o proceso mental de adquisición de conocimientos obtenidos a través de la reflexión, la experiencia y los sentidos. Incluye procesos tales como el conocimiento, la atención, la memoria, el juicio y la evaluación, el razonamiento y la computación, la resolución de problemas y toma de decisiones, la comprensión y la producción de lenguaje.

Criptomoneda: también conocida como criptodivisa, es un medio digital de intercambio. Aunque no existe de forma física, sus usos son exactamente los mismos que los de cualquier moneda convencional. El *bitcoin* es una criptomoneda.

***Datamining* o minería de datos**: conjunto de técnicas y tecnologías que permiten explorar grandes bases de datos, de manera automática o semiautomática, con el objetivo de encontrar patrones repetitivos, tendencias o reglas que expliquen el comportamiento de los datos en un determinado contexto.

***Deep Learning* o aprendizaje profundo**: función de la IA que imita el funcionamiento del cerebro humano en el procesamiento de datos y la creación de patrones que se utilizan en la toma de decisiones, usando redes neuronales artificiales. Las redes neuronales son estructuras jerárquicas que imitan el pensamiento humano o la toma de decisiones. En ell nivel inicial de la jerarquía, la red aprende algo simple y luego envía esta información al siguiente nivel. El siguiente nivel toma esta información sencilla, la combina, compone una información algo un poco más compleja, y se lo pasa al tercer nivel, y así sucesivamente.

Hash: denominado también función de resumen o resumen criptográfico, un hash es un algoritmo que consigue crear a partir de una entrada (ya sea un texto, una contraseña o un archivo) una salida alfanumérica de longitud normalmente fija que representa un resumen de toda la información que se le ha dado. Es decir, a partir de los datos de la entrada crea una cadena que sólo puede volverse a crear con esos mismos datos.

Hyperloop: nombre comercial registrado por la empresa de transporte aeroespacial SpaceX, para el transporte de pasajeros y mercancías en trenes formados por cápsulas que circulan por túneles sobre un colchón de aire a baja presión.

***Initial Coin Offering* (ICO) u ofertas iniciales de monedas**: método de financiación utilizado por nuevas empresas de proyectos tecnológicos por medio de criptodivisas. La peculiaridad de la inversión en este tipo de criptomonedas reside en que se compran *tokens* (fichas o vales de uso restringido), a cambio de fondos que financien la puesta en marcha de los proyectos mencionados.

Inteligencia artificial (IA): teoría y desarrollo de sistemas informáticos capaces de llevar a cabo tareas que requieren normalmente de inteligencia humana. Se trata de algoritmos que se materializan en programas informáticos para tratar de replicar el modo en que funciona el cerebro humano. Básicamente, una IA debe ser capaz de "percatarse" de lo que pasa a su alrededor, procesar y sacar conclusiones de esa información para posteriormente inferir nuevas conclusiones que no han sido programadas de antemano.

Internet de las cosas (IoT): proceso de dotar de sensores a elementos de nuestro alrededor, que nos permiten recoger datos que después podremos analizar a través de un algoritmo, para obtener información valiosa que nos permita programar al objeto para que reaccione de una forma determinada. Se trata, en resumidas cuentas, de dotar de "inteligencia" a todo lo que nos rodea para mejorar la eficiencia y obtener beneficios económicos al tiempo que se reduce la intervención humana.

***Machine learning* o aprendizaje automático**: Disciplina científica del ámbito de la IA que crea sistemas que "aprenden" automáticamente, es decir, las computadoras aprenden a hacer algo sin ser programadas para ello, identificando patrones complejos en millones de datos. El sistema es en sí mismo un algoritmo que revisa los datos y es capaz de predecir comportamientos futuros y que, además, se mejoran de forma autónoma con el tiempo, sin intervención humana.

Platooning: agrupación de vehículos (normalmente, camiones) que viajan uno detrás de otro con muy poca distancia entre sí y que utilizan una tecnología de conectividad y sistemas automáticos de apoyo a la conducción. En determinados tramos del viaje, por ejemplo en autopistas, los vehículos mantienen una distancia constante y fija entre sí. El camión que va en cabeza actúa como líder y dirige al pelotón. Los vehículos que le siguen, también cuentan con conductores, pero estos requieren poca o ninguna acción, por lo que pueden dedicar su tiempo a realizar otras tareas, tales como trabajo administrativo.

Redes neuronales: modelo matemático inspirado en el comportamiento biológico de las neuronas y en cómo se organizan, por lo que están diseñadas para reproducir el funcionamiento del cerebro humano en un ordenador. Una red neuronal suele implicar un gran número de procesadores funcionando en paralelo, teniendo cada uno de ellos su propia pequeña esfera de conocimiento y acceso a datos en su memoria local. En un principio, una red neuronal se "adiestra" o se alimenta con grandes cantidades de datos y reglas acerca de las relaciones. Luego, un programa puede indicar a la red cómo comportarse en respuesta a un estímulo externo o puede iniciar la actividad por sí misma. Son muy útiles para resolver problemas que sobrepasan la programación convencional.

Robo advisor: servicio online de gestión financiera que utiliza algoritmos para emparejar a los inversores con las inversiones más adecuadas a su nivel de tolerancia al riesgo. El robo advisor evalúa las necesidades del cliente y analiza la situación del mercado para realizar recomendaciones de inversión de forma totalmente automatizada.

ROT o Ransomware of Things: tipo de *malware* en constante evolución, que bloquea los equipos y cifra los archivos personales de la víctima a la que se le pide un rescate a cambio de recuperar el acceso a ellos.

***Smart contract* o contrato inteligente**: contratos que pueden ejecutarse por sí mismos cuando los valores predefinidos se cumplen, es decir, que se ejecutan de manera automática y autónoma una vez que las partes han acordado los términos.

Tecnología LIDAR (*Light Detection and Ranging*): sistema de supervisión que mediante sensores, basado en un sensor que lleva a cabo la emisión de un pulso láser y la medida del tiempo que tarda dicho pulso en llegar a la superficie y volver al punto de emisión. El tiempo que tarda en regresar la luz, permite calcular la distancia y, de esa forma, obtener la altimetría del terreno.

***Token* o moneda digital**: unidad de valor emitida por una entidad privada que se asienta, por lo general, sobre el protocolo de *blockchain*. El *token* tiene más usos que una moneda convencional. Dentro de una red privada un *token* puede servir para otorgar un derecho, para pagar por un trabajo o por ceder unos datos, como incentivo, como puerta de entrada a unos servicios extra o a una mejor experiencia de usuario, etc. Los *tokens* admiten varias capas de valor en su interior, por lo que es quien lo diseña el que decide qué tiene dentro un *token* concreto.

***Wearables* o dispositivos electrónicos personales**: conjunto de dispositivos electrónicos incorporados en prendas y complementos de vestir y que interactúan continuamente con el usuario y con otros dispositivos con la finalidad de realizar alguna función específica, como por ejemplo, monitorizar nuestro estado de salud.

Bibliografía

Ali, R,. Barrdear, J., Clews, R,. y Southgate, J. (2014). *"Innovations in Payment Technologies and the Emergence of Digital Currencies"*. Londres. Banco de Inglaterra.

Arntz, M., T. Gregory and U. Zierahn (2016). "*The Risk of Automation for Jobs in OECD Countries: A Comparative Analysis"*. Paris. OECD Publishing.

Shushanik Papanyan (June 2017). *"Cuando los robots lo hacen todo y el ocio es obligatorio: No durante otros 100 años"*. Madrid. BBVA Research.

BlackRock (2014). *"Interpreting Innovation: Impact on Productivity, Inflation & Investing"*. Nueva York. BlackRock.

Agnes Audier (2017). *"The BIM Revolution Comes to Building Materials"*. Boston Consulting Group.

Bridges, Rutt., (2015). *"Driverless Car Revolution: Buy Mobility, not Metal"*.

Daniel Arias (2015). *"Disruptive Innovations III Ten More Things to Stop and Think About"*. Citi GPS: Global Perspectives & Solutions.

Carl Benedikt Frey (2016). *"Technology at Work v2.0. The Future is Not What It Used to Be"*. Citi GPS: Global Perspectives & Solutions.

Columbus, L., (2015). *"2015 Roundup of 3D Printing Market Forecasts and Estimates"*. Forbes.

Dale-Johnson, D,. Ph. D., Melton S,. (2016). *"Impacts of Autonomous and Driverless Cars on CRE"*. Naiop Development Magazine.

Haskell Garfinkel - DeNovo (2016). *"FinTech ReCap and Funding ReView"*. PWC.

Despeisse, M. and Ford, S. (2015). *"The Role of Additive Manufacturing in Improving Resource Efficiency and Sustainability"*. University of Cambridge.

Jason Furman (2016). *"Artificial Intelligence, Automation, and the Economy"*. Executive Office of the President of the United States of America.

EY (2016). *"Internet of Things – Human-machine Interactions that Unlock Possibilities"*. EY.

Fortune Magazine (April 2017). *"Is This Tiny European Nation a Preview of Our Tech Future?"*. Finance Yahoo.

Frey, C. B. y Osborne, M., (2013). "*The Future of Employment: How Susceptible Are Jobs to Computerization?"*.

GMO (2017). *"The Deep Causes for Secular Stagnation and the Rise of Populism"*.

Goldman Sachs (2015). *"Emerging Theme Radar"*. Goldman Sachs.

Hills, J., (2016). *"How Self-driving Cars Will Transform Real Estate"*. Real Estate Business.

Francesco Bogliacino (2009). *"The Impact of Innovation on Labour Productivity Growth in European Industries: Does it Depend on Firms' Competitiveness Strategies?"*. JRC Technical Notes.

KPMG (2017). "The Pulse of FinTech".

Lauslhati, K., Mattila, J., Seppala, T., ETLA (2017). *"Smart Contracts – How will Blockchain Technology Affect Contractual Practices?"*. The Research Institute of the Finnish Economy.

Maney, K., (2016). *"How Artificial Intelligence and Robots Will Radically Transform the Economy"*. Newsweek.

Maney, K., (2016). *"How Technology Will Solve the Planets Hardest Problems"*. Newsweek.

Mauldin, J., (2017). *"When Robots Take All of Our Jobs, Remember the Luddites"*. Mauldin Economics.

McKinsey & Company (2013). *"Disruptive Technologies: Advances that Will Transform Life, Business, and the Global Economy"*. McKinsey & Company.

McKinsey & Company (2015). *"The Internet of Things: Mapping the Value beyond the Hype"*. McKinsey & Company.

McKinsey & Company (2016). *"Automotive Revolution – Perspective towards 2030"*. McKinsey & Company.

McKinsey & Company (2017). *"A Future that Works: Automation, Employment and Productivity"*. McKinsey & Company.

Mironov, V., Boland, T., Trusk, T,. Forgacs, G., and Markwald R.R. (2003). *"Organ Printing: Computer-aided Jet-based 3D Tissue Engineering"*. Trends in Biotechnology.

Morgan Stanley (2013). *"Autonomous Cars: Self-driving the New Auto Industry Paradigm"*. Morgan Stanley

Nakamoto, S., (2008). *"Bitcoin: A Peer-to-Peer Electronic Cash System"*. Satoshi Nakamoto.

Pew Research Center (2017). *"The Internet of Things Connectivity Binge: What Are the Implications?"*. Pew Research Center

PWC (2016). *"Service Robots: The Next Big Productivity Platform"*. PWC.

RCLCO (2015). *"A Driverless Vehicle Roadmap for the Real Estate Practitioner –Part 2"*. RCLCO.

Santander (2015). "The FinTech 2.0 Paper: Rebooting Financial Services".

Schubert, C., Van Lavengeld, and M. Donoso, L.A. (2013). *"Innovations in 3D Printing: a 3D Overview from Optics to Organs"*. British Journal of Ophthalmology.

The Boston Consulting Group (2016). *"Digital in Engineering and Construction"*. The Boston Consulting Group.

The Boston Consulting Group (2017). *"A CEOs Guide to Leading Digital Transformation"*. The Boston Consulting Group.

Bronwyn H. Hall (2011). *"Using Productivity Growth as an Innovation Indicator*". University of Maastricht.

Ventola, C.L. (2014). *"Medical Applications for 3D Printing: Current and Projected Uses" US National Library of Medicine, National Institute of Health"*. National Institute of Health.

Weller, Ch. (2015). *"Economic Perspectives on 3D Printing"*. International Journal of Production Economics.

James Bozin (2017). *"Is universal basic income a good idea?"*. Wharton University.

Wohler Associates (2017). *"Informe Wohler 2017"*. Wohler Associates.

World Economic Forum (2016). *"The Future of Jobs – Employment, Skills and Workforce Strategy for the Fourth Industrial Revolution"*. World Economic Forum.

AVISO LEGAL

El presente documento es estrictamente confidencial y las opiniones expresadas en el mismo reflejan la opinión personal del autor en relación a los temas analizados. El autor no ha recibido ni recibirá ninguna compensación, comisión o remuneración de ningún tipo por proporcionar una recomendación u opinión específica en el presente documento.

El presente documento ha sido preparado por Arcano Valores AV, S.A.U. ("**Arcano Valores**"). Arcano Valores es una empresa de servicios de inversión, debidamente constituida conforme a la legislación española, regulada y registrada bajo el número 243 en el Registro Administrativo de Agencias de Valores de la Comisión Nacional del Mercado de Valores (CNMV). El presente documento tiene carácter divulgativo y no constituye una oferta, garantía, invitación o solicitud para adquirir, invertir, desinvertir u obtener interés alguno en activos o instrumentos financieros, ni puede servir de base para la elaboración o suscripción de ningún contrato, acuerdo, compromiso o decisión de ningún tipo. En consecuencia, el receptor del presente documento debe tomar sus propias decisiones de manera independiente sin basarse en el contenido de este documento y en su caso, solicitar y obtener asesoramiento profesional independiente. Arcano Valores no asume responsabilidad alguna por cualquier pérdida, daño o perjuicio, directo o indirecto, que pudiera resultar o estar relacionado con el uso de este documento o de su contenido.

El presente documento contiene datos, opiniones o estimaciones referidas a la fecha del mismo, de elaboración propia o procedentes de fuentes que consideramos fiables, sin que hayan sido objeto de modificación independiente por Arcano Valores. Arcano Valores, por tanto, no ofrece garantía expresa o implícita, en cuanto a su precisión, integridad, exactitud, exhaustividad o veracidad.

El presente documento se dirige exclusivamente a inversores profesionales, de conformidad con la definición que a tal efecto se establece en la Directiva del Parlamento Europeo y del Consejo 2004/39/CE, relativa a los mercados de instrumentos financieros, y en el Real Decreto Legislativo 4/2015, de 23 de octubre, por el que se aprueba el texto refundido de la Ley del Mercado de Valores. Por tanto, su uso por inversores minoristas queda expresamente prohibido.

El contenido de este documento está sujeto a cambios sin previo aviso en función, por ejemplo, del contexto económico o fluctuaciones del mercado. Arcano Valores no asume obligación ni compromiso alguno de actualizar dicho contenido o comunicar esos cambios.

Arcano Valores cumple con su normativa interna de conducta, la cual regula, entre otras cuestiones, procedimientos para evitar conflictos de interés con respecto a recomendaciones. En aplicación de dichos procedimientos el departamento de *Research* se configura como un área separada, se constituyen las conocidas como "murallas chinas", y se incluye la posibilidad de establecer restricciones específicas en actividades de análisis en determinadas circunstancias.

El contenido del presente documento está protegido por la legislación de propiedad intelectual. Queda expresamente prohibida la reproducción, transformación, distribución, modificación, comunicación pública, puesta a disposición, extracción, reutilización, reenvío o la utilización de cualquier naturaleza, por cualquier medio o procedimiento, salvo en los casos en que esté legalmente permitido o sea autorizado expresamente por escrito por Arcano Valores.

Este documento ha sido elaborado por:

Arcano Valores AV, S.A.U.
José Ortega y Gasset 29, 4ª planta
28006 Madrid
+34 91 353 21 40
www.arcanopartners.com