



Facultad de Ciencias Económicas y Empresariales

Análisis del impacto de la robotización en la economía y la empresa

Autor: Brian Farrell

Director: José Luis Arroyo Barringuete

Coordinador: Javier Fuertes Pérez

Indice

1	Introducción	6
2.	Historia de la automatización y de sus impactos	8
2.1	Antes del siglo XVI	8
2.2	Siglos XVI al XVIII	9
2.3	Siglo XIX	9
2.4	Siglo XX	10
3.	El impacto de la robotización moderna	11
3.1	Impacto de la robotización en la estructura del empleo	11
3.2	Análisis del impacto de la robotización en el empleo y los salarios	14
3.3	Impacto de la automatización en las diferentes áreas de empleo	17
3.4	Niveles de adaptación de la robotización en la empresa	18
3.5	Los puestos de trabajo amenazados	20
3.6	Nuevos empleos potenciales	25
3.7	Las habilidades que los empleados necesitarán en el futuro	29
3.8	Cambios de categoría de cualificación por país	33
3.9	Cambio en las habilidades requeridas por sector	34
4.	Singularidad tecnológica	37
4.1	Singularidad	37
4.2	¿Es probable que ocurra la singularidad?	38
5.	Conclusión	39
6.	Limitaciones	41
7.	Bibliografía	42

Resumen

Una nueva era de la automatización ha llegado con el crecimiento avanzado de la inteligencia artificial, la robotización y el aprendizaje de la máquina. La robotización y su impacto en el empleo y las empresas es difícil de predecir. Nadie sabe con seguridad lo que este crecimiento exponencial de la tecnología significa para el futuro. En este trabajo hago una revisión de la literatura académica para estudiar el impacto que podemos esperar que esta nueva era de la automatización tenga en las empresas, específicamente en el empleo, en el futuro. Para ello, analizo el impacto que han tenido las revoluciones tecnológicas en los últimos siglos, y así ver qué lecciones se han aprendido. Después, revisaré la literatura moderna acerca del crecimiento del desempleo tecnológico que conlleva el aumento de los empleos automatizados, con el objetivo de identificar qué habilidades necesitarán desarrollar los empleados en el futuro. También revisaré la investigación académica acerca de la singularidad tecnológica. Como hay literatura académica con proyecciones de futuro positivas y negativas para la sociedad como resultado del avance tecnológico, este trabajo examina tanto los puntos de vista optimistas como los pesimistas, y explora qué partes de la misma se oponen al vigor científico, concluyendo que si bien el cambio es inevitable, es posible adaptarse a él.

Palabras clave: Automatización, inteligencia artificial, robotización, empleo.

Abstract

A new age of automation is upon us with the advanced growth of artificial intelligence, robotization and machine learning. Robotization and its impact on employment and business is hard to predict. No one knows for sure what this exponential growth in technology means for the future. I review current and past academic literature in order to see what impact we can expect this new age of automation to have on businesses and specifically employment in the future. I look at what impact technological revolutions have had in past centuries. By reviewing past technological advancements, I can see what lessons have been learned. I will then review modern literature to see how technological unemployment is growing with the increase in automated jobs. With robots taking over many basic jobs, I look at what skills employees will need to develop in the future. By reviewing up to date research, the skills that will stay relevant into the future can be identified. I will also review the academic research on the technological singularity. As there is academic literature with both positive and negative future projections for society as a result of technological advancement. This thesis reviews both the positive and pessimistic viewpoints and explores which sides stand up to scientific vigour.

Key words: Automation, artificial intelligence, robotization, employment.

Declaración para el trabajo académico:

Este Trabajo fin de Grado ha sido desarrollado respetando los derechos intelectuales de terceros, conforme las citas que constan en las páginas correspondientes, cuyas fuentes se incorporan en la bibliografía; así como los derechos de propiedad industrial o intelectual que pudiese afectar a cualquier empresa. Consecuentemente, este trabajo es inédito y de mi autoría. En virtud de esta declaración, me responsabilizo del contenido, veracidad y alcance del Trabajo Fin de Grado presente.

Palabras de Agradecimiento:

Me gustaría aprovechar esta oportunidad para agradecer a mi familia en Irlanda que me ha apoyado a lo largo de mis estudios. También me gustaría agradecer a todos y cada uno de mis amigos españoles que me ayudaron con las correcciones del lenguaje. Completar un TFG en un idioma extranjero no es fácil y sin su apoyo no habría sido posible. También quiero dar las gracias a todos los amigos y profesores que han hecho de estos dos últimos años en Madrid una experiencia inolvidable. Quiero agradecer a mi tutor José Luis Arroyo por su ayuda y consejos en la realización de este trabajo.

Índice de gráficos

Gráfico 1: Probabilidad de automatización por sector e impacto en la remuneración IPPR 2017

Gráfico 2: Porcentaje de puestos de trabajo en riesgo para la automatización por país Economist 2018

Gráfico 3: Porcentaje de empleos en riesgo por industria PWC 2018

Gráfico 4: Automatización en los trabajos del futuro PWC 2018

Gráfico 5: Nuevos empleos potenciales del futuro MIT Slogan Management Review 2015

Gráfico 6: Evolución de las categorías de habilidades McKinsey 2017

Gráfico 7: Las habilidades cognitivas más altas están reemplazando a las habilidades cognitivas básicas McKinsey 2018

1 Introducción

La tecnología lleva evolucionando casi siete siglos y casi una vez por generación la gente teme un cambio que lleve al desempleo masivo. Sin embargo, en el pasado, estos cambios casi siempre han acabado generando oportunidades laborales en nuevas industrias, como, por ejemplo, la confección de ropa a principios del siglo XIX o la fabricación de automóviles a principios del siglo XX.¹

Lo que distingue esta era de innovación de las anteriores es que, ahora, los robots son inteligentes. Existen tecnologías inteligentes que demuestran la vulnerabilidad de las obras de la clase obrera frente a la robotización. Hay robots que pueden hacer operaciones quirúrgicas con menos errores que los humanos e incluso hay una compañía de capital de riesgo en Estados Unidos que le ha dado a un ordenador una posición de voto en su junta directiva.²

¿Significa esto que esta vez será diferente, que los robots se han vuelto demasiado inteligentes y que los humanos no serán capaces de adaptarse para crear más puestos de trabajo? Las opiniones de los expertos sobre el futuro del desarrollo tecnológico varían drásticamente, al igual que las opiniones sobre la naturaleza y magnitud del impacto de la robótica en la sociedad y la capacidad de adaptación de la humanidad. Pero hay una opinión compartida: la robótica inteligente ha comenzado a transformar la fuerza de trabajo de una manera profunda, y continuará haciéndolo de manera inevitable.

Algunos expertos creen que la tecnología nunca podrá competir con la mente humana. Por ejemplo, el profesor de economía del MIT David Autor dice que la robótica está sobrevalorada, porque el progreso está relativamente cerca de un punto muerto, y las máquinas siguen siendo extremadamente limitadas en términos de flexibilidad, adaptabilidad, autonomía y capacidad para tomar decisiones independientes.³

Sin embargo, otros expertos académicos dicen que es sólo cuestión de tiempo que los robots superen la capacidad intelectual de los humanos. Estudiosos como Ray Kurzweil creen que los humanos diseñarán una máquina más inteligente que ellos, dejando al hombre en ruinas. Esto

¹ R,Cooper 2018 *What can history teach us about technology and jobs* <https://www.mckinsey.com/featured-insights/future-of-work/what-can-history-teach-us-about-technology-and-jobs>

² <https://asia.nikkei.com/Business/Artificial-intelligence-gets-a-seat-in-the-boardroom>

³ D Autor 2015 *The History and Future of Workplace automation* <https://economics.mit.edu/files/11563>

se basa en la lógica de que el progreso tecnológico ha aumentado a un ritmo exponencial en lugar de lineal.⁴

Dada toda esta información académica conflictiva, es difícil saber en qué creer, y tratar de predecir cuál será el impacto de la robotización en el futuro. Las tendencias más conservadoras predicen que los robots tendrán un fuerte impacto en la fuerza laboral y reemplazarán muchos trabajos importantes, pero que los seres humanos continuarán siendo empleados, sólo que de maneras diferentes. La literatura académica positiva al respecto también cree que los robots son poderosos, pero que, en última instancia, carecen de herramientas críticas. "Los humanos son mejores que los robots en abstracción, generalización y pensamiento creativo", y los robots sólo pueden resolver el pensamiento estructurado en entornos familiares, según la directora del MIT, Daniela Rus.⁵

Y luego están los que ven un futuro en el que los humanos son mucho menos empleables. Estas predicciones pesimistas surgen de la creencia de que la automatización actual se está generalizando, es más barata y fácil de integrar en la fuerza laboral. Tampoco creen en la teoría de que la gente seguirá siendo adaptable y podrá encontrar empleos de reemplazo para los que se pierdan por la tecnología.

Estos académicos pesimistas dudan de la perspectiva optimista de que se creen tantos empleos nuevos como se perderán en la robotización. El profesor de la Universidad de Harvard Lawrence Summers advierte sobre el desempleo estructural debido a la automatización. "Hay más sectores que pierden puestos de trabajo que aquellos donde se crean puestos de trabajo, si las tendencias actuales continúan, bien podría ser que dentro de una generación una cuarta parte de la población de mediana edad se quede sin trabajo en un momento dado"⁶.

Esto tiene sentido ya que cualquier empleado que haya sido despedido debido a la automatización tendrá que volver a capacitarse para estar más calificado si desea un nuevo trabajo. Además, los robots pueden tener una ventaja competitiva sobre los humanos, ya que no tienen muchos defectos humanos. No se cansan y no se ven afectados por cosas como la

⁴ Kurzweil 2005 *The singularity is near* <http://stargate.inf.elte.hu/~seci/fun/Kurzweil,%20Ray%20-%20Singularity%20Is%20Near,%20The%20%28hardback%20ed%29%20%5Bv1.3%5D.pdf>

⁵ Daniela Rus 2015 *The robots are coming* <https://www.foreignaffairs.com/articles/2015-06-16/robots-are-coming>

⁶ Lawrence Summers 1986 *Why is the unemployment rate so very high near full employment* <https://core.ac.uk/download/pdf/6252257.pdf>

codicia, la pereza, etc. Los pesimistas también señalan datos que socavan la evidencia histórica de que el empleo aumentará a medida que aumente la productividad. McAfee y Brynjolfsson (2014)⁷ han señalado cómo la riqueza y la productividad nacional mundial han aumentado en los últimos años, mientras que los ingresos y el empleo han permanecido estancados⁸.

Con puntos de vista académicos tan contradictorios, es difícil saber qué impacto tendrá esta nueva ola de tecnología. El objetivo de este TFG tratar de predecir el impacto que la inteligencia artificial tendrá en el futuro a través de una revisión de la literatura académica. Para ello, primero se estudiará el impacto que históricamente ha tenido la robotización en las empresas y en el empleo, para después pasar a un análisis de la literatura sobre las predicciones de impacto futuro. Así se llega a una conclusión sobre las expectativas de empleo del futuro y el impacto que la actual revolución tecnológica puede tener sobre ellas.

2. Historia de la automatización y de sus impactos

Para entender el futuro, debemos mirar al pasado. Como mencioné en la introducción, la automatización no es un fenómeno nuevo. En este apartado analizaré con mayor profundidad el impacto que la automatización ha tenido en el pasado en el negocio y en el empleo.

2.1 Antes del siglo XVI

Se cree que el desempleo causado por los avances tecnológicos ha sido un problema desde la invención de la rueda. Uno de los primeros filósofos que mencionó el desempleo tecnológico pudo haber sido Aristóteles, quien observó en su libro *Politics* que, si las máquinas avanzaban lo suficiente, no habría necesidad de mano de obra humana.⁹ Los avances tecnológicos anteriores al siglo XVI se encontraron a menudo con resistencias para evitar cualquier tipo de desempleo que pudiera provocar. Este período fue testigo de la adaptación generalizada de tecnologías recién inventadas que inicialmente condujeron a un desempleo masivo. Debido a la amenaza que los avances tecnológicos en este campo representaban para el empleo, muchas

⁷ McAfee y Brynjolfsson 2014 *The Second Machine Age* https://edisciplinas.usp.br/pluginfile.php/622156/mod_resource/content/1/Erik-Brynjolfsson-Andrew-McAfee-Jeff-Cummings-The-Second-Machine-Age.pdf

⁸ McAfee y Brynjolfsson 2014 *The Second Machine Age* https://edisciplinas.usp.br/pluginfile.php/622156/mod_resource/content/1/Erik-Brynjolfsson-Andrew-McAfee-Jeff-Cummings-The-Second-Machine-Age.pdf

⁹ B Jowett 1885 *The Politics of Aristotle* http://files.libertyfund.org/files/819/0033-02_Bk_SM.pdf

asociaciones, como los sindicatos, prohibieron las tecnologías de la información e incluso aquellos que trataron de promoverlas. Incluso en Gran Bretaña, uno de los primeros líderes de la primera revolución industrial, hubo una fuerte resistencia a la innovación. Un ejemplo de esta resistencia fue cuando el conocido inventor William Lee fue a mostrarle a la Reina Isabel I su invento, una máquina de tejer. En lugar de quedar impresionada por el invento, la Reina lo rechazó porque temía que esto llevara al desempleo entre muchos trabajadores textiles. "Thou shalt aim high Master Lee. Consider thou what the invention could do to my poor subjects. It would assuredly bring them to ruin."¹⁰. Al igual que el emperador Vespasiano, la reina temía que el invento dejara obsoletas las habilidades de la clase obrera.

2.2 Siglos XVI al XVIII

Durante este período, los líderes de Gran Bretaña comenzaron a adoptar la innovación, y algunos creen que esta es una de las razones por las que Gran Bretaña fue uno de los primeros países en los que la revolución industrial despegó. El surgimiento del mercantilismo llevó al gobierno a creer que la innovación podría reducir el desempleo, ya que podría hacerlos más competitivos en el extranjero, aumentando así su participación en el mercado, lo que conduciría al crecimiento económico y al aumento del empleo en otras áreas. Esta mayor aceptación de la innovación, por supuesto, provocó algunas protestas. Se observó que, durante el siglo XVIII, más y más personas en Gran Bretaña comenzaron a expresar su preocupación por el desempleo tecnológico. Pero se ha observado que la opinión de la clase dominante británica era que el desempleo causado por la introducción de la innovación no sería un problema a largo plazo.¹¹

2.3 Siglo XIX

Durante el siglo XIX, más y más economistas comenzaron a debatir el impacto de la innovación en el empleo y la economía. Si bien el consenso general optimista era que el desempleo tecnológico no se convertiría en una consecuencia a largo plazo de la innovación, muchos

¹⁰ Acemoglu & Robinson 2012 *Why nations fail Ch.7 The turning point*
https://books.google.es/books?id=PLIOCUIAh88C&pg=PA182&lpg=PA182&dq=william+lee+queen+elizabeth+h+denied+patent&source=bl&ots=pmUlzSZcze&sig=ACfU3U1j8LRaaMw-wJaea69fpwCDmgMWog&hl=es&sa=X&ved=2ahUKEwjH1Km5r9TiAhUpYUKHS_vAOE4ChDoATAGegQIBhAB#v=onepage&q=william%20lee%20queen%20elizabeth%20denied%20patent&f=false

¹¹ J Schumpeter 1987 *History of Economic Analysis*
<http://www.urbanlab.org/articles/economics/Schumpeter%201954%20-%20history%20economic%20analysis.pdf>

economistas importantes cuestionaron esta teoría. Economistas como Malthus y Ricardo afirmaron que la automatización conducirá a un desempleo duradero y dañará la economía. Karl Marx también presentó una visión muy pesimista del impacto de la automatización que atrajo a muchos seguidores.¹² El economista Jean Baptise Say refutó estos puntos de vista, con la ley de Say de que la oferta crea su propia demanda y que cualquiera que perdiera su trabajo debido a la automatización obtendría empleo en otro lugar una vez que el mercado se ajustara.¹³ A mediados del siglo XIX, el desempleo comenzó a disminuir y los beneficios comenzaron a aumentar a medida que se producían los efectos positivos de la automatización. El consenso general es que durante este periodo de tiempo la introducción de la automatización ha conducido a un aumento general de la calidad de vida de todos. Esto llevó a la opinión generalizada de que la automatización era realmente positiva después de todo.

2.4 Siglo XX

Durante el primer cuarto del siglo XX, las economías en general prosperaron y no hubo desempleo masivo como a principios del siglo XIX. Mientras que Karl Marx y algunos de sus creyentes todavía desafiaban la visión optimista de la automatización, las economías prósperas llevaron a la creencia de que la automatización tenía un efecto positivo. Sin embargo, todo esto cambió durante la década de 1920, cuando el desempleo generalizado volvió a ser un gran problema en Europa. A diferencia del siglo XIX, a principios del siglo XX se consideraba que la unión era más próspera económicamente que Gran Bretaña, pero incluso en Estados Unidos mucha gente perdió su empleo debido a la innovación en el sector agrícola, como la llegada del tractor. Fue durante el siglo XX cuando se produjeron los principales debates sobre los beneficios o no de los avances tecnológicos. El período principal para estos debates fue durante los años 30 y 60. En ambos casos, la literatura académica fue la respuesta a la preocupación del público debido al aumento de los niveles de desempleo. En ambos períodos de debates, ninguna de las partes resultó ganadora, y la gente perdería interés en los debates una vez que el desempleo desapareciera. En la década de 1930, el punto de vista optimista se basaba en la creencia neoclásica de que las economías auto correctoras disminuirían cualquier pérdida de

¹² Piva & Vivarelli 2017 *Technological change and employment: Were Ricardo and Marx right?*
<http://ftp.iza.org/dp10471.pdf>

¹³ M Reiff 2015 *On unemployment: A micro theory of economic justice*
https://books.google.es/books?id=_jjeCgAAQBAJ&pg=PT97&lpg=PT97&dq=jean+baptiste+say+how+technology+wont+lead+to+unemployment&source=bl&ots=Cpgemb9IsO&sig=ACfU3U1LQyAkCLtEdPpP6h0nyHyGfT9uGg&hl=es&sa=X&ved=2ahUKEwiSjZe4stTiAhVL8uAKHb6NAioQ6AEwD3oECAkQAO#v=onepage&q=jean%20baptiste%20say%20how%20technology%20wont%20lead%20to%20unemployment&f=false

empleo a corto plazo. En los años 60, John Maynard Keynes pensó que la intervención del gobierno sería suficiente para combatir cualquier efecto negativo a largo plazo de la automatización y el avance tecnológico.¹⁴ Después de cada período, se publicaron importantes estudios en los que se afirmaba que, en general, el desempleo de larga duración no se debía a las innovaciones tecnológicas, aunque sí contribuyó a la pérdida de algunos puestos de trabajo a corto plazo que podían combatirse con ayudas públicas.

Aunque hubo una gran recesión en los años 70 a finales del siglo XX, el principal consenso entre los economistas y la población en general fue que los avances tecnológicos generales todavía traían más beneficios que negativos.

La razón por la que he analizado estos últimos períodos de tiempo es para ver si había alguna tendencia. En general, de la investigación se puede concluir que, aunque la automatización y los avances tecnológicos pueden conducir al desempleo de corta duración, el impacto global a largo plazo ha sido indudablemente positivo hasta ese momento.

Ahora revisaré la literatura académica actual en un intento por comprender el impacto que tendrá la cuarta revolución tecnológica en los próximos años. Aunque hasta ahora las revoluciones tecnológicas han sido beneficiosas en general, como mencioné en mi introducción, la diferencia esta vez es que los robots pueden pensar críticamente y presentar un reto diferente para el empleo en la actualidad, diferente a todo lo que se haya visto antes.

3. El impacto de la robotización moderna

3.1 Impacto de la robotización en la estructura del empleo

Gran parte de la literatura académica reciente ha hablado de cómo la dinámica del mercado laboral en las economías avanzadas ha cambiado debido a la automatización. Hay mucha discusión académica sobre lo que se conoce como "polarización del trabajo". La polarización de la mano de obra es donde los empleos de clase media, que requieren un nivel moderado de disminución de las cualificaciones en comparación con los empleos de clase baja y alta.¹⁵ Gran parte de la literatura académica actual cree que esta polarización del trabajo está ocurriendo ahora debido a la creciente prevalencia de la Información, Comunicación y Tecnología en la

¹⁴ JM Keynes 1935 *The general theory of unemployment interest and money*
<http://www.mim.ac.mw/books/John%20Maynard%20Keynes%20General%20Theory.pdf>

¹⁵ J Stiglitz 2012 *The Price on Inequality* http://resistir.info/livros/stiglitz_the_price_of_inequality.pdf

fuerza laboral. Algunos académicos creen que la tecnología ha contribuido a un escenario en el que los empleados reciben empleos en el siguiente orden: los trabajadores poco calificados realizan trabajos rutinarios y manuales no rutinarios, los trabajadores de nivel medio realizan tareas más intelectuales y los de alto nivel realizan trabajos intelectuales no rutinarios.¹⁶ Esta teoría afirma que la automatización desplaza a los trabajadores de clase media que realizan tareas cognitivas estándar. Esto, a su vez, lleva a un mayor número de trabajadores de clase media en busca de empleos menos cualificados, lo que conduce a una disminución de la demanda y, a su vez, de los salarios de los empleados poco cualificados. Los empleados con un alto nivel de educación tienen una gran ventaja comparativa sobre los empleados de clase media y, como tales, los empleados de clase media tienden a ser incapaces de conseguir un trabajo más cualificado. Esto significa que la demanda de empleados con un alto nivel de formación se mantiene constante o aumenta. Esta literatura respalda la teoría de que los empleos se están polarizando cada vez más, con empleados de baja y alta educación que crecen en detrimento de los empleados de nivel medio. Goos & Manning (2004)¹⁷ habló sobre el crecimiento de la polarización laboral en el Reino Unido desde la década de 1970 hasta el año 2000. Señalaron el aumento de los puestos de trabajo de alto nivel en todas las industrias y una disminución de los puestos de trabajo de nivel medio, que, en su opinión, se debió a la caída del empleo mecánico y al aumento de los puestos de trabajo en el sector de servicios. También observaron un aumento de los empleos poco cualificados, debido también al desplazamiento del empleo de los empleos mecánicos a los empleos de servicios. Aunque existe mucha investigación que vincula la automatización como la razón de la polarización laboral, algunos académicos como Krugman (2008)¹⁸ piensan que las importaciones de otros países podrían ser la causa de la creciente polarización entre los trabajadores de alto nivel y los de bajo nivel, especialmente en los Estados Unidos. Un aumento en las importaciones de países que pudieron producir productos mucho más baratos debido a los bajos niveles salariales podría haber eliminado muchos de los puestos de trabajo de clase media que antes habrían representado una gran parte del empleo en los Estados Unidos. Muchos de los puestos de trabajo de clase media desaparecieron en los EE.UU., ya que las empresas no podían competir con la introducción de importaciones baratas. Bloom & Reenen (2010)¹⁹ demostraron que la importación de productos

¹⁶ Acemoglu & Autor 2011 *Skills Tasks and Technology* <https://economics.mit.edu/files/7006>

¹⁷ Goos&Manning 2004 *Rising Polarization of work* http://eprints.lse.ac.uk/20002/1/Lousy_and_Lovely_Jobs_the_Rising_Polarization_of_Work_in_Britain.pdf

¹⁸ Ahmed Krugan *trade theory and developing economies* <file:///C:/Users/brian/Downloads/5518c19b35a56.pdf>

¹⁹ Bloom & Reneen 2011 *Why do management practices differ across countries* <https://pubs.aeaweb.org/doi/pdfplus/10.1257/jep.24.1.203>

chinos baratos en los EE.UU. hizo que muchas empresas estadounidenses se basaran más en la tecnología. Algunos piensan que otra razón para el aumento de los empleos de bajo nivel son los cambios sociales que se han producido en los EE.UU., que han aumentado la demanda de trabajo de cuidado, por ejemplo, tareas domésticas, enseñanza, cuidado de ancianos, etc. El envejecimiento de la población y la mercantilización del trabajo de cuidado, que ahora es una forma de empleo remunerado y no sólo un trabajo realizado por mujeres en el hogar, es más la razón de la polarización del trabajo que de la automatización. Algunos académicos han demostrado que los cambios institucionales son la causa de la polarización laboral, no de la automatización. Cree que algunas instituciones han "cambiado el equilibrio de poder a los empleadores".²⁰ La literatura relacionada con este tema muestra que el grado en que la automatización afecta al empleo está determinado por el grado en que las instituciones deciden adoptar o no la tecnología. Cuando los empleadores están protegidos por los sindicatos y las políticas gubernamentales, es menos probable que se produzca una polarización en el empleo. Este es un punto importante ya que muestra a los gobiernos que hay acciones que pueden tomar para contrarrestar cualquier efecto negativo que pueda tener la introducción de la automatización. También se detalla la forma en que las empresas podrían resolver este problema proporcionando una formación adecuada con trayectorias profesionales claras, desde puestos de trabajo de bajo nivel hasta puestos de nivel medio. El hecho de que la robotización y la automatización no sean responsables del aumento de la polarización laboral está respaldado por algunas investigaciones económicas. Existen publicaciones económicas que muestran que el empleo bien regulado, así como una estricta regulación del mercado, puede negar y prevenir la polarización laboral.²¹

En línea con la polarización de los empleos, hay investigaciones que muestran cómo los empleados con un alto nivel de educación se han concentrado geográficamente. La investigación muestra que no sólo los empleados con un alto nivel de formación han crecido, aparte de los empleados menos cualificados, en términos de salarios, sino también en términos de ubicación geográfica. Esto significa que, potencialmente, en el futuro, el aumento del empleo relacionado con la automatización sólo puede producirse en determinados lugares, como países y ciudades muy avanzados. Esto podría convertirse en un problema, ya que las

²⁰ Financial Times article about employers are becoming more powerful <https://www.ft.com/content/c903949a-c176-11d9-943f-00000e2511c8>

²¹ V. Reneen 2010 *The economic impact of ICT* <https://warwick.ac.uk/fac/soc/economics/staff/mdraca/cstudytheeconomicimpactofictlondonschoolofeconomics.pdf>

investigaciones demuestran que cuanto menor es el nivel de cualificación del empleado, menor es la probabilidad de que pueda trasladarse para encontrar un nuevo empleo.

3.2 Análisis del impacto de la robotización en el empleo y los salarios

En esta sección voy a revisar la literatura académica relacionada con el impacto de la robotización en el trabajo y los salarios. Examinaré principalmente el impacto que tuvo desde el período de 1990 hasta 2010. Específicamente, mirará la literatura que mira el impacto del robot industrial. En general, la literatura indica que la robotización no conducirá a un desempleo masivo en empleos de alto nivel, sin embargo, el impacto que la robotización tendrá en los salarios no es tan claro. Luego está la investigación de que la robotización conducirá a una disminución en el empleo de trabajadores de bajo nivel que pueden ser fácilmente sustituidos por robots, además de tener un efecto negativo en los trabajadores de nivel medio de las empresas manufactureras. Se prevé que los empleados que pierden sus empleos directamente a causa de los robots industriales se verán más afectados por una disminución de los salarios en comparación con los empleados que pierden sus empleos a causa de otros tipos de tecnología. Como siempre, no hay un consenso general entre los académicos sobre cuál será el impacto de la robotización. Acemoglu y Restrepo (2017)²² piensan que los robots tendrán un impacto negativo en el empleo y provocarán una caída de los salarios. Graetz & Michaels (2018)²³, predicen que los empleos altamente cualificados se beneficiarán de salarios más altos a expensas de los trabajadores menos cualificados. Dauth 2017²⁴, por su parte, prevé un aumento general del empleo como resultado de la robotización. La diferencia de opinión puede deberse a diferencias geográficas o sociales. Las diferencias culturales y organizativas entre Europa y América, así como los diferentes niveles de avance tecnológico en cada país pueden explicar por qué la robotización podría tener diferentes impactos en diferentes lugares. La literatura ha demostrado que el impacto de la robotización en una empresa varía en función de los diferentes niveles de robotización adaptados. Una tendencia general es que el mercado laboral está cambiando hacia un mercado con más servicios, en el que el empleo en la industria manufacturera está disminuyendo. Aunque las investigaciones han demostrado que cada robot destruye casi dos puestos de trabajo en la industria manufacturera,²⁵ hasta ahora, el aumento

²² Acemoglu y Restrepo 2017 *Evidence from US Labor Markets* <https://www.nber.org/papers/w23285.pdf>

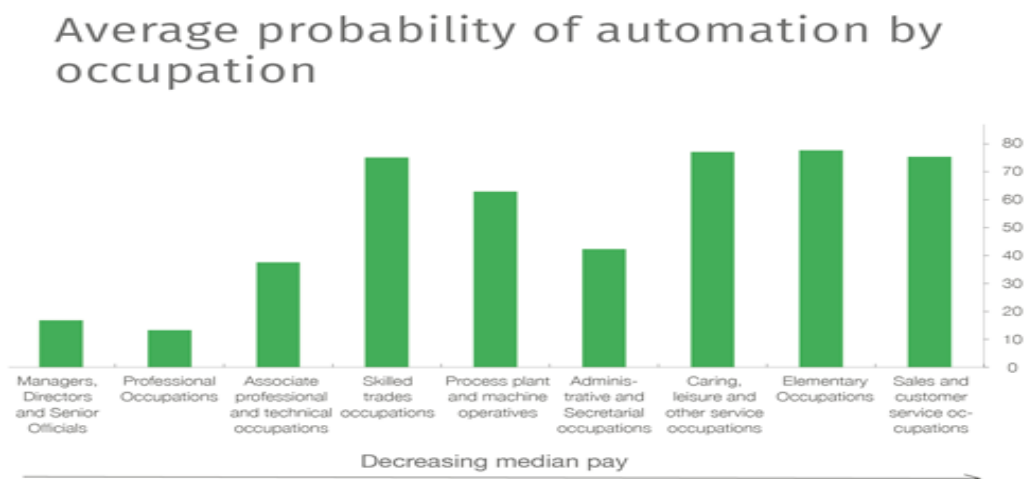
²³ Graetz and Michaels 2018 *Robots at work* https://www.mitpressjournals.org/doi/pdf/10.1162/rest_a_00754

²⁴ W Dauth 2017 *The impact of industrial robots on workers*
<http://doku.iab.de/discussionpapers/2017/dp3017.pdf>

²⁵ McKinsey 2017 *What the future of work will mean for jobs* <https://www.mckinsey.com/featured-insights/future-of-work/jobs-lost-jobs-gained-what-the-future-of-work-will-mean-for-jobs-skills-and-wages>

del empleo relacionado con el servicio ha sido mayor que la disminución del empleo en la industria manufacturera, y como tal no ha conducido a ningún tipo de desempleo. Dauth 2017 analizó los datos para obtener una mejor comprensión de cómo fueron afectados los trabajadores individuales. Se descubrió que los empleados que trabajaban en áreas que habían adoptado robots eran menos propensos a quedar desempleados. En general, la literatura reciente ha encontrado que el empleo agregado ha aumentado junto con la creciente adopción del robot industrial, y que el aumento del empleo en otras industrias compensa cualquier pérdida de puestos de trabajo causada por los robots. En cuanto a la forma en que la robotización ha afectado a los salarios, un estudio reciente de la comisión de justicia económica del Instituto de Investigación de Políticas Públicas (IPPR) ha mostrado una correlación entre los empleos en riesgo de automatización y los salarios bajos.

Gráfico 1: Probabilidad de automatización por sector e impacto en la remuneración



Fuente: IPPR²⁶

Como puede verse en el gráfico, la automatización puede estar provocando un aumento de la disparidad y la desigualdad salarial, ya que los trabajadores poco cualificados tienen que competir ahora con los robots, lo que reduce la demanda de sus cualificaciones y, por tanto, los

²⁶ IPPR 2017 *Probability of automation by occupation* <https://www.ippr.org/data/chart-of-the-month-probability-of-automation-by-occupation>

salarios. Los trabajadores con un alto nivel de formación vuelven a demostrar que no se ven afectados negativamente por la automatización.

Acemoglu & Restrepo (2017) analizó el impacto de la automatización en los empleados como un solo grupo. Descubrieron que, a corto plazo, la automatización sustituye a la mano de obra asumiendo tareas que son automatizadas. Esto conduce al desempleo, a la disminución de los ingresos de los empleados y a una disminución general de los ingresos. Sin embargo, esta disminución inicial del desempleo se verá compensada por el impacto positivo de la automatización, como el aumento de la productividad, por ejemplo, los bienes y servicios que automatizan su producción pueden ser más competitivos gracias a la automatización y pueden hacerlos más baratos para los consumidores. Esta disminución en el precio de los bienes y servicios lleva a los consumidores a demandar más de ellos. A medida que aumenta la demanda de productos de bienes y servicios, también aumenta la demanda de mano de obra. Acemoglu y Restrepo (2017) ilustran cómo casi la mitad del crecimiento reciente del empleo en Estados Unidos entre los años 80 y 2000 se debe a la creación de nuevos puestos de trabajo que surgieron del aumento de la demanda causado por el aumento de la competitividad de los bienes y servicios que adoptaron la tecnología. Esbozan cómo la acumulación de capital y el aumento de la automatización conducen a un aumento de la demanda de mano de obra a largo plazo. A corto plazo, el capital es fijo, ya que se tarda un tiempo en desarrollar nuevas tecnologías e implementarlas. Así que, a corto plazo, la productividad no necesariamente aumenta. Sin embargo, durante un período de tiempo más largo, cuando la tecnología se desarrolla completamente y se implementa, se reducen los costos para el negocio, lo que conduce a un aumento de la productividad. Acemoglu & Restrepo (2017) concluyen que a corto plazo los trabajadores están peor, con el tiempo el aumento de la productividad lleva a una mayor demanda que antes de la automatización, y los salarios pueden aumentar. Pero a medida que la actividad económica aumenta como resultado de la robotización, el aumento de la productividad beneficia a los propietarios del capital más que a los trabajadores medios, ya que se utiliza menos mano de obra. Esto demuestra una vez más el potencial de la automatización para aumentar la desigualdad de la riqueza, un problema importante en la actualidad en todas las economías desarrolladas del mundo. En su revisión, la implicación a corto plazo parece depender del tipo de automatización introducida en el negocio. Paradójicamente, cuanto más compleja es la tecnología, menos impacto puede tener, mientras que la tecnología básica que puede llevar a cabo tareas sencillas tiende a tener un efecto más negativo en el empleo a largo plazo. Esto se debe a que la tecnología básica puede reemplazar el empleo, pero no puede llevar

a un aumento de la productividad y, por lo tanto, la demanda de los consumidores no aumenta, lo que conduce a un efecto negativo. Korinek & Stiglitz ²⁷ dio un ejemplo histórico de la gran depresión en los EE. UU. una época de desempleo masivo. Piensan que esto se debió, al menos en parte, a la transición del empleo agrícola al empleo más industrializado. Piensan que el impacto de la gran recesión podría haberse reducido en gran medida si el gobierno hubiera tomado medidas para ayudar a las personas que se han visto obligadas a abandonar el empleo agrícola a encontrar trabajo con mayor facilidad.

3.3 Impacto de la automatización en las diferentes áreas de empleo

Bessen (2017)²⁸ plantea la hipótesis de que si el aumento de la productividad como resultado de la tecnología crea una demanda suficiente de bienes y servicios en las industrias tecnológicas, esto conducirá a un aumento del empleo en esa industria específica. Para ilustrar este punto, da el ejemplo de la industria textil de los años treinta. Y, por el contrario, si la demanda sólo aumenta en otros sectores, los empleados tendrán que cambiar de industria para encontrar más empleo. Esto es consistente con la literatura anterior, que hablaba de cómo el empleo está cambiando de la manufactura tradicional a un empleo más relacionado con los servicios. La teoría de Bessens sugiere que la velocidad de la adopción tecnológica no es indicativa de su impacto. Lo que es más relevante son las capacidades de la tecnología y cómo reaccionan los clientes ante ella.

Históricamente, se ha demostrado que la automatización tiene diferentes impactos en diferentes grupos. Si la automatización sustituye al trabajo tradicionalmente realizado por trabajadores de bajo nivel, puede conducir al desempleo de corta y larga duración. Acemoglu & Restrepo (2017) definen dos categorías de empleados, "baja cualificación" y "alta cualificación", y analizan el impacto que la automatización puede tener en cada grupo. A corto plazo, la robotización de los empleos altamente cualificados puede provocar una caída de los salarios de ese grupo. Los salarios de los trabajadores poco cualificados también pueden disminuir, ya que los trabajadores altamente cualificados podrían empezar a competir con los trabajadores poco cualificados por sus puestos de trabajo. Esto se compensa a largo plazo a medida que los niveles

²⁷ Korinek & Stiglitz 2017 *Artificial Intelligence and its implications for income distribution and unemployment* <https://www.nber.org/papers/w24174.pdf>

²⁸J Bessen 2019 *Automation and jobs: When technology boots employment* <https://poseidon01.ssrn.com/delivery.php?ID=53108311122093077003127114119098110030015042050031004028030086000074119119023127024057022106062019059012069011103068067075088119060069077051125005019028124031026030060056111097003095107077021123125022119081109100114019064073099027011025092116001124&EXT=pdf>

salariales medios aumentan en comparación con la era anterior a la automatización, lo que es coherente con otros hallazgos: el aumento de la productividad a lo largo del tiempo conduce a un aumento general de los salarios.

Acemoglu y Restrepo (2017) afirman que la productividad impacta a todos los empleados de la misma manera. Ese impacto es el aumento de los salarios para todos como consecuencia de la automatización y su mejora de la productividad. Aunque eso suena como una buena noticia, en teoría no es tan sencillo. El autor Van Reenen 2018²⁹ señalan cómo los negocios emergentes en la economía digital son monopolísticos, por ejemplo, Facebook, Google. Es muy difícil para las nuevas empresas competir con estas empresas. Facebook y Google tienen tantos datos recopilados de los usuarios que les da una ventaja competitiva masiva sobre cualquier otro competidor. Existe el temor de que estas empresas tengan demasiado poder y que muy pocas personas se estén beneficiando de su crecimiento. La tecnología ha permitido que estas empresas se vuelvan increíblemente poderosas y ganen grandes cantidades de dinero, pero puede que no esté beneficiando a todos. Esto se relaciona de nuevo con lo que ya se ha dicho acerca de cómo la tecnología puede estar llevando a un aumento de la desigualdad de la riqueza. Korinek, Stiglitz (2017) hablan de esta desigualdad en sus investigaciones. Piensan que la digitalización puede contribuir a la desigualdad, ya que demasiados ingresos van a parar a los propietarios de las empresas. Independientemente de si todos los empleados se benefician o no, el hecho de que los propietarios de capital se beneficien desproporcionadamente significa que la desigualdad crece. Sugieren que las intervenciones gubernamentales en forma de impuestos o mediante la introducción de regulaciones que reduzcan las barreras de entrada a estas industrias podrían compensar parte de esta desigualdad que la tecnología parece estar causando.

3.4 Niveles de adaptación de la robotización en la empresa

Toda la literatura ha señalado cómo la adopción de la tecnología en una empresa y en la sociedad, no sólo depende de las capacidades técnicas de la tecnología sino también de los aspectos económicos, culturales y sociales. Wajcman 2017³⁰ piensa que es necesario centrarse más en el uso de la automatización y considerar el impacto negativo que puede tener. Habla de cómo la tecnología ha permitido a una pequeña minoría de personas acumular enormes

²⁹ JV Reenen 2018 *Increasing differences between firms: Market power and macro economy*
http://online.wsj.com/public/resources/documents/van_reenen_paper0824.pdf

³⁰ J Wajcman 2017 *Automation: Is it really different this time?*
<https://onlinelibrary.wiley.com/doi/epdf/10.1111/1468-4446.12239>

cantidades de riqueza y poder. Wajcman piensa que demasiada literatura habla de las grandes oportunidades de la automatización, pero no del impacto negativo que puede tener en la sociedad. Piensa que se llegará a un punto en el que la sociedad empezará a cuestionar la tecnología y a resistirse a su aplicación. Mirando hacia atrás a los ejemplos históricos, siempre ha habido cierta resistencia a las innovaciones tecnológicas. Con el tiempo, la resistencia normalmente disminuye a medida que los beneficios de la tecnología se hacen evidentes. Aparte de Wajcman 2017, hay poca literatura académica que sugiera una gran resistencia a la tecnología en el futuro.

Aparte de la resistencia social, muchos factores influyen en la decisión de las empresas de introducir o no la automatización en su negocio. En un informe de la World Economic Forum³¹ se señalan otras consideraciones clave que las empresas tienen en cuenta a la hora de decidir si adoptan o no la tecnología.

- Costo prohibitivo de la tecnología. Algunas tecnologías pueden ser demasiado costosas para que las empresas las implementen. Algunas compañías prefieren esperar hasta que el precio de la nueva tecnología baje antes de arriesgarse a implementar nuevas y costosas tecnologías cuando no tienen la garantía de recuperar su dinero.
- La preferencia personal de los ejecutivos puede ser continuar como siempre en la creencia de que la tecnología no es necesaria. Si no está roto, no lo arregles.
- Reglamento. Después de ver a algunas empresas como Facebook ser multadas y atraer tanta publicidad negativa, algunas empresas pueden estar preocupadas de que cierta IA y tecnología de datos puedan meter a la empresa en problemas legalmente.
- Demasiados cambios en el negocio. Brynjolfsson, & Syverson (2014) habló sobre "inversiones complementarias" que básicamente describen cómo el cambio tecnológico en una empresa puede necesitar un gran cambio organizativo y que los beneficios de ese cambio pueden tardar hasta 8 años en hacerse evidentes. Naturalmente, a menos que las empresas se encuentren en una posición financiera muy fuerte, se mostrarán reacias a invertir en tecnología si creen que tendrán que esperar mucho tiempo para que ésta tenga un impacto positivo en el negocio. A un ejecutivo le puede resultar difícil

³¹ World Economic Forum 2018 *The future of jobs report*
http://www3.weforum.org/docs/WEF_Future_of_Jobs_2018.pdf

persuadir a los accionistas para que sigan invirtiendo en una tecnología que puede tardar años en dar resultados.

Otro factor clave en la futura adopción de la IA son las implicaciones éticas que puede tener. Mencioné en mi introducción que esta cuarta revolución industrial es diferente, ya que los robots son inteligentes y ahora son capaces de llevar a cabo tareas cognitivas. Citron & Pasquale (2014)³² hablan de cómo una empresa necesita vigilar de cerca cualquier IA que se utilice para la toma de decisiones automatizada. Factores como la transparencia, la justicia, la precisión y la responsabilidad son una preocupación para muchos cuando se trata de involucrar a los robots en la toma de decisiones.

3.5 Los puestos de trabajo amenazados

Frey & Osborne 2017³³ investigó qué puestos de trabajo podrían ser potencialmente despedidos por los robots en el futuro. Se analizaron los puestos de trabajo que se verían más afectados por la IA en un futuro inmediato. La revisión estudió los datos de los informes de Price Waterhouse Cooper (PWC), McKinsey, Brynjolfsson (2014), Quintini 2018³⁴, así como datos de la OCDE.

Encontraron un consenso general en el sentido de que casi el 50% de los puestos de trabajo, tanto en EE.UU. como en el Reino Unido, podrían ser llevados a cabo o asistidos de alguna manera por robots o alguna forma de IA. No encontraron un porcentaje específico del número de puestos de trabajo que podrían quedar completamente obsoletos debido a la automatización. Las estimaciones van desde el 9,1% según Quintini 2018 hasta el 48% según Frey & Osborne. Se descubrió que hay muy pocos trabajos que puedan ser completamente automatizados, es decir, que no necesiten un nivel de intervención humana. En consonancia con investigaciones anteriores, predijeron que los empleos poco cualificados corren un riesgo mucho mayor de automatización en comparación con los empleos de mayor cualificación, que se ven poco amenazados. También encontraron que los empleados que no requieren una interacción compleja con las personas, es decir, tratar con los clientes, liderar un equipo, etc., corren el riesgo de ser reemplazados por la automatización. McKinsey habla de "viabilidad técnica" definida como "el porcentaje de tiempo dedicado a actividades que pueden automatizarse

³² Citron & Pasquale 2014 *The scored society: due process for automated predictions* <http://digital.law.washington.edu/dspace-law/bitstream/handle/1773.1/1318/89WLR0001.pdf?sequence=1>

³³ Frey & Osborne 2013 *The future of employment: How susceptible are jobs to computerization* https://www.oxfordmartin.ox.ac.uk/downloads/academic/The_Future_of_Employment.pdf

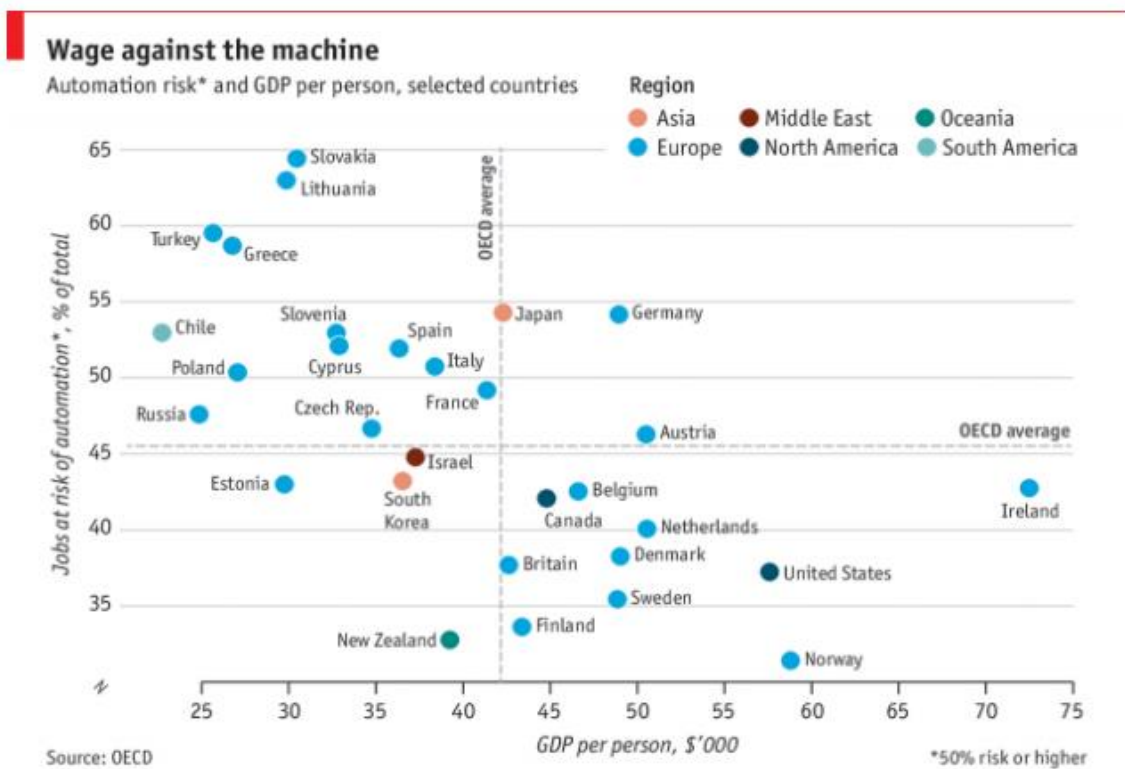
³⁴ Quintini 2018 *Automation skills use and training* http://pmb.cereq.fr/doc_num.php?explnum_id=4268

adaptando la tecnología actualmente demostrada". En realidad, la robotización dependerá de otros factores además de la viabilidad técnica. El gasto y la adopción de la tecnología son también un gran factor. Como se mencionó anteriormente, los factores sociales también jugarán un papel importante en la decisión de la empresa de adoptar o no la tecnología. Los robots podrían, por ejemplo, asumir el papel de un asistente de cuidados, pero socialmente es poco probable que esto sea aceptable. Los trabajos más susceptibles a la automatización son aquellos que implican una actividad física predecible. Los trabajos de la línea de montaje serían un ejemplo de un trabajo bajo riesgo. Los trabajos que involucran actividad física no predecible son un riesgo mucho menor de ser reemplazados por un robot. Los trabajos en los que suelen trabajar los jóvenes, como cajeros, limpiadores, repartidores, etc., están en peligro para la automatización. Brynjolfsson, Mitchell & Rock 2018³⁵ argumentan que no hay grandes diferencias en la probabilidad de que los trabajos sean automatizados, ya que casi todos los trabajos requieren algunas tareas que no se considerarían "técnicamente viables". Afirman cómo esto significa que todos los trabajos están bajo cierto riesgo de ser automatizados debido a esto. Susskind 2015³⁶ señala que algunas profesiones pueden requerir habilidades que no pueden ser automatizadas (compasión) pero que algunos consumidores preferirían un robot que no tuviera sus habilidades pero que fuera completamente preciso en las otras habilidades automatizables (robot con buenas habilidades quirúrgicas por encima de la compasión). El economista publicó una investigación que muestra que hasta el 50% de los empleos están en riesgo de cierta automatización. Esta investigación se basó en el estudio de un informe de la OCDE.

³⁵ Brynjolfsson Mitchell & Rock 2018 *What can machines learn, and what does it mean for occupations and the economy* <https://www.aeaweb.org/articles?id=10.1257/pandp.20181019>

³⁶ Susskind 2015 *The future of professions* <https://www.amphilsoc.org/sites/default/files/2018-11/attachments/Susskind%20and%20Susskind.pdf>

Gráfico 2: Porcentaje de puestos de trabajo en riesgo para la automatización por país



Fuente: Economist³⁷

Los resultados interesantes de este informe fueron las diferencias en el impacto de la automatización de un país a otro. Obviamente, las diferencias de la industria entre países contribuyen a la varianza en el riesgo; sin embargo, es probable que los factores mencionados en la literatura, tales como las diferencias culturales y sociales, también jueguen un papel en las diferencias entre países.

Las estimaciones en el Reino Unido son similares a las de EE.UU. en este análisis de la OCDE, pero en un informe de PWC, la diferencia era más pronunciada. La diferencia entre los resultados de la OCDE y los de Froyd y Osbourne se debe a sus muy diferentes métodos de investigación. Como es el caso a menudo, la literatura varía en sus hallazgos. Todos ellos saben que la automatización va a tener un gran impacto, pero hasta qué punto y en qué medida es difícil predecir con precisión los trabajos exactos. En cuanto a los líderes empresariales y sus predicciones, un informe de la RSA encontró que hasta un 70% de los líderes creían que podían

³⁷ Economist 2018 <https://www.economist.com/graphic-detail/2018/04/24/a-study-finds-nearly-half-of-jobs-are-vulnerable-to-automation>

automatizar algunos trabajos en su totalidad en los próximos 10 años. PWC estima el porcentaje de empleos en riesgo por industria. Aunque el cambio porcentual de la automatización varía mucho de un país a otro, las industrias más afectadas son las mismas en todos los países.

Graficó 3: Porcentaje de empleos en riesgo por industria

Country	Manufacturing (%)	Wholesale and retail trade (%)	Human health and social work (%)	Education (%)	Construction (%)
Slovakia	58	43	34	14	42
Slovenia	57	35	31	13	53
Lithuania	55	39	27	26	58
Czech Republic	55	33	38	10	36
Italy	55	35	29	17	44
USA	53	51	28	12	34
France	53	41	29	17	41
Germany	49	43	24	9	39
Austria	48	37	26	9	51
Spain	45	35	26	8	42
Poland	50	31	21	9	48
Turkey	45	26	36	8	40
Ireland	50	39	17	7	33
Netherlands	46	35	24	8	36
UK	45	42	18	8	23
Cyprus	38	35	14	6	42
Belgium	45	28	19	10	43
Denmark	46	33	17	9	44
Israel	42	34	14	8	42
Chile	32	27	23	13	29
Singapore	33	38	19	9	26
Norway	33	34	16	6	35
Sweden	45	26	22	4	28
New Zealand	36	32	16	6	23

Fuente: PWC ³⁸

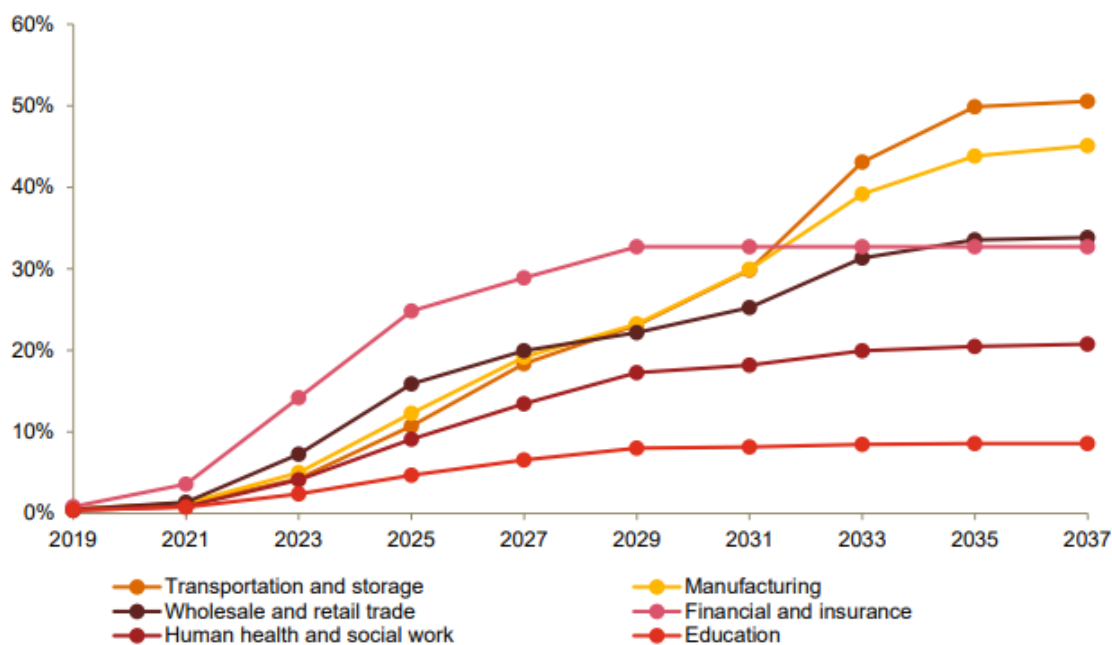
Como se puede ver en el gráfico, la fabricación y la construcción son las dos industrias con mayor riesgo. Esto es predecible ya que estos trabajos contienen muchas tareas predecibles. Este gráfico es consistente con mis hallazgos en la literatura hasta ahora. Sin duda, el cambio del empleo en la industria manufacturera al empleo en el sector de los servicios será cada vez más común. Es una buena noticia para cualquiera que trabaje en el sector de la educación, ya que sólo Lituania es el único país en el que es probable que los empleos relacionados con la educación superen el 20%. Me sorprende que el comercio al por mayor y al por menor no esté tan amenazado como la industria manufacturera y de la construcción en Europa. En Estados Unidos está más amenazada que la industria de la construcción. Cuando se piensa en este sector, se podría suponer que muchas de las tareas que realizan las personas en este sector

³⁸ PWC 2018 *Will robots steal our jobs?*
https://www.pwc.com/hu/hu/kiadvanyok/assets/pdf/impact_of_automation_on_jobs.pdf

podrían ser llevadas a cabo por robots. Por ejemplo, en mi país natal, Irlanda, casi todos los supermercados tienen un sistema de autocontrol, lo que significa que hay menos demanda de trabajadores de primera línea. No está claro por qué este sector está tan amenazado en los EE.UU. en comparación con Europa, pero tal vez lo esté haciendo de acuerdo con las normas sociales y culturales. ¿Prefieren los europeos la interacción humana cuando van de compras?

PWC también llevó a cabo un estudio que muestra el impacto a largo plazo de la automatización en los trabajos del futuro.

Gráfico 4: Automatización en los trabajos del futuro



Fuente: PWC³⁹

La interpretación clara de este gráfico es que en los próximos años todos los trabajos se verán afectados por la automatización, aunque en mayor o menor medida. El sector financiero y de seguros parece ser el más amenazado en el futuro inmediato, con más del 30% de los puestos de trabajo en esta industria que se prevé se verán afectados por la automatización para 2029. Para el año 2033, la fabricación, el transporte y el almacenamiento se verán más afectados. Una vez más, la salud humana y el trabajo social, así como la educación, son las dos industrias que menos se verán afectadas.

³⁹ PWC 2018 *Will robots really steal our jobs*
https://www.pwc.com/hu/hu/kiadvanyok/assets/pdf/impact_of_automation_on_jobs.pdf

Es evidente, después de examinar la literatura y la investigación estadística, que la industria manufacturera y los empleos que tienen una mayor proporción de tareas manuales son los empleos que están más en riesgo. Los trabajos que requieren alfabetización, pensamiento cognitivo y que tienen una naturaleza impredecible están menos amenazados. Como ha demostrado la historia, un sector siempre se ve más afectado por la introducción de nuevas tecnologías, pero en general se crean nuevos puestos de trabajo para compensar la pérdida.

3.6 Nuevos empleos potenciales

Como ya he dicho, la tecnología tiende a provocar un aumento de la demanda a largo plazo, lo que conduce a la creación de nuevos puestos de trabajo. Lo que nos lleva a preguntarnos, ¿cuáles son los nuevos empleos del futuro? ¿Dónde encontrarán empleo todos los trabajadores manufactureros desplazados por la tecnología? En esta sección analizaré la literatura actual para ver cuáles son las predicciones para el empleo en el futuro.

Aunque está claro qué puestos de trabajo están amenazados debido a la automatización, lo que está menos claro después de examinar la investigación es cuáles serán los nuevos puestos de trabajo en el futuro. Existe una gran incertidumbre sobre el tema. Es difícil saber qué forma de empleo va a ser más relevante debido a la robotización. Hacer predicciones en el futuro es claramente una tarea más difícil que analizar lo que ya ha ocurrido. Se supone que surgirán puestos de trabajo relacionados con las nuevas tecnologías, pero estos puestos de trabajo pueden requerir que los empleados estén altamente cualificados. Además de la creación de puestos de trabajo como resultado de las nuevas tecnologías, se prevé un gran crecimiento del empleo en las industrias que se han beneficiado del aumento de la demanda debido a la tecnología. No parece que haya ninguna investigación que esboce exactamente las industrias y los puestos de trabajo que serán, pero es probable que sea en los sectores de la educación o en sectores que no implican tareas predecibles. McKinsey estima que el consumo mundial aumentará en 23 billones entre 2015 y 2030.⁴⁰ Esto conducirá a un aumento de la demanda agregada, con un estimado de 250 millones de nuevos puestos de trabajo creados. Otro factor a tener en cuenta al predecir el empleo y los puestos de trabajo futuros es el envejecimiento de la población. En todo el mundo la gente vive más tiempo que nunca. He hablado de cómo la industria de servicios ha ido creciendo como resultado de la tecnología, pero otro factor a

⁴⁰ McKinsey report 2016 *Urban World: The global consumers to watch* <https://www.mckinsey.com/featured-insights/urbanization/urban-world-the-global-consumers-to-watch>

considerar son los patrones de gasto de una población que envejece. Se espera que servicios como la asistencia sanitaria, la asistencia a domicilio, etc. aumenten masivamente como consecuencia del envejecimiento de la población.

Wilson, Daugherty & Morini-Bianzino(WDM) (2017)⁴¹, proponen teoría relacionada con los trabajos relacionados con la tecnología en el futuro. Aunque la mayoría de las predicciones sobre los empleos relacionados con la tecnología sólo pertenecerán a trabajadores altamente cualificados, creen que habrá diferentes niveles de empleo en lo que se refiere al empleo tecnológico. La primera cohorte de nuevos puestos de trabajo creados por la tecnología es lo que ellos denominan "formadores". La idea de que esta nueva ola de puestos de trabajo ya ha comenzado. Una de las funciones de los formadores que ya existen es la de los formadores que ayudan en la tecnología de la traducción de idiomas. Los robots pueden traducir un texto muy bien hasta cierto punto, sin embargo, siempre habrá ciertos matices que sólo los humanos entienden. También hay empleados que ayudan a enseñar a los robots a interactuar como los humanos. Como muchos de nosotros hemos encontrado, a veces las empresas emplean robots para ser sus agentes de servicio al cliente. Se trata de una tecnología ya disponible que, de perfeccionarse, supondría un enorme ahorro de costes para las empresas de todo el mundo, que ya no necesitarían emplear agentes físicos de servicio al cliente. Los entrenadores ahora trabajan con estos robots y están tratando de implementar software que les ayude a entender mejor que las complejidades de la comunicación humana. Ha habido el desarrollo de tecnología que dice detectar el sarcasmo mejor que los humanos. También hay personas que son empleadas como "entrenadores de empatía" cuyo trabajo es enseñar a los robots acerca de la compasión. Está el ejemplo de Alexa, asistente personal de las Amazonas, que está creciendo en popularidad y puede mostrar niveles impresionantes de comprensión humana. Personalmente, creo que la probabilidad de que los robots lleguen a ser plenamente capaces de interactuar con los humanos es improbable. Una rápida búsqueda en YouTube de los errores de Alexa mostrará que aún le queda trabajo por hacer. Hay una escuela de pensamiento llamada "la singularidad tecnológica" que habla de un escenario apocalíptico en el que la tecnología va demasiado lejos. Hablaré de esto más adelante en el documento. La segunda cohorte de nuevos empleos que WDM predice son los que ellos llaman "explicadores". Los explicadores serán los intermediarios entre los desarrolladores de tecnología y los empresarios que quieran adoptar nuevas tecnologías. Una de las barreras para que una empresa adopte tecnología es su falta de

⁴¹ Wilson, Daugherty, Morini 2017 *The jobs the artificial intelligence will create*
http://ilp.mit.edu/media/news_articles/smr/2017/58416.pdf

comprensión de lo que es, cómo se utiliza y qué beneficios puede aportar. Algunos desarrolladores de tecnología pueden ser fantásticos en el diseño e invención de nuevas tecnologías, pero pueden no ser los mejores en la comunicación de cómo su tecnología puede ser utilizada de una manera accesible. El trabajo de los explicadores también consistiría en garantizar el buen funcionamiento de la tecnología en la empresa. Si hay algún problema con el software, los explicadores podrán identificar los problemas y resolverlos para el negocio. Este es un trabajo muy probable que se volverá más frecuente en el futuro, creo, ya que con el aumento de la adopción de la tecnología en los negocios, será esencial tener empleados que sepan cómo se usa la tecnología al revés. La tercera cohorte pronosticada de nuevos trabajadores pronosticados por WDM es "sustentadores". Una vez que una empresa haya adoptado una nueva forma de IA y sepa cómo utilizarla, los responsables serán responsables de la continuación exitosa y el empleo a largo plazo del software. Podrán rectificar cualquier problema que surja de forma continua. WDM llevó a cabo una encuesta y encontró que menos de 1/3 de las empresas tienen un alto grado de confianza en la fiabilidad, imparcialidad y precisión de sus sistemas de IA. Esta es una estadística notable que tantas compañías no están completamente familiarizadas y confiando en su software. Una función clave del trabajo junto con la tecnología serán los aspectos éticos. La IA que se utiliza con fines de selección o de toma de decisiones podría fácilmente tomar decisiones que no son éticamente aceptables. Esto es lo que hace de los robots una gran oportunidad para las empresas, pero también una gran amenaza. Sí, es posible que puedan adoptar software que permita a los robots llevar a cabo tareas cognitivas, lo que puede conducir a un ahorro masivo de costes. Pero la pregunta sigue siendo si los robots alcanzarán alguna vez un nivel de pensamiento cognitivo que les permita confiar plenamente en ellos a la hora de tomar decisiones. Los algoritmos de los Facebook han sido objeto de críticas generalizadas en los últimos años, especialmente la que dicta lo que aparece en la línea de tiempo de la gente. Su algoritmo sólo muestra el contenido por el que la gente está interesada, por ejemplo, si alguien sigue a un determinado partido político, Facebook sólo muestra más contenido relacionado con ese partido político, lo que puede llevar a que esa persona sólo esté expuesta a un lado de la historia. ¿Ha contribuido esto al debate político cada vez más hostil y divisivo, en el que la gente sólo cree en su versión de los hechos? Difícil de decir, pero es en temas como este en los que los "sostenedores" trabajarían.

Gráfico 5: Nuevos empleos potenciales del futuro

REPRESENTATIVE ROLES CREATED BY AI
Accenture's global study of more than 1,000 large companies identified the emergence of three new categories of uniquely human jobs.

TRAINERS	Customer-language tone and meaning trainer	Teaches AI systems to look beyond the literal meaning of a communication by, for example, detecting sarcasm.
	Smart-machine interaction modeler	Models machine behavior after employee behavior so that, for example, an AI system can learn from an accountant's actions how to automatically match payments to invoices.
	Worldview trainer	Trains AI systems to develop a global perspective so that various cultural perspectives are considered when determining, for example, whether an algorithm is "fair."
EXPLAINERS	Context designer	Designs smart decisions based on business context, process task, and individual, professional, and cultural factors.
	Transparency analyst	Classifies the different types of opacity (and corresponding effects on the business) of the AI algorithms used and maintains an inventory of that information.
	AI usefulness strategist	Determines whether to deploy AI (versus traditional rules engines and scripts) for specific applications.
SUSTAINERS	Automation ethicist	Evaluates the noneconomic impact of smart machines, both the upside and downside.
	Automation economist	Evaluates the cost of poor machine performance.
	Machine relations manager	"Promotes" algorithms that perform well to greater scale in the business and "demotes" algorithms with poor performance.

Fuente: MIT Slogan Management Review⁴²

Este gráfico es un resumen de su teoría sobre las tres próximas etapas de los trabajos futuros. Encontré que esta era la pieza más plausible de investigación sobre exactamente los nuevos roles que se podrían crear. Sin embargo, no se profundiza sobre quiénes serán las personas que ocuparán estos puestos. Una conclusión clave de mi revisión hasta este punto es que los trabajadores altamente cualificados están en su mayor parte a salvo del desempleo tecnológico. Los trabajadores de la clase media y baja están mucho más amenazados por el desempleo. De la investigación se desprende claramente que la fabricación, la construcción e incluso algunos puestos de trabajo de servicios financieros pronto podrán automatizarse. Esto significa que habrá empleados de cada una de estas industrias que tendrán que reingresar al mercado laboral en busca de nuevos empleos. ¿Dónde encontrarán este nuevo empleo? ¿Tendrán la adaptabilidad y las habilidades para encontrar fácilmente un empleo en otro sector? Esta es una pregunta pertinente sobre la cual no hay mucha investigación. El análisis histórico mostró que la mayoría de las revoluciones tecnológicas conducen al desempleo a corto plazo, pero a largo plazo. ¿Es eso lo que va a pasar de nuevo? ¿Se enfrenta nuestra generación a una era de desempleo cuando no nos adaptamos con la suficiente rapidez al crecimiento exponencial de la tecnología? Teniendo en cuenta los tres nuevos puestos de trabajo previstos que se han descrito anteriormente, es posible que las personas que trabajan en la industria manufacturera

⁴² MIT Report 2017 *The jobs the artificial intelligence will create*
http://ilp.mit.edu/media/news_articles/smr/2017/58416.pdf

en puestos de trabajo poco cualificados puedan acceder a uno de estos nuevos puestos de trabajo relacionados con la tecnología. Si su papel fuera únicamente explicar aspectos específicos de la tecnología sin tener que saber cómo desarrollarla, es muy posible que puedan volver a ser empleados útiles. Hipótesis de WDM de que éste puede ser el nuevo empleo "sin collar", que sustituye a todos los puestos de trabajo que se perderán en la industria manufacturera. Sugieren que los programas de formación interna, en lugar de los títulos universitarios, serían suficientes para formar adecuadamente a estos empleados. Esto lleva a la pregunta, ¿cuáles son las habilidades que los empleados necesitarán en el futuro para seguir siendo aptos para el empleo?

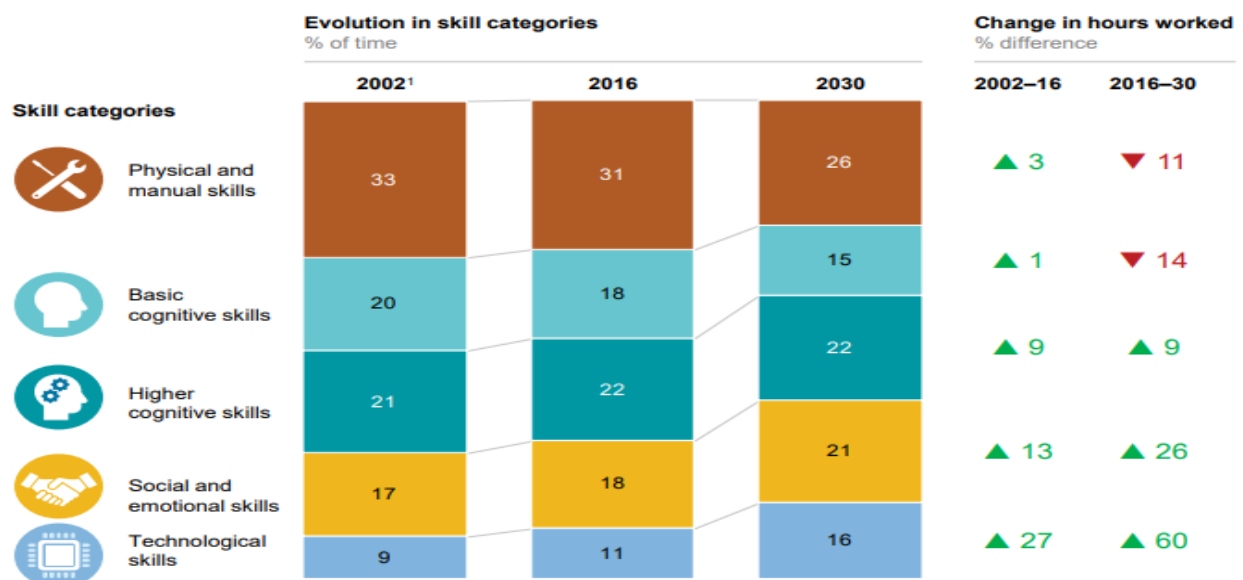
3.7 Las habilidades que los empleados necesitarán en el futuro

Ya se ha establecido que la automatización va a causar una interrupción masiva del trabajo en varias industrias. Hemos visto cómo en el pasado los seres humanos se han adaptado al desempleo tecnológico mediante el desarrollo de nuevas habilidades. En este apartado voy a repasar las investigaciones disponibles para intentar determinar cuáles son las habilidades más relevantes que tendremos que aprender para adaptarnos a esta ola de revolución tecnológica.

McKinsey afirma que, según sus investigaciones, en los próximos 15 años la adopción de la robotización y la IA cambiará completamente el lugar de trabajo. Ellos ven esta transformación positivamente y piensan que la tecnología en general traerá un aumento de la demanda, conduciendo a un mayor crecimiento económico, un mejor rendimiento empresarial y un futuro más próspero para todos. En lugar de que la inteligencia artificial desplace a los empleados, McKinsey piensa que tanto los humanos como los robots pueden trabajar juntos por el bien común. La nota de cómo los médicos trabajan con rayos X y resonancias magnéticas para salvar las vidas de los pacientes como un ejemplo positivo de cómo los robots y los seres humanos trabajan juntos. Es una observación interesante, ya que va en contra de la literatura que afirma que algunos empleos pueden estar obsoletos debido a la tecnología. Señalan cómo el conjunto de habilidades se ha ido adaptando a los avances tecnológicos durante siglos y creen que esta vez no será diferente. Sin embargo, se advierte que, en este momento, es posible que los conjuntos de habilidades no se adapten con la suficiente rapidez. Las empresas se quejan a menudo de que les resulta difícil atraer talento lo suficientemente bueno y los empleados se quejan a menudo de que no poseen las habilidades requeridas para muchos trabajos. Esto es algo que encontré en mi propia experiencia personal al aplicar a grandes compañías de

tecnología, cuyas habilidades laborales requeridas para graduados me hacen sentir muy poco calificado. Este informe y otros similares son algo que la Universidad tendrá que empezar a considerar en el futuro si quiere mantener su programa de estudios relevante y actualizado para asegurarse de que sus estudiantes adquieren habilidades laborales que les permitan encontrar empleo. El hecho de que las universidades se hayan adaptado con la suficiente rapidez a este cambio de conjunto de competencias queda fuera del ámbito de este Gobierno Federal de Transición, pero sin duda es muy pertinente. Los efectos del golpe de una mano de obra mal educada pueden afectar seriamente el crecimiento económico. Si hay escasez de personal calificado, se producen puestos de trabajo vacantes, un aumento del desempleo y un rendimiento empresarial deficiente. Es importante que la gente se adapte lo más rápido posible a las nuevas demandas de habilidades para capitalizar plenamente los avances tecnológicos actuales de la oportunidad. Mientras que McKinsey da un ejemplo histórico de adaptación de conjuntos de habilidades, la pregunta perenne hoy en día es si la gente puede seguir adaptándose. Examinan las competencias que probablemente se necesitarán en los sectores de la banca y los seguros, la energía y la minería, la asistencia sanitaria, la industria manufacturera y la venta al por menor.

Gráfico 6: Evolución de las categorías de habilidades



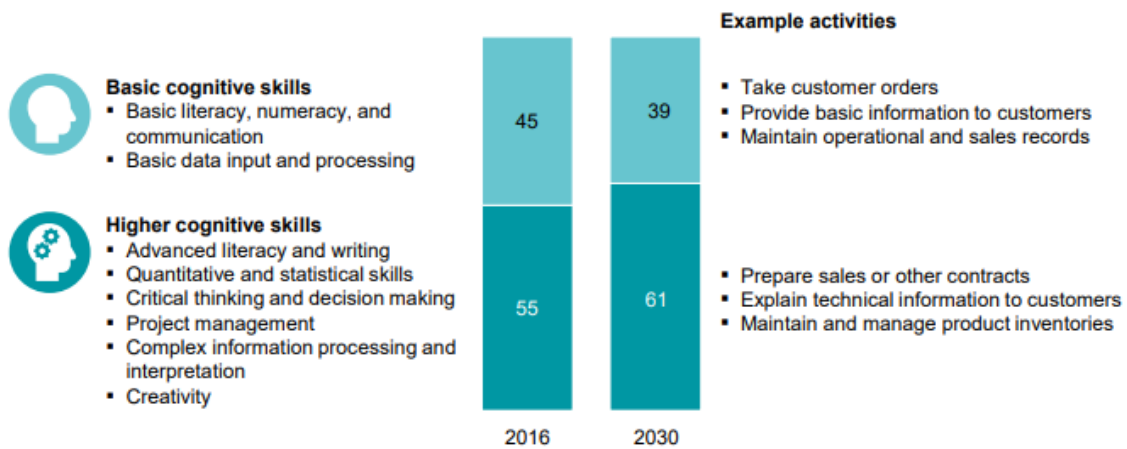
Fuente: McKinsey Global Institute⁴³

⁴³McKinsey report 2018 *Skills shift automation and the future of the workforce*
<https://www.mckinsey.com/~media/McKinsey/Featured%20Insights/Future%20of%20Organizations/Skill%20>

Este gráfico es un resultado amplio de sus hallazgos en todos los sectores. Como se puede ver, va a haber un aumento masivo de la demanda de habilidades sociales y emocionales. Las habilidades tecnológicas serán las más demandadas. Esto es consistente con otra literatura, con el trabajo manual que probablemente sea el área más afectada por esta revolución tecnológica.

Las habilidades avanzadas de IA serán imprescindibles para asegurar una economía automatizada eficiente, pero se predice que las personas con habilidades avanzadas de IA formarán la minoría del empleo. Sin embargo, las habilidades tecnológicas básicas serán esenciales para la mayoría de los empleados. A medida que la tecnología se desarrolla a un ritmo tan rápido, las habilidades tecnológicas tendrán que ser aprendidas constantemente. Lo que hoy en día se puede considerar como conocimientos tecnológicos avanzados, dentro de 10 años se puede considerar inútil. Esto hace que las habilidades sociales y emocionales sean las más duraderas. Esta es un área de la tecnología que todavía tiene un largo camino por recorrer. Esto ha llevado a las personas a desarrollar sus habilidades sociales y emocionales más que nunca en el pasado. Todo el mundo tiene hasta cierto punto cierto nivel de estas habilidades, pero pueden ser mejoradas a través de la educación. Ya sea mejorando las habilidades de comunicación en la universidad, o como he desarrollado mi razonamiento ético a través del estudio de la ética este semestre, estas son ciertamente habilidades que pueden ser desarrolladas. En comparación, en comparación con el aprendizaje de nuevo software tecnológico, mejorar las habilidades de comunicación puede ser mucho más fácil. Esto sigue a la reciente investigación que muestra cómo las habilidades interpersonales no estándar, así como las habilidades analíticas, han ido aumentando en demanda a pesar de la disminución de los trabajos manuales. La resolución de problemas, la intuición, la creatividad y el espíritu emprendedor son habilidades que siempre están creciendo en demanda junto con la introducción de la tecnología.

Gráfico 7: Las habilidades cognitivas más altas están reemplazando a las habilidades cognitivas básicas



Fuente: McKinsey Global Instituto ⁴⁴

*El gráfico se basa en datos de Estados Unidos y Europa, las cifras representan el porcentaje de tiempo de cada actividad.

Este gráfico muestra el aumento del uso de habilidades cognitivas superiores, como la alfabetización avanzada y la creatividad en el manejo de información compleja. Esto tiene sentido, ya que la mayoría de los robots dominan las habilidades cognitivas básicas. Este gráfico me pareció interesante ya que muestra cómo, en respuesta a la introducción de los robots, los seres humanos se están adaptando al volverse más inteligentes. Los trabajos rutinarios y mundanos que antes eran comunes se están volviendo obsoletos. La gente ahora debe usar su cerebro mucho más mientras trabaja. Considero que se trata de una evolución positiva.

Aunque toda la literatura académica concluye que la manufactura es la que disminuirá más en términos de empleo, se predice que en 2030 seguirá siendo la categoría más grande de mano de obra en los Estados Unidos. Si después de leer este informe del Gobierno Federal de

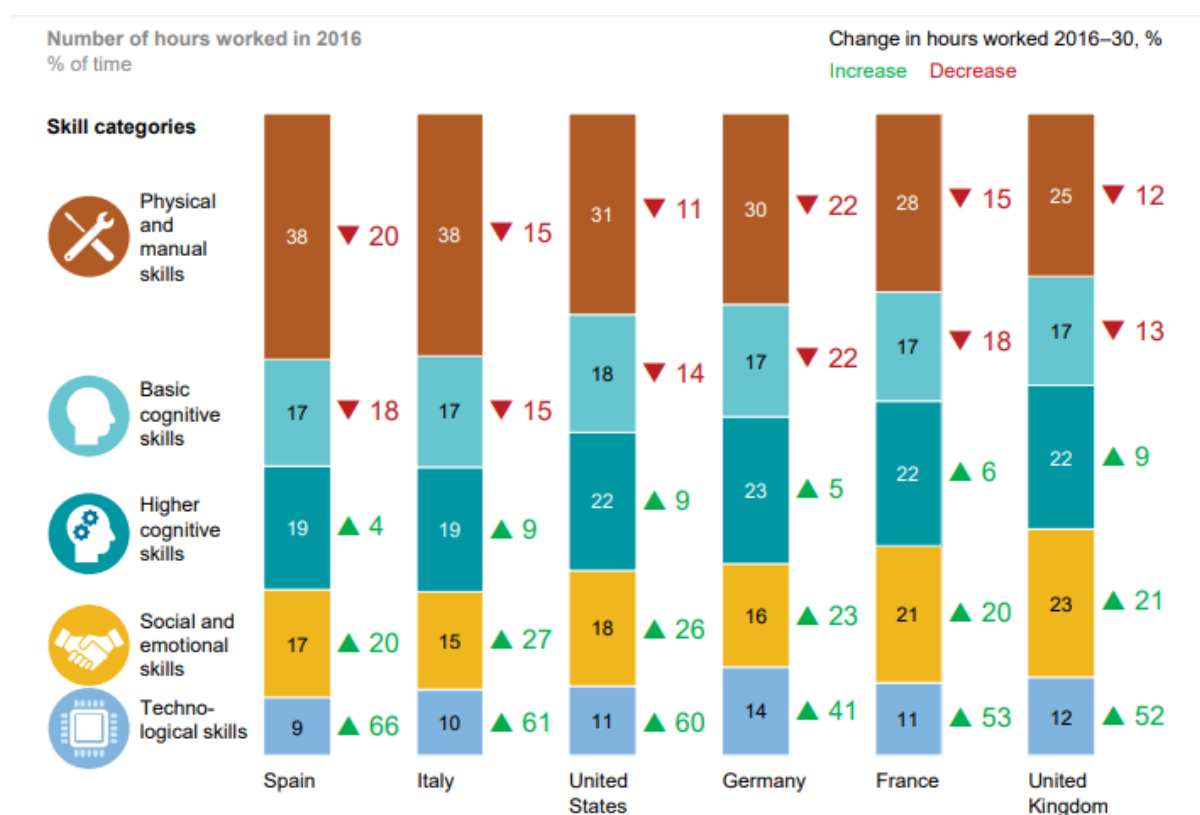
⁴⁴ McKinsey report 2018 *Skills shift automation and the future of the workforce*
<https://www.mckinsey.com/~media/McKinsey/Featured%20Insights/Future%20of%20Organizations/Skill%20shift%20Automation%20and%20the%20future%20of%20the%20workforce/MGI-Skill-Shift-Automation-and-future-of-the-workforce-May-2018.ashx>

Transición se asumiera que las habilidades manuales eran inútiles, dado el gran número de trabajos que requerirán estas habilidades en 2030, sería incorrecto despedirlas.

3.8 Cambios de categoría de cualificación por país

El cambio no será el mismo en todos los países, ya que algunos se desarrollan y adaptan más rápidamente que otros. Depende de la actividad económica y de la estructura del empleo en cuanto a la rapidez con que cambien las empresas.

Gráfico 8: El cambio de los requisitos de cualificación será diferente en cada país



Fuente: McKinsey ⁴⁵

Existe una gran diferencia entre el número de horas dedicadas en el Reino Unido a las habilidades físicas y manuales en comparación con el número de horas dedicadas a estas tareas en España. Esto puede deberse a que el sector financiero del Reino Unido, un sector que implica

⁴⁵ McKinsey report 2018 *Skills shift automation and the future of the workforce*
<https://www.mckinsey.com/~media/McKinsey/Featured%20Insights/Future%20of%20Organizations/Skill%20shift%20Automation%20and%20the%20future%20of%20the%20workforce/MGI-Skill-Shift-Automation-and-future-of-the-workforce-May-2018.ashx#shift%20Automation%20and%20the%20future%20of%20the%20workforce/MGI-Skill-Shift-Automation-and-future-of-the-workforce-May-2018.ashx>

muy pocas de estas habilidades, desempeña un papel mucho más importante en la economía que en España. También sugiere que el Reino Unido tiene una tecnología automatizada más avanzada cuando se trata de cómo fabrican sus productos. El hecho de que Gran Bretaña obtenga buenos resultados tanto en habilidades sociales y emocionales como en habilidades tecnológicas es un buen presagio para la economía en el futuro y, sin duda, les ayudará a seguir siendo competitivos una vez que abandonen la Unión Europea.

Aquí en España, hay mucho más tiempo dedicado a más fabricación que a más tareas cognitivas. El hecho de que la economía española parezca tan dependiente de la industria manufacturera puede ser preocupante en el futuro. Con una tasa de desempleo ya elevada, si los puestos de trabajo en este sector disminuyen como se prevé, habrá una gran parte de la mano de obra española que tendrá que volver a capacitarse.

3.9 Cambio en las habilidades requeridas por sector

Se prevé que la banca y los seguros sean uno de los sectores más afectados por la automatización en los próximos años. En particular, puestos de trabajo relacionados con el fraude, la evaluación de préstamos y las actividades en las que se ha adaptado la tecnología. Los contables, escrutadores y oficinistas también se ven amenazados por la automatización. Esto se debe a que estos trabajos implican principalmente habilidades cognitivas básicas, como la mera introducción de datos. Los puestos de trabajo menos amenazados en esta industria son los gerentes y empleados cuyo papel implica un mayor pensamiento cognitivo. La energía y la minería ya han experimentado una transformación significativa dentro de su industria, ya que las tecnologías avanzadas han permitido que la minería, el petróleo y el gas sean mucho más eficientes cuando se trata de la extracción. La tecnología digital puede identificar dónde extraer, anticipar problemas y ahorrar muchas horas de trabajo físico. Con una tecnología mucho más automatizada en la industria, se espera que la cantidad de trabajo físico disminuya hasta en un 30%.⁴⁶ Una vez más, la predicción es que los roles que involucran las habilidades cognitivas básicas y el trabajo físico disminuirán, pero se espera que la demanda en esta industria aumente para trabajos con experiencia tecnológica.

⁴⁶ McKinsey 2017 *How technology is reshaping supply and demand for natural resources*
<https://www.mckinsey.com/business-functions/sustainability/our-insights/how-technology-is-reshaping-supply-and-demand-for-natural-resources>

La asistencia sanitaria es una industria que se prevé que crezca en los próximos años con el envejecimiento de la población. Se prevé que el gasto público en sanidad ocupe un porcentaje significativo del PIB en el futuro. La única idea que obstaculiza el crecimiento en este sector es la escasez de enfermeras. Las enfermeras son un buen ejemplo de una profesión que ha sido muy impactada por el cambio tecnológico, pero en lugar de desplazar a las enfermeras, la tecnología trabajó junto a ellas. Las enfermeras dedican menos tiempo a realizar tareas arbitrarias que antes ocupaban gran parte de su tiempo. Esto ha permitido a las enfermeras prestar más atención a sus pacientes y es un ejemplo de un impacto positivo de la automatización. Debido a la especial relación paciente/enfermera, no se prevé que ningún otro avance tecnológico repercuta en los trabajadores de esta área en el futuro.

La fabricación es la industria que los investigadores de McKinsey consideran que beneficiará a la mayor parte de la productividad gracias a la automatización. Se espera que la productividad aumente enormemente a medida que los robots sean cada vez más eficientes en la realización de las tareas cognitivas básicas necesarias en esta industria. Se prevé una pérdida masiva de puestos de trabajo, pero se prevé que se verá compensada por el aumento de la productividad. Sin embargo, se mantendrán los puestos de trabajo en los sectores de ventas, ingeniería y gestión.

La venta al por menor es otra industria que está cambiando a un ritmo acelerado. El aumento de las compras en línea ha afectado a las tradicionales calles principales de toda Europa occidental y América. Esto ha provocado que los puestos de trabajo se desplacen a otras áreas de la industria. Ha habido un aumento en el número de conductores de reparto, pero se espera que disminuya pronto en el futuro, ya que se prevé que los aviones teledirigidos se conviertan en algo más común. Las máquinas de auto chequeo ya son comunes en la mayoría de los países y se espera que aumenten. En consonancia con todas las demás industrias, los empleos básicos de baja cualificación se verán afectados, pero la demanda debería aumentar en otras áreas, como las competencias en TI y las competencias cognitivas avanzadas.

De la investigación exhaustiva de McKinsey se desprende claramente que las habilidades están cambiando rápidamente. Las habilidades cognitivas básicas están en peligro en todas partes y para que los empleados sobrevivan tienen que ser más inteligentes, específicamente en las áreas de pensamiento cognitivo y TI.

Otro análisis en profundidad que investigué sobre este tema fue realizado por Pearson: El futuro de las competencias: Empleo en 2030.⁴⁷ Su investigación tuvo resultados similares a los de Mckinsey. La conclusión general de su informe es positiva. Creen que lejos de estar "condenados por la tecnología", muchas ocupaciones seguirán teniendo buenas perspectivas de empleo. Piensan que 7 de cada 10 personas están trabajando actualmente en empleos que son imposibles de predecir si crecerán en demanda o se reducirán. Sin embargo, el crecimiento que observaron en el sector de los servicios les hace pensar que los nuevos puestos de trabajo y un reciclaje suficiente permitirán combatir cualquier desplazamiento de empleo. Como era de esperar, y en consonancia con el resto de la investigación, los trabajos de baja cualificación son los que corren mayor riesgo de automatización.

Sin embargo, la diferencia en sus conclusiones es que no todos los empleos poco cualificados están en peligro. Si bien es probable que los empleos administrativos y los empleos en el sector manufacturero se vean afectados negativamente, los empleos poco cualificados en la agricultura pueden verse menos afectados. Además, piensan que es probable que los empleos en hostelería y servicios elementales crezcan en el futuro. La lógica para ello es que estos servicios hoy en día son muy diferenciados, lo que es algo que los clientes valoran. Esto tiene sentido como si te imaginas que cada cafetería reemplazara a los camareros por robots genéricos, es poco probable que la gente esté contenta. Los sutiles deseos humanos son la razón por la que este informe piensa que, aunque los empleos poco cualificados están amenazados, todavía hay muchas oportunidades para ellos. Los trabajos como los de barberos son otro ejemplo de trabajos relativamente poco cualificados que podría realizar un robot. Sin embargo, la mayoría de las personas valoran mucho la relación que tienen con su peluquero y no les gustaría que esto cambiara.

También se espera que aumenten los empleos en los sectores de la salud, la educación y el sector público. Esto se debe al envejecimiento de la población, al aumento del aprendizaje a lo largo de toda la vida y a los empleos protegidos por el gobierno.

Se espera que crezcan los trabajos digitales, de diseño y creativos. Son trabajos que pueden funcionar bien de la mano con la tecnología. Hay muchos programas de diseño en el mercado,

⁴⁷ Osbourne & Bakhshi 2017 *The future of skills employment in 2030*
https://media.nesta.org.uk/documents/the_future_of_skills_employment_in_2030_0.pdf

pero siempre se necesita un diseñador con experiencia para saber cómo usar correctamente el programa para que sea útil.

Las habilidades en las que ponen más énfasis son las habilidades interpersonales, las habilidades cognitivas y las habilidades tecnológicas. Estas son las mismas habilidades que Mckinsey identificó como cruciales en el futuro. Se trata de dos extensos informes que han llegado a conclusiones muy similares sobre las capacidades que se necesitarán en el futuro. Ambos informes han proyectado un futuro positivo en general sobre el impacto de la Inteligencia Artificial y la Robótica. Sin embargo, hay literatura académica que no ve el avance tecnológico bajo una luz tan positiva.

4. Singularidad tecnológica

Este es el estudio de cuáles serían las consecuencias si la inteligencia artificial se volviera más capaz que la mente humana.

4.1 Singularidad

Gran parte de la investigación que he realizado hasta ahora ha demostrado que la tecnología tiene un gran impacto en la forma en que las personas trabajan y en lo que trabajan en ella. Pero hay una escuela de pensamiento que predice un futuro mucho más sombrío como resultado de esta rápida revolución tecnológica. La primera referencia académica a esta singularidad fue la de John Neumann, quien básicamente afirmó que la tecnología estaba creciendo en una raza tan significativa, es decir, que finalmente alcanzaría a la humanidad.⁴⁸

Vernor Vinge publicó más tarde un artículo en los años 80 titulado "La singularidad tecnológica venidera" en el que definía la singularidad tecnológica: "La aceleración del progreso tecnológico ha sido la característica central de este siglo. Estamos al borde de un cambio comparable al surgimiento de la vida humana en la Tierra. La causa precisa de este cambio es la inminente creación por parte de la tecnología de entidades con inteligencia superior a la humana."⁴⁹

Uno de los académicos más modernos que habla mucho de la singularidad es Ray Kurzweil que publicó "La singularidad está aquí" en 2005. En ella afirma: "¿Cuál es, entonces, la

⁴⁸ Ulam 1958 *John Van Neuman* https://projecteuclid.org/download/pdf_1/euclid.bams/1183522369

⁴⁹ Vernor Vinge 1993 *Technoloical Singularity* http://cmm.cenart.gob.mx/delanda/textos/tech_sing.pdf

Singularidad? Es un período futuro en el que el ritmo del cambio tecnológico será tan rápido, su impacto tan profundo, que la vida humana se transformará irreversiblemente. Aunque ni utópica ni distópica, esta época transformará los conceptos en los que nos basamos para dar sentido a nuestras vidas, desde nuestros modelos de negocio hasta el ciclo de la vida humana, incluida la muerte misma".⁵⁰

Todos estos autores piensan que los acelerados avances tecnológicos llevarán finalmente a la inteligencia artificial que posee una inteligencia superior a la humana. Es un tema ampliamente debatido. Voy a revisar la literatura para tratar de averiguar si hay mérito en su trabajo.

4.2 ¿Es probable que ocurra la singularidad?

Es un tema muy controvertido, ya que algunos académicos no creen en la lógica de la teoría. Muchos académicos tampoco están de acuerdo en que sea un resultado inevitable. Los defensores de la teoría creen que es inevitable. Sin embargo, el fundamento de su teoría no es exacto. Los argumentos generalmente utilizan el razonamiento inductivo para explicar su teoría, que muchas personas creen que no es lo suficientemente científica.

Aunque muchos académicos lo descartan, creo que es un tema interesante que merece ser analizado. Obviamente, si hubiera algo de verdad en ello, probablemente sería una amenaza mayor para la humanidad que el cambio climático. Una explosión de inteligencia traería consigo enormes posibilidades, pero también enormes amenazas.

También es importante señalar que los defensores de la singularidad tienen puntos de vista alternativos en cuanto a su impacto. Existe la opinión positiva de Kurzweil (2015) de que la singularidad terminará en una amplificación de la Inteligencia que beneficiará a nuestros descendientes en forma de erradicación de enfermedades, eliminación de la vejez y otros beneficios impensables. Esto se ve contrarrestado por las sombrías predicciones de científicos como Stephen Hawkins (2014), quien afirmó que "el desarrollo de la inteligencia artificial completa podría significar el fin de la raza humana".⁵¹

⁵⁰ Ray Kurzweil 2005 *The singularity is near* <http://stargate.inf.elte.hu/~seci/fun/Kurzweil,%20Ray%20-%20Singularity%20Is%20Near,%20The%20%28hardback%20ed%29%20%5Bv1.3%5D.pdf>

⁵¹ British broadcast cooperation interview with Stephen Hawkins <https://www.bbc.com/news/technology-30290540>

Kurzweil cree que el crecimiento tecnológico va a ocurrir a un ritmo exponencial. Él lo llama la "Ley de los retornos acelerados".⁵² La teoría básicamente afirma que la tecnología va a crecer exponencialmente, y la singularidad podría llegar en los próximos 50 años. Aunque se llama la ley de aceleración de los retornos, no se considera una ley científica. No se considera una probabilidad real de que la inteligencia artificial supere a la inteligencia humana dentro de 50 años, pero se ha demostrado que los expertos están equivocados en el pasado. Los académicos dicen que los defensores de la singularidad subestiman lo complejo que es el cerebro humano. En la actualidad, los científicos todavía no tienen tan poca información sobre el cerebro humano, por lo que sugerir que los seres humanos podrían desarrollar algo parece una falacia. (P Allen 2015).⁵³

La mayor parte de la literatura actual sobre la singularidad no resiste una inspección científica rigurosa y no creo que sea algo de lo que tengamos que preocuparnos en un futuro próximo.

5. Conclusión

El antiguo filósofo griego Heráclito afirmaba: "Lo único que es constante es el cambio". Esto es tan cierto hoy como lo era entonces. Después de revisar la extensa literatura sobre el futuro de la robótica en los negocios y el empleo, una cosa está clara: la tecnología va a tener un impacto masivo en el funcionamiento de las empresas en el futuro. El empleo se verá afectado, y se espera que las cualificaciones laborales cambien significativamente en el futuro. Los robots solían ser capaces de llevar a cabo habilidades básicas y directas, pero la nueva tecnología está desarrollando una inteligencia artificial que está permite que los robots se vuelvan más inteligentes. Esto significa que ahora los robots pueden competir por trabajos que requieren tareas complejas de pensamiento y no rutinarias. (Brynjolfsson y McAfee, 2011)⁵⁴. Así, los tipos tradicionales de empleo cambiarán significativamente en la mayoría de las industrias.

⁵² Kurzweil 2005 *Law of Acceleration Returns* <https://www.kurzweilai.net/the-law-of-accelerating-returns>

⁵³ P Allen 2015 *MIT Technology review* https://www.technologyreview.com/s/425733/paul-allen-the-singularity-isnt-near/#_ftn2

⁵⁴ Brynjolfsson & McAfee 2011 *Race Against the Machine* <http://b1ca250e5ed661ccf2f1-da4c182123f5956a3d22aa43eb816232.r10.cf1.rackcdn.com/contentItem-5422867-40675649-ew37tmdujwhnj-or.pdf>

La "polarización laboral" está poniendo en riesgo a los trabajadores de nivel medio (Stiglitz 2012)⁵⁵. Esto se debe al cambio de empleo desde tareas basadas en la mecánica a los más relacionados con los servicios. En los EE.UU., las importaciones baratas procedentes de China, así como la reducción de la necesidad de seres humanos en el proceso de fabricación, han dado lugar a un desplazamiento del empleo hacia la industria de servicios (Goos & Manning 2004). La característica constante de toda la literatura es que los empleos de alta cualificación serán los menos afectados por la tecnología. Acemoglu & Restrepo (2017) mostró que a corto plazo es probable que se pierdan puestos de trabajo, pero que se compensarán a largo plazo como resultado del aumento de la productividad. Hay investigaciones que sugieren que el aumento de la automatización y la tecnología es una de las causas de la creciente desigualdad actual, un gran problema a día de hoy (Stiglitz 2017).

El que las empresas continúen incorporando tecnología determinará el alcance de su impacto en los próximos años. Si la tecnología es demasiado costosa, las empresas no la aceptarán. Además, muchas empresas son reacias a adoptar la tecnología si implica demasiados cambios. (Brynjolfsson & McAfee 2011).

Aunque hasta el 50% de los trabajos pueden verse afectados por la automatización, no serán reemplazados por completo. (Quintini 2018). Los trabajos del futuro, que sustituirán a los perdidos por la robotización, pueden ser "formadores", "explicadores" y "sostenedores". (Wilson, Daugherty & Morini-Bianzino 2017). Es evidente que, sean del tipo que sean, implicarán un pensamiento más cognitivo. Las habilidades de nivel bajo a medio están bajo una amenaza significativa para los robots y para que las personas puedan seguir siendo empleables tendrán que desarrollar un conjunto de habilidades más complejas. En el sector manufacturero es probable que muchos puestos de trabajo sean sustituidos por robots (McKinsey).

Es improbable que el escenario del día del juicio final de la singularidad tecnológica se materialice, ya que la investigación sobre este tema hasta la fecha no es lo suficientemente robusta como para tomarla en serio. El impacto futuro de la robotización conlleva grandes oportunidades, pero también grandes amenazas. Las empresas y la sociedad se enfrentarán a

⁵⁵ J Stiglitz 2012 *The Price on Inequality* http://resistir.info/livros/stiglitz_the_price_of_inequality.pdf

muchos desafíos, pero creo que estos desafíos pueden superarse y que es de esperar que esta cuarta revolución tecnológica conduzca a un futuro más próspero para todos.

6. Limitaciones

Predecir el futuro es notoriamente difícil. Diferentes académicos tienen diferentes opiniones. Aunque he podido llegar a algunas conclusiones, no se puede considerar garantizado. Sería necesario realizar una revisión mucho más extensa de la literatura para confirmar los hallazgos de este informe y poder ser concluyentes.

7. Bibliografía

- R Cooper 2018 *What can history teach us about technology and jobs* <https://www.mckinsey.com/featured-insights/future-of-work/what-can-history-teach-us-about-technology-and-jobs>
- D Autor 2015 *The History and Future of Workplace automation* <https://economics.mit.edu/files/11563>
- Kurzweil 2005 *The singularity is near* <http://stargate.inf.elte.hu/~seci/fun/Kurzweil,%20Ray%20-%20Singularity%20Is%20Near,%20The%20%28hardback%20ed%29%20%5Bv1.3%5D.pdf>
- D Rus 2015 *The robots are coming* <https://www.foreignaffairs.com/articles/2015-06-16/robots-are-coming>
- L Summers 1986 *Why is the unemployment rate so very high near full employment* <https://core.ac.uk/download/pdf/6252257.pdf>
- McAfee y Brynjolfsson 2014 *The Second Machine Age* https://edisciplinas.usp.br/pluginfile.php/622156/mod_resource/content/1/Erik-Brynjolfsson-Andrew-McAfee-Jeff-Cummings-The-Second-Machine-Age.pdf
- B Jowett 1885 *The Politics of Aristotle* http://files.libertyfund.org/files/819/0033-02_Bk_SM.pdf
- Bloom & Reenen (2010) *Why do management Practices differ across firm and countries* <https://pubs.aeaweb.org/doi/pdfplus/10.1257/jep.24.1.203>
- Brynjolfsson & McAfee 2011 *Race Against the Machine* <http://b1ca250e5ed661ccf2f1-da4c182123f5956a3d22aa43eb816232.r10.cf1.rackcdn.com/contentItem-5422867-40675649-ew37tmdujwhnj-or.pdf>
- M Blix 2015 *The Economy and digitalization* https://www.ifn.se/storage/ma/1c77ce47b5384acd960ef0c26cdeb/20032095be784cdda28aac8c6b7b25c8/pdf/6F21662B08AFB948E3D053DD9EAC209BC73A19B1/blix_digitalization_report_20151215.pdf
- J Schumpeter 1987 *History of Economic Anaysis* <http://www.urbanlab.org/articles/economics/Schumpeter%201954%20-%20history%20economic%20analysis.pdf>

- Quintini 2018 Automation skills use and training http://pmb.cereq.fr/doc_num.php?explnum_id=4268
- J Stiglitz 2012 The Price on Inequality http://resistir.info/livros/stiglitz_the_price_of_inequality.pdf
- Acemoglu & Autor 2011 Skills Tasks and Technology <https://economics.mit.edu/files/7006>
- V Reneen 2010 The economic impact of ICT <https://warwick.ac.uk/fac/soc/economics/staff/mdraca/cstudytheeconomicimpactofictlondonschoolofeconomics.pdf>
- Acemoglu y Restrepo 2017 Evidence from US Labor Markets <https://www.nber.org/papers/w23285.pdf>
- Piva & Vivarelli 2017 Technological change and employment: Were Ricardo and Marx right? <http://ftp.iza.org/dp10471.pdf>
- Graetz and Michaels 2018 Robots at work https://www.mitpressjournals.org/doi/pdf/10.1162/rest_a_00754
- W Dauth 2017 The impact of industrial robots on workers <http://doku.iab.de/discussionpapers/2017/dp3017.pdf>
- McKinsey 2017 What the future of work will mean for jobs <https://www.mckinsey.com/featured-insights/future-of-work/jobs-lost-jobs-gained-what-the-future-of-work-will-mean-for-jobs-skills-and-wages>
- IPPR 2017 Probability of automation by occupation <https://www.ippr.org/data/chart-of-the-month-probability-of-automation-by-occupation>
- Korinek & Stiglitz 2017 Artificial Intelligence and its implications for income distribution and unemployment <https://www.nber.org/papers/w24174.pdf>
- Acemoglu & Robinson 2012 Why nations fail https://books.google.es/books?id=PLIUCUIAh88C&pg=PA182&lpg=PA182&dq=william+lee+queen+elizabeth+denied+patent&source=bl&ots=pmUlzSZcze&sig=ACFu3U1j8LRaaMw-wJaea69fpwCDmgMWOg&hl=es&sa=X&ved=2ahUKEwjH1Km5r9TiAhUpYUKHS_vAOE4ChDoATAGegQIBhAB#v=onepage&q=william%20lee%20queen%20elizabeth%20denied%20patent&f=false

- Goos & Manning 2004 Rising Polarization of work
http://eprints.lse.ac.uk/20002/1/Lousy_and_Lovely_Jobs_the_Rising_Polarization_of_Work_in_Britain.pdf
- J Bessen 2019 Automation and jobs: When technology boots employment
<https://poseidon01.ssrn.com/delivery.php?ID=531083111122093077003127114119098110030015042050031004028030086000074119119023127024057022106062019059012069011103068067075088119060069077051125005019028124031026030060056111097003095107077021123125022119081109100114019064073099027011025092116001124&EXT=pdf>
- J Wajcman 2017 Automation: Is it really different this time?
<https://onlinelibrary.wiley.com/doi/epdf/10.1111/1468-4446.12239>
- JM Keynes 1935 The general theory of unemployment interest and money
<http://www.mim.ac.mw/books/John%20Maynard%20Keynes%20General%20Theory.pdf>
- World Economic Forum 2018 The future of jobs report
http://www3.weforum.org/docs/WEF_Future_of_Jobs_2018.pdf
- Citron & Pasquale 2014 The scored society: due process for automated predictions
<http://digital.law.washington.edu/dspace-law/bitstream/handle/1773.1/1318/89WLR0001.pdf?sequence=1>
- Frey & Osborne 2013 The future of employment: How susceptible are jobs to computerization
https://www.oxfordmartin.ox.ac.uk/downloads/academic/The_Future_of_Employment.pdf
- Susskind 2015 The future of professions
<https://www.amphilsoc.org/sites/default/files/2018-11/attachments/Susskind%20and%20Susskind.pdf>
- Economist 2018 <https://www.economist.com/graphic-detail/2018/04/24/a-study-finds-nearly-half-of-jobs-are-vulnerable-to-automation>
- PWC 2018 Will robots steal our jobs?
https://www.pwc.com/hu/hu/kiadvanyok/assets/pdf/impact_of_automation_on_jobs.pdf
- McKinsey report 2016 Urban World: The global consumers to watch
<https://www.mckinsey.com/featured-insights/urbanization/urban-world-the-global-consumers-to-watch>
- Wilson, Daugherty, Morini 2017 The jobs the artificial intelligence will create
http://ilp.mit.edu/media/news_articles/smr/2017/58416.pdf
- MIT Report 2017 The jobs the artificial intelligence will create
http://ilp.mit.edu/media/news_articles/smr/2017/58416.pdf

- McKinsey 2017 How technology is reshaping supply and demand for natural resources
<https://www.mckinsey.com/business-functions/sustainability/our-insights/how-technology-is-reshaping-supply-and-demand-for-natural-resources>
- Osbourne & Bakhshi 2017 The future of skills employment in 2030
https://media.nesta.org.uk/documents/the_future_of_skills_employment_in_2030_0.pdf
- Ulam 1958 John Van Neuman
https://projecteuclid.org/download/pdf_1/euclid.bams/1183522369
- Vernor Vinge 1993 Technological Singularity
http://cmm.cenart.gob.mx/delanda/textos/tech_sing.pdf