



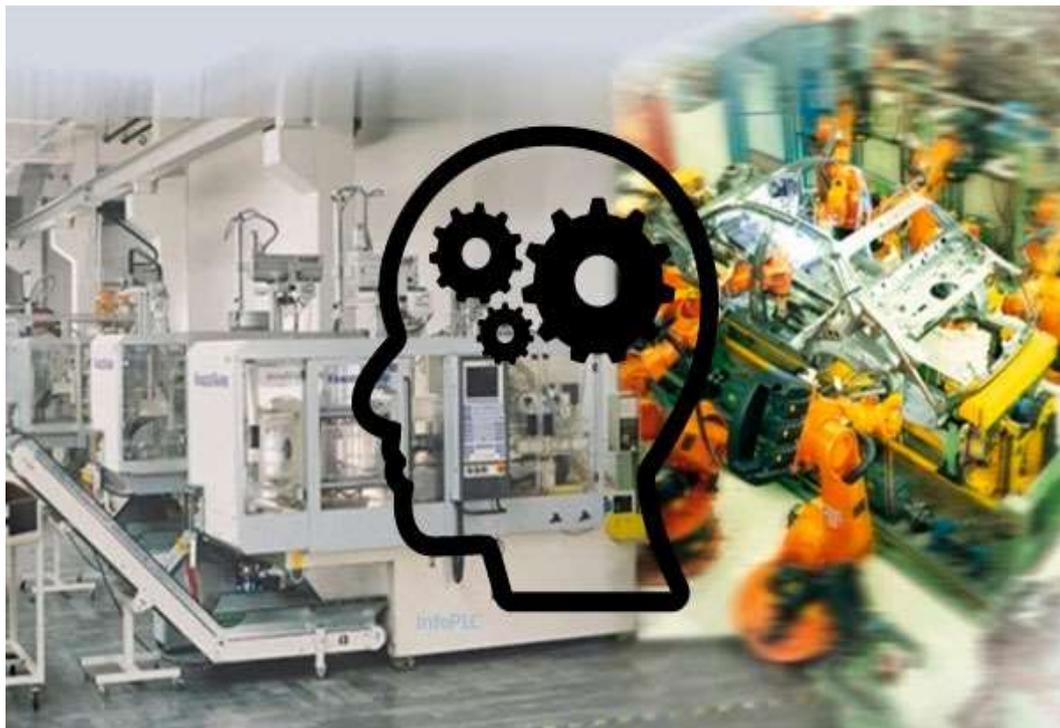
UNIVERSITAT POLITÈCNICA
DE CATALUNYA
BARCELONATECH

Escola Tècnica Superior d'Enginyeries
Industrial i Aeronàutica de Terrassa

Diploma Universitari UPC en “Ciència, Tecnologia i Societat”

Trabajo de síntesis:

Impactos de la Automatización y/o la Robótica



(Fuente: InfoPLC/08 septiembre 2016)

Alumno: Adolfo Hernández Vela

Tutor: Joseba Quevedo Casin

Junio 2019

Agradecimientos

Llegado este momento, y después de todo el proceso realizado para hacer mi trabajo de final de diploma, quiero agradecer a todas las personas que me han acompañado (familiares, docentes y personal colaborador) que siempre me han animado y apoyado para su realización, aportando algunos sus conocimientos para la mejora del trabajo, así como en su caso para complementarlo.

En particular, a mi mujer Gloria, sin cuyo apoyo no hubiera sido posible; y especialmente a mis dos hijos, Carlos graduado en Ingeniería Electrónica Industrial y Automática por esta Universidad y actualmente Manager de ingeniería de procesos en la industria; y Marta Licenciada en Química por la UAB y también en la industria, los cuales a través de varias entrevistas mantenidas me han aportado sus experiencias y visión al respecto, que me ha sido de gran utilidad.

También a mi director para este trabajo Joseba Quevedo, por aconsejarme en todo momento, facilitarme material apropiado, aportar su experiencia en la realización de trabajos académicos, y su ayuda durante todo este proceso.

Castellar del Valles, junio 2019

INDICE		Pág.
0.	Resumen	7
1.	Introducción	9
2.	Motivación	13
3.	Objetivos del trabajo	15
4.	Método de estudio e investigación	17
5.	Marco teórico	19
	5.1 Definición de Automatización/Robotización	19
	5.2 Breve historia de la Automatización/Robotización	20
	5.3 Primeros pasos de la Cuarta Revolución Industrial	21
6.	Impactos de la Automatización	23
	6.1 En la productividad y competitividad	23
	6.2 En el empleo	29
	6.3 En los salarios	34
	6.4 En la formación	38
	6.5 En la investigación	43
	6.6 En la Sociedad	45
	6.6.1 En la demografía	45
	6.6.2 En las pensiones	49
	6.6.3 En el hogar	51
	6.6.4 En el ámbito asistencial	53
	6.6.5 En la Sanidad	57
	6.6.6 En el entretenimiento	61
	6.6.7 En el medio ambiente	62
7.	Conclusiones y reflexiones	63
8.	Bibliografía, Webgrafía y Figuras	67
	8.1 Informes y libros	67
	8.2 Webgrafía	69
	8.3 Figuras	75

0. Resumen

Como automatización, podemos entender los sistemas que, replicando las acciones de un ser humano, interactúan con la interfaz de usuario de un sistema informático.

Tanto la automatización como la robótica, su máximo exponente, han experimentado en las últimas décadas un gran avance, impulsado principalmente por su gran versatilidad en la mejora de procesos y técnicas en los ámbitos industriales, como en los de la logística, la salud, la educación, la administración, las finanzas, la agricultura o en cualquier otra disciplina.

Como es de suponer, la revolución que ha supuesto su expansión ha generado un profundo debate, no sólo en el ámbito moral, si no sobre qué papel jugarán los llamados robots en el futuro desarrollo del ser humano y, sobre todo, qué tipo de beneficios o perjuicios nos pueden acarrear en su definitiva e imparable llegada.

Lo cierto es que los robots en sus diversas versiones y formatos ya son una realidad en la automatización de procesos de nuestro día a día, y, ciertamente, muy útiles, con un impacto directo en la productividad y la mejora de las condiciones laborales, evitando las tareas repetitivas y de poco valor añadido.

No obstante, según todos los indicadores, todavía está por llegar la mayor parte de las aplicaciones de la automatización y la robótica al ámbito del gran consumo. Su inminente llegada, sin duda representará en sí misma una revolución equiparable a la que está representando a nivel industrial.

Este trabajo pretende analizar y reflexionar sobre algunas de las consecuencias que se pueden derivar de los crecientes procesos de automatización y robotización de la sociedad, y que sin duda afectan a un buen número de disciplinas y personas.

Algunas de estas actividades afectadas, las intentaré concretar, y no solamente las vinculadas con el aspecto productivo del tema que nos ocupa; aunque este aspecto y su rentabilidad económica, son las razones que en última instancia aparecen como las motivaciones más recurrentes, por lo menos en el corto plazo, y son el motor que mueven e incentivan a evolucionar al resto.

Por otra parte, algunas de las actividades no consideradas productivas propiamente dichas se acaban convirtiendo en sí mismas en elementos de producción, cuando se fabrican los automatismos y/o robots necesarios para su ejecución, por lo que se produce un círculo virtuoso, y aunque se pueda distinguir la naturaleza propia de la actividad, en última instancia se confunden a la hora de los resultados obtenidos.

1. Introducción

Si hablamos de automatización y sus consecuencias, que mejor introducción que el análisis de los datos que se acompañan a continuación y que se han recopilado en un estudio de **Deloitte** (1), al que más adelante haré mención:

- El **95%** de las organizaciones que han implementado **Automatización y Robótica de Procesos** (RPA por sus siglas en inglés) afirman que la tecnología ha aumentado su productividad.
- El **93%** de aquellas que han implementado o escalado **RPA** afirma que ha mejorado el **cumplimiento normativo** tanto interno como externo.
- El **81%** indica haber reducido costes.
- El **77%** asegura que la tecnología les proporciona una mejor gestión de la información.
- Cada vez más empresas reconocen los beneficios aportados por **RPA** en la productividad que van mucho más allá de la reducción de costes. De hecho, solo el **5%** de las compañías que implementan **RPA** lo hacen únicamente para reducir costes, comparado con el **21%** de las empresas que decían lo mismo en **2017**.

Evidentemente, con los datos estadísticos anteriores **parecen innegables las bondades derivadas de la implantación de la automatización** dentro de las organizaciones y desde un punto de vista estricto parece indudable que todo son ventajas para justificar su avance a todos los niveles.

No obstante, esta sería la parte bondadosa de su ejecución e implantación, mientras que **existen otros aspectos menos amables**, como es la destrucción de empleo, especialmente en aquellos sectores con tareas más repetitivas y de menor valor añadido.

Según el informe **Empleo del futuro**¹ que presentó la OCDE² en Berlín el pasado 25 de abril, en España **21%** de puestos de trabajo desaparecerá como consecuencia de la automatización, estando este porcentaje muy por encima del **14%** de riesgo medio en Europa. Apuntando como una más que probable causa, nuestro déficit de formación.

¹ <http://www.oecd.org/fr/espagne/Employment-Outlook-Spain-ES.pdf>

² Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos

Quizás uno de los mayores temores que el tema plantea es: **¿Desaparecerán los trabajadores?** Podemos aventurar y afirmar con rotundidad que no, sencillamente cambiará la tipología de trabajos y funciones a desarrollar. Surgirán nuevos territorios y trabajos que explorar, sin olvidar que los robots también precisarán de una supervisión, que solo podrán hacer los humanos.

También parece innegable que **la automatización va a afectar al nivel salarial de las personas** afectadas, en unos casos de forma positiva, aquellas de mayor formación; y en otras de forma negativa y que tendrá que ver con los sectores de menor formación y por tanto mayor vulnerabilidad.

Otra evidencia de los beneficios que aporta la automatización es que, al fin y al cabo, **la misión que les hemos encomendado a los robots es facilitar la vida de los humanos** y esta debería ser su evolución natural.

De hecho, según el reciente estudio **El momento de los Robots ¿Estamos preparados para aprovechar las ventajas?** publicado por **Deloitte**³⁽¹⁾ los propios trabajadores consideran, que la implantación de robots supondrá la liberación del **20%** de la jornada, y este tiempo se podrá dedicar a otras actividades ejercidas por el ser humano, como mayor tiempo de ocio y una mayor conciliación familiar.

Como consecuencia de lo anterior, **también cambiará la forma de trabajar** de las propias empresas. Según la **Federación Internacional de Robótica**⁴, el crecimiento del sector tiene previsto un aumento de entre un **20-25%** en el período **2018-2020**, y ello supondrá un volumen acumulado de **35.000 millones** de euros de negocio en la implantación de estos sistemas.

¿Cómo afectará a la demografía? Es evidente que en el pasado todas las variantes de automatización que se han llevado a cabo han supuesto determinadas e importantes migraciones entre zonas más o menos amplias. Por todos es conocido el traslado a zonas urbanas en detrimento del ámbito rural, que se produjo en las primeras revoluciones industriales. En la actualidad existe una importante corriente migratoria desde las zonas menos desarrolladas del planeta hacia las más evolucionadas.

³ <https://www2.deloitte.com/es/es/pages/operations/articles/robots-en-empresas.html> (1)

⁴ **La Federación Internacional de Robótica** (IFR, por sus siglas en inglés) se estableció en 1987 como una organización sin ánimo de lucro, que agrupa a instituciones de robótica de más de 15 países. Desde 1970, el Simposio Internacional de Robótica se ha organizado cada año en diferentes continentes, países y ciudades. Cada simposio está organizado juntamente con la Exposición Internacional del Robot. La IFR tiene como propósito promover y fortalecer la industria robótica en todo el mundo, para proteger sus intereses comerciales, sensibilizar al público acerca de las tecnologías de robótica, y tratar otros asuntos de interés para sus miembros.

En buena parte, el desfase producido con estos trasvases **se ha compensado por la mecanización** que ha experimentado el campo, y que en buena lógica tendrá que seguir avanzando, para que la producción de alimentos siga creciendo en la proporción necesaria para satisfacer la creciente demanda producida por el incremento de población.

Otro aspecto no menos controvertido, trataría de **¿cómo se van a sustituir las cotizaciones sociales de aquellos obreros sustituidos por máquinas?**, a fin de que los diferentes sistemas de protección social sigan funcionando independientemente de la evolución y avance en la automatización. En este capítulo evidentemente también incide la **creciente longevidad** que se está alcanzando a nivel planetario y que hará reconsiderar a nivel global los sistemas de pensiones adoptados.

El gran valor que son capaces de aportar tanto la automatización como la robótica en los procesos, es el de **la eficiencia programada**. Poder calcular y programar cuáles son los requisitos necesarios para poder alcanzar resultados óptimos, se traduce automáticamente en beneficios, que de manera directa mejoran tanto el rendimiento empresarial, como el de aquellas tareas a las que se aplica.

Y por último **¿qué papel desempeñarán las máquinas y robots en nuestros hogares en nuestro día a día?** Ya son una realidad los robots de limpieza, empiezan a serlo los asistentes y las automatizaciones de las comunicaciones de nuestras casas, que hacen que prácticamente se puedan manejar todos sus parámetros variables a distancia, subir y bajar persianas, encender la calefacción, poner la lavadora, etc.

En el **capítulo 2** se hace una breve reseña a **la motivación** para la realización de este trabajo; en el **capítulo 3** se establecen **los objetivos** del trabajo; en el **4 y 5** se detallan los **métodos de investigación** y una mirada al **marco teórico** de la automatización y su reciente historia, para ayudarnos a entender mejor de donde proviene la actual corriente y los modelos actuales de dicha automatización.

Es el **capítulo 6** donde **se desarrollan los objetivos** con más profundidad y **se analizan los impactos** producidos por la automatización, haciendo más hincapié en aquellas cuestiones que se consideran de más relevancia, tanto a nivel propiamente industrial, como a nivel de uso por parte de la Sociedad, y se establece por ende un pequeño **catálogo de impactos**.

En el **capítulo 7** se describen **las conclusiones principales** de este trabajo y, en su caso, se establecen **las acciones futuras** que se pueden realizar a tenor de las reflexiones a que este informe nos pueda conducir.

Por último, en el **capítulo 8** se relacionan las **fuentes de información** a las que he tenido acceso para informarme y realizar el informe; **libros e informes**, por una parte, y **diversas páginas web** por otra. También se incluye en este apartado el **índice de figuras** que aparecen a lo largo del informe.

2. Motivación

Mis primeros encuentros conscientes con la automatización los tuve en mi más temprana infancia. Muchas de las familias de mis amigos, se quedaron sin el trabajo de envolver caramelos que realizaban en sus casas, debido a que, en la fábrica de estos, se instalaron dos máquinas automáticas para la realización de ese trabajo.

Corrían los años 60 y lo recuerdo como una pequeña conmoción para el pueblo; ¿cómo podía ser? que una máquina realizara aquella tarea tan complicada que resultaba de la envoltura de un caramelo, y que en pocos minutos envolviera lo que una familia compuesta por todos sus miembros, desde los abuelos a los nietos, tardaban varias jornadas. Con lo difícil que era cortar los dos tipos de papel necesarios en sus medidas cada uno, y luego envolverlo.

No obstante, **lo que en primera instancia fue negativo**, porque quitó unos ingresos extras a familias que lo necesitaban para complementar sus rentas generalmente agrícolas, con posterioridad **se volvió positivo**, ya que esa, y otras mecanizaciones significaron el despegue comercial y de competitividad de la fábrica, lo que **redundó en la creación de muchos puestos de trabajo** fijos, y que en muchos casos recayeron en aquellas mismas familias.

En esa misma fábrica, y dado que en el taller de la familia durante un tiempo realizamos las tareas de mantenimiento de esta, **tuve la ocasión de ver las primeras líneas automáticas para la fabricación** del chocolate y caramelos, y siempre me llamó la atención ver como se coordinaban las diferentes máquinas, y también como interaccionaban con los obreros al cargo.

Por otra parte, **haciendo una reflexión de mi vida profesional**, en realidad y desde otro punto de vista, una buena parte de mi carrera ha tenido que ver con la implantación de sistemas de automatización, así como la optimización de algunos procesos, aunque en este caso relacionados con el sector financiero, al que he dedicado la totalidad de mi vida profesional.

He vivido por tanto **desde aquellos años 70** hasta la actualidad la revolución que en el sector financiero se ha llevado a cabo, y que ha sido, está siendo y será determinante para la rentabilidad y continuidad de las diferentes entidades del sector. En este período prácticamente hemos pasado de las anotaciones manuales a la más compleja tecnología de procesos e información.

A principio de los años 90 tuve que coordinar la puesta en marcha de los 100 primeros **ATM** (*evolución de los cajeros automáticos a máquinas que hacían otro tipo de operaciones distintas del tratamiento del dinero*), que la entidad para la que trabajaba instaló y puso en marcha en Catalunya, por lo que me tocó vivir muy de cerca, la revolución y evolución que la puesta en marcha de dichas máquinas supuso, tanto para las oficinas como para su relación con los clientes.

Ahora nadie cuestiona ya la importancia del **Big-Data**⁵, ni la necesidad de tener alternativa de canales (multicanalidad) para la relación cliente/entidad, y un buen y creciente número de operaciones ya no se entenderían bajo otra perspectiva que no sea la automatización.

Por otra parte, **también pretendo que este trabajo me sirva para entender mejor el entorno actual de relación con la sociedad**, y que, en una muy buena parte, se sustenta en todos los aspectos de la automatización de esta, tanto en sus más mínimas cuestiones cotidianas, como en la relación que tiene con la llamada sociedad de consumo, y que no sería posible sin un determinado nivel de automatización.

Y por último y dado que tengo un hijo Ingeniero en electrónica industrial y automática, dedicado en cuerpo y alma a este sector, espero que lo aprendido me sirva para entenderlo mejor a él y a su trabajo.

Todo esto, en unos momentos por unas causas y en otros por otras, ha hecho que siempre haya sido un tema que me ha llamado poderosamente la atención y me ha hecho mantener un hilo conductor para intentar estar mínimamente informado al respecto.

Seguramente, si se pudiese retroceder en el tiempo, el campo de la automatización y la robótica, serían una de las opciones que sin duda me plantearía para mi desarrollo profesional.

Quién sabe, si con algún avance de la ciencia esta inquietud, pueda algún día tener viabilidad porque el tiempo se pueda retrotraer. Parece que los primeros pasos ya se han dado en este sentido.

⁵ **Big Data** es un término que describe el gran volumen de datos, tanto estructurados como no estructurados, que inundan los negocios cada día. Pero no es la cantidad de datos lo que es importante. Lo que importa con el **Big Data** es lo que las organizaciones hacen con los datos. **Big Data** se puede analizar para obtener ideas que conduzcan a mejores decisiones y movimientos de negocios estratégicos.

3. Objetivos del trabajo

Como objetivo general, podríamos establecer, como ya se ha indicado en los apartados de resumen e introducción, **analizar las diferentes consecuencias/impactos socio económicos**, que se pueden plantear, siempre desde mi humilde punto de vista, al realizar la implementación de cualquier grado de automatización que se quiera aportar a cualquier actividad.

Mi intención, es **hacer un escueto y reducido catálogo** de aquellas consecuencias/impactos que he considerado más relevantes, pero siempre bajo un punto de vista conceptual, y no entro por tanto en las comparaciones estadísticas y sus avances como consecuencia de la automatización. No obstante, como refuerzo en algún caso he incluido cuadros estadísticos, que visualmente ayudan a comprender al lector el tema al que se hace referencia en el apartado correspondiente.

Ni que decir tiene que, dado su repercusión directa, y sobre todo en el más corto plazo, parece indudable que donde más consecuencias tiene la automatización, es **en los aspectos productivos**, y como consecuencia en lo relacionado con las empresas, y por tanto su **interacción con sus trabajadores**, pero está claro, que ni mucho menos, este vaya a ser el único sector afectado.

Por la sensibilidad que plantea, un objetivo más específico, sería ver **cómo afecta a la relación con las personas**, especialmente en su entorno laboral, tanto en cuanto puede representar amenazas al empleo, como en tanto pueda representar una afectación salarial en positivo o negativo según sea el caso.

Mención especial, merece también a mi entender, la relación de la automatización con todo **lo relacionado con las cotizaciones sociales**, y en su caso, como se deberán sustituir a fin de garantizar a futuro las prestaciones derivadas de las mismas.

También, me gustaría tratar el tema con un cierto **aire de universalidad**, y por tanto analizarlo desde un punto de vista que abarque cualquier disciplina, y no ceñirme al concepto puramente industrial, que automáticamente asimilamos cuando se habla del tema.

Está claro que el concepto de industria se ha ampliado mucho, así como también, la implementación de la automatización a diferentes disciplinas, y que, en muchos casos, no se trata de industrias, al menos en el concepto clásico que entendíamos.

4. Método de estudio e investigación

En cuanto el método utilizado para la realización del trabajo, en general lo he basado en la **recopilación y análisis de datos de estudios realizados** al respecto por diferentes instituciones europeas, de noticias y artículos de opinión, así como análisis de documentos de consultoras especializadas versadas sobre el tema, con el fin de formarme una opinión teórica que me permitiera entender y construir la memoria, más desde un punto de vista de usuario afectado, que el de un especialista sobre el tema.

Al realizar la búsqueda de la información, **he intentado contrastar la misma** entre más de una fuente, y por lo general he optado por la publicada por la que a mi entender es la institución más solvente y prestigiosa.

En los momentos actuales, y debido a la importancia que el tema que nos ocupa ostenta, raro es el día en el que, en cualquiera de los medios especializados, o en todos a la vez, no aparezca alguna noticia relacionada con alguna versión de automatización, por lo que sin una gran dificultad **he logrado reunir una cantidad ingente de información al respecto**.

Es verdad que la mayor parte de la información la he obtenido a través de páginas **de Internet**, pero no es menos cierto, que actualmente **casi toda la información está en este medio. Casi todas las instituciones** con un cierto grado de reconocimiento, sobre todo si son instituciones públicas, **lo publican absolutamente todo**, representando en sí mismo, una prueba del alcance de la automatización en la Sociedad.

Este modo de proceder en sí mismo, **avala la denominación de Cuarta Revolución Industrial**, que más adelante se comentará, y que se podría decir que comenzó con los primeros pasos de la entonces incipiente Internet, y que mucho o todo **tiene que ver con los avances en las técnicas y modelos de la información**.

Al construir la memoria e incluir los datos obtenidos, **he intentado que el lector no deba tener un especial conocimiento del tema para su seguimiento y entendimiento**, secuenciando los diferentes apartados por su aparente importancia para la Sociedad, siempre según mi modesto criterio.

5. Marco teórico

5.1 Definición de Automatización/Robotización

Según la Real Academia de la Lengua Española, un robot es: **“Máquina o ingenio electrónico programable, capaz de manipular objetos y realizar operaciones antes reservadas solo a las personas”** (Real Academia de la lengua española, 2018).

Para mí, la definición de automatización se ajusta más a la siguiente: **La aplicación de diferentes tecnologías para controlar y monitorear un proceso, maquina, aparato o dispositivo que por lo regular cumple funciones o tareas repetitivas, haciendo que opere automáticamente, reduciendo al mínimo tanto los tiempos como la intervención humana y los errores.**

En cualquier caso y teniendo en cuenta las dos definiciones anteriores, queda claro que la automatización, tal y como se define, **se encuentra en innumerables actividades cotidianas** y que inevitablemente está en franco y, a mi entender imparable ascenso.

También parece evidente que, a tenor de las definiciones anteriores, la idea o conocimiento que en general tenemos de la misma dista bastante de la realidad y **se ve claramente influenciada por la ciencia ficción** relatada en la literatura y en el cine sin que seamos plenamente conscientes de su presencia e implantación en nuestra vida cotidiana.

Así pues, podríamos concluir que automatizar y/o robotizar es: **“La transformación de la mano de obra humana hacia una máquina, la cual realiza actos complejos de forma automática y repetitiva”**, aportando en general un mayor grado de productividad y precisión.

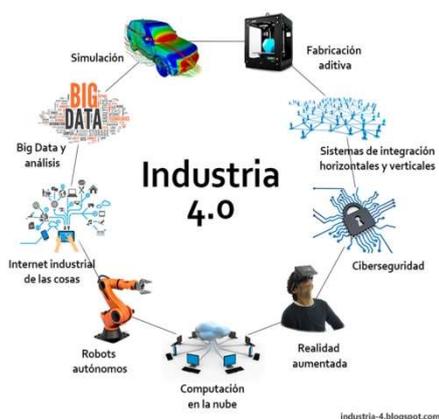
Con la definición en la mano, ya podemos colegir que la automatización por tanto ya es una realidad en nuestra existencia y **se encuentra presente en una casi innumerable relación de actividades cotidianas**, y en un buen número de ellas se ha convertido en imprescindible, sin que por tanto la Sociedad tenga en estos momentos una alternativa mejor a la misma que pudiera dar un resultado ni tan siquiera parecido.

5.2 Breve historia de la Automatización/Robotización

La automatización del trabajo, tal como la conocemos actualmente viene precedida por una **Primera Revolución Industrial**⁶ que propiciaron en su momento la máquina de vapor y la energía hidráulica.

Le siguió una **Segunda Revolución Industrial**, que apareció gracias a la electricidad y de la que surgieron la producción en masa y la cadena de montaje, las cuales se pueden considerar de alguna forma las primeras automatizaciones.

Dado que la automatización es un fenómeno que lleva por tanto mucho tiempo presente entre nosotros, he creído conveniente centrarlo en la **Tercera Revolución Industrial**⁷, que apareció gracias a la informática y de la cual surgieron la automatización y las tecnologías de la información y comunicación tal como las conocemos en la actualidad.



Todo esto acaba por abocar en la **Cuarta Revolución Industrial**, actualmente en marcha, basada en la digitalización, de la que está surgiendo el internet de las cosas, la nube, la gestión digital, la robótica y la inteligencia artificial. Dentro de esta cuarta revolución industrial habría que enmarcar también el concepto de **Industria 4.0**⁸, concepto que muchas empresas están estudiando e implementado en la actualidad.

Figura: 5.2.1 Diagrama Industria 4.0 (Fuente: <http://industria-4.blogspot.com/>)

⁶ **Revolución industrial** es el nombre que recibe un conjunto de cambios tecnológicos iniciados a mediados del siglo XVIII en el Reino Unido, así como su impacto en la sociedad: la declinación del feudalismo y la monarquía; el desarrollo del capitalismo, la democracia y el socialismo y la mecanización agrícola, las migraciones rurales y el crecimiento de la población urbana. Entre otras, la introducción de la máquina de vapor permitió que la producción se realizara a una escala mucho mayor que con los métodos artesanales tradicionales, lo que se vio reforzado por la aplicación de los principios de la división del trabajo. La Revolución industrial se dividió en dos etapas: la **primera revolución industrial** que se caracterizó por el descubrimiento de la industria textil, y la **segunda revolución industrial** que se caracterizó por los avances científicos y tecnológicos. http://enciclopedia.us.es/index.php/Revoluci%C3%B3n_industrial

⁷ La **Tercera revolución industrial**, también llamada Revolución científico-tecnológica (RCT), Revolución de la inteligencia (RI) o Tercera revolución tecnológica, es un nuevo concepto y una fusión de ideas, que fuera planteado por **Jeremy Rifkin**, y avalado por el Parlamento Europeo en una declaración formal aprobada en junio de 2006. https://es.wikipedia.org/wiki/Tercera_revoluci%C3%B3n_industrial

⁸ El término **Industria 4.0** se refiere a un nuevo modelo de organización y de control de la cadena de valor a través del ciclo de vida del producto y a lo largo de los sistemas de fabricación apoyado y hecho posible por las tecnologías de la información. (*Informe para la conferencia de directores y decanos de ingeniería Informática, titulado: Industria 4.0: la transformación digital de la industria y cuyo autor es: José Luis del Val Román, Facultad de Ingeniería de la Universidad de Deusto*) <http://coddii.org/wp-content/uploads/2016/10/Informe-CODDII-Industria-4.0.pdf>

5.3 Primeros pasos de la Cuarta Revolución Industrial

La **Cuarta revolución industrial**, tiene que ver con todo lo relacionado con **las tecnologías de la información, la robótica colaborativa y la ciberseguridad**; y de alguna forma podríamos decir que el embrión se puede situar en la primera mitad del siglo **XX** y, más concretamente, en el desarrollo del programa **ARPAnet**⁹, precursor del actual Internet, y por tanto podemos decir que este proyecto es la casilla de salida.

El proyecto, establecía la base para **Internet**¹⁰ y el uso de datos numéricos para automatización. Cuarenta años después del inicio del proyecto, y debido a las tecnologías desarrolladas, el hombre fue capaz de llegar a la Luna.

En **1990** aparecieron las primeras máquinas automatizadas con sistemas de información numérica, y podríamos decir que **estas máquinas son los primeros robots** y la base de la actual automatización.

Podemos en este contexto, establecer como automatización **todo aquello que implica a una máquina que utiliza información numérica**, cuestión esta que las diferencia, de aquellas máquinas de vapor y otras, que en su época fueron un método de automatización, pero que no utilizaban información numérica.

⁹ **ARPAnet** fue una red de computadoras creada por encargo del Departamento de Defensa de los Estados Unidos (DOD) para utilizarla como medio de comunicación entre las diferentes instituciones académicas y estatales. El primer nodo fue creado en la Universidad de California en Los Ángeles (UCLA), y fue la espina dorsal de Internet hasta 1990, tras finalizar la transición al protocolo TCP/IP, iniciada en 1983.

ARPANET son las siglas de **Advanced Research Projects Agency Network**, es decir, la Red de la Agencia de Proyectos de Investigación Avanzada, organismo conocido ahora como Agencia de Proyectos de Investigación Avanzados de Defensa. <https://es.wikipedia.org/wiki/ARPANET>

¹⁰ El nombre Internet procede de las palabras en inglés **Interconnected Networks**, que significa “redes interconectadas”. Internet es la unión de todas las redes y computadoras distribuidas por todo el mundo, por lo que se podría definir como una red global en la que se conjuntan todas las redes que utilizan protocolos TCP/IP y que son compatibles entre sí.

En esta “red de redes” como también es conocida, participan computadores de todo tipo, desde grandes sistemas hasta modelos personales. En la red se dan citas instituciones oficiales, gubernamentales, educativas, científicas y empresariales que ponen a disposición de millones de personas su información.

Internet fue el resultado de un experimento del Departamento de Defensa de Estados Unidos, en el año 1969, que se materializó en el desarrollo de **ARPAnet**, una red que enlazaba universidades y centros de alta tecnología con contratistas de dicho departamento. Tenía como fin el intercambio de datos entre científicos y militares. A la red se unieron nodos de Europa y del resto del mundo, formando lo que se conoce como la gran telaraña mundial (**World Wide Web**). En 1990 **ARPAnet** dejó de existir. <https://conceptodefinicion.de/internet/>

6. Impactos de la Automatización

6.1 En la productividad y competitividad

La automatización de las actividades posibilita que las empresas **mejoren su desempeño**, ya que, al mejorar la velocidad de ejecución, la calidad y los errores, en muchos casos puede llevar a lograr resultados que vayan más allá de la capacidad humana.

Las máquinas, presentan una **mayor fiabilidad y seguridad** en las tareas repetitivas que el ser humano, pueden trabajar varios turnos sin cansarse y con un nivel de error perfectamente controlable, y por lo tanto valorable, al tiempo que el análisis para su corrección se facilita y se puede sistematizar.

Tal y como ya lo ha hecho a lo largo de la historia, desde sus primeros avances en las revoluciones industriales pasadas, la automatización, **está contribuyendo a mejorar la productividad y por tanto la competitividad**.

En estos momentos, donde el crecimiento de la productividad ofrecida por las personas es difícil de mejorar en términos absolutos, **la automatización puede dar el impulso necesario**, para el crecimiento económico y la prosperidad que necesita la Sociedad, así como ayudar a compensar el impacto de la disminución de la población en edad de trabajar, que ya está pronosticada en muchos países de nuestro entorno, especialmente en los llamados desarrollados o del primer mundo.

Según **Rafael Doménech**¹¹ (01/04/2019 opinión Voz Populi): *A largo plazo la prosperidad de una sociedad depende de su productividad, es decir, de su capacidad para aumentar la producción de bienes y servicios por unidad de trabajo empleada. El PIB por persona en edad de trabajar no es más que el resultado de multiplicar la tasa de actividad, por la tasa de empleo sobre población activa y por la productividad. Puesto que las tasas de actividad y de empleo no pueden crecer indefinidamente, el crecimiento del PIB por persona en edad de trabajar está determinado a largo plazo por el de la productividad. Por lo tanto, el crecimiento de los salarios, de la renta disponible, del consumo privado, de la inversión y de los ingresos públicos con los que financiar el estado de bienestar, el tiempo de ocio o, incluso, la capacidad de dedicar recursos a la sostenibilidad medioambiental depende en última instancia del crecimiento de la productividad.*

¹¹ **Rafael Doménech** es responsable de Análisis Macroeconómico de BBVA Research y catedrático de economía en la Universitat de València. Posee un máster en Economía por la London School of Economics, y un doctorado en la misma materia por la Universitat de València

Según el informe: **Un futuro que funciona: Automatización, empleo y productividad**,¹²⁽⁷⁾ del **McKinsey Global Institute**¹³ publicado en enero de **2017** y tras el análisis realizado por ellos a más de **2,000** actividades laborales en **800** profesiones, cerca de la mitad de las actividades por las cuales se pagan salarios, equivalentes a **\$15 billones** en la economía mundial tienen el potencial de ser automatizadas si se adoptaran e implantaran **tecnologías ya existentes y ya probadas**.

Aunque menos del **5%** de todas las profesiones pueden ser automatizadas en su totalidad usando tecnologías probadas, cerca del **60%** de todas las profesiones están integradas por actividades automatizables, representando al menos el **30%** del total de actividades.

En el cuadro reproducido a continuación, se puede observar el **potencial de la automatización**, al adaptarla a las tecnologías probadas, así como los salarios y mano de obra asociados con actividades automatizables.

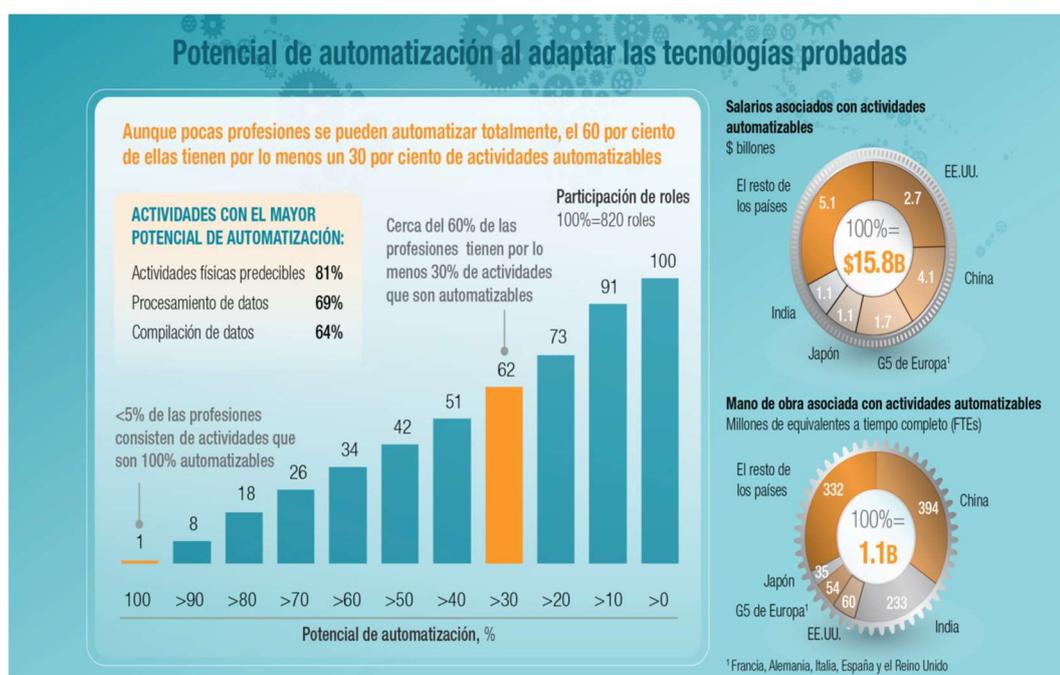


Figura: 6.1.1 Potencial de automatización (Fuente: Informe UN FUTURO QUE FUNCIONA: AUTOMATIZACIÓN, EMPLEO Y PRODUCTIVIDAD del MCKINSEY GLOBAL INSTITUTE de enero de 2017)

12

<https://www.mckinsey.com/~media/mckinsey/featured%20insights/digital%20disruption/harnessing%20automation%20for%20a%20future%20that%20works/a-future-that-works-executive-summary-spanish-mgi-march-24-2017.ashx> (4)

13 Desde su fundación en 1990, el **McKinsey Global Insitute** (MGI) busca desarrollar un entendimiento más profundo de la cambiante economía mundial. Siendo el brazo de investigación de McKinsey & Company en los temas de negocios y economía, el MGI tiene como meta el proporcionar a los líderes de los sectores comercial, público y social datos actuales y perspectivas sobre las cuales basar sus decisiones gerenciales y respecto a la política. El Instituto Lauder de la Universidad de Pensilvania clasificó al MGI como el Think Tank número uno a nivel mundial del sector privado en su índice Global Think Tank del 2015.

Actualmente estamos inmersos en **una nueva era de automatización**. En esta nueva interpretación, los robots y las computadoras no solo pueden realizar una amplia gama de actividades rutinarias de trabajo que podríamos denominar físicas, mejor que los seres humanos y a menor costo, sino que también son cada vez más capaces de realizar actividades que requieren competencias cognitivas, como son el hacer juicios tácticos, sentir emociones o hasta conducir un vehículo, cuestiones que hasta hace muy poco se consideraban de muy difícil implantación.

Está claro pues, que una de las consecuencias atribuibles a la automatización será el **incremento de la productividad** y otros beneficios asociados a los procesos, y esto ocurrirá tanto a nivel de empresas individuales, como de economías o incluso países completos.

Se estima, que al menos el **50%** de las actividades conocidas son automatizables con los sistemas actuales ya probados, y que su progresiva automatización puede aumentar el crecimiento de la productividad a nivel mundial desde un **0,8%** hasta el **1,4%** anual.

No obstante, el ritmo de implantación **vendrá marcado por el nivel de formación** de cada región, así como tienen importancia en determinadas zonas los niveles salariales, ya que, en aquellas zonas, donde los salarios son más bajos, el incentivo para automatizar es menor y, como consecuencia, se producirá más tarde, y, por tanto, su repercusión en los niveles de productividad también.

Por otra parte, no deja de ser paradójico, que aquellas regiones más rezagadas en los niveles de automatización, y que, por tanto, son las de mayor recorrido, son al mismo tiempo, las que necesitan avanzar más en este campo, a fin de mejorar sus niveles de productividad y creación de riqueza, y no lo están potenciando ya que sus niveles salariales lo desincentivan.

Para **Harm Bandholz**¹⁴ en su publicación **Voces y Perspectivas de Desarrollo del Banco Mundial (14/09/2016)**, *los robots constituyen solo una de las últimas etapas en el desarrollo tecnológico. La cantidad de robots que usan las empresas para aumentar la productividad se ha incrementado rápidamente en los últimos años. Y no hay ninguna razón para creer que este ritmo de la robotización empezará a disminuir en el corto plazo.*

¹⁴ **Harm Bandholz** es un bloguero invitado por el Banco Mundial y actual economista jefe en EE. UU. del Grupo italiano UniCredit. Esta publicación es una parte de lo publicado el 31 de agosto con el título **Rise of the Machines (El auge de las máquinas)**

Según la **Federación Internacional de Robótica** (IFR, por sus siglas en inglés), en 2017 había a nivel global dos millones de robots industriales instalados, con un ritmo de crecimiento del **15%** anual en **2017** y **2018**. Para **2021**, la IFR estima que habrá **3,8 millones** de robots instalados, con un ritmo de crecimiento medio anual del **16%**. Pese a todo, son cifras que aún se pueden considerar relativamente bajas según los expertos.

En el gráfico mostrado a continuación, se puede observar la evolución en la venta, y por tanto suponemos que, en la instalación consecuente, de robots a nivel mundial desde el año **2002** hasta el **2014**.

FUERTE AUMENTO DE LAS VENTAS DE ROBOTS EN EL MUNDO

Gráfico 3: Ventas mundiales de robots industriales, en miles de unidades

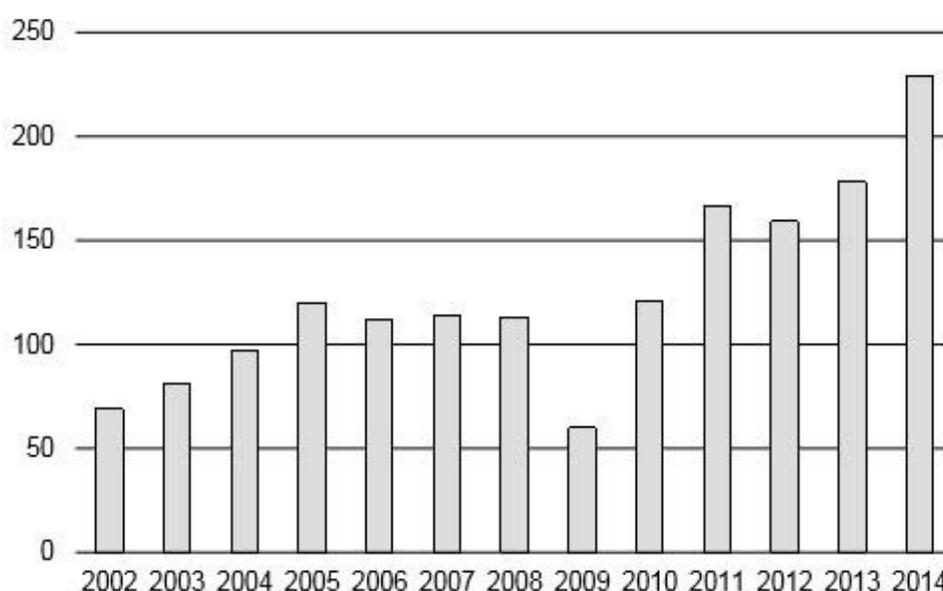


Figura: 6.1.2 Ventas de robots en el mundo. (Fuente: Banco Mundial)

El crecimiento global del parque de robots industriales en España fue del **6%** en **2016**. La integración de robots durante ese año dejó unas cifras históricas, convirtiéndose en el tercer mejor registro en España (**3.221** unidades) solo por detrás de los **3.710** robots instalados en **2015** y las **3.584** unidades de **2001**. En relación con las cifras de **2015**, se ha producido una disminución del **13%** en **2016**. Así lo resume la **Asociación Española de Robótica y Automatización, AER-ATP**, en su último estudio publicado. (Fuente: *Interempresas.net*, publicado 24/05/2017)

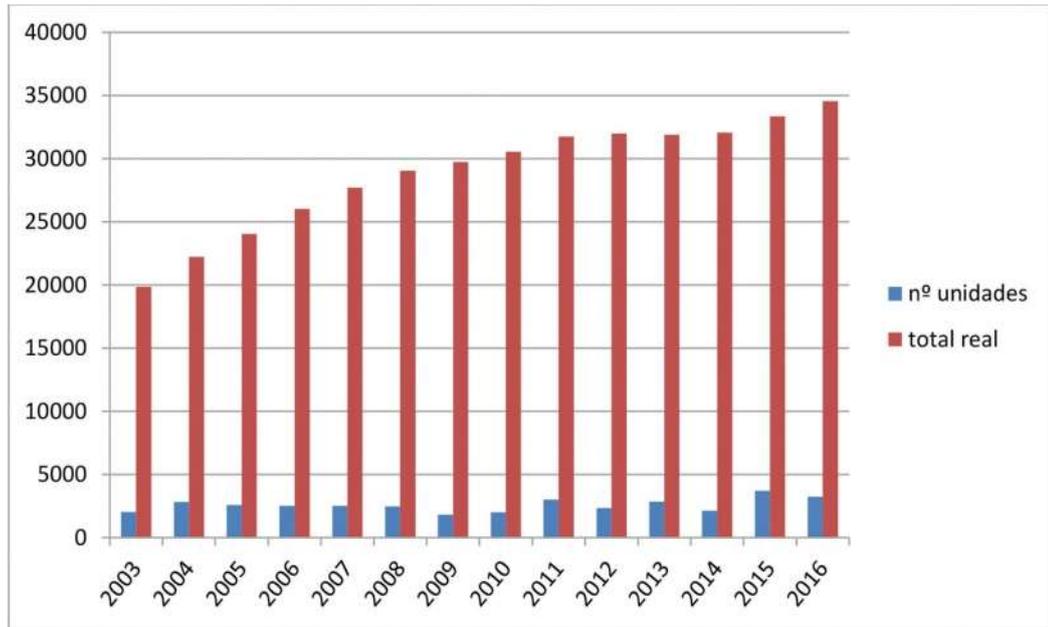


Figura: 6.1.3 Evolución del parque de robots en España (Fuente: Interempresas.net, publicado 24/05/2017)

Como se puede observar en el gráfico, durante los años del **2011** al **2015** la evolución ha experimentado un estancamiento en el **número total de robots instalados**, debido a la pasada crisis, pero los dos últimos años vuelve a observar notables crecimientos, tal como se puede observar en el cuadro siguiente:

AÑOS	Nº de unidades	Total acumulado histórico	% >	TOTAL REAL (*)
2004	2.826	25.406	12,5	22.212
2005	2.599	28.005	10,2	24.031
2006	2.527	30.532	9,0	26.016
2007	2.515	33.047	8,2	27.701
2008	2.461	35.508	7,4	29.029
2009	1.833	37.341	5,1	29.729
2010	2.019	39.360	5,4	30.545
2011	3.006	42.366	7,6	31.741
2012	2.355	44.721	5,5	31.984
2013	2.850	47.571	6,4	31.893
2014	2.129	49.700	4,4	32.048
2015	3.710	53.410	7,5	33.338
2016	3.221	56.631	6,0	34.528

Figura: 6.1.4 Evolución del parque de robots en España Acumulado ejercicio anterior + incremento del ejercicio - incremento año (Fuente: Interempresas.net, publicado 24/05/2017)

Por otra parte, la llamada **Industria 4.0** que tiene que ver con la digitalización transversal, tiene múltiples facetas, y aporta novedades y oportunidades de negocio para los distintos sectores productivos: interconexión con proveedores y clientes, internet de las cosas, plataformas logísticas, nuevas herramientas para la producción, como la impresión 3D, acumulación de información y capacidades de análisis sobre grandes bases de datos.

La **Industria 4.0** y su sinónimo **Cuarta Revolución Industrial** habrían comenzado recientemente y su desarrollo estaría proyectado hacia la segunda década del siglo **XXI**. La inteligencia artificial es señalada como elemento central de esta transformación, íntimamente relacionada con la acumulación creciente de grandes cantidades de datos (**Big-data**), el uso de algoritmos para procesarlos y la interconexión masiva de sistemas y dispositivos digitales.

Corresponde a una nueva manera de organizar los medios de producción. El objetivo que pretende alcanzarse es la puesta en marcha de un gran número de **«fábricas inteligentes»**¹⁵ (en inglés: «smart factories»), capaces de una mayor adaptabilidad a las necesidades y a los procesos de producción, así como a una asignación más eficiente de los recursos, abriendo así la vía a una nueva revolución industrial o **Revolución industrial 4.0**.

Este concepto de **Industria 4.0** que aquí se presenta, no es una realidad ya consolidada y experimentada, sino un nuevo hito en el desarrollo industrial, que podría marcar importantes cambios sociales en los próximos años, haciendo un uso intensivo de Internet y de las tecnologías punta, con el fin primordial de desarrollar plantas industriales y generadores de energía más inteligentes, más respetuosos con el medio ambiente, y con cadenas de producción mucho mejor comunicadas entre sí con los mercados de oferta y demanda.

Todo esto innegablemente influirá sin ningún lugar a duda en un incremento de la productividad. En particular, en la industria, se considera que todo lo relacionado con la **Industria 4.0** y la digitalización, podría dar lugar a la cuarta revolución industrial, afectando a todas las fases de sus procesos: diseño, fabricación, automatización, logística, comercialización y relación con el cliente; en todos los sectores, de los más tradicionales a los más punteros, con oportunidades repartidas por cualquier territorio.

¹⁵ La fusión de los mundos virtual y físico, los elementos digitales y los humanos, y cómo se relacionan entre ellos son la clave de las **fábricas inteligentes**, surgidas de la eclosión de la llamada **cuarta revolución industrial**, que ha dado lugar a la **Industria 4.0**.

6.2 En el empleo

Hace más de cuatro siglos, un clérigo llamado William Lee inventó la primera máquina para tejer medias. Cuando se la presentó a la reina Isabel I, esta rechazó su petición de patente. La Reina temía el impacto de la invención en el empleo.

“El efecto de esta revolución sobre el empleo total no está claro, o al menos yo no lo tengo tan claro como algunos futurólogos” (refiriéndose a la creciente automatización), apunta **Felipe Serrano**¹⁶. La historia económica nos enseña que todas las revoluciones tecnológicas han generado más empleo. ¿Por qué esta nueva revolución tecnológica tiene que ser diferente? Según **Serrano**, lo que se está observando no es tanto una destrucción de puestos de trabajo como una pérdida del peso relativo (sobre el total de puestos) de los puestos con cualificación intermedia en favor de los puestos con baja y alta cualificación.

Según algunos estudios, a mayor número de robots por trabajador, mayor número de puestos de trabajo creados, lo que por lo menos en esta fase exige que haya el mayor nivel de automatización posible. Esto es patente, ya que en aquellos países en los que hay más robots por trabajador, son los que crean más empleo y registran un nivel de paro menor, por ejemplo, Corea del Sur tiene **631** robots por cada **10.000** trabajadores y su tasa de paro es del **3,2%**, mientras que España tiene **160** robots por cada **10.000** trabajadores y un desempleo del **14,5%**.

Utilizando los datos de la Encuesta de la Población Activa (EPA), los investigadores han analizado cuántos, y qué tipo de trabajadores tienen mayor riesgo de ser sustituidos por las máquinas. **“El 36% del empleo en España se encontraría en riesgo elevado de digitalización”**. Aunque la proporción de empleos en peligro por la automatización (**36%**) es inferior en España a la de Estados Unidos (**47%**) o Alemania (**59%**), no deberíamos relajarnos.

¿Qué determina el riesgo de automatización en España? En el gráfico mostrado a continuación y teniendo en cuenta los trabajos, **C.B. Frey** y **M. Osborne**, dos investigadores de la Universidad de Oxford, calcularon estas cifras desde una lista de **702** ocupaciones, que comprende desde el terapeuta recreacional, con la menor probabilidad de digitalización, hasta el reparador de relojes, con la mayor.

¹⁶ **Felipe Serrano** Catedrático del departamento de Economía Aplicada de la Universidad del País Vasco. Autor de varios artículos al respecto de las pensiones.

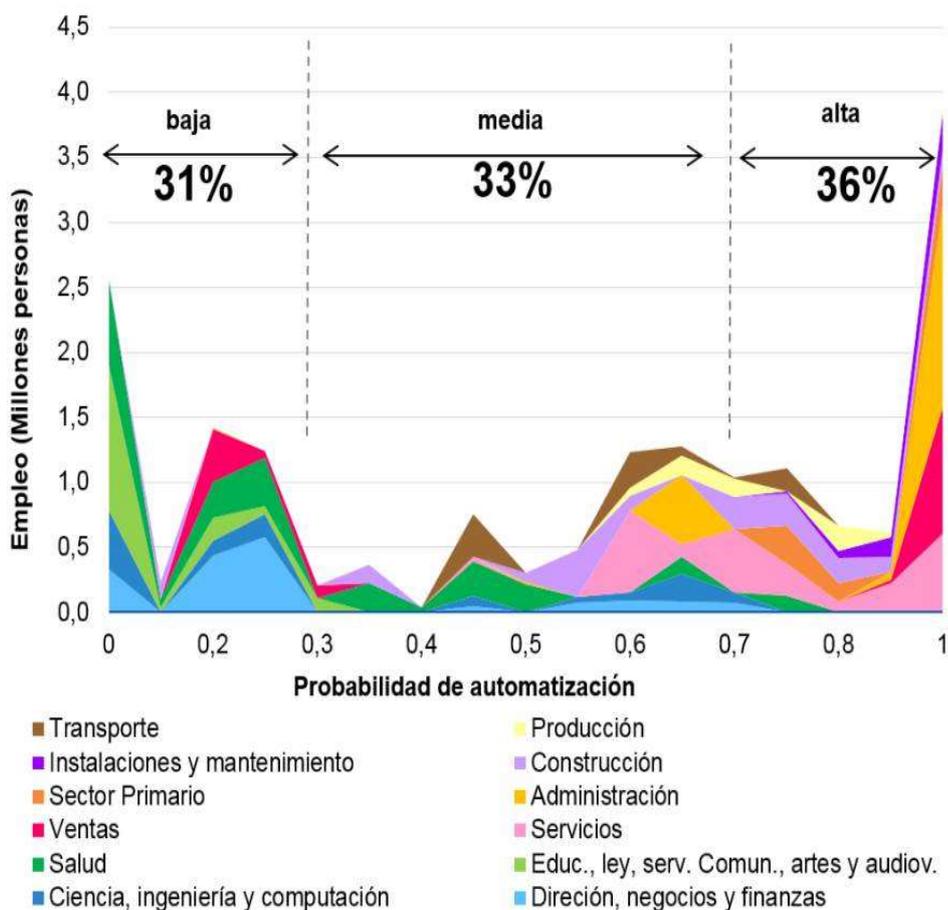


Figura: 6.2.1 España: Distribución del empleo por ocupación según su probabilidad de automatización (promedio 2011-2016). (Fuente: BBVA Research a partir de Frey y Osborne (2016) e INE.)

En otro estudio realizado por **R. Doménech, J.R. García, M. Montañez y A. Neut**, de BBVA Research y la Universidad de Valencia se analiza qué puestos de trabajo se han destruido y creado en los últimos años.

En la crisis, la caída se centró en ocupaciones con riesgo medio y alto de digitalización, pero el empleo que se ha creado desde ese momento se está generando en los empleos peor posicionados, frente al avance tecnológico (ver color azul claro del gráfico de la [figura 6.2.2](#)).

Es posible, admiten los autores, que esta tendencia de creación de empleo no sea estructural sino fruto del patrón de recuperación de la economía. *"Cabe la posibilidad de que en balance neto tengamos ahora menos trabajos en riesgo que antes de la crisis"*, argumenta **Doménech**. Aun así, el reto por delante es enorme.

"A pesar del optimismo basado en la evidencia de las revoluciones anteriores, que muestran beneficios a largo plazo, lo que tenemos a corto plazo son cambios disruptivos y hay que manejarlos. Supone un reto para las políticas", opina Neut, otro de los autores.

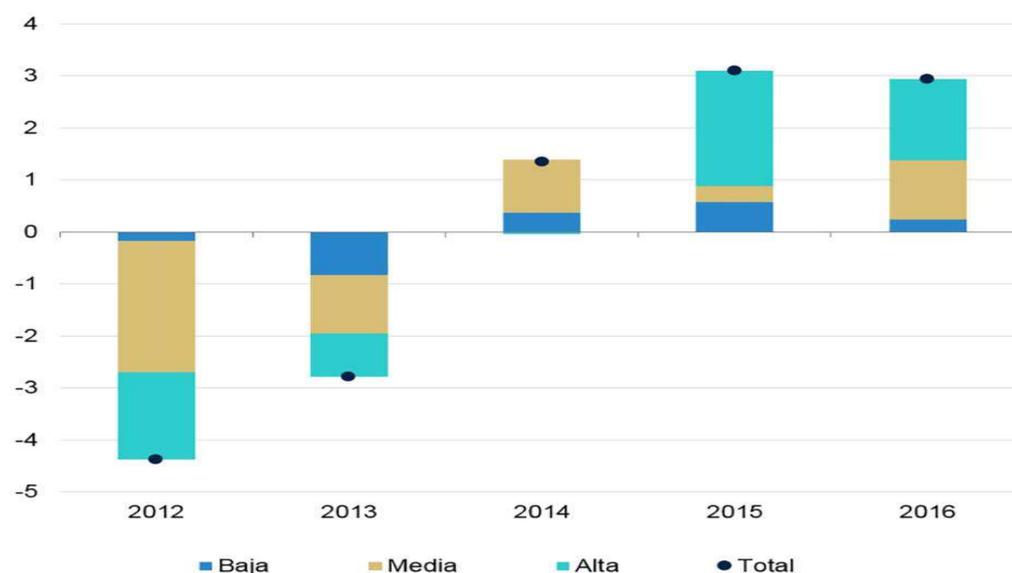


Figura: 6.2.2 España: Evolución del empleo según su probabilidad de automatización (contribución a la variación anual; pp) (Fuente: BBVA Research a partir de INE.)

Un informe del Foro Económico Mundial del año **2018** titulado **‘El futuro de los empleos’**⁽⁵⁾ cifra en **75 millones** los empleos que se pueden ver desplazados por los cambios en la distribución del trabajo entre humanos y máquinas. Pero al mismo tiempo, podrían crearse hasta **133 millones** de nuevas tareas relacionadas con la interacción entre humanos, máquinas y algoritmos. *“Aunque estas cifras conviene tomarlas con cautela, sí que muestran el camino a seguir al adoptar las estrategias necesarias para adaptar la fuerza laboral a este nuevo mundo del empleo”* apunta el informe.

Relacionar robots y paro es un error, debería hacerse con la eficiencia, productividad y la generación de empleo; y exigiría hacer un análisis multifactorial más profundo. Alemania es el país con más robots per cápita de Europa y quien está más cerca del pleno empleo. Grecia es la región europea con menos robots industriales en marcha y el país con mayor tasa de paro.

En todo este contexto, ya sabemos que trabajos han sido destruidos por las máquinas en el pasado, y ahora hay que anticipar cuáles serán los siguientes, y **generar las alternativas de empleo que sustituyan la posible destrucción.**

Como consecuencia del contexto generado con la automatización, han empezado a surgir, principalmente entre los sectores profesionales afectados, grupos **neoluditas** que consideran que la tecnología será la culpable del deterioro de las condiciones laborales y sociales. Este movimiento es la versión "evolucionada" del **ludismo**, un movimiento obrero que adquirió auge en la Inglaterra del siglo XIX a partir del odio hacia las máquinas y del llamado desempleo tecnológico. Sus seguidores se llamaban ludistas o luditas (luddites en inglés), nombre que tomaron del líder del movimiento, **Ned Ludd**, que fue el primero en romper un telar como protesta. El **ludismo** representaba las protestas de los obreros contra las industrias por los despidos y los bajos salarios ocasionados por la introducción de las máquinas.

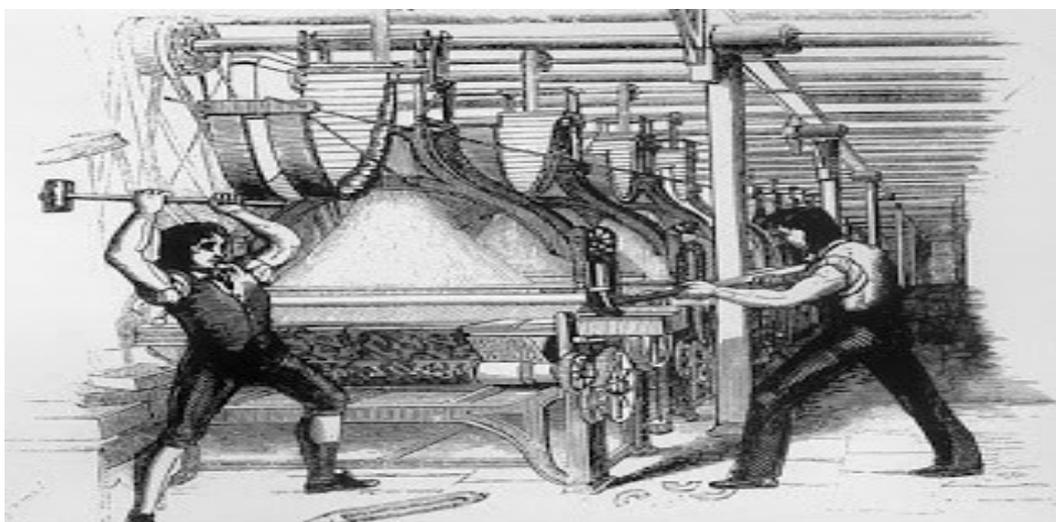


Figura: 6.2.3 Luditas atentando contra máquinas de vapor

(Fuente: <http://jesusgonzalezfonseca.blogspot.com/2012/01/como-afectara-la-automatizacion>)

Hay quien argumenta que no, que ese punto de inflexión ya ha llegado. Nos gusta creer, que **la respuesta apropiada es entrenar y educar a los humanos** para que realicen un trabajo más especializado. El trabajador entrenado, fabricará, arreglará y programará los robots, y se crearán nuevos trabajos desconocidos hasta la fecha propiciados por esas mismas tecnologías.

Pero la realidad, es que la tecnología sustituye a mucha más gente de la que se necesita para **diseñarla, fabricarla, programarla, y en su caso repararla**. En **1900**, los trabajadores agrícolas pudieron emigrar de los campos a las fábricas, e incluso ganar salarios más altos en el proceso. Hoy esa evolución no está tan clara, y de existir alguna esperanza, esa debe depositarse en los empleos científicos y tecnológicos; también en la innovación para aprender nuevas habilidades acordes a los tiempos, y necesariamente en la mejora de la educación.



Figura: 6.2.4 Interacción de robots y personas (Robots colaborativos) (Fuente: Informe La Digitalización y la Industria 4.0 de CCOO. (9-2017))

La transformación de las relaciones laborales derivada de la **interacción entre robots y personas** ya es un hecho latente en los entornos productivos. Los robots colaborativos, o seguros, van a facilitar este proceso, ya que son aptos para trabajar con personas.

Lejos de reemplazar a los trabajadores humanos, estos mejoran su productividad, liberándolos de trabajos peligrosos y extenuantes, permitiéndoles centrarse en trabajos más complejos, o finalizar la tarea en colaboración con el robot en un espacio compartido, disminuyendo las posibilidades de accidentes laborales.

Al mismo tiempo, la transformación digital, no sólo está cambiando nuestra economía, sino también la naturaleza de los mercados de trabajo y de la mano de obra. La **Cuarta revolución industrial, la irrupción de los robots y la IA están cambiando el mercado laboral.**

Desde la configuración de los telares a vapor, la automatización ha destruido puestos de trabajo antes de crear otros nuevos en cualquiera de los parámetros de la economía. La diferencia es que las revoluciones anteriores aportaron a la civilización fuerza o destreza física, mientras que ahora las capacidades van mucho más allá, porque son cognitivas.

6.3 En los salarios

Según **Paul Krugman**¹⁷, premio Nobel de Economía en el **2008**, en un artículo para el *The New York Times*, publicado en *El País* el 17/03-2019, **Los Robots no tienen la culpa de los salarios bajos**. En este artículo achaca la evolución de los salarios bajos a la política, más que a la tecnología. Una de las claves que da es la evolución de la sindicalización de los obreros, cuya cuota ha descendido notablemente en las últimas décadas, desde casi un **25%** de obreros sindicados hasta el **6%** que lo están en la actualidad, lo que sin duda ha contribuido a la precarización de determinados empleos.

Parece que está claro que, en el medio y largo plazo, todas aquellas tareas repetitivas y de menor valor añadido, serán sustituidas por máquinas o robots, y que esto sin lugar a duda, **modificará el escenario salarial**.

En aquellos casos en los que **la formación de los trabajadores** esté alineada con las tecnologías implantadas en cada momento, y debido a la creciente demanda de personal capaz de programar y dirigir este tipo de maquinaria, su salario, por lo menos en una primera fase, crecerá exponencialmente con la demanda de profesionales para ejercer estas funciones.

Al contrario, aquellos trabajadores, que su nivel de formación sea más básico y que realicen funciones automatizables, y por el efecto también de la menor demanda de este tipo de funciones, tenderá a la baja, eso sí, con el suelo de los mínimos salarios que en cada momento y políticamente se determinen.

Implícitamente, no sería descabellado pensar que **paralelamente se producirá una precarización de las condiciones de trabajo** también para aquellos que no tengan la capacidad de formarse y adaptarse a las circunstancias de cada momento.

Esto se entiendo que **sucedirá independientemente del sector al que se dediquen**, pero no es menos cierto que quién más riesgo corre, serán trabajadores de los sectores manufactureros y administrativos, públicos o privados.

¹⁷ **Paul Robin Krugman** (Albany, Nueva York; 28 de febrero de 1953) es un economista estadounidense. Profesor de Economía y Asuntos Internacionales en la Universidad de Princeton, profesor centenario en Escuela de Economía y Ciencia Política de Londres, académico distinguido de la unidad de estudios de ingresos Luxembourg en el Centro de Graduados de CUNY, y columnista *op-ed* del periódico *New York Times*.

En el extenso informe **Automatización y polarización del trabajo: en la disminución de las ocupaciones medianas en Europa**¹⁸⁽¹¹⁾ de **Vahagn Jerbashian**¹⁹, publicado por *El Oxford Bulletin of Economics and Statistics* del departamento de economía de la Universidad de Oxford el 29/01/2019, queda patente y demostrado empíricamente, que los salarios se verán afectados por la automatización, ya que según demuestra, **los empleos con salarios medios tienden a reducirse drásticamente**, en beneficio de los salarios altos y bajos, y que estos ineludiblemente, vienen ligados a la formación, e incluso al género, ya que según parece, los salarios de las mujeres con salarios altos, han crecido más que el de los hombres.

Utilizando datos de 10 países de Europa occidental, proporciona evidencia de que la caída en los precios de las tecnologías de la información (TI), está asociada con una menor proporción de empleo en ocupaciones de salario medio, y una mayor proporción de empleo en ocupaciones de salarios altos en industrias que dependen más en TI, en relación con las industrias que dependen menos. Se han obtenido resultados similares dentro de los grupos de género y edad, con diferencias notables en estos grupos. Por ejemplo, la proporción del empleo en ocupaciones de salarios altos entre los hombres ha aumentado menos que entre las mujeres con la caída de los precios de TI.

Durante bastante tiempo, el consenso ha sido, que la mayoría de los cambios tecnológicos recientes, han sido sesgados en las habilidades, que complementan a los trabajadores con altas habilidades, y que sustituyen a los trabajadores con pocas habilidades (*ver, por ejemplo, Katz y Autor, 1999*). Sin embargo, el cambio tecnológico sesgado por la habilidad por sí solo no puede explicar un fenómeno prominente y relativamente reciente: la disminución en la proporción de ocupaciones de salarios medios, en relación con las ocupaciones de salarios altos y bajos. *Goos y Manning (2007)* llaman a este fenómeno **"Polarización del trabajo"**.

Una de las principales hipótesis planteadas para la polarización del trabajo, es que las tecnologías recientes, como las computadoras, sustituyen a las tareas rutinarias. Estas tareas, tienden a ser fácilmente automatizables y generalmente se realizan mediante ocupaciones de salario medio, como los operadores de plantas estacionarias. Complementan las tareas cognitivas no rutinarias, que generalmente son realizadas por ocupaciones de altos salarios, como los gerentes.

¹⁸ <https://doi.org/10.1111/obes.12298>

¹⁹ **Vahagn Jerbashian** profesor de economía de la Universidad de Barcelona

En el siguiente gráfico de BBVA Research, se puede observar que, en aquellos países que tienen una mayor intensidad digital y robótica los salarios son más altos que en aquellos que muestran una menor actividad en estos campos.

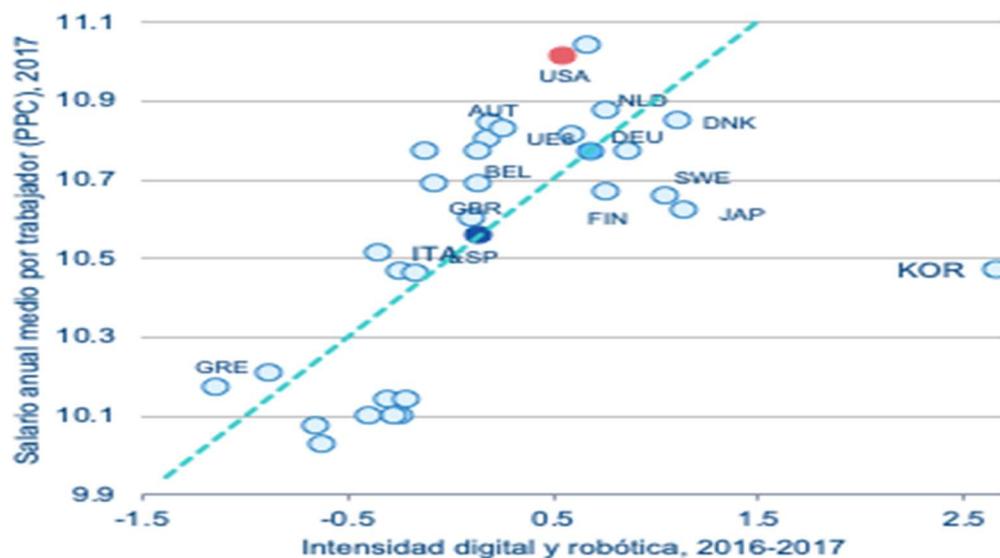


Figura: 6.3.1 Intensidad digital & salario medio por trabajador (Fuente: BBVA Research)

Al mismo tiempo, y como también se observa en el gráfico siguiente, con un mayor avance en automatización y robótica, no se observa que esta incida en la desigualdad, aunque para mí, serían cuestionables los parámetros utilizados para su realización, ya que se observa mucha dispersión y tampoco permite sacar conclusiones claras.

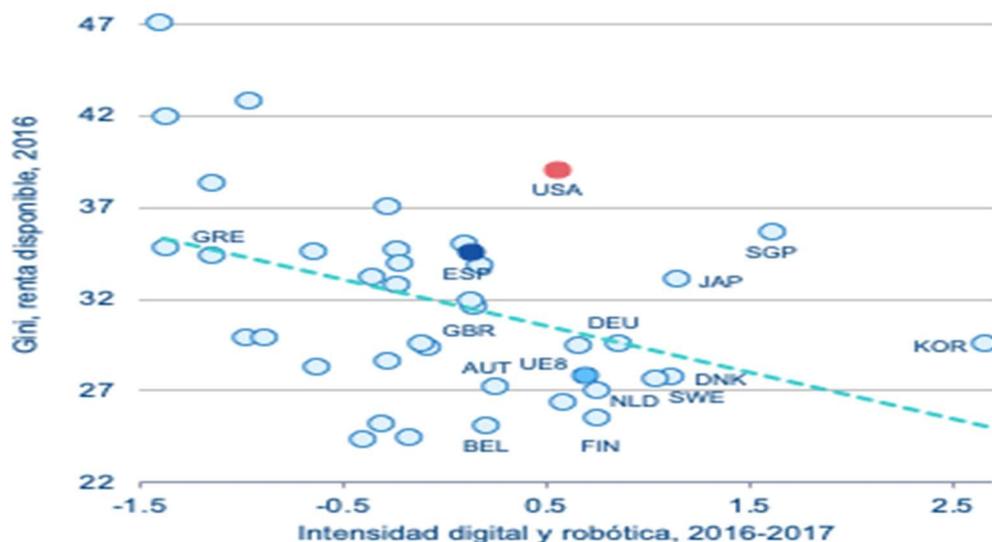


Figura: 6.3.2 Intensidad digital & renta disponible (Fuente: BBVA Research)

A su vez, **el aumento del empleo** en ocupaciones altamente remuneradas aumenta la demanda de tareas manuales no rutinarias, que generalmente se realizan en ocupaciones de bajos salarios, como servicios personales (véase, por ejemplo, Autor, Levy y Murnane, 2003; Autor Dorn, 2013; Mazzolari y Ragusa, 2013).

Después de todo lo comentado, podríamos concluir que, si bien la **automatización y robotización influye e influirá en los niveles salariales**, en ningún caso se le puede dar el protagonismo absoluto, ya que hay otros factores, que al mismo tiempo condicionan la oferta y la demanda del empleo, y, por tanto, la oferta salarial.

También **las estadísticas constatan**, como ya hemos dicho, que aquellos territorios con un mayor índice de automatización en su Sociedad tienden a tener más trabajadores con mejores salarios, en contrapartida a aquellos, en que no han conseguido un mayor grado de intensidad de automatización.

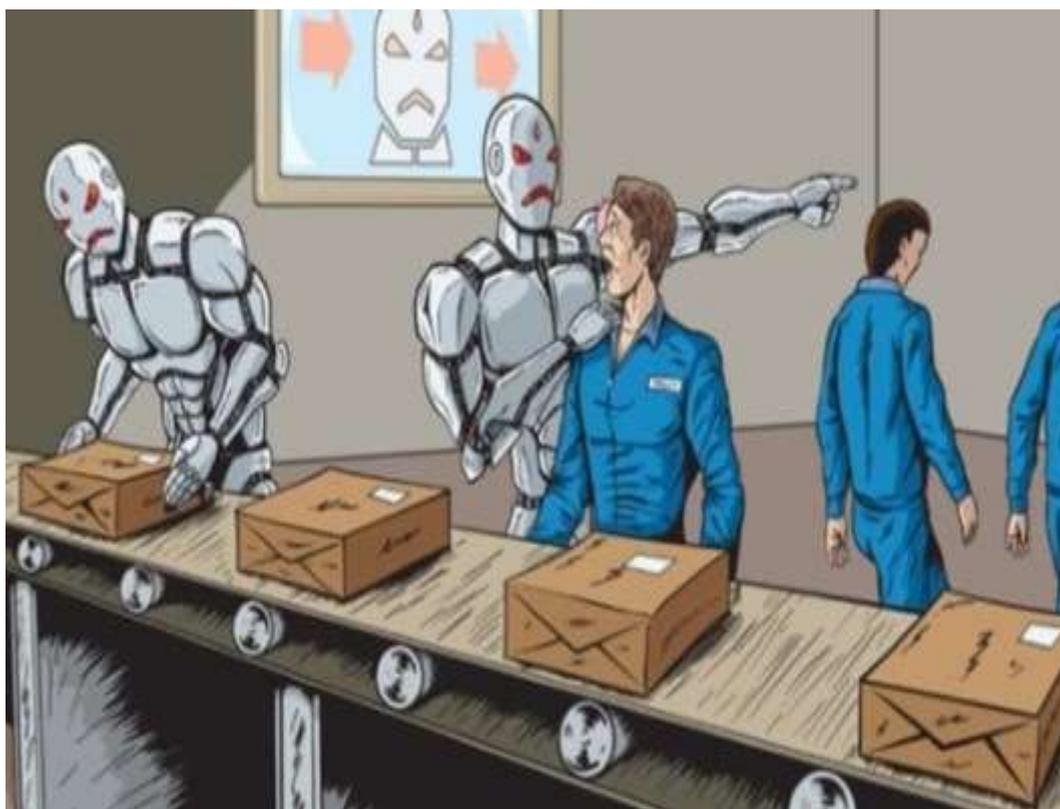


Figura: 6.3.3 Trabajadores despedidos por robots (Fuente: <http://www.mug-it.org.ar/343162-IA-y-Automatizacion>)

6.4 En la formación

En el caso de la formación, la automatización le afecta en un doble sentido, por una parte, **la propia formación se ha automatizado** como veremos más adelante y, por otra, **tiene la obligación de adaptarse** a las nuevas circunstancias formativas, derivadas estas de la propia automatización, ofertando nuevos ciclos formativos, que recojan todos los nuevos avances producidos.

Es evidente que, con la llegada de la automatización, **el paradigma ha cambiado**, y que cada vez se hace más necesario apostar por una **formación de calidad**, sobre todo enfocada a aquellos sectores, que cada vez más están cobrando relevancia e importancia en el contexto de la sociedad actual, y que como hemos visto en el pasado sobre todo son cambiantes.

En algunos organismos y universidades, ya se están estableciendo planes de acción futuros, para llevar a cabo los cambios necesarios que se vislumbran en el horizonte, para que la educación se adapte a las nuevas circunstancias y necesidades, y que como ya hemos comentado, están claramente influenciadas por la creciente automatización de la Sociedad.

A modo de ejemplo, en el año **2000**, en la **Universidad de Mondragón**, establecieron el nuevo Marco Pedagógico para el entorno del año **2025**, al que denominaron **Mendeberri 2025**, y en el que sus autores Maite García, Miren Zubizarreta y Eugenio Astigarraga, recogen las propuestas de la Unesco (1996-1999) para la visualización del aprendizaje futuro: desarrollo de competencias y valores, manejo de las TIC y plurilingüismo.

El proyecto **Mendeberri** tiene como ejes principales:

- Un modelo basado en el **desarrollo y adquisición de competencias**, y resultados de aprendizaje frente a un modelo basado en asignaturas.
- La **evaluación continua** y global del alumnado como herramientas clave para la evaluación de competencias.
- La alternancia **estudio-trabajo** integrada en la organización académica.
- La **internacionalización** de los estudios y de los proyectos fin de carrera.
- El uso de las **metodologías activas** de forma intensiva en el proceso de enseñanza-aprendizaje.
- La **formación trilingüe**.
- El **cambio del rol** del profesor y del alumno.

En la actualidad, organismos como la UNESCO, nos ponen al tanto de la necesidad de reorientar la educación y la organización de las oportunidades de aprendizaje, hacia una **“tarea social común o colectiva”** (UNESCO, 2015; 2016). Dicho de otra manera, se plantea el concepto de **“bien común”**, unido a una noción de responsabilidad compartida.

Los avances en las tecnologías digitales, y las posibilidades del mundo cibernético que se va abriendo con ellas son un hecho cada vez más presente en nuestras vidas (y no solo las tecnologías que ya conocemos, sino las que todavía están por llegar). Por ello es imprescindible, que la educación tenga muy presente a las actuales y futuras generaciones de **“nativos digitales”**²⁰, tanto en la redefinición de los entornos de aprendizaje y sus soportes (también digitales), como en actitud del profesor hacia éstos (Fullan, 2012; Fullan & Langworthy, 2014).

Al ritmo que se producen los cambios en la tecnología, la **formación continua** se vislumbra como la única capaz de mantener a las personas en un nivel adecuado a cada momento. Ya no será posible acabar los estudios coincidiendo con la correspondiente graduación de la especialidad escogida, sino que habrá que complementarlo continuamente con otras disciplinas, que den al individuo una visión amplia de su entorno.

Cada vez se hace más **imprescindible, aumentar la educación** de la población y mover la fuerza de trabajo hacia áreas de mayor valor, y ese mayor valor sólo se adquiere con más formación académica, y con empresas y empleos innovadores que sepan adaptarse al siglo XXI.



Figura: 6.4.1 Representación de aula con ordenadores

Seguirá habiendo trabajo, pero los empleos van a ser distintos a medio y largo plazo. Antes se necesitaban obreros para trabajos físicos y con una formación básica era más que suficiente.

²⁰ El término **nativo digital** describe a alguien nacido en la era digital, a diferencia de quienes adquirieron familiaridad con los sistemas digitales ya siendo adultos, a los que se describe como inmigrantes digitales

Ahora, cada vez más, **se necesita gente con ciertos conocimientos técnicos**. El ejemplo de las bajas tasas de paro actuales, en los países que más han apostado por la tecnología y la educación, incluso en un escenario de crisis global **debería hacernos reflexionar** sobre el camino que hay que seguir de cara al futuro.

Tenemos que **repensar nuestro sistema educativo**. Dado que los robots y las máquinas son capaces de hacerse cargo de un número cada vez mayor de tareas, los seres humanos tienen que centrarse en sus ventajas comparativas, que incluyen las habilidades no cognitivas.

Además, **los países avanzados deben poner fin**, y cambiar la tendencia de que el ingreso y la riqueza de los padres, sea el principal factor determinante de la calidad de la educación que recibe un estudiante, ya que esto sin duda intensifica la espiral negativa de la inequidad.

Pero incluso, **si los políticos implementaran los cambios necesarios** en el sistema educativo, los acelerados avances tecnológicos, probablemente seguirán llevando a una creciente desigualdad en los ingresos, porque las personas tienen diferentes habilidades, así como distintas situaciones financieras.

Cierto es, que, al mismo tiempo, **los avances producidos en las comunicaciones** y sistemas electrónicos están facilitando y facilitarán mucho más en el futuro, la aproximación de las unidades de formación a los alumnos. Conceptos como el **e-learning**²¹ ya son conocidos por todos, y la oferta de formación por medios informáticos, y sobre todo a distancia ha crecido exponencialmente.

Ya no es obligatorio acudir a las clases físicamente, ya que hay alternativas a distancia, que perfectamente cumplen el mismo cometido para un gran número de disciplinas formativas. Hay escuelas a todos los niveles, incluida la universidad, que ofrecen una extensa oferta de ciclos formativos.

²¹ La plataforma de **e-learning**, campus virtual o **Learning Management System (LMS)** es un espacio virtual de aprendizaje orientado a facilitar la experiencia de capacitación a distancia, tanto para empresas como para instituciones educativas. Este sistema permite la creación de "aulas virtuales"; en ellas se produce la interacción entre tutores y alumnos, y entre los mismos alumnos; como también la realización de evaluaciones, el intercambio de archivos, la participación en foros, chats, y una amplia gama de herramientas adicionales.

Los Beneficios de una plataforma de **e-learning** podríamos decir que son los siguientes:



Figura: 6.4.2 Modelo e-learning (Fuente: Aika)

- **Brinda** capacitación flexible y económica.
- **Combina** el poder de Internet con el de las herramientas tecnológicas.
- **Anula** las distancias geográficas y temporales.
- **Permite** utilizar la plataforma con mínimos conocimientos.
- **Posibilita** un aprendizaje constante y nutrido a través de la interacción entre tutores y alumnos
- **Ofrece** libertad en cuanto al tiempo y ritmo de aprendizaje.

En España, según los últimos datos del Ministerio de Educación, algo más de **122.000 alumnos** estudian Bachillerato y Formación Profesional sin ir a clase. En lo referente a la educación superior (grado y posgrado), hay **228.500** matriculados en universidades no presenciales. Al otro lado están los que sí se sientan en pupitres: **1.364.000** y **1.300.000**, respectivamente.

Para el curso escolar **2017/2018**, los másteres **online** supusieron el **26%** del mercado español. En sólo cinco años, el **e-learning** moverá en todo el mundo algo más de **200 billones** de euros. La presencia del móvil adquirirá gran protagonismo y su uso con fines formativos crecerá hasta un **36%**. (*El Mundo-Mar Muñoz-26-09-2017*).

Según un informe de **Eulalia Torras y Andreu Bellot**, doctores de OBS Business School, el número de alumnos, que optaron por cursar algún programa a través de Internet de forma semipresencial, o no presencial superó los **6 millones** solo en los Estados Unidos.

6.5 En la Investigación

Primero fueron las calculadoras, con las que fue posible hacer operaciones mucho más deprisa que usando la mente, el papel y el lápiz. Luego **las supercomputadoras** han asumido cada vez más tareas de cálculo, comprobación y simulación, en todas las áreas de la ciencia y la tecnología.

El siguiente paso, es hacer **que las máquinas sepan interpretar los datos** en bruto de experimentos, y hallar pautas que las lleven a extraer conclusiones, hacer hallazgos, emitir teorías, y hasta generar ecuaciones que definan a los mecanismos analizados. E incluso se habla ya de dotar a los ordenadores del hardware necesario (del tipo conocido como "laboratorio en un chip"), para que efectúen por su cuenta experimentos y comprobaciones reales.

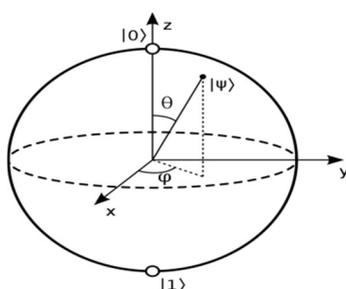


Figura: 6.5.1 Representación de un cúbit

Actualmente, está en desarrollo **la computación cuántica**. Esta computación es un paradigma de computación distinto al de la computación clásica. Se basa en el uso de **cúbits**²² en lugar de bits, y da lugar a nuevas puertas lógicas que hacen posibles nuevos algoritmos.

Una misma tarea, **puede tener diferente complejidad** en computación clásica y en computación cuántica, lo que ha dado lugar a una gran expectación, ya que algunos problemas intratables, pasan a ser tratables.

Las **expectativas** puestas en este tipo de computación auguran que el mundo de la investigación **tendrá un antes y un después del uso de estas máquinas**. La velocidad para resolver problemas muy complejos se reducirá enormemente, y llevará a un nuevo paradigma de la investigación en sí misma.

²² Un **cúbit** o **bit cuántico** (del inglés *quantum bit* o *qubit*) es un sistema cuántico con dos estados propios y que puede ser manipulado arbitrariamente. Sólo puede ser descrito correctamente mediante la mecánica cuántica, y solamente tiene dos estados bien distinguibles mediante medidas físicas. También se entiende por cúbit la información que contiene ese sistema cuántico de dos estados posibles. En esta acepción, el cúbit es la unidad mínima y por lo tanto constitutiva de la teoría de la información cuántica. Es un concepto fundamental para la computación cuántica y para la criptografía cuántica, el análogo cuántico del bit en informática. Su importancia radica en que la cantidad de información contenida en un cúbit, y, en particular, la forma en que esta información puede ser manipulada, es fundamental y cualitativamente diferente de un bit clásico. Hay operaciones lógicas, por ejemplo, que son posibles en un cúbit y no en un bit.

El concepto de cúbit es abstracto y no lleva asociado un sistema físico concreto. En la práctica, se han preparado diferentes sistemas físicos que, en ciertas condiciones, pueden describirse como cúbits o conjuntos de cúbits. Los sistemas pueden ser de tamaño macroscópico, como un circuito superconductor, o microscópico, como un conjunto de iones suspendidos mediante campos eléctricos. (Wikipedia 26/03/2019)

También, **se está incrementando** el uso de robots para tareas de investigación, en sustitución de analistas. Los robots realizan tareas más o menos repetitivas, lo que, unido al uso de máquinas automáticas de análisis, hace que determinadas investigaciones, se puedan realizar comparativamente en un tiempo mínimo con respecto a la situación anterior, en las que las personas eran insustituibles en cualquier investigación.



Figura: 6.5.2 Laboratorio automatizado del mañana (Fuente: El Mundo (7/07/2015))

La computación ha experimentado tal desarrollo que, en la actualidad, ya no se entiende la investigación sin los algoritmos derivados de la misma, lo que facilita enormemente, tanto las proyecciones como los resultados.

Actualmente los robots ya conciben hipótesis, realizan experimentos para verificarlas y evalúan los resultados. Todo ello sin intervención humana.

Científicos británicos **han creado un robot que es capaz de formular teorías científicas, contrastar hipótesis, analizar experiencias** de investigación y de obtener resultados. Sometido a una prueba experimental, no sólo actuó como un grupo de veteranos investigadores, sino que los resultados que obtuvo, que eran previamente conocidos por sus creadores, resultaron totalmente correctos. (*Tendencias tecnológicas 27/03/2019*).

6.6 En la Sociedad

6.6.1 En la demografía

Si nos fijamos en el cuadro que se acompaña a continuación podremos entender la importancia de la automatización para la sociedad en su conjunto, en términos demográficos. Se puede observar el repunte producido en la población, desde que, de alguna forma, se empezó a utilizar este término, como consecuencia de las primeras revoluciones industriales, y que como ya es conocido se producen a partir de principios del siglo **XX**.

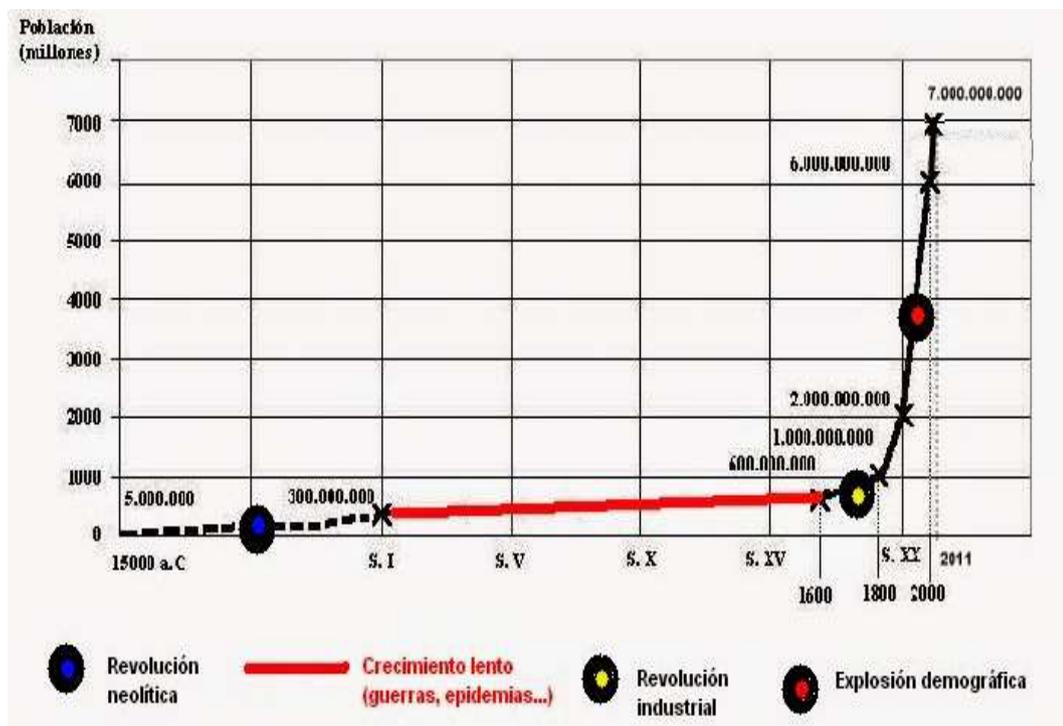


Figura: 6.6.1.1 Evolución de la población mundial (Fuente: Mymo. Autor: Donato Capozzi)

Queda claro a la vista del gráfico que la automatización derivada de las revoluciones industriales ha permitido el despegue de población, que desde el primer momento empezó una **progresión geométrica**, que todavía continúa, situando los expertos en el año **2050**, la posibilidad de que se empiece a estabilizar más o menos, con la llegada a los pronosticados **10.000 (MM)** de personas.

Esto ha podido ser ya que la automatización derivada de las citadas revoluciones industriales ha hecho crecer también la producción de alimentos y otros bienes de forma exponencial, aunque no lo haya hecho en la misma proporción que la explosión demográfica habida. Es por este motivo se ha producido y seguirán produciendo desequilibrios entre las regiones.

Esta **explosión demográfica** es la que justifica en buena medida el fenómeno de la globalización, ya que, debido a los desequilibrios y a los fuertes crecimientos demográficos en determinadas zonas, (sureste asiático especialmente), la mano de obra ha sido tradicionalmente barata.

La duda es **¿Qué sucederá cuando las economías que han estado aportando la mano de obra barata, comiencen a automatizarse?**, como es el caso del gigante chino, el cual ya hace tiempo ha comenzado a implantar tecnologías automáticas en sus fábricas. **¿Como se absorberá el exceso de mano de obra que sin duda va a aflorar?** Está previsto que China en el entorno del año **2050** empiece a estabilizar su población, si no a reducirla. El problema ahora sin duda lo encontraremos en India, que todavía está en periodo de expansión de su población y está previsto que en **2050** sea el país más poblado del mundo, adelantando de esta forma a la China, que es quién ha ostentado este privilegio durante años, tal y como se observa en el cuadro siguiente.

2015		2050	
Países	Població en milions	Países	Població en milions (est)
Xina	1.372	Índia	1.660
Índia	1.314	Xina	1.366
EstatUnits	321	EstatUnits	398
Indonesia	256	Nigeria	397
Brasil	205	Indonesia	366
Pakistan	199	Pakistan	344
Nigeria	182	Brasil	226
BanglaDesh	160	BanglaDesh	202
Rússia	144	República Dem Congo	194
Mèxic	127	Etiòpia	165

Font: PopulationReferenceBoureau (2015).

Figura: 6.6.1.2 Previsión de evolución prevista para los 10 países más poblados del planeta 2015/2050

Ya está pasando que hay una corriente migratoria derivada de los desequilibrios que se producen, una buena parte de ellos, los podríamos atribuir a la creciente automatización. Por una parte, **se crea empleo en algunas zonas en detrimento de la destrucción en otras**. En otros casos, sencillamente el nivel de vida obtenido en una zona, como consecuencia de la automatización, la hace más atractiva para la vida que otras.

Ahora bien, parece también inequívoco y la historia nos lo hace saber, qué si no fuese por la automatización, no sería posible **el nivel de bienestar** conseguido a nivel mundial, aunque eso sí, con desequilibrios.

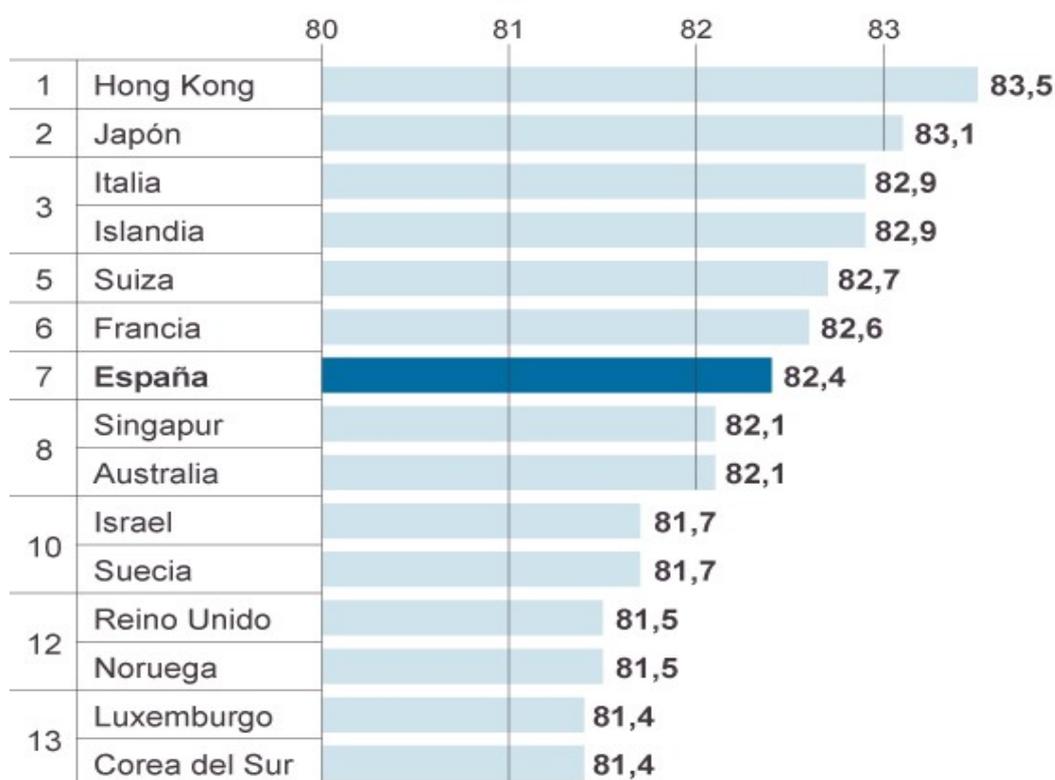
Nunca en la historia, la **esperanza de vida** había sido tan alta en todas las zonas (todavía incrementándose) como en la actualidad, y esto con toda la seguridad se debe a los niveles de automatización conseguidos, que como ya se ha dicho ha permitido la obtención de alimentos y otros bienes necesarios para este resultado.

Por tanto, podríamos concluir que la automatización, **lejos de ser un problema, es la solución** para un creciente número de población mundial, que de otro modo no se podría sostener, y sin duda ayuda de una manera inequívoca, a que la carga del planeta, por lo menos hasta ahora, haya sido sostenible.

Si no tuviésemos el grado de automatización constantemente en revisión, con toda seguridad, **se produciría un estancamiento de la población** mundial, debido a la falta de alimentos y bienes necesarios para su subsistencia, tal y como sucedía en el pasado.

PAÍSES MÁS LONGEVOS

Esperanza de vida al nacer, en años



Fuente: The World Economic Forum.

EL PAÍS

Figura: 6.6.1.3 Longevidad por países (Fuente: The World Economic Forum, publicado en El País)

En España en la actualidad, se está ampliando la esperanza de vida al ritmo de **5 horas por cada 24**, o lo que es igual 1 año más de esperanza de vida por cada más o menos 5 transcurridos, y en todo caso de cambiar será para incrementarse, salvo en algunos territorios o momentos concretos.

Se plantea no obstante la duda de: **¿hasta cuándo podrá seguir creciendo la población?**, **¿habrá materias primas suficientes?**, y la respuesta tal vez no tarde en llegar. Parece que la capacidad de carga del Planeta está próxima a su colapso. Y una vez más, en este entorno, parece lógico pensar, que la automatización de la Sociedad en su conjunto pueda ser la solución que nos permita, cuando menos mantener los niveles actuales de población, al tiempo que tal vez, se puedan realizar incrementos en el bienestar de aquellos grupos más desfavorecidos, que de otra forma se antojan imposibles.

Un buen ejemplo de esto último, tal vez lo tengamos en China, que sin duda vive los mejores momentos de su historia, en parte debido al incremento de los niveles de automatización que su industria ha experimentado, y que en muy poco tiempo le ha permitido pasar de un sistema casi feudal, a ser la primera potencia económica mundial.

Todo esto, también tiene impacto en las **pirámides de edad**, que como vemos en el cuadro que se presenta a continuación, y, cogiendo como ejemplos algunos países, se puede ver, que aquellos más industrializados y automatizados, pasan a tener desequilibrios en sus pirámides de edad.

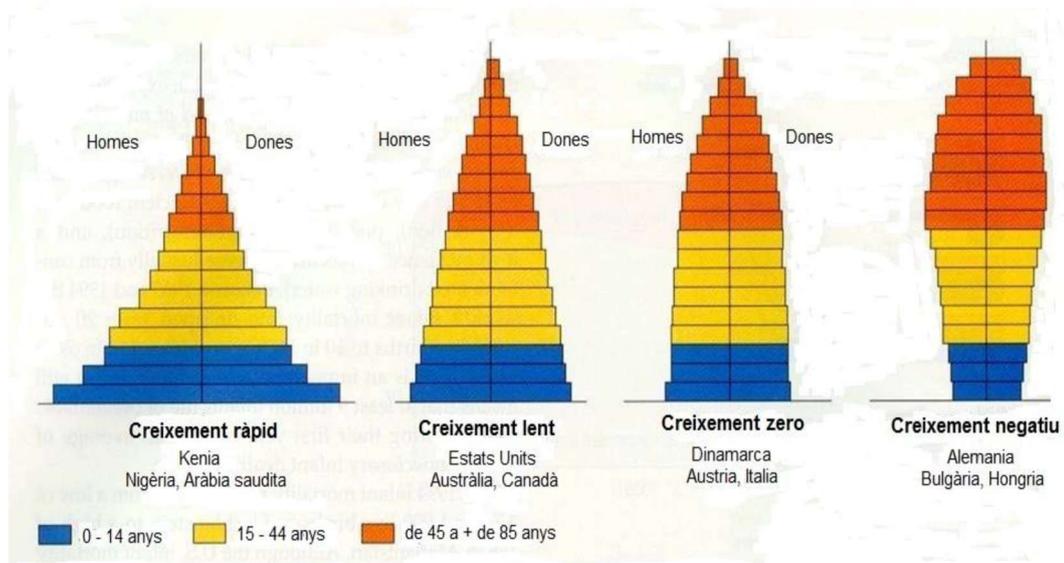


Figura: 6.6.1.4: Piràmides de edad según el tipo de crecimiento de la población (Fuente: Asignatura del Diploma Geografía Humana prof. Esteve Dot)

6.6.2 En las pensiones

El desarrollo acelerado de la inteligencia artificial y de los algoritmos, ha despertado las alarmas sobre el impacto que la robotización y los procesos de automatización están teniendo en el empleo. Bajo la hipótesis, de que la proliferación de robots implica destrucción de puestos de trabajo, un descenso de las cotizaciones y un reto añadido a los sistemas de pensiones, el debate está sobre la mesa: **¿deben los robots financiar las pensiones?**

En el año **2015**, la parlamentaria europea **Mady Delvaux**²³, impulsó un informe destinado a la Comisión Europea, con recomendaciones para normas de derecho civil sobre robótica. Este documento, destaca que es fundamental **orientar y anticipar los posibles efectos del desarrollo de la robótica en el ámbito del empleo y la política social**. El informe, pide a la Comisión que realice un estudio sobre los desafíos y las oportunidades para el empleo, y que desarrolle un sistema de seguimiento del número y las características de los puestos de trabajo que se pierden y se crean en el proceso de robotización y automatización, así como del impacto, de este fenómeno en la pérdida de ingresos de los sistemas de seguridad social.

El informe, pide además a la Comisión Europea y a los Estados Miembros que **“examinen la posibilidad de introducir un sistema de notificación previa a la introducción de robots y su participación en la facturación de las empresas a efectos tributarios y de cotización a la seguridad social”**.

Desde UGT, su secretario general, **Pepe Álvarez**, aboga también por tasar la actividad de los robots. *“No nos oponemos a la introducción de nuevas tecnologías”, señalaba en una tribuna en El Confidencial en febrero de 2019. “Se trata de que la robotización de la industria y los servicios no solo sirva para que las empresas obtengan más beneficios sobre el precio final de los productos o las cuentas de resultados, sino que también proporcione a la sociedad, mediante aportaciones a los sistemas fiscal, de protección social y las pensiones, recursos que de otra manera desaparecerán junto al empleo que sustituirán. Por eso sería lógico que los robots cotizaran y pagaran impuestos.”*

²³ **Mady Delvaux-Stehres** (nacida el 11 de octubre de 1950) es una política luxemburguesa y miembro del Parlamento Europeo (MEP) de Luxemburgo. Se desempeñó como Ministra de Transporte de 1994 a 1999 y como Ministra de Salud, Seguridad Social, Juventud y Deporte de 1989 a 1994.

Estudió literatura clásica en París y se convirtió en profesora en el liceo Michel Rodange en Luxemburgo. Ha sido miembro del Partido Socialista de los Trabajadores de Luxemburgo desde 1974 y en 1987 se convirtió en miembro del ayuntamiento de Luxemburgo. Renunció a su puesto docente en 1989, cuando ingresó en el gobierno como secretaria de Estado de Salud, Seguridad Social, Juventud y Deporte.

En este sentido, existe cierto consenso en que puede ser necesario, en el corto plazo, detraer una parte de la renta generada por los algoritmos, para compensar la caída de las cotizaciones. En ese caso, habría que definir cómo hacerlo. **“Habría una opción que es dotar de personalidad jurídica al robot”**, explica **Felipe Serrano**²⁴. A partir de ahí, **Serrano** distingue tres posibilidades: aplicar una renta ficticia al robot a partir del trabajo que sustituye y aplicar un impuesto a dicha renta; establecer un impuesto en el momento de la adquisición del robot; o gravar la producción del robot con un nuevo impuesto de sociedades.



Figura: 6.6.2.1 Supuesto pulso por las pensiones (Fuente: <https://info regio.wordpress.com> (2012/05/15))

En España, la comisión del **Pacto de Toledo**²⁵, redactó un borrador antes de la disolución de las Cortes el pasado 5 de marzo en el que, entre otras medidas, recomendaba buscar vías alternativas de financiación de la Seguridad Social como consecuencia de la robotización. **“Si la revolución tecnológica implica un incremento de la productividad, pero no necesariamente un aumento del empleo, el reto pasa por encontrar mecanismos innovadores que complementen la financiación de la Seguridad Social”**, señalaba. En definitiva, abrió la puerta a la cotización de los robots. Sin embargo, no hubo consenso y el acuerdo con las recomendaciones finalmente no salió adelante.

²⁴ **Felipe Serrano** Catedrático del departamento de Economía Aplicada de la Universidad del País Vasco. Autor de varios artículos al respecto de las pensiones.

²⁵ Se denomina **Pacto de Toledo** a la aprobación por el pleno del Congreso de los Diputados de España, durante la sesión del 6 de abril de 1995, del documento previamente aprobado por la Comisión de Presupuestos el 30 de marzo de 1995, referente al «análisis de los problemas estructurales del sistema de seguridad social y de las principales reformas que deberán acometerse».

6.6.3 En el hogar

Los robots, ya hace mucho tiempo que han entrado en nuestros hogares, en muchos casos, sin que seamos conscientes de ello.

La **Domótica** sería un claro exponente de ello, pero no es menos cierto que no ha acabado de introducirse en los hogares, tal vez por el sobrecosto que implica su instalación. Existen desde hace tiempo, mecanismos y aplicaciones para el control remoto casi absoluto del hogar, subir y bajar persianas, encender o apagar luces y electrodomésticos e, incluso, neveras que hacen pedidos automáticos al supermercado.

No cabe duda, de que, por el volumen de usuarios implicados en este tipo de aplicaciones, **los robots domésticos**, son el principal exponente de las posibilidades de crecimiento de la robótica a corto plazo. En la actualidad, un número relevante y creciente de empresas fabrican y comercializan robots con funciones domésticas, como aspiradoras, asistentes, cortadores de césped o limpiadores de ventanas entre otros.

Sin duda, el mayor crecimiento exponencial de los robots en los hogares ha venido dado por las **aspiradoras autónomas**. Estos robots, que tienen mecanismos y una programación adecuada, incorporan tecnología de navegación inteligente con algoritmos que hace que ningún rincón de la casa quede fuera de su alcance, y almacenan la suciedad retirada en un depósito fácil de manejar y de limpiar.



Figura: 6.6.3.1 Robots cocinero y aspirador (Fuente: <http://www.lunegate.net/2008/12/motoman>)

Es evidente, que el **robot cocinero** de la figura anterior, todavía es un poco futurista, y poco viable por el momento, dado el elevado costo que representaría su adquisición, pero la realidad es que ya existe, y está dispuesto a liberar de algunos trabajos a sus propietarios.

Otro modelo de robot radicalmente diferente que se ha impuesto en un gran número de hogares, son los llamados **robots de cocina**, rara es la casa que no cuenta con uno entre sus miembros. Este tipo de robot consigue que quién no tiene ninguna noción de cocina, sea capaz de hacer platos complicados, para lo que guían al usuario paso a paso y son capaces de hacer multitareas, cortar, cocer, cocer al vapor, al vacío, a alta y baja temperatura, y un sinfín de utilidades más. Los últimos modelos, son capaces de comunicarse mediante las aplicaciones correspondientes y adecuadas con otros mecanismos y aplicaciones, y hasta pueden hacer la compra de una manera más o menos autónoma, de aquellos ingredientes que luego se van a utilizar.

Todos los **robots domésticos**, por tanto, también contribuyen a liberar de tareas tediosas a sus propietarios, lo que se traduce en más tiempo de ocio, y como en otros tipos de robot, también de alguna manera eliminan las horas de trabajo de personas del servicio doméstico que para estos fines se utilizaban.

Es un campo, que sin duda **experimentará en los próximos años un importante auge**, a medida que estos robots se vayan aproximando y convirtiendo a asistentes más autónomos, versátiles y multi tarea, en definitiva, **más humanizados**.



Figura: 6.6.3.2 Robot en el hogar (Fuente: solobuenasnoticias.com)

6.6.4 En el ámbito asistencial

Tal vez lo primero que hay que hacer, es definir que es la **robótica asistencial**, es el área de la robótica, que se especializa en el diseño y desarrollo de equipos, que interactúan directamente con el individuo para su rehabilitación, bien sea por la pérdida de capacidad en la movilidad de sus miembros, o bien por la pérdida física de uno más de ellos.

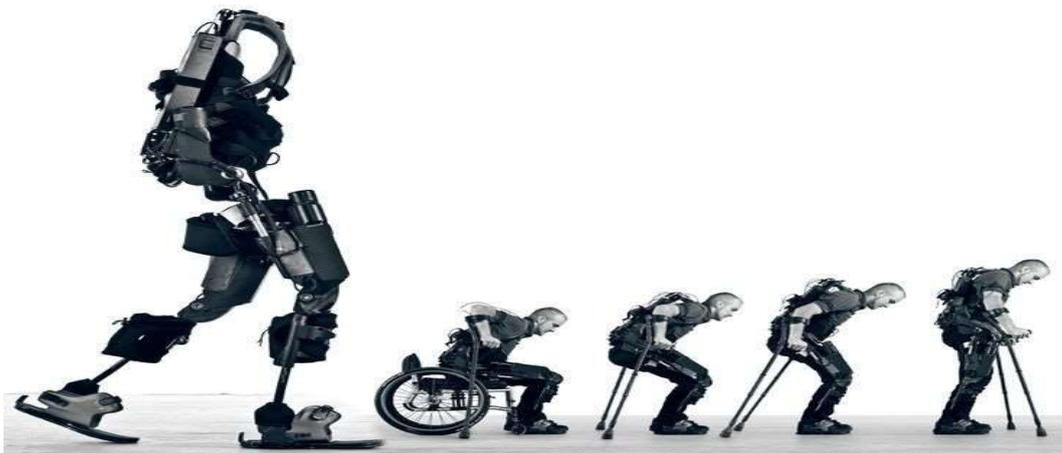


Figura: 6.6.4.1 Progresión exoesqueletos (Fuente: <https://enfermeriatecnologica.com/exoesqueletos/>)

La **robótica asistencial** fuera del entorno cerrado de la industria, y dirigida a interactuar con personas, por ejemplo, con ancianos o niños enfermos en hospitales para entretenerlos, está en pleno auge y España es puntera con varios grupos de investigación y desarrollo del más alto nivel en éste área.

El catedrático de robótica **Miguel Ángel Salichs**, de la Universidad Carlos III de Madrid, explicó en una entrevista para EFE futuro en 01/2016 *que España estaba muy bien situada en el mundo de la nueva robótica avanzada o de servicios, aunque reconocía que todavía queda mucho por hacer, porque este tipo de tecnología está en sus comienzos. Los avances son muy sorprendentes, aunque queda mucho por hacer porque todavía existen limitaciones en cuanto a la interacción de los robots con el mundo físico, dado que evidentemente no perciben el mundo como los humanos.*

Para esta especialidad, es imprescindible **conseguir que el robot identifique todo a su alrededor**, que comprenda qué es cada una de las cosas que tiene delante, y que las interprete correctamente, incluso en situaciones de escasa iluminación, o en momentos de difícil visualización, y esto todavía está pendiente de ser resuelto adecuadamente.

También, queda por solucionar el tema de la manipulación compleja de objetos, un área en donde **los robots necesitan desarrollar mayores destrezas**, incluso para las tareas industriales repetitivas, pero mucho más en este subcampo que nos ocupa, en el que en muchos casos se trata de **sustituir miembros humanos**. En el caso del hombre, la mano se mueve gracias a la interacción del cerebro, pero los robots, lo tienen más complicado, al depender de un determinado programa y su correcto funcionamiento, como también resulta muy difícil, dotarlos de capacidad para percibir sensaciones, por ejemplo, el tacto, aunque no obstante ya ha habido grandes avances en este sentido.

La **robótica asistencial** será clave en las sociedades envejecidas, como son la española o la japonesa. **Kenji Hirata**, ministro de la Embajada de este último país en España, aseguraba que *«esta especialidad es la que cuenta con más probabilidades de expansión, ya que responde a uno de los principales retos del siglo: afrontar el envejecimiento de nuestras poblaciones. Vivimos en sociedades cada vez más longevas, lo que requiere un mayor esfuerzo en el ámbito de la dependencia. Y es ahí donde la robótica asistencial puede ofrecer la solución»*.



Japón está a la cabeza de esta industria en general. De los **9.136 millones** de euros que mueve la industria, el **50,2%** corresponde a empresas japonesas. La industria nipona ya tiene tres robots para usos asistenciales: uno diseñado para ayudar a la movilidad de personas con discapacidad o debilidad en extremidades inferiores. Se trata del exoesqueleto actual más potente y revolucionario. Los otros dos están dirigidos tanto a trabajadores de la dependencia como a profesionales que han de cargar mucho peso. Ambos protegen la zona lumbar y minimizan el riesgo de lesión de espalda al reducir la carga en sus tareas profesionales.

Figura: 6.6.4.2 Un exoesqueleto (Fuente: <https://www.xataka.com>)

Muchas personas, con movilidads reducidas, están pendientes, de los avances en este campo, para ver colmados sus deseos de volver a una relativa normalidad, en la que, con ayuda de estos ingenios, puedan desarrollar una vida más o menos normal, con un grado de independencia, que los libere de la dependencia de terceros.

Según datos de la **Organización Mundial de la Salud** (OMS), cada año en todo el mundo entre **250.000** y **500.000** personas sufren un traumatismo de este tipo.

En el **CIT-Centre d'Innovació i Tecnologia de la Universitat Politècnica de Catalunya** se está trabajando en el proyecto **ABLE**: Un exosqueleto robotizado para personas con lesión medular. Este proyecto está liderado por el equipo de **Josep Maria Font Llagunes**²⁶.

El exosqueleto **ABLE** (Assistive Biorobotic Low-cost Exoskeleton), diseñado y desarrollado por el **Laboratori d'Enginyeria Biomecànica** (BIOMECA) de la **UPC**, que pertenece al **Centre de Recerca en Enginyeria Biomèdica** (CREB), representa un cambio de paradigma respecto a la tecnología actual. Este dispositivo es más económico, ligero e intuitivo, y se personaliza teniendo en cuenta la capacidad funcional del paciente. Su diseño parte de soportes pasivos, que se fabrican en la ortopedia, y que ya tienen la mayoría de pacientes, a los que se les añade nada más los mecanismos y sensores esenciales per facilitar la recuperación funcional de la marcha. Concretamente, el dispositivo está formado por tres componentes modulares: un sistema de actuación en la rodilla que hace la función de músculo artificial, un sensor situado a la zona de la tibia que detecta la intención del usuario, y una mochila con la electrónica y una batería.



Figura: 6.6.4.3 Exoesqueleto ABLE (Fuente Cit-UPC)

²⁶ **Josep Maria Font Llagunes**, es Profesor Asociado del Departamento de Ingeniería Mecánica de la Universitat Politècnica de Catalunya (UPC), es director del Laboratori d'Enginyeria Biomecànica del Centre de Recerca en Enginyeria Biomèdica.

Otro campo bien diferente de la **robótica asistencial** tendría que ver con los robots que interactúan con las personas **a nivel cognitivo** y afectivo, en el que también se están desarrollando numerosos programas y unidades para este cometido no menos interesante.



Figura: 6.6.4.4 Robot Nuka considerado el más terapéutico del mundo (Fuente: EFE)

La foca bebé "**Nuka**", es un entrañable y suave peluche robotizado que se vuelve más cariñoso cuando más se le acaricia, y cuyo uso en hospitales y residencias de ancianos en todo el mundo, está evidenciando efectos muy positivos en terapias médicas, frente a problemas de ansiedad, tristeza o demencia, entre otros.

Este tipo de **mascotas robot**, pueden dar el aspecto de ser un juguete, pero no lo son; controlan si esa persona está activa, si se ha tomado la medicación, incluso tienen juegos, que en realidad son ejercicios para mejorar sus habilidades.

Por tanto, **es seguro**, que en el futuro los robots dedicados a los cuidados personales, van a tener un rol importante en la sociedad del bienestar que se está construyendo y, en la que cada vez más, nos encontramos con este tipo de robots, que de alguna manera tienden a suplir las carencias tanto de cuidados, como afectivas que nuestra sociedad tiene, en buena parte como consecuencia de nuestro ritmo de vida, especialmente con los niños y las personas de tercera edad, como ya ha quedado patente en otros apartados, estas últimas, cada vez son más numerosas y necesitan de más atención, que de otra manera posiblemente, no se pueda dar. Se estima que en el año **2025** el **20%** de la población de la Unión Europea sea mayor de **65 años**.

6.6.5 En la Sanidad

Hasta hace unos años, era impensable que, en nuestro sistema de salud robots como los de las películas tuvieran un rol clave. Sólo algunas especialidades quirúrgicas, ya han adoptado en su práctica profesional algunos **robots que les conceden mayor fiabilidad y precisión** en determinadas intervenciones.

Un buen ejemplo, es el sistema quirúrgico **Da Vinci**. Es un robot de cirugía, que permite optimizar el rango de acción de la mano humana, reduciendo el posible temblor, y perfeccionando todos los movimientos del cirujano. Además, también permite contar con una visión 3D, que facilita la toma de decisiones. Este robot ya ha estado muy implementado en los principales hospitales de referencia a nivel mundial.



Figura: 6.6.5.1 Robot quirúrgico Da Vinci (Fuente: ABC)

En este campo, es de destacar la reciente validación técnica del robot quirúrgico **Bitrack System**, que se encargará de operaciones por laparoscopia. Este robot, ha sido desarrollado bajo la dirección técnica del **Dr. Josep Amat i Girbau**²⁷ catedrático de la **Universidad Politécnica de Catalunya** y responsable de robótica del **Centro de Investigación en Ingeniería Biomédica** (CREB), y cuya dirección médica, ha recaído en especialistas médicos de la clínica Mayo de los Estados Unidos. Se espera que se pueda homologar y empezar a funcionar en Europa este mismo año **2019**.

²⁷ **Josep Amat i Girbau** es doctor en ingeniería industrial per la Universitat Politècnica de Catalunya, donde es catedrático, d'Arquitectura i Tecnologia de Computadors desde 1983. Es miembro de l'Institut d'Estudis Catalans des del 1990 i de la Reial Acadèmia de Ciències i Arts de Barcelona des de 2000.¹ Des de 1991 al 2006 es *Invited Professor* al MIT (EUA).

El robot **Bitrack** se espera que sea una alternativa modular, flexible y más económica al robot **Da Vinci**, instalado en numerosos centros hospitalarios de referencia en todo el mundo y que, hasta el momento, ostenta la hegemonía en este tipo de robots.



Figura: 6.6.5.2 El Dr. Amat y sus colaboradores con el robot Bitrack (Fuente: www.immedicohospitalario.es/)

La cirugía robótica, se percibe como un motor de valor para el paciente, el cirujano y el hospital, ya que permite realizar operaciones complejas con mucha precisión.

Se estima, que es un mercado de unos **5.000 millones** de euros cada año, con una tasa anual de crecimiento del **30%** durante los últimos cinco años.

Actualmente, el **99%** de la cuota de mercado de la robótica quirúrgica, está en manos de la empresa norteamericana **Intuitive Surgical**, desarrolladora del robot **Da Vinci**. (Según IM Médico Publitas Digital s.l.)

Para Jaume Amat, Ceo de la empresa **Rob Surgical** desarrolladora del robot **Bitrack**: *"El reto global de la cirugía robótica es mejorar la eficiencia, es decir, que sin renunciar a la eficacia de los sistemas actuales se puedan adquirir robots a menor coste y que resuelvan algunos requerimientos técnicos que pide la comunidad médica. Nos hemos propuesto poner la cirugía robótica al alcance de la mayoría de los hospitales"*

Son los robots sólo una herramienta que permitirá al médico ser más preciso, **¿se están incorporando los robots a otras disciplinas médicas?**

Más allá de los robots asistenciales, lo cierto es que el mundo de la robótica también ha logrado diseñar en los últimos años robots y sistemas que pueden servir de gran utilidad en la práctica médica. En este aspecto, destacan dispositivos como **Veebot**, un robot capaz de extraer sangre y poner vías venosas sin errores y con el mínimo dolor posible, ya que analiza el brazo para detectar el mejor lugar para realizar el pinchazo. Además, su precisión a la hora de introducir la aguja es superior a la de cualquier humano.

Little Moe, se utilizó en Estados Unidos para desinfectar habitaciones donde habían estado pacientes con ébola. Es un robot capaz de eliminar el virus del ébola, ya que mediante sus cabezales emite fuertes impulsos de luz ultravioleta, que dañan el ADN del virus.

Otro ejemplo de robot sanitario útil para hospitales es **Cody**, un robot-enfermero, en cuyo diseño se trabaja desde **2010**, que se caracteriza por poder realizar baños con esponja a los pacientes, actividad que realiza de forma cuidadosa. Además de ello, también puede hacer las camas, o dispensar alimentos a los pacientes con movilidad reducida.



Otro de los puntos en los que se está incorporando robots es en la atención al paciente y sus familiares. Así en 2 hospitales belgas están haciendo sendas pruebas piloto. Ambos han contratado a 2 unidades de **Pepper**, un robot humanoide de 1,2 metros para atender a los usuarios del hospital en puntos críticos del proceso asistencial. Ambos robots están dotados de inteligencia artificial y son capaces de entender lo que los humanos les preguntan (en más de 20 idiomas), procesarlo y ofrecer una respuesta a la petición que le hacen los pacientes. En uno de los dos hospitales se está utilizando al robot **Pepper** para filtrar y hacer una primera anamnesis del paciente. En el otro hospital el robot guía a los usuarios por el hospital.

Figura: 6.6.5.2 Robot Pepper (Fuente: La Razón)

Entre las cosas que puede hacer otro robot llamado **ViRob**, están el destapar arterias, llevar medicina directamente a un tumor para atacarlo o tomar muestras de una zona para estudiarla, sin que se requiera realizar una operación, ya que este se inserta mediante una inyección o puede ser tragado.

Otra de las funcionalidades en la que se está probando a los robots, es en la formación y educación a los pacientes. La Universidad Politécnica de Valencia ha desarrollado a **Andy**, el primer robot que padece diabetes tipo-I. **Andy** tiene una pantalla dónde informa de su nivel de glucosa. Internamente sus investigadores le han programado con un procesador, que hace que en función de determinadas circunstancias el nivel de glucosa de **Andy** cambie y no sólo eso, si no que, el comportamiento de **Andy** depende de sus niveles de glucosa. Este robot está demostrando su gran aportación a la educación de los niños con diabetes tipo-1.

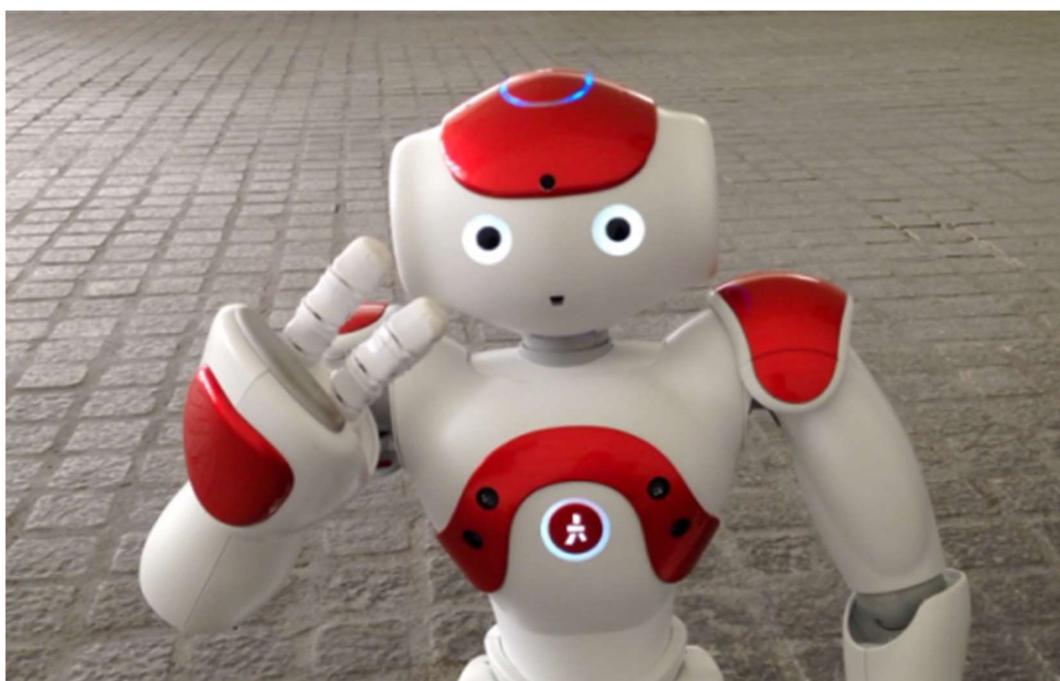


Figura: 6.6.5.3 Robot con diabetes Andy (Fuente: <https://www.canaldiabetes.com>)

Resumiendo, en el ámbito de la Sanidad como en otros tantos campos, los robots ya son una realidad a la que difícilmente nos podemos abstraer, más allá de los ejemplos mostrados, podríamos decir **que los quirófanos ya son un complejo de robots interconectados** a disposición de los profesionales médicos.

Los ejemplos puestos son solo a título precisamente de ejemplo, ya que **serían innumerables las versiones y funcionalidades** que ya existen en el mercado, y como ya se ha dicho, se espera que su expansión sea geométrica y avancen en todas las funciones sanitarias, desde las más complejas a las más sencillas.

6.6.6 En el entretenimiento

Desde la antigüedad, hemos aprendido a estimular nuestros sentimientos por diferentes medios de entretenimiento. Nos gusta escuchar música, ver bailarines y animadores hábiles y otro montón de actividades que nos entretienen en nuestro tiempo de ocio. Desde siempre, hemos tenido sistemas de entretenimiento, por ejemplo, gladiadores y teatro en Roma y Grecia; hoy en día tenemos un montón de sistemas y actividades para el mismo fin. **La industria del entretenimiento siempre va de la mano de nuestro desarrollo tecnológico**, y siempre, se ha ido adaptando a la era que le ha tocado convivir.

Es en este contexto, donde **se están desarrollando un sinfín de modelos de robots**, dedicados casi en exclusiva al entretenimiento de las personas, como medio para ocupar el tiempo para el ocio, que paradójicamente se está liberando a través de la automatización de la sociedad.

Un robot de entretenimiento puede realizar muchas y diferentes tareas, como cantar y bailar, pero todos tienen un objetivo: entretener a los seres humanos, se ponen en el lugar de los cómicos, los padres, o incluso de las tan queridas mascotas. Ya existen modelos para todos los gustos, simples mascotas de compañía, robots que luchan en un ring emulando a los gladiadores de la antigua Roma, y de los que dicen serán los sustitutos del boxeo actual; robots cantantes, robots que juegan al fútbol, etc.

También, parece que hay líneas de investigación y producción de robots sexuales, los cuales son por el momento muñecas hinchables robotizadas, y parece que queda todavía algún tiempo, para que las relaciones íntimas con robots sean satisfactorias.



Figura: 6.6.6.1 Robots de entretenimiento (Fuente: <http://todorobot.es> , Pinterest y <https://gestion.pe>)

En fin, parece que el futuro está por escribir en este campo, aunque ya tenemos muchos ejemplos, para anticipar su segura evolución.

6.6.7 En el medio ambiente

Sostenibilidad es una palabra de moda, que actualmente nos impregna, con todos sus matices, en nuestros ambientes de trabajo, hogares, escuelas y otros muchos grupos, como una estrella del pop, trayendo consigo el sentido común de la responsabilidad y de una búsqueda utópica o real, por una sociedad globalizada, consciente de sus acciones y su interdependencia.

Sin duda, es uno de los campos que tendrá en los próximos años un crecimiento exponencial debido a la **necesidad de la sociedad** de resolver en la medida de lo posible su **relación con el medio ambiente**.

La automatización, en este caso puede ayudar en una doble vertiente por lo menos, en tanto y cuanto, a través de los sistemas que, implantados en las industrias y otros actores, colaboren en la **reducción de consumos y emisiones** por la optimización de los procesos consiguientes; y, por otra, en la implantación de sistemas propios automáticos, **que colaboren en el control de parámetros** como puedan ser la calidad del aire, agua, los incendios forestales, etc.

Ya **se están instalando cámaras** con sensores conectados a ordenadores que son capaces de dar la alarma por un incendio forestal.



Figura: 6.6.7.1 Cámara contra incendios (Fuente.: Interempresas.net)

También, hay sistemas automáticos instalados para el control de la calidad el aire en las ciudades y que **posibilitan la adopción de las medidas** oportunas cuando los estándares rebasan los límites establecidos.

Ni que decir tienen todos los sistemas vía satélite, que ya **permiten pronosticar y prever consecuencias** sobre todo climáticas, para la adopción de las medidas correctoras si caben, tanto para los riesgos de las personas, como para la toma de decisiones acerca de los cultivos más idóneos para cada zona.

7. Conclusiones y reflexiones

Para la realización del trabajo, he utilizado numerosos recursos, con el fin y propósito de responder a los objetivos planteados: **Analizar las diferentes consecuencias/impactos socio económicos, realizar un escueto catálogo de dichas consecuencias e impactos y ver cómo afecta en su relación con las personas.** Estos como objetivos principales, y desde un punto más directo con el trabajo como elemento de mejora de la productividad en la industria y las consecuencias derivadas para las personas que intervienen en estos procesos, en especial en algunas de las cuestiones analizadas: **productividad, empleo, salarios, formación e investigación.**

Al mismo tiempo, se planteaba también **como incide la automatización en la Sociedad**, en sus diferentes aspectos, desde un punto más a nivel de las personas como integrantes de dicha Sociedad, por decirlo de alguna forma.

Es cierto que como no puede ser de otra forma, **en realidad ambos aspectos se acaban complementando y confundiendo entre ellos**, sin que sea en muchos casos posible su separación, ya que las personas las encontramos como actores en las dos partes del análisis, y por tanto podríamos decir, que se establece un círculo a veces virtuoso y a veces maléfico.

Después de todo el trabajo realizado, tanto de búsqueda, como de análisis de los datos obtenidos, creo que **se ha encontrado un buen nivel de respuesta a todas las cuestiones planteadas en los objetivos de este trabajo** y, a mí personalmente, me ha permitido una mejor comprensión del concepto trabajado.

Gracias al marco teórico, hemos podido poner en contexto la actual revolución de automatización en la que estamos inmersos en estos momentos, y entender de donde provienen los antecedentes de dicha revolución, que como ya hemos consensuado se denomina **Cuarta Revolución Industrial**, también denominada **Revolución Digital** y que comprende así mismo el término de **Industria 4.0**, y por tanto poder entender y comprender mejor el porqué de dicha revolución.

Se constata que la automatización y robotización de las actividades, **tiene grandes ventajas**, que, a la vez, dependiendo del punto de vista, **se convierten en grandes inconvenientes**, para unos y otros actores dependiendo del punto de vista y del momento.

Otra constatación, es que **el proceso es imparable**, y que **además la Sociedad necesita de su evolución** para seguir prosperando, tanto a nivel de bienestar, como a niveles de necesidades básicas, ya que sin dicha evolución es seguro que no se podría mantener el nivel de población mundial, ya que se requiere de la misma para la optimización de los recursos. Este aspecto concretamente queda bastante claro en las gráficas de evolución de la población mundial, que vincula directamente la gran explosión demográfica a los niveles de automatización conseguidos en cada momento de la historia.

Está claro y demostrado, que la automatización y robotización de la Sociedad, **incide de forma inequívoca en el empleo**, modelando el mercado laboral conforme se avanza en la implantación de nuevas tecnologías, y que se produce un trasvase de mano de obra desde los sectores menos cualificados a otros que necesitan de una mayor formación y especialización, obligando a los obreros a adaptarse continuamente a los cambios introducidos.

La repercusión en el mercado laboral incide así mismo en **los salarios**, por los mismos motivos, ya que al producirse una migración de las funciones que los obreros realizan, se producen desajustes que acaban condicionando los salarios, bien **por formación y/o especialización**, o en su caso **incluso por la pérdida del empleo**, y la consiguiente necesidad de búsqueda de uno nuevo que lo sustituya.

Derivado de lo anterior, **se ve condicionada la formación**, que inexcusablemente se tiene que ir adaptando a las nuevas circunstancias derivadas de las exigencias que la nueva tecnología exige en cada momento. Creo que queda claro en el informe, que **este será un aspecto clave de la relación de los trabajadores con las empresas** y por lo tanto con su futuro trabajo, ya que se les va a exigir una formación adecuada a cada momento, y que la evolución es rápida y continuada.

En este aspecto, **la Sociedad tendrá que reflexionar y modificar** rápidamente sus procedimientos de formación y, como no puede ser de otra forma, **las Universidades**, como máximo organismo que tiene delegada la formación de los profesionales de mayor nivel del futuro, tienen por delante un reto importante de **investigación, análisis e implantación de nuevos modelos educativos**, que se adapten a las nuevas exigencias del cambiante entorno.

Evidentemente, para esto tendrán que contar con la **colaboración y complicidad de los órganos políticos**, para que les doten de las herramientas y medios necesarios para la realización de tan importante responsabilidad.

En paralelo con las Universidades y como parte de ellas mismas, **la investigación deberá asumir los nuevos retos** que se derivarán de la asunción de las nuevas tecnologías, que como ya hemos visto, ya inciden en la misma, pero que lo harán con más fuerza en el futuro próximo, ya que los nuevos sistemas están llevando a los investigadores a territorios nuevos y todavía no explorados. Además, esto último se produce a una velocidad cada vez más creciente.

Por último **¿qué papel que tiene que jugar la Sociedad en su conjunto?**, está claro, que, debido a la situación demográfica del Planeta, la Sociedad necesita contar con la colaboración de la automatización y la robótica. Como queda patente en el informe, en estos momentos no existe un sustituto adecuado a estas tecnologías, y le son imprescindibles para satisfacer las necesidades de la creciente población mundial y su escalada en los niveles de longevidad.

Al mismo tiempo, la tendencia que se va consolidando para la eliminación de tareas repetitivas para el ser humano, **tendrá en un futuro próximo un salto cuantitativo y cualitativo**, y esto indudablemente llevará a un replanteo del papel que muchos juegan en la Sociedad.

La implantación de estas tecnologías en los hogares de forma masiva, como ya está sucediendo, y en otros campos como el sanitario, asistencial y de entretenimiento o medio ambiente, harán sin duda que el marco de relación existente y consensuado hasta el momento entre todos se verá modificado, y seguro nos tendremos que adaptar en menor o mayor medida a esta circunstancia.

Como también ya se ha comentado, creo que sin duda un aspecto importante, será el diseño de nuevos marcos de relación entre **los robots y lo relacionado con las cotizaciones sociales**, y por tanto con el futuro económico de las personas mayores, que por otra parte ya ha quedado demostrado que está en un imparable crecimiento en cuanto a número y longevidad de estas. Está claro que, sin más dilación, hay que dotar directa o indirectamente al sistema de los medios impositivos necesarios, que garanticen que parte del beneficio obtenido con la tecnología revierte en las personas.

Como conclusión y reflexión final **se puede establecer que la implantación de tecnologías** derivadas de la automatización y la robótica, **no solamente son convenientes, si no, que resultan necesarias.**

Todos deberemos estar alerta para que todos los actores que intervienen realicen adecuadamente el papel que a cada uno les encomiende la Sociedad.

8. Bibliografía, webgrafía y figuras

8.1 Informes y libros

- (1) **El momento de los robots** (Deloitte 2018).
- (2) **El libro Blanco del Control Automático** (Comité Español de Automática 2009)
- (3) **El próximo paso-La vida exponencial** (publicado por BBVA-OpenMind 02/2019).
- (4) **El libro blanco de la robótica en España** (Comité Español de Automática 2011).
- (5) **The Future of Jobs Report 2018** (World Economic Forum-Centre for the New Economy and Society)
- (6) **The Future Computed-Artificial Intelligence and its role in society** (Microsoft 2018).
- (7) **Un futuro que funciona, automatización, empleo y productividad** (MCKINSEY GLOBAL INSTITUTE 2017).
- (8) **Primer barómetro de e´learnig en Europa** (realizado por Crossknowledge, Féfaur e Ipsos 2011)
- (9) **La digitalización y la industria 4.0** (realizado por la Federación de Industria de CCOO 9-2017)
- (10) **Mendeberry-2025-Marco pedagógico** (Mondragón Unibertsitateko Zerbitzu Editoriala, AUTORES, Maite García, Miren Zubizarreta y Eugenio Astigarraga)
- (11) **Automatización y polarización del trabajo: en la disminución de las ocupaciones medianas en Europa** (realizado por Vahagn Jerbashian)

8.2 Webgrafía

- (1) **¿Estamos preparados para la implantación de robots en las empresas?**
<https://www2.deloitte.com/es/es/pages/operations/articles/robots-en-emresas.html>
(Consultado: 01/03/2019)

- (2) **Automatización y polarización del trabajo: en la disminución de las ocupaciones medianas en Europa**
<https://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/obes.12298#.XF1AwJ6ooqB.email> (Consultado: 01/03/2019)

- (3) **Perspectivas sociales y del empleo en el mundo**
https://www.ilo.org/wcmsp5/groups/public/---dgreports/---dcomm/---publ/documents/publication/wcms_631466.pdf (Consultado: 02/03/2019)

- (4) **Un futuro que funciona, automatización, empleo y productividad**
<https://www.mckinsey.com/~media/mckinsey/featured%20insights/digital%20disruption/harnessing%20automation%20for%20a%20future%20that%20works/a-future-that-works-executive-summary-spanish-mgi-march-24-2017.ashx> (Consultado: 02/03/2019)

- (5) **La automatización en el empleo: ¿Un riesgo para los trabajadores?**
<https://www.elobservador.com.uy/nota/la-automatizacion-en-el-empleo-un-riesgo-para-los-trabajadores--201792111490> (Consultado: 03/03/2019)

- (6) **La automatización del empleo avanza a paso firme y genera desafíos.**
<https://www.elobservador.com.uy/nota/la-automatizacion-del-empleo-avanza-a-paso-firme-y-genera-desafios--2017924500> (Consultado: 04/03/2019)

- (7) **El 36% de los empleos en España está en riesgo de automatización**
https://retina.elpais.com/retina/2018/03/19/tendencias/1521460126_001469.html
(Consultado: 04/03/2019)

- (8) **Economistas calculan cuantos puestos de trabajo quita cada robot**
https://retina.elpais.com/retina/2017/04/11/tendencias/1491926694_103219.html
(Consultado: 05/03/2019)

- (9) **“Robot devuélveme mi curro”**
https://retina.elpais.com/retina/2017/06/05/tendencias/1496660604_653692.html
(Consultado: 05/03/2019)

- (10) **Andalucía y Catalunya, regiones donde los robots destruirán más empleo**
<https://www.libremercado.com/2018-04-28/andalucia-y-cataluna-las-regiones-donde-los-robots-destruiran-mas-empleo-1276617842/> (Consultado: 06/03/2019)
- (11) **El futuro del trabajo y la automatización**
<https://noticias.perfil.com/2018/05/30/el-futuro-del-trabajo-y-la-automatizacion-el-caso-uber/>
(Consultado: 07/03/2019)
- (12) **Los robots y la inteligencia artificial afectarán al 30% de los empleos en 2030**
<https://www.ticbeat.com/innovacion/los-robots-afectaran-al-30-por-ciento-de-los-empleos-en-2030/> (Consultado: 07/03/2019)
- (13) **Robotización y empleo: Así se relacionan (de momento) según el primer estudio serio del tema**
<https://www.elblogsalm.com/economia/robotizacion-y-empleo-asi-se-relacionan-de-momento-segun-el-primer-estudio-serio-sobre-el-tema> (Consultado: 08/03/2019)
- (14) **La transformación del empleo en España derivada de la automatización y la inteligencia artificial**
https://www.researchgate.net/publication/325645616_La_transformacion_del_empleo_en_Espana_derivada_de_la_automatizacion_y_la_inteligencia_artificial (Consultado: 08/03/2019)
- (15) **Industria 4.0: La transformación digital de la industria**
<http://coddii.org/wp-content/uploads/2016/10/Informe-CODDII-Industria-4.0.pdf>
(Consultado: 08/03/2019)
- (16) **La digitalización y la industria 4.0**
<http://www.industria.ccoo.es/4290fc51a3697f785ba14fce86528e10000060.pdf>
(Consultado: 08/03/2019)
- (17) **"Es difícil que las niñas quieran ser algo que no ven"**
<http://nadaesgratis.es/j-ignacio-conde-ruiz/el-reto-de-cerrar-las-brechas-digitales>
(Consultado: 08/03/2019)
- (18) **Las consecuencias económicas y sociales de la automatización**
<https://blogs.worldbank.org/voices/es/las-consecuencias-economicas-y-sociales-de-la-robotizacion> (Consultado: 10/03/2019)
- (19) **Razones para estudiar automatización y robótica industrial**
<https://www.obs-edu.com/es/blog-investigacion/operaciones/razones-para-estudiar-automatizacion-y-robotica-industrial> (Consultado: 10/03/2019)

(20) **Artificial Intelligence in The Classroom**

https://samuelmcneill.com/2018/03/02/artificial-intelligence-in-the-classroom/?mkt_tok=eyJpIjoiTWpJM01tTTFFORFEzT0RrNCIsInQiOiJlWlV6TmJqQlBKMExab0YxRnpMcytUZjNVdUFKXC9DT0gzOW5TQ1I1djdjNcL1p5R1JNz1FJVUx1NE9hQzY0emRRZlFMeENCaERhdXBZSkJcLzV4QkVtURlc2didXAzamxkZXR4NIBEQnRKYnZvRW1JY0NnYkk3K2JOUncLzVCZVFOSk5mdm4wenh6UFZPXC9cL2xKTkdBRHpSVnc9PSJ9 (Consultado: 10/03/2019)

(21) **La productividad se estanca y pone en evidencia el modelo de crecimiento**

https://www.elconfidencial.com/economia/2018-11-04/espana-productividad-estancamiento-evidencia-modelo-crecimiento_1639654/ (Consultado: 10/03/2019)

(22) **Artificial intelligence for international economists (by an international economist): Part 1 of 5**

<https://voxeu.org/content/artificial-intelligence-international-economists-international-economist-part-1-5#.XHEN-zj2aRM.twitter> (Consultado: 11/03/2019)

(23) **La industria ya emplea un ejército de 35.000 robots: dos por cada 1.000 trabajadores**

https://www.elconfidencial.com/amp/economia/2018-01-11/robots-industria-deslocalizacion-automovil-empleos-destruccion-algoritmos-asia-alemania-espana-cotizaciones-impuestos-sueldos-bruegel_1504357/ (Consultado: 11/03/2019)

(24) **El pacto de Toledo abre la puerta a que los robots financien las pensiones**

https://www.elconfidencial.com/economia/2019-02-19/pacto-toledo-cotizacion-robots-seguridad-social_1833498/ (Consultado: 12/03/2019)

(25) **The transformative potential of AI in the manufacturing industry**

<https://cloudblogs.microsoft.com/industry-blog/manufacturing/2017/09/25/the-transformative-potential-of-ai-in-the-manufacturing-industry/> (Consultado: 13/03/2019)

(26) **Los bancos pasaran del asesor automático al médico financiero**

https://cincodias.elpais.com/cincodias/2019/01/11/companias/1547235238_555194.html?id_externo_rsoc (Consultado: 15/03/2019)

(27) **La subida de los salarios por encima de la inflación tiene los días contados**

https://www.elconfidencial.com/economia/2019-03-15/subida-salarios-inflacion-temporal-dias-contados_1882222/ (Consultado: 15/03/2019)

(28) **The rise of robots in the German labour market**

<https://voxeu.org/article/rise-robots-german-labour-market> (Consultado: 15/03/2019)

(29) **Las claves de la transformación de la banca**

<https://www.marcvidal.net/blog/2019/2/13/las-claves-de-la-transformacin-digital-de-la-banca-la-irevolucin-de-los-servicios-financieros?format=amp> (Consultado: 15/03/2019)

- (30) **A más robots, más empleo, pero...**
<https://www.marc Vidal.net/blog/2019/2/15/a-mas-robots-mas-empleo-pero> (Consultado: 15/03/2019)
- (31) **L'ICAB presenta la 'Carta de Barcelona pels Drets de la Ciutadania en l'Era digital', recolzada per universitats i entitats de la societat civil**
<http://digitalawcongress.icab.cat/> (Consultado: 15/03/2019)
- (32) **Mitos antiguos ya recogieron fantasías sobre la inteligencia artificial**
<https://www.diarioinformacion.com/sociedad/2019/03/02/mitos-antiguos-recogieron-fantasias-inteligencia/2123869.html> (Consultado: 15/03/2019)
- (33) **¿Qué Es Un Sistema Automatizado Para Una Empresa?**
<https://www.dtisa.com/blog/que-es-un-sistema-automatizado-para-una-empresa-automatizacion-industrial> (Consultado: 15/03/2019)
- (34) **Machine Learning en la automatización industrial**
<http://www.infoplcn.net/noticias/item/103614-machine-learning-cloud-automatizacion-industrial>
(Consultado: 16/03/2019)
- (35) **¿Cómo afectara la automatización al futuro del trabajo?**
<http://iesusgonzalezfonseca.blogspot.com/2012/01/como-afectara-la-automatizacion-al.html>
(Consultado: 16/03/2019)
- (36) **Los robots no tienen la culpa de los salarios bajos**
http://lector.kioskoymas.com/epaper/iphone/homepage.aspx?isBookmark=true&locationHash=%23_article12dfb7f6-7110-4b26-85fc-52c0001df7f5%2fwaarticle12dfb7f6-7110-4b26-85fc-52c0001df7f5%2fy1VMF6L7TL93#_article12dfb7f6-7110-4b26-85fc-52c0001df7f5
(Consultado: 17/03/2019)
- (37) **La esperanza de vida al nacer y el futuro de la población**
http://lector.kioskoymas.com/epaper/iphone/homepage.aspx?isBookmark=true&locationHash=%23_article727f04d4-14f9-4716-b641-7e0b764764c6%2fwaarticle727f04d4-14f9-4716-b641-7e0b764764c6%2fP5CIRC6E0Q46#_article727f04d4-14f9-4716-b641-7e0b764764c6
(Consultado: 17/03/2019)
- (38) **Se buscan profesionales para 18 millones de puestos de empleo verde**
<https://elasombrario.com/buscan-profesionales-18-millones-puestos-empleo-verde/>
(Consultado: 20/03/2019)
- (39) **The Future Is Cognitive: Using AI in Retail to Meet New Hurdles**
<https://cloudblogs.microsoft.com/industry-blog/retail/2018/03/14/the-future-is-cognitive-using-ai-in-retail-to-meet-new-hurdles/> (Consultado: 20/03/2019)
- (40) **Estudio Smart Industry 4.0 (Observatorio Industria 4.0 y Club Excelencia en Gestión)**
<http://www.informeticplus.com/estudio-smart-industry-4-0-everis-observatorio-industria-4-0-y-club-excelencia-en-gestion> (Consultado: 20/03/2019)

(41) **Industria, innovación e infraestructura**

<https://www.undp.org/content/undp/es/home/sustainable-development-goals/goal-9-industry-innovation-and-infrastructure.html> (Consultado: 21/03/2019)

(42) **Microsoft's focus on transforming healthcare: Intelligent health through AI and the cloud**

https://blogs.microsoft.com/blog/2018/02/28/microsofts-focus-transforming-healthcare-intelligent-health-ai-cloud/?mkt_tok=eyJpIjoiTWpJM01tTTFORFEzT0RrNCIsInQiOiJlWV6TmJqQlBKMExab0YxRnpMcytUzjNVdUfKXC9DT0gzOW5TQ1I1d1NcL1p5R1JNZ1FJVUx1NE9hQzY0emRRZlFMeENCaERhdXBZSkjclzV4QkVtURlc2dlldXAzamaxkZXR4NlBEQnRKYnZrRW1JY0NnYkk3K2J0UnpcLzVCZVFOSk5mdm4wenh6UFZPXC9cL2xKTkdBRHpSVnc9PSJ9 (Consultado: 22/03/2019)

(43) **¿Pagaran los robots nuestras pensiones?**

https://www.bbva.com/es/pagaran-los-robots-nuestras-pensiones/amp/?_twitter_impression=true (Consultado: 23/03/2019)

(44) **Robots, Tic y empleo en la UE**

http://bruegel.org/2018/06/robots-ict-and-eu-employment/?utm_content=bufferf9994&utm_medium=social&utm_source=twitter.com&utm_campaign=buffer+ (Consultado: 23/03/2019)

(45) **El uso de robots se acelera y amenaza con destruir decenas de miles de empleos**

https://www.elconfidencial.com/economia/2016-08-15/robots-automatizacion-ccoo-empleo-maquinas-industria_1245720/ (Consultado: 25/03/2019)

(46) **Artículo AGV's**

<https://www.elindependiente.com/economia/2019/03/23/la-ingeniera-espanola-esta-llenando-las-fabricas-robots/> (Consultado: 25/03/2019)

(47) **IA en los restaurantes chinos**

<https://www.marca.com/tiramillas/gastronomia/2019/03/22/5c94f82be5fdea776b8b45c6.html> (Consultado: 25/03/2019)

(48) **Política industrial en la era digital**

https://elpais.com/economia/2019/03/21/actualidad/1553189606_531726.html (Consultado: 25/03/2019)

(49) **Son productividad no hay Paraíso**

https://www.vozpopuli.com/opinion/productividad-paraiso_0_1231977132.html?utm_content=buffer4cfb8&utm_medium=social&utm_source=twitter.com&utm_campaign=buffer (Consultado: 02/04/2019)

(50) **La robótica, ¿al servicio o contra la Humanidad?**

<https://www.noticiasdenavarra.com/2018/12/18/ocio-y-cultura/ocio/la-robotica-cada-vez-mas-sofisticada-al-servicio-o-contra-la-humanidad> (Consultado: 04/04/2019)

- (51) **El Puzle de la productividad en España**
https://www.bbvaresearch.com/en/publicaciones/the-spanish-productivity-puzzle/?utm_source=twitter&utm_medium=social&utm_campaign=rssresearch&utm_term=02042019 (Consultado: 09/04/2019)
- (52) **Llevo 20 años investigando la inteligencia artificial: esto es lo que he aprendido y estos serán sus desafíos futuros**
<https://www.xataka.com/robotica-e-ia/llevo-20-anos-investigando-inteligencia-artificial-esto-que-he-aprendido-estos-seran-sus-desafios-futuros> (Consultado: 09/04/2019)
- (53) **Mendeberry 2025, modelo educativo de Mondragón Unibertsitatea**
<https://www.mondragon.edu/es/-/mendeberry-2025-modelo-educativo-de-mondragon-unibertsitatea> (Consultado: 12/04/2019)
- (54) **ABLE: Un exosquelet robòtic per a persones amb lesió medul·lar**
<https://blog.cit.upc.edu/?p=1577> (Consultado: 12/04/2019)
- (55) **El robot quirúrgico Bitrack**
<https://www.immedicohospitalario.es/noticia/13075/el-robot-quirurgico-bitrack-concluye-la-validacion-tecnica-con-exi> (Consultado: 12/04/2019)
- (56) **Nuevas velocidades en la adopción de tecnología**
<https://www.visualcapitalist.com/rising-speed-technological-adoption/> (Consultado: 17/04/2019)
- (57) **¿Deben cotizar los robots a la Seguridad Social?**
https://retina.elpais.com/retina/2019/04/12/tendencias/1555063168_443364.html?id_externo_rsoc=TW_CC (Consultado: 17/04/2019)
- (58) **Un tercio de los coches serán autónomos en 2030: así cambiará el empleo con la llegada de esta tecnología**
https://www.lasexta.com/noticias/ciencia-tecnologia/un-tercio-de-los-coches-sera-autonomo-en-2030-asi-cambiara-el-empleo-con-la-llegada-de-esta-tecnologia-video_201904145cb356530cf259893cf6a239.html (Consultado: 17/04/2019)
- (59) **Grupo de expertos de alto nivel sobre el impacto de la transformación digital en los mercados laborales de la UE**
<https://ec.europa.eu/digital-single-market/en/high-level-expert-group-impact-digital-transformation-eu-labour-markets> (Consultado: 17/04/2019)

8.3 Figuras

- 5.2.1 Diagrama Industria 4.0
- 6.1.1 Potencial de automatización
- 6.1.2 Ventas de robots en el mundo
- 6.1.3 Evolución del parque de robots en España
- 6.1.4 Evolución del parque de robots en España Acumulado ejercicio anterior + incremento del ejercicio - incremento año
- 6.2.1 España: Distribución del empleo por ocupación según su probabilidad de automatización (promedio 2011-2016)
- 6.2.2 España: Evolución del empleo según su probabilidad de automatización (contribución a la variación anual; pp)
- 6.2.3 Luditas atentando contra máquinas de vapor
- 6.2.4 Interacción de robots y personas (Robots colaborativos)
- 6.3.1 Intensidad digital & salario medio por trabajador
- 6.3.2 Intensidad digital & renta disponible
- 6.3.3 Trabajadores despedidos por robots
- 6.4.1 Representación de aula con ordenadores
- 6.4.2 Modelo e-learning
- 6.4.3 Diagrama e-learning
- 6.5.1 Representación de un cubit
- 6.5.2 Laboratorio automatizado del mañana
- 6.6.1.1 Evolución de la población mundial
- 6.6.1.2 Previsión de evolución prevista para los 10 países más poblados del planeta 2015/2050
- 6.6.1.3 Longevidad por países
- 6.6.1.4: Pirámides de edad según el tipo de crecimiento de la población
- 6.6.2.1 Supuesto pulso por las pensiones
- 6.6.3.1 Robots cocinero y aspirador
- 6.6.3.2 Robot en el hogar
- 6.6.4.1 Progresión exoesqueletos
- 6.6.4.2 Un exoesqueleto
- 6.6.4.3 Exoesqueleto ABLE
- 6.6.4.4 Robot Nuka considerado el más terapéutico del mundo
- 6.6.5.1 Robot quirúrgico Da Vinci
- 6.6.5.2 El Doctor. Amat y sus colaboradores con el robot Bitrack
- 6.6.5.2 Robot Pepper
- 6.6.5.3 Robot con diabetes Andy
- 6.6.6.1 Robots de entretenimiento
- 6.6.7.1 Cámara contra incendios

