



Universitat de Barcelona

# **LOS EFECTOS DE LA ROBOTIZACIÓN Y DE LA INTELIGENCIA ARTIFICIAL EN EL SECTOR AUTOMOTRIZ**

**TONG WU (VIOLETA)**

Tutora: Yolanda Blasco Martel

Trabajo Final de Grado

Facultad de Economía y Empresa

Grado de Administración y Dirección de Empresas

Curso 2014-2018

## ÍNDICE:

1. ABSTRACT.....	3
2. Introducción .....	4
3. El sector automotriz en la actualidad .....	6
3.1 Situación actual.....	6
3.2 Globalización.....	8
3.3 Sector Automotriz Líderes.....	11
4. Robóticas y IA en el sector automotriz .....	16
4.1 Concepto: Robótica y IA .....	16
4.3 El robot y la IA en el sector automotriz y el impacto en el empleo. casos concretos (E.E.U.U; Alemania; China).....	19
5. Efectos positivos y negativos causados por la Robotización y IA.....	24
5.1 Efecto positivo: el coste y la eficiencia .....	24
5.3 Posibles acciones preventivas y correctivas .....	31
5.3.1 Impuesto en la utilización de robots. ....	31
5.3.2 Revolución de educación .....	35
6. Futuro previsto .....	39
6.1 Producción .....	39
6.2 Productos y servicios .....	40
6.3 Industria general .....	42
7. Conclusión .....	44
8. Fuentes de información.....	46

## 1. ABSTRACT

【ES】 La aceleración del desarrollo de la robótica y de la inteligencia artificial han provocado una discusión sobre los impactos que podría generarse en el futuro reciente. Desde un punto de vista optimista, nosotros disfrutaremos de la productividad y la comodidad que nos han traído los robots. Pero al mismo tiempo nos preocupa que esta comodidad podría traducirse en una destrucción masiva de empleos. Para poder analizar mejor los impactos, nos centramos en el sector automotriz, el pionero en la implementación de robots industriales. Además, a día de hoy, casi la mitad de la demanda de robots industriales proviene particularmente de la industria automotriz. En este trabajo, basado en los datos estadísticos coleccionados, se intenta buscar los impactos generados por la robotización en los países seleccionados como Estados Unidos, Alemania y China. A continuación, también se argumentan dos maneras correctivas que podrían reducir los posibles impactos negativos. No cabe duda de que el futuro de la industria automotriz estará altamente correlacionado con la robótica y la IA, pero esperamos que, con esta revolución tecnológica, la industria pueda aportar más beneficios a las personas y a la sociedad.

【EN】 The acceleration of the robotics and artificial intelligence development has given rise to a discussion on the impacts that could be generated in the coming future. From the optimistic opinions, we will enjoy the productivity and the convenience that will be brought from those robots. But at the same time, we worry about that this convenience might end with a massive destruction in employment. With the aim of being able to analyze better the impacts cause by robotics, we focus on the automotive sector, the pioneer in the industrial robot's implementation. Up until now, almost half of the global demand of the industrial robots come particularly from the automotive industry. In this thesis, we try to find out the impacts generated by robotization in the selected countries such as the United States, Germany and China based on the collected statistical data. Furthermore, two corrective ways will be argued in the next paragraph in order to relieve those possible negative impacts. There is no doubt that the future of the automotive industry will be highly correlated with robotics and AI, but we hope that, the industry will be capable to bring more benefits to the people and the society with this technological revolution.

**Palabras claves:** Automoción; Robotización; Empleo; Inteligencia artificial; Empresas; Educación, Fiscalidad

## 2. Introducción

En los últimos años, los rápidos avances en la tecnología han provocado controvertidos debates sobre la implementación masiva de robots e Inteligencia Artificial (IA) en la industria. Estos debates focalizan en el mercado laboral. Por un lado, gracias a la robótica, los operarios se han liberado de tareas pesadas y peligrosas y la productividad de la manufactura se ha acelerado. Por otro lado, la amenaza de la automatización sobre los empleos en la industria es cada vez más preocupante. Según los estudios de 2017 de PwC, ING-DiBa y McKinsey, más del 60% de las tareas en la línea de producción podrán ser automatizadas en 10 años, especialmente las de la industria automotriz. Frente a esta situación surgen las siguientes preguntas: ¿Cómo afectará esta tendencia en la industria automotriz? ¿Es posible aplicar algunos métodos para frenar/redirigir el desarrollo de la tecnología?, ¿cómo podría ser el futuro de la industria automotriz?

Para poder responder a estas tres preguntas, en el presente trabajo tratamos de analizar los impactos positivos y negativos de la elevada implementación de la robótica en la industria automotriz. Igualmente se evalúan alternativas posibles para paliar el efecto de la introducción de la robótica y la IA en el sector automotriz y finalmente se ofrecen datos acerca de cuál es el futuro previsto en esta área. El trabajo se estructura de la siguiente manera:

En los apartados tres y cuatro se analiza la situación actual de la industria. Concretamente analizamos la situación del sector y de la robótica en Alemania, Estados Unidos y China, los países representantes en la industria automotriz de su continente. A diferencia de los primeros dos, el tigre asiático China es un caso distinto. Desde 1985 que por primera vez entró en el mercado mundial de automóvil, hasta 2009, la producción de vehículos superó a la de Estados Unidos y se convirtió en el primer fabricante automovilístico del mundo.

En el apartado cinco se realiza el análisis de los impactos positivos y negativos de la introducción de las nuevas tecnologías así como de las posibles acciones preventivas y correctivas. En este apartado se mencionan tres medidas importantes de los impactos de la robótica: el coste, la desigualdad y el empleo. Se basa en un análisis macro de la industria de los países y en los datos recogidos de la fábrica de SEAT, Martorell. A partir de esta información se persigue ofrecer una visión realista respecto al uso de robótica. A continuación, se argumentan dos acciones correctivas para poder mitigar el impacto negativo que ha traído la masiva implementación de la robótica: la implementación de un impuesto en el uso de robots y la revolución del aprendizaje desde el punto de vista de las empresas.

Finalmente en el último apartado se explora el futuro previsto de la industria automotriz. Este apartado no sólo se centra en los productos innovadores como coche eléctrico auto pilotado que han lanzado los fabricantes pioneros, sino también de las innovaciones introducidas en la línea de producción y la automotriz general bajo la revolución industrial 4.0.

A lo largo del trabajo se explican las metodologías llevadas a cabo durante toda elaboración del trabajo. Los datos principalmente provienen de las investigaciones y las estadísticas oficiales a nivel sectorial o nacional. La investigación bibliográfica también ha contribuido en un porcentaje relevante en el desarrollo de la idea de cada apartado. Por el último, gracias a las prácticas externas realizadas en la SEAT, he podido obtener datos que me han sido facilitados por los técnicos internos. El trabajo tiene el mérito de acercarse a la realidad presente y futura de la industria automotriz.

Quisiera dar mi más sincero agradecimiento a Manfred Fischer, mi compañero de la oficina en la SEAT por la ayuda que me ha ofrecido durante la elaboración del trabajo y por el acompañamiento durante las visitas por los talleres de la fábrica de SEAT, Martorell a pleno sol. Agradezco a mi amigo, Javi Ramos Nicolás por sus recomendaciones e informaciones facilitadas durante la investigación bibliográfica. Por el último, quiero dar las gracias a todos mis compañeros de SEAT, sin su apoyo, habría sido imposible finalizar este trabajo.

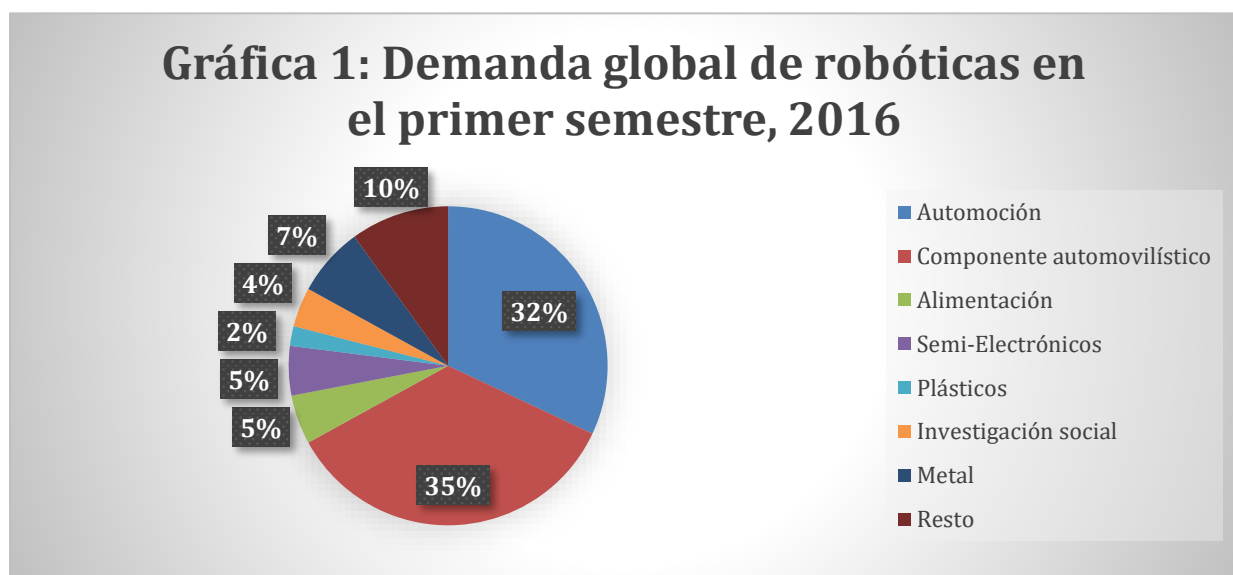
### 3. El sector automotriz en la actualidad

#### 3.1 Situación actual

En los últimos 10 años se ha presenciado un tremendo cambio tecnológico en los sectores industriales. El concepto de las maquinarias industriales no está basado sólo en repetir un simple movimiento a la mayor velocidad posible a través de una configuración manual, se ha puesto en evidencia que los equipos mismos auto-aprenden de cada trabajo que han realizado y seleccionan un acto correcto frente a las diferentes situaciones sin intervención de los humanos. Es decir, con la integración del programa analítico, las máquinas están llegando a tener capacidad en la toma de decisiones ante un entorno complejo. (Anenor 2011) Los economistas definen este cambio tecnológico como una evidencia de *La cuarta revolución industrial*, fruto de la combinación de digitalización y robotización. Como en otras revoluciones industriales previas, este cambio sucedió primeramente en la industria automotriz. Hasta ahora, la automotriz sigue siendo la industria más impactada de la cuarta revolución industrial.

En la gráfica 1, se muestra la distribución porcentual de los pedidos de robots entre diferentes sectores en América del norte, el primer semestre del año 2016,

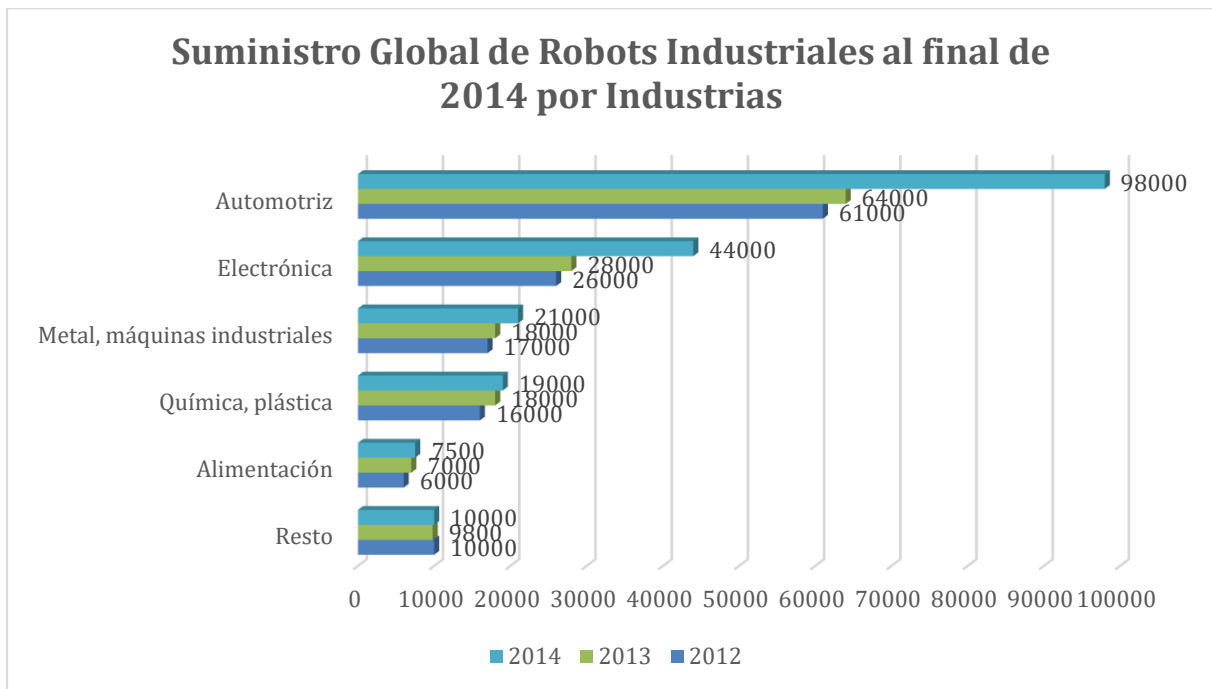
(Gráfica 1)



\*Fuente de datos: El pedido de los robots industriales (unidad) en el primer semestre (*Proceden de Image courtesy of the [Robotic Industries Association](#).*)

En la gráfica 2, se puede observar que los suministros de robots industriales se expanden a una velocidad alta en la industria automotriz entre el año 2012 y año 2014.

(Gráfica 2)



\*Fuente de datos: *International Federation of Robotics(IFR)*.

La característica que tiene el proceso de fabricación en la industria automotriz es la causa principal de este acontecimiento. En comparación con otros sectores, la automotriz suele tener trabajos pesados o peligrosos, la producción requiere un alto grado de precisión y estandarización máxima. Dicho de otra forma, la mayor implementación de maquinarias automáticas puede evitar el fallo causado o la imprecisión inevitable generada por la mano de obra. Las preferencias del mercado también está en el origen de la introducción de la robótica. La publicación del *Estudio del Consumidor Global* muestra los primeros tres factores que los clientes consideran relevantes antes de comprar un coche: "Seguridad" "Eficiencia de combustible" y "Calidad"<sup>1</sup>. Para lograr un mayor rendimiento de estos tres factores, con el fin de cumplir y superar las expectativas de los consumidores, las maquinarias automáticas siempre se comportan mejor.

Solo en el año 2014 la ratio entre robots y trabajadores en la industria automotriz ya alcanzó los 9 equipos por cada 100 personas en España, siendo 10% mayor que la suma del resto de industrias. En otros países más desarrollados, como en Corea del Sur y en EE. UU., esta ratio era un 11,5 por cada 100 personas. En 2016, esta ratio subió a un 10,5 para España, y un 21,45 para Corea del Sur, dos veces más grande que hace dos años. (IFR, 2018) Esta tendencia no se acaba en unos años, sino que se extenderá a otros sectores como la industria eléctrica, y la química. Debido al desarrollo de la tecnología, el precio de los robots se ha reducido rápidamente, en cambio, el coste de la mano de obra ha aumentado respecto hace 30 años. Y este aumento no sólo sucede en los países desarrollados, el coste de un operario en la línea de producción está creciendo a una velocidad más visible en los países emergentes como China, Brasil India etc. Entonces, nos preguntamos, ¿Es verdad que los robots sustituirán los trabajos del ser humano en el futuro? ¿Cómo va a afectar esta tendencia de robotización y la implementación de la IA a la industria automotriz?

<sup>1</sup> [Global Consumer Survey 2018, Statista](#)

### **3.2 Globalización**

No hay duda de que la globalización ha sido el impacto más grande en la evolución de la industria automotriz. Las mejoras del transporte internacional marítimo y la apertura de nuevos canales hacen el comercio transnacional de vehículos más frecuente y favorecen la aparición de la industria automotriz global.

El proceso de la globalización moderna se puede clasificar generalmente en tres etapas. La primera es el proceso Exportación/Importación. El vehículo se fabrica en sólo un país y posteriormente se vende a otros países diferentes. La venta podría pasar por un mayorista o a través de un concesionario exclusivo en cierta región. En esta etapa, el país importador no participa absolutamente en ninguna fase de la producción. Una vez la reserva queda generada, el pedido se envía a la fábrica del país exportador y los clientes esperan hasta que termine la fabricación, la distribución y la importación. Actualmente es imposible imaginar el tiempo de espera desde la reserva hasta la recogida del vehículo en esta etapa. En 2017, para comprar un coche fabricado en el extranjero, el tiempo promedio es sólo medio año (Incluyendo la reserva, la fabricación, la importación, la matriculación etc) y en muchos casos son sólo 3 meses. Pero hace 30 años, en España, pedir un coche nuevo de fabricación extranjera significaba una espera que podía llegar incluso a varios años.

La segunda etapa es la internacionalización. Se centra en la división internacional de la fabricación de componentes, manteniendo la I+D y otras fases que requieren una tecnología más avanzada en la sede central. Debido al aumento de la mano de obra y recursos básicos en los países desarrollados, se traslada la fase de manufactura a otras zonas, y se percibe un ahorro considerable en gastos de los recursos principales (metal, agua, mano de obra etc.). La estandarización y la subdivisión de los procesos de fabricación permiten que esas operaciones fragmentadas puedan ser dominadas fácilmente por los obreros novatos a través una enseñanza técnica rápida. La liberalización del comercio y de las relaciones internacionales también desempeñan un papel importante en esta fase. Los países receptores pasan de la reglamentación automovilística protectora a una regulación más abierta, permiten y acogen la inversión directa extranjera. El gobierno reduce su intervención gradualmente en las actividades económicas. Aunque en muchos casos se acompaña con unos requisitos como una transparencia de reconocimiento técnico y apoyo continuo, colaboración, joint venture con empresas locales o el pago de la entrada a las empresas exportadoras.

En la tercera etapa la distribución de la producción no se restringe en sólo externalizar las operaciones fragmentadas, sino también se expande tanto en el proceso de montaje final como en la parte creativa y en las capacidades de investigación y desarrollo. En otras palabras, las fábricas construidas en el extranjero por las empresas automotrices pueden complementar todo el proceso de producción y satisfacen las demandas locales. Sus funciones no se distinguen mucho con las de la sede, hasta poder llegar a un punto de sustituir la fabricación central. Por ejemplo, en el año 2012, China logró una cuota de mercado mayor en todas las ventas mundiales de VW, y este resultado se consiguió mediante la producción propia de VW China. Actualmente China tiene 8 plantas de fabricación que disponen la capacidad de entregar el automóvil acabado, es el país que tiene más fábricas de VW dentro de este grupo alemán. (Gráfica 3)



(Gráfica 3)



\*Datos procedentes de Volkswagen Group Report. 2013

La globalización de la industria automotriz no sólo beneficia en el ahorro de los costes de fabricación, sino también en lograr los efectos de sinergia. Cuanto menor sea la distancia entre las diferentes fases de la producción, mayor será el ingreso generado por la sinergia. Se pueden destacar las principales ventajas de la globalización de esta industria.

Para los países “exportadores”

1. La reducción de los costes de producción, aprovechando los bajos salarios y precio inferior de recursos primarios, consigue abaratar el precio de venta.
2. Ampliar el mercado.
3. Acercamiento a los consumidores finales.
4. Ahorro del gasto de transportes, tanto para la movilización interna como para el suministro de los proveedores.

Para los países “receptores”

1. Creación de empleo
2. Mayor rapidez para aprender tecnología avanzada.
3. Cambios de hábitos de compras y acceso al nuevo mercado.
4. Crecimiento en el PIB, en consecuencia: Adelantos en la construcción de la infraestructura.

Desde el punto de vista de los empresarios de multinacionales, la industria automotriz global aprovecha la mayor eficiencia de la producción y se posiciona más cerca de su mercado objetivo, con lo cual puede adaptar mejor las necesidades de los consumidores finales, y supuestamente aumentar la venta y generar más ingresos. Pero si nos posicionamos en el lugar de los obreros y empresas pequeñas, la globalización no siempre trae beneficios, especialmente para los países pioneros en la industria automotriz (la mayoría son los países centrales como Inglaterra ó Estados Unidos) que han externalizado casi toda su fabricación al extranjero.

Las críticas contra la globalización y la externalización de producción aumentaban a partir de la crisis de 2008. En octubre de 2015, 250.000 personas salían a las calles y se concentraban en el centro de Berlín para manifestarse contra los dos tratados del comercio libre: TTIP y CETA. El 1 de mayo de 2018, se empezó una guerra comercial entre China y Estados Unidos. Las dos gigantes empresas chinas del sector smartphone, ZTE y HUAWEI están prohibidas de comprar componente de las empresas estadounidenses durante 7 años. China ha respondido con una subida masiva de aranceles a 1000 mercancías procedentes de EEUU, incluyendo las piezas de automóviles y el vehículo completo. Estos conflictos internacionales

hacen que el mundo vuelva a caer lentamente en el comercio proteccionista. Las críticas que se difunde más son las siguientes:

1. La pérdida de puestos de trabajos, especialmente en el sector manufactura. En Estados Unidos, el empleo relacionado con la industria manufacturera de 2014 caía casi a la mitad de la cifra de 2000<sup>2</sup>, pasando de 19 millones de puestos a un 11 millón aproximadamente. En cambio, la producción de componentes y vehículos enteros se disparó a un 21% con una reducción de la mano de obra de más del 34%. (Gráfica 4)

(Gráfica 4)

(El cambio de Empleados con respecto a la producción en porcentaje desde el enero de 2000 hasta el septiembre de 2016. Desde 2000, la producción de vehículos y de los componentes ha incrementado más de 21%, pero con un 34% de trabajadores menos.)



Fuente: BLS and Federal Reserve 2016

2. La pérdida de competitividad. El inicio de la globalización de la industria automotriz siempre está basado en la búsqueda de una producción más económica con el fin de lograr una mayor rentabilidad, o mejor dicho una competitividad sobresaliente en el mercado. Sin embargo, esta competitividad procedente de la externalización resulta difícil mantenerse cuando se profundiza la globalización. En el ranking de la producción de automóviles, se encuentran 5 países semi-periféricos dentro del top 10, que fueron los países “receptores” al comienzo de la globalización (Sobre años 70)<sup>3</sup>. En el comercio mundial, la subida de aranceles<sup>4</sup> hacia los países exportadores tradicionales, hacen que los coches fabricados allí se vendan más difícil en los mercados nuevos, especialmente donde ya se dispone de la capacidad de fabricación de un coche entero.

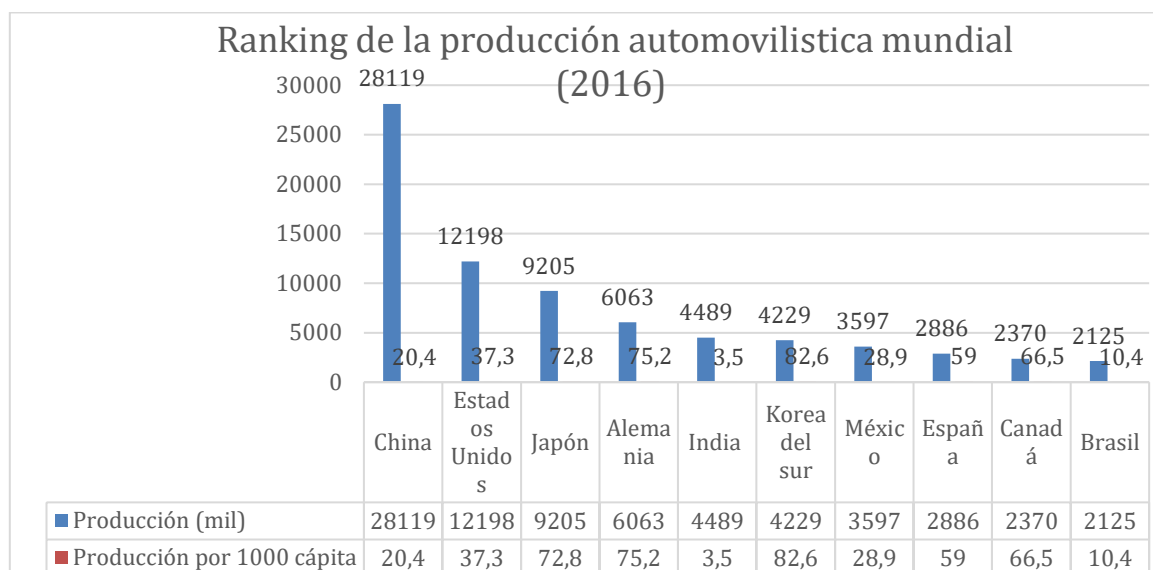
<sup>2</sup> *Brooking Analysis of Moody's Analytics Data, 2015*

<sup>3</sup> Según Gordon H. Hanson. (2001). *The Globalization of Production*.

<sup>4</sup> Los aranceles aplicados en los vehículos importados de Europa

China:25% Rusia: 30% India:60% Tailandia: 80% Malasia: 30% Vietnam: 83% Brasil: 35% (OECD,2016)

(Gráfica 5)



\*Datos procedentes de “*International organization of motor vehicle manufacturers (OICA) 2016*”

Al mismo tiempo, con el aumento de la producción, los países en desarrollo empiezan a entrar en la etapa de acumulación de capital. En China, los salarios en el sector de automóviles suben un 14% cada año, esto hace que salga más a cuenta la externalización de las fabricaciones primarias. En el 2016, una empresa estatal china invirtió 819 millones de dólares en construir la primera planta de fabricación de automóviles en África. Es la inversión más grande en África en las últimas 4 décadas.

La historia vuelve a repetirse, cuando se levante la economía de los nuevos países receptores, la diferencia de costes de producción disminuya y los salarios de la mano de obra suban, ¿dónde se puede seguir externalizando la fabricación? o, mejor dicho, ¿cómo se puede encontrar una producción cuyas fases no supongan un aumento de costes a lo largo del tiempo? La robótica es la única respuesta, porque el desarrollo de la tecnología hace que se reduzca el coste de robotización, y lo más importante, da igual si la economía se mejora o el coste de vida sube, los robots jamás pedirán un aumento de sueldo, ni, de hecho, requieren de sueldo.

### 3.3 Sector Automotriz Líderes

El mercado del sector automotriz se ha vuelto más volátil y competitivo a causa de la reducción del ciclo de la renovación tecnológica y el cambio de las costumbres de los consumidores. Se puede observar que ciertas empresas han tenido éxito en la historia y juegan un papel importante en la industria, pero actualmente ninguna tiene el monopolio en el mercado. La aparición de nuevas marcas competidoras como Tesla, BYD hacen que las empresas líderes tradicionales enfrenten más retos y amenazas. En este apartado, se presentan tres fabricantes automovilísticos importantes en el mundo, Toyota, Volkswagen y Ford, cuyas participaciones en el mercado son 9,2%, 7,2% y 6,5%.

#### **Toyota**

La fundación de *Toyota Corporation* fue en el 1937, como una división de *Toyoda Industries Corporation*, una empresa exitosa que se dedicaba a la fabricación de maquinarias, como telares automáticos o carretillas elevadoras.

En los años 30, la construcción de las plantas de fabricación de General Motors y Ford en Japón captaba bastante la atención de la sociedad japonesa. Los gigantes estadounidenses demostraban unas capacidades excelentes en la producción de automóviles en aquellas épocas, prácticamente acaparando la totalidad del mercado japonés. Esto impulsó a Kiichiro Toyoda, el fundador, a crear una marca automovilística japonesa, con todo el diseño y la producción hecha en su propio país, aunque la primera planta de fabricación le costó 45.000.000 yenes, el cual era casi 4 veces más del capital de la empresa.

La característica del territorio japonés (recursos escasos) exigía a Toyota fabricar vehículos más eficientes y duraderos. Se crearon dos departamentos de investigación en capacidad de batería y eficiencia de combustible durante años 40. La Segunda Guerra Mundial dejó la mayor catástrofe industrial en la empresa tras el año 1945, se destrozaba toda la infraestructura nacional y la sociedad entró en la época de depresión. La preocupación por el futuro y la realidad hacían que la empresa desviase su línea de productos, intentase seguir el modelo de las empresas estadounidenses, fabricar coches de tamaño grande a un tipo más pequeño, el segmento B (Compacto pequeño que tiene capacidad para 4 adultos y un niño), el vehículo más común en el día de hoy. Con esta nueva línea de productos, Kiichiro Toyoda esperaba poder evitar competir directamente con los gigantes americanos en el mercado mundial, a quienes no les interesaba mucho este tipo de automóviles. Aunque Toyota pudo evitar la competencia con estas marcas exitosas, la economía postguerra hacía que las ventas nacionales de automóviles, que contribuían la mayoría de los beneficios tocaran fondo.

La empresa sufría la dificultad financiera, estuvo tres meses sin pagar salarios a los trabajadores e incluso se vio obligada a acortar la plantilla de 7500 empleados a 5500 enfrentando el juicio con la asociación laboral durante 1 año y tres meses.

El nuevo método de la administración fue Kanban y *Just-in-Time*, modelo que entró a implementar en la fábrica Toyota en el año 1954. Este método hace visualizar la comunicación entre las diferentes cadenas de la fabricación, con lo cual permite que la producción sea flexible según la situación de la fase anterior, y mantenga con una eficiencia alta sin un mal gasto de los materiales. Este nuevo método de gestión ayudó mucho al desarrollo posterior de la empresa.

El primer intento de exportación hacia Estados Unidos de Toyota fue un desastre total. El diseño de coche japonés no se adaptaba a la conducción de distancias largas, que era más común en Norte América, pero inimaginable en Japón. Tras 6 años de investigación y aprendizaje de las manufacturas extranjeras, Toyota volvió a entrar en el mercado de Estados Unidos con la presentación de un modelo nuevo: *Land Cruiser*.

La recuperación de la economía japonesa estimuló el desarrollo de la industria automotriz local. En el año 1967, la producción de automóviles nacional anual alcanzó los 3.000.000, superando la de Alemania occidental y convirtiéndose así en el segundo país con la industria más grande. En el año 1971, el gobierno japonés eliminó la regulación discriminatoria a la importación de coches extranjeros, Toyota por primera vez comenzó a competir cara a cara con las empresas internacionales en el territorio japonés.

Dos años después, la sombra de la crisis del petróleo llegó a los países desarrollados en industria moderna, especialmente afectaba gravemente a Japón, cuyo consumo del petróleo tenía 100% dependencia de la importación<sup>5</sup>. Para enfrentar esta situación, el gobierno japonés

---

<sup>5</sup> Véase por ejemplo: Japan Economic Planning Agency, Nenji Keizai Hokoku 1980 (*Tokyo: Economic Planning Agency, 1980*) P.210; OECD: *Energy Balance of OECD Countries 1978*. Dependencia en el Petróleo: 73,5%

ponía en práctica inmediatamente la regulación a la industria sobre el consumo abundante de energía. Toyota es una de las empresas más afectada en esta regulación. Bajó la exigencia del gobierno japonés, la empresa debería

- Aumentar la eficiencia de producción
- Reducir la utilización de coche comercial.
- Reducir las horas de trabajos en la oficina.
- Reducir los usos de la iluminación.
- Reducir las pérdidas y los excedentes de la fabricación de piezas

En consecuencia, la empresa japonesa reconsideró su trayectoria de la producción de coches, y decidió centrarse en los coches ligeros que no requerían excesivos gastos de energía durante la manufactura y en sí mismo tenían una eficiencia más alta para adaptarse a la necesidad del mercado local. Mientras tanto, en esta época, la mayoría de las empresas inmovilistas en el mercado global continuaban con los coches pesados cuya necesidad de combustible era relativamente más elevada. Este cambio triunfó en la era de postcrisis en el extranjero a causa de la subida del precio del petróleo, y por lo tanto la preocupación relativa del mercado. Los consumidores empezaron a valorar la eficiencia de combustible, actualmente siendo uno de los factores decisivos en la compra de un vehículo. Desde entonces, pese a que la crisis de petróleo se acabó en unos años, la empresa japonesa seguía manteniendo esta trayectoria de buscar una mejor eficiencia para sus productos y la fabricación. Como en el presente, la industria 4.0, cuando la mayoría de las empresas automovilísticas están empezando a lanzar coches eléctricos para mejorar el medioambiente, Toyota presentó su modelo más nuevo en el año 2017: Toyota Mirai, un vehículo de hidrogeno, que considerablemente tiene un rendimiento y una densidad energética superior que los coches eléctricos, híbridos y gasolina.

El éxito de Toyota podría ser por algún factor ocasional, pero se pueden observar claramente dos puntos importantes que marcaron la diferencia y el avance en su historia.

1. Previsibilidad de la necesidad y la tendencia del mercado
2. Aumento de la eficiencia

Gracias al desarrollo de *big data* y la IA, las empresas de la actualidad podrán cuantificar y analizar estos dos factores, y hacer que sus productos se adapten a la demanda del mercado y a la necesidad social.

## ***Volkswagen***

“Volkswagen” cuyo significado en alemán es “automóvil del pueblo”, representa justamente la idea que tenía su fundador al crear la empresa: fabricar coches que fueran asequibles para todas las familias, con indiferencia de su nivel de renta. Este espíritu se ha mantenido hasta el presente, la mayoría de las marcas que posee Volkswagen se consideran de gama media-baja, y sus vehículos han logrado la fama en el mercado, como un símbolo de utilidad y seguridad cualificada.

Su historia se puede empezar a contar desde la época del nazismo. Con el fin de levantar la industria alemana y mejorar la calidad de vida del pueblo alemán, el canciller imperial, Adolf Hitler inspiraba la creación de vehículos populares con capacidad para dos adultos y tres niños juntos. El vehículo debería ser muy económico (que no costara más de 990 marcos

---

Dependencia en la importación del Petróleo 99,8%,  
Dependencia en el medio oriente por la importación de Petróleo: 78,5%  
Dependencia en el medio oriente por la importación de Energía: 57,6%

imperiales con mantenimiento mínimo y sencillo sin perder la calidad). Este es el origen de Volkswagen “Tipo 1”, uno de los coches favoritos durante décadas para el mercado mundial. Pero, la Segunda Guerra Mundial estalló en 1939, y la mayoría de los pedidos fueron cancelados para priorizar la producción de los vehículos militares. Esta situación se sostuvo hasta el final de la guerra, por el programa de desindustrialización por el plan Morgenthau. La producción automovilística en Alemania estaba totalmente estancada, y sus plantas de fabricación fueron controladas por Estados Unidos, en concreto, por la empresa Ford. En el año 1945, Estados Unidos transfirió la gestión de VW al Ejército Británico. En aquel entonces, el 38% de la fábrica fue estropeado por el bombardeo de los aliados en Fallersleben, donde más de la mitad de los residentes eran trabajadores de VW. El capitán del ejército Ivan Hirst permitía a los alemanes volver a trabajar sin limitación, les ofrecía comida (que era probablemente el único plato en la época de postguerra en dicha zona) e hizo un pedido de 20.000 vehículos a esta planta de fabricación. Su objetivo era hacer que la producción de VW alcanzara los 1000 automóviles por mes, y la economía alemana pudiera recuperarse progresivamente, sin invasión a otros países europeos. En el año 1951, VW logró una producción de 93.709 unidades de tipo 1, siendo 35.742 de ellos vendidos fuera de Alemania. Con la inversión de máquinas industriales y la recuperación de la economía, en sólo dos años, ya se encontraban 500.000 vehículos de Tipo 1 en la línea de producción y 68.784 fueron exportados a otros países (Heritage parts centre. 2016). Desde entonces, el VW empezó su camino de éxito hasta el día de hoy, siendo la empresa con más producción de vehículos en el mundo.

El escándalo de emisiones contaminantes dañó profundamente a VW en septiembre de 2015. El inicio de este escándalo fue por un análisis no oficial sobre emisiones de vehículos de varias marcas que hizo un ecologista de la asociación ICCT, Peter Mock. El descubrió un programa instalado en los vehículos de Diesel procesado de VW que manipulaba los datos para poder pasar las pruebas de emisión. Este programa es capaz de detectar cuándo el vehículo está bajo prueba según la locación de las ruedas, la presión y la velocidad, hace que el vehículo produzca “Diesel limpio”: minimizando la emisión, ajustando las relaciones entre el aire-combustible, reduciendo el nivel nocivo de dióxido de nitrógeno, aunque en realidad cuando el vehículo está circulando en la carretera, expulsa contaminantes desde 20 hasta 40 veces superiores a los límites permitidos. El programa trucado afectó a 11 millones de vehículos fabricados por el grupo VW, dio lugar a una multa de 4.300 millones de dólares en Estados Unidos, la retirada de los automóviles afectados, la indemnización de 17.500 millones a los propietarios de vehículos y el arresto de un alto ejecutivo, Oliver Schmidt, responsable del departamento de reglamentación que fue condenado a siete años de cárcel posteriormente.

Este escándalo hizo que la empresa alemana reflexionara sobre su estrategia empresarial respecto a la eficiencia y el impacto ambiental. Un año después, VW publicó su nuevo plan denominado “*TOGETHER*” para los próximos 10 años. El presidente del grupo VW, Matthias Müller<sup>6</sup> comentó que, la empresa se centraría en la digitalización, la conducción autónoma y la IA, la sostenibilidad del medio ambiente. Su objetivo principal es introducir 3 millones de vehículos totalmente eléctricos respetuosos con el medioambiente antes del año 2025. La lección aprendida de la crisis del 2015 recordó la empresa su idea al principio de toda su historia, fabricar un automóvil para todo el pueblo, el pueblo en la actualidad significa toda la humanidad.

---

<sup>6</sup>Herbert Diess, el ex manager de la marca sustituyó la posición de Matthias Müller quien fue cesado el 12 de abril, 2018 por el grupo Volkswagen

## **Ford**

Se puede decir que todo el triunfo de la robótica en la industria actual debería agradecer a la empresa Ford y a su fundador Henry Ford por su invento de la línea de montaje móvil en el año 1912, que inició la época de estandarización de la producción automovilística.

Este sistema de cable y polea hace que el vehículo se mueva encima de una cinta transportada en el proceso de la producción y especifica las tareas concretas en cada punto de la línea, con lo cual evita el movimiento transversal y repetitivo haciendo que los procesos necesarios de la fabricación queden más simplificados. Debido a la implementación de la línea de montaje móvil, las horas de la mano de obra para producir un vehículo entero se reduce desde 12,5 a 1 hora con 33 minutos.<sup>7</sup> Este aumento de la eficiencia bajó más de la mitad el coste de la producción. Por ejemplo, en el año 1912, para el modelo T, el precio cayó casi a la mitad del que tenía hacía sólo 4 años, permitiendo que cualquier operario pudiera comprar este vehículo con un ahorro de 4 meses de sueldo. A parte, los puntos y las tareas aclaradas hacen que los procesos queden estandarizados, consecuentemente favorecen la producción masiva. La línea de montaje móvil no sólo aumenta la eficiencia de producción, sino también la seguridad del trabajo, que los operarios en el lugar de recorrer toda la fábrica se quedan en un área restringido para realizar sus tareas específicas. Hasta ahora, 100 años después de primer lanzamiento de este invento, la línea de montaje móvil sigue siendo el modelo principal para la mayoría de los fabricantes automovilísticos y otras industrias.

Tras 6 años de éxito del modelo T, los nuevos modelos lanzados de otras marcas empezaron a amenazar la posición dominante de Ford. Para poder crear un vehículo más competitivo, se construyó una fábrica gigante en Dearborn, Míchigan. En el 1927, esta fábrica ya poseía todos los pasos del proceso de la manufactura, desde la refinación de materias primas hasta el montaje final del automóvil, y fue la fábrica más completa y grande en aquella época, que justamente cumplía la idea de producción masiva de Henry Ford: no sólo fabricar coches, sino también las ruedas, cristales, correas y otros componentes de vehículos.

La utilización de robots también se aceleró en el desarrollo de la empresa. En el 1982, 6 robots industriales de soldadura por puntos fueron instalados en la planta de producción de Ford, Alemania. Dos años después otros 100 robots fueron introducidos en otras plantas de fabricación para la línea de montaje. Ford Fiesta es el primer vehículo en el mundo que tuvo su chasis de anticorrosión hecho por un robot. Al inicio del siglo XXI, ya había más de 500 robots operando dentro de la fábrica, encargando de los trabajos pesados como traslado, sujeción etc. La mano de obra se centraba en los trabajos más ligeros y cualificados como evaluación, valoración y comprobación de los resultados hechos por los robots industriales. Los robots nuevos del siglo 21 son más inteligentes que los clásicos. Con los sensores, les permiten no sólo montar las piezas, sino saben ajustarlas en la posición más adecuada.

En la era de industria 4.0, Ford, teniendo 203.000 empleados mundialmente, también es una de las primeras empresas que introdujeron los robots colaborativos, dominados como Cobots en la planta de fabricación.

“No queremos que el robot sustituya el trabajo de humano, al contrario, queremos que el robot pueda ayudar a nuestros trabajadores a descubrir su propio valor y su capacidad verdadero” Dijo Hettle, el encargado de la línea de producción en Cologne, Alemania (Sheena McKenzie, CNN, 2015)

---

<sup>7</sup> *The Editors of Encyclopaedia Britannica. (n.d.). Assembly line | industrial engineering | Britannica.com.*

## 4. Robóticas y IA en el sector automotriz

*Ley 0: Un robot no hará daño a la Humanidad, o por inacción, permitir que la Humanidad sufra daño.*

*Isaac Asimov, 1942*

### 4.1 Concepto: Robótica y IA

#### Robótica

La palabra “Robots” apareció por primera vez en público en el libro “Rossum’s Universal Robots” del autor Checo Karel Capel, 1921. La obra trata de una empresa que fabrica humanos artificiales para poder ayudar a las personas en el trabajo. Isaac Asimov, un autor de ciencia ficción, introdujo la palabra “Robótica” en su libro para describir “la tecnología y el estudio de robots” en el año 1942, donde también desarrolló la famosa Ley de Robots. Desde entonces, muchas universidades y centros de I+D empezaron la investigación en robótica para poder crear estos “ayudantes de humanos”.

Un rociador automático con programación que inventó la empresa Devilbiss Company en el año 1942 se considera el comienzo de la idea de la robótica industrial, un equipo que puede sustituir a los humanos para realizar determinadas tareas. Esta idea seguía expandiéndose por todas las empresas manufactureras, hasta que en el año 1960, el primer robot industrial operativo fue implementado en una fábrica de caramelos en Estados Unidos e inició la apertura de una nueva era de la industria: la Robotización. Sólo un año después, cientos de robots fueron instalados y comenzaron a realizar sus funciones en la industria automotriz por la empresa estadounidense General Motors. La alta eficiencia y la excelente presencia de estos robots captaban la atención de la empresa Ford, el principal competidor dentro de la industria, con el booming del sector automotriz, desde aquel momento, las compañías automovilísticas empezaron una competición oculta de la robotización en la fase manufactura.

A diferencia de los robots humanizados presentados en los cinematográficos, la robótica industrial no busca una similitud o empatía del humano, sino una copia y mejorar las operaciones llevadas a cabo por las personas físicas. La definición más conocida de un robot industrial es “un manipulador multifuncional reprogramable, capaz de mover materias, piezas, herramientas, o dispositivos especiales, según trayectorias variables, programadas para realizar tareas diversas.” (Asociación de Industrias Robóticas “RIA”).

Según la Asociación de Robóticas europeas, la definición de un robot, incluidos los industriales y los de servicios es:

*“A robot is an actuated mechanism programmable in two or more axes with a degree of autonomy, moving within its environment, to perform intended tasks. Autonomy in this context means the ability to perform intended tasks based on current state and sensing, without human intervention.”*

Es decir, para poder ser clasificado como un robot, ha de cumplir los criterios de abajo.

1. Un cierto grado de autonomía
2. Realización de las tareas previstas
3. Movimiento dentro de su espacio
4. Sin intervención de humanos.



Pero hay que reconocer que hasta el día de hoy aún es bastante complicado de distinguir claramente un robot y una máquina. Una discusión más común es: ¿Por qué la lavadora no se considera un robot?

Una lavadora avanzada puede realizar las funciones previamente introducidas, mueve dentro de su espacio (aunque no realiza un desplazamiento), tiene cierto grado de autonomía como la función de programar, analizar la cantidad del agua durante de la operación y por supuesto finaliza sus tareas sin intervención de humanos. En un término amplio, sí que es un robot, aunque no lo admitimos.

La utilización más común de los robots industriales en la automotriz refiere a los manipuladores, robots de repetición y robots controlados por el ordenador. Los Manipuladores son unos robots que permiten a los operarios manipulen los materiales sin contacto directo. Los Robots de repetición son aquellos que pueden seguir un determinado patrón y repiten el movimiento. En esta clasificación también se incluye el robot de aprendizaje, que aprende por sí solo y sabe corregir el error causado previamente. Los Robots controlados por el ordenador son los que están bajo control del ordenador, lo cual significa que se permite cambiar su sistema central, y puede realizar una función completamente distinta.

Estos tres tipos de robots se implementan principalmente en las siguientes tareas de la producción:

- Soldadura
- Montaje
- Pegadora
- Desplazamiento
- Traslado de contenido metálica o química
- Chapas y pinturas

Se puede observar que las tareas mencionadas tienen una carga pesada o suponen un trabajo que puede poner en peligro la salud de los operarios. Son los que logran un mejor resultado con una mínima incertidumbre.

### ***Inteligencia Artificial (IA)***

La Inteligencia artificial se describe como un conjunto de diseño, implementación, sistema y robots o máquinas que tengan la capacidad de mostrar la inteligencia humana, tanto en el ámbito de emoción y reconocimiento del lenguaje de signos como en el del razonamiento y el aprendizaje. El término de IA fue utilizado por primera vez en el año 50 del siglo pasado por el científico John McCarthy en una conferencia celebrada en *Dartmouth College*. Varios laboratorios de investigaciones sobre la IA se fundaron en las universidades como *M.I.T*; *Standford* y *Edinburgh*. Desde entonces, la investigación y el estudio con respecto a esta tecnología comenzaron a aplicarse en todos los sectores, especialmente en la industria informática. Hay que tener cuenta que, la IA no se trata de la posesión de la inteligencia, sino de una demostración del comportamiento similar al humano que podría resultar y buscar la solución a base de *big data* y una alta velocidad de cálculo.

En la industria, la IA se refiere a las máquinas/robots integrados con un programa o un sistema de la versión del ordenador, que permite la realización de todas las tareas con una mínima intervención humana. Tienen una capacidad de razonamiento más alta que la robótica, con lo cual pueden tomar ciertas decisiones tras finalizar unos análisis complejos de sus datos históricos coleccionados en muy corto tiempo. Es decir, la IA no sólo sigue las órdenes

preestablecidas en el programa, sino también busca la solución adecuada para los nuevos problemas.

Un ejemplo famoso en la industria automotriz es la conducción autónoma, que fue inventada por la empresa de coches eléctricos TESLA. El vehículo puede movilizarse sólo y detecta la situación del tráfico y reacciona con un desplazamiento adecuado gracias a los sensores y los datos de conducción histórica.

A pesar de la utilización en los vehículos autónomos, la IA también está cada vez más integrada en la línea de producción, en la gestión de logística. Por ejemplo, el fallo de una máquina podría causar una pérdida del tiempo enorme para la línea de producción. Con el algoritmo de la IA, el programa podría diagnosticar el funcionamiento de las máquinas y predecir lo que podría tardar en aparecer el fallo con el fin de organizar el suministro de las sustituidas o anticipar el mantenimiento. La IA también juega un papel muy importante en el control de calidad, con una precisión del 90%, supera al mismo trabajo realizado sólo por humanos. A parte, en la gestión de logística, con la IA, se puede saber el porcentaje estimado de la finalización en cada punto de la producción dependiendo del modelo de vehículo, y presumir las horas necesarias de toda la fabricación. Al mismo tiempo, se pueden observar en qué punto la fabricación podría tardar más que el tiempo previsto, enseguida, manda la orden al siguiente punto de la línea, para que adapte a esta velocidad. En resumen, antes de lanzar cierto modelo de vehículo, ya se puede calcular las horas necesarias hasta cada línea de producción y la cantidad entregada en un determinado periodo, así también beneficiará a las gestiones posteriores como entrega de vehículo etc.

No hay duda de que la prevención, la flexibilidad y la eficiencia que trae la IA marcarán un cambio estructural de la industria 4.0.

#### ***4.2 Panorama general***

Desde la primera implementación de robots industriales en la manufactura de la empresa General Motors en el año 1967, hasta el día de hoy, entre todos los sectores, la industria automotriz posee la cifra más grande, un 1,8 millón de pedidos<sup>8</sup> de la compra de los robots industriales. Las ventajas que trae la robótica como por ejemplo la estandarización, la alta eficiencia y la capacidad de manufacturar contenidos peligrosos y pesados se adapta mucho a la necesidad de producción de vehículos. En el año 2017 la producción mundial de vehículos ligeros alcanzó los 78,6 millones anualmente, que es 7 veces mayor que la producción en el año 60.(Statista, 2017)<sup>9</sup> No hay duda de que la robótica ha sido la clave principal que apoya a la revolución de la industria durante los últimos 50 años.

Definida como un avance de la robótica, la IA otra vez conquista la industria automotriz. En los años 80, los fabricantes grandes de automóviles empezaron la investigación sobre la IA junto con los institutos universitarios. El lanzamiento del primer coche autopiloto de TESLA en el 2015, que permitía una conducción automática sin intervención de humano (ajuste automático de la velocidad de la circulación bajo el propio reconocimiento y aprendizaje de los señales y placas del tráfico) marcaba el inicio de una nueva era para la industria automotriz. Junto con el desarrollo de la robótica, el futuro de la industria estará cada vez más integrada con la digitalización y la programación.

---

<sup>8</sup> Robotics, W. (2017). *World Robotic Report*, 15–24.

<sup>9</sup> Statista. (2017). *Statista: Statistics & Facts on the Global Automotive Industry. Statista: Transportation & Logistics, Vehicles & Road Traffic.*

### **4.3 El robot y la IA en el sector automotriz y el impacto en el empleo. casos concretos (E.E.U.U; Alemania; China)**

#### **Alemania**

Alemania es uno de los primeros países que introdujeron los robots colaborativos en sus líneas de montaje y actualmente es el país líder en la robótica de la industria automotriz con unas 20.000 unidades de la demanda anual de los robots industriales (IFR, 2017). Los economistas utilizan la densidad de robótica para medir la robotización en una industria, que se calcula sobre el porcentaje entre una unidad de robot industrial y 10.000 empleados. En el 2016, esta cifra en Alemania alcanzó a 1131 (IFR, 2017), seguidos de República Corea (2145), Estados Unidos (1261) y Japón (1562)<sup>10</sup>.

La implementación de robots industriales en la industria automotriz ayuda a Alemania a enfrentarse al problema del envejecimiento de la sociedad y la amenaza de los "Tigres Asiáticos" (Corea del sur, Japón y China). Con 82, 67 millones de habitantes (*World Bank*, 2017), Alemania es el país más poblado de la Unión Europea, pero la tasa de fertilidad es sólo de 1,5 hijos por mujer, muy por debajo de la tasa de "Reemplazo" de 2,1 para mantener una recuperación saludable de los trabajadores activos. Y la edad media de los trabajadores en Alemania en el año 2015 es 46 años, (*Statista* 2017). Esta característica obliga a Alemania a aumentar su inversión en la robótica, especialmente en la industria automotriz, la fuente principal de los ingresos del país. El problema interno no es la única causa de esta alta densidad de robótica. Desde la crisis de 2008, la industria automotriz en Asia entró en pleno auge. Aparte de la vieja rival: Japón, Corea del Sur, China e India logran una proporción cada vez más significativa en el mercado automovilístico global. A causa del escándalo de emisiones contaminantes Diesel en el 2015 (VW), las ventas de vehículos alemanes se redujeron un 2,2% en el 2017 (*Deutsche Bank Research*, 22 de septiembre de 2017) en los tres continentes comparando con la cifra de 2014. Esta desconfianza generada urge un cambio de la estructura de las empresas automovilísticas alemanas: Acelerar el programa de coches eléctricos, por lo tanto, incrementar más inversión en la robótica y la IA.

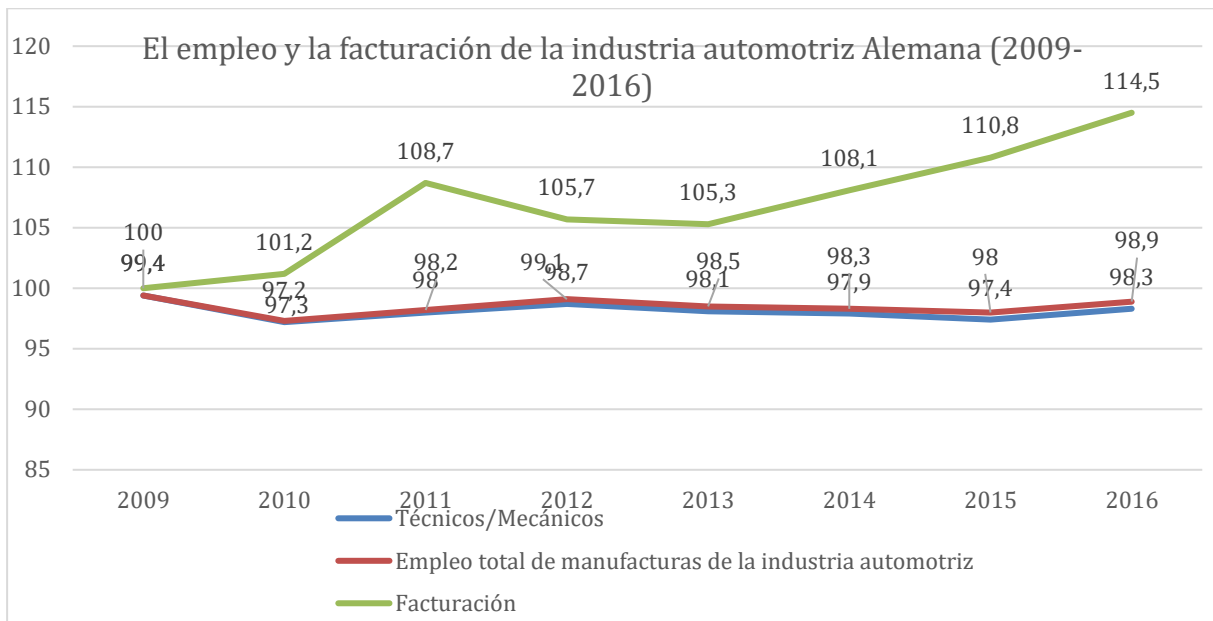
Debido al cambio de conceptos de la robótica por la cuarta revolución industrial, los robots, denominados como "Cobots" de la nueva introducción no se concentran en la sustitución de trabajos humanos y encargarse de las tareas pesadas, sino actúan como un "ayudante" para los operarios de la línea del montaje con más flexibilidad. Por ejemplo, en el 2015, Audi introdujo el robot "Walt" en la planta de fabricación en Brúcela, que estaba equipado con diferentes sensores eléctricos de la temperatura, la profundidad y el color que le permiten reconocer los gestos y el movimiento de los operarios de la primera línea de producción, y comunicar con ellos para terminar las tareas juntamente con más eficiencia y rapidez.

Sorprendentemente, el aumento de la cifra de robots industriales en Alemania no ha perjudicado al empleo relativo, al contrario, desde 2010 hasta 2015, la plantilla de la industria automotriz había incrementado un 14%, en el 2015 se ofrecieron 710.000 puestos de trabajo dentro de la industria (*Euromonitor international*, 2016). Sin embargo, este resultado varía dependiendo del tipo de puesto. La cifra de los puestos tradicionales en la industria automotriz como técnicos, mecánicos u operarios de la primera línea sólo han conseguido mantenerse al mismo nivel, mientras tanto la facturación de la industria ha incrementado bastante desde 2013.

---

<sup>3</sup> IFR. (2017). *Executive Summary World Robotics 2017* Industrial Robots. Página 20-21.

(Gráfica 6)



Elaboración personal, desarrollada de los datos de [Genesis Online Datenbank](#)

En resumen, bajo la presión interna del envejecimiento de la sociedad y la amenaza externa de los competidores internacionales, Alemania introduce los nuevos robots "Cobots" que actúan a base de la colaboración con los operarios. Aunque esta implementación favorece el empleo total en la industria, y aumenta la facturación y la producción, la extinción de los puestos tradicionales es inevitable, que cada vez posee menos importancia con respecto al desarrollo de la industria.

### ***Estados Unidos***

Estados Unidos es uno de los pioneros en la robótica de la industria automotriz. Bajo el impacto negativo de la crisis de la energía en los años 70, comenzó la utilización amplia de los robots industriales en la línea del montaje, para enfrentar el recorte de la mano de obra por la reducción del coste. Desde entonces, la robotización juega un papel importante en la industria automotriz, y contribuye altamente al crecimiento de la productividad automovilística. En el año 2016, la demanda de los robots industriales nuevos en la industria automotriz estadounidenses incrementó un 25% respecto al año anterior, con un valor estimado de 8 millones de dólares. (RIA, 2017) Tras la crisis financiera de 2009, la inversión masiva en robótica dentro de la industria principalmente fortaleció la competitividad global de la industria estadounidense, e intentó recuperar la fabricación manufacturera nacional (en inglés "*Reshoring*") que previamente se había externalizado en otros países. La expansión de la robótica permite a los países con un nivel elevado de vida conservar su producción dentro del territorio, manteniendo el control de la manufactura y disfrutando la misma eficiencia de gasto que la externalización en los países del salario bajo.

Los robots colaborativos (Cobots) también están introducidos en las líneas de fabricación en la industria automotriz estadounidenses desde el año 2015. Este tipo de robots ayudan a disminuir el tiempo de aprendizaje y mejora el rendimiento de los practicantes recién entrados, para que ellos puedan llegar al mismo nivel que los empleados profesionales a la mayor rapidez posible. Pero el disparo de la inversión en la robótica no se ha limitado a las

demandas de robots colaborativos. La reducción del coste de los componentes electrónicos como sensores estimula la demanda de los robots industriales tradicionales, que tiene el mayor porcentaje en todos los suministros de robots. Para los nuevos modelos de los robots industriales tradicionales, el reconocimiento de la lengua de la programación y la implementación ya no es necesario porque la innovación permite que la mayoría de ellos tengan la capacidad de autoaprendizaje, con lo cual, para los empresarios de la industria automotriz, no hay mucha diferencia entre un robot industrial tradicional y un Cobot.

El comentario del señor Jeff Burnstein, el presidente de la Association for Advancing Automation, la organización coordinadora de RIA refleja esta opinión de los empresarios estadounidenses.

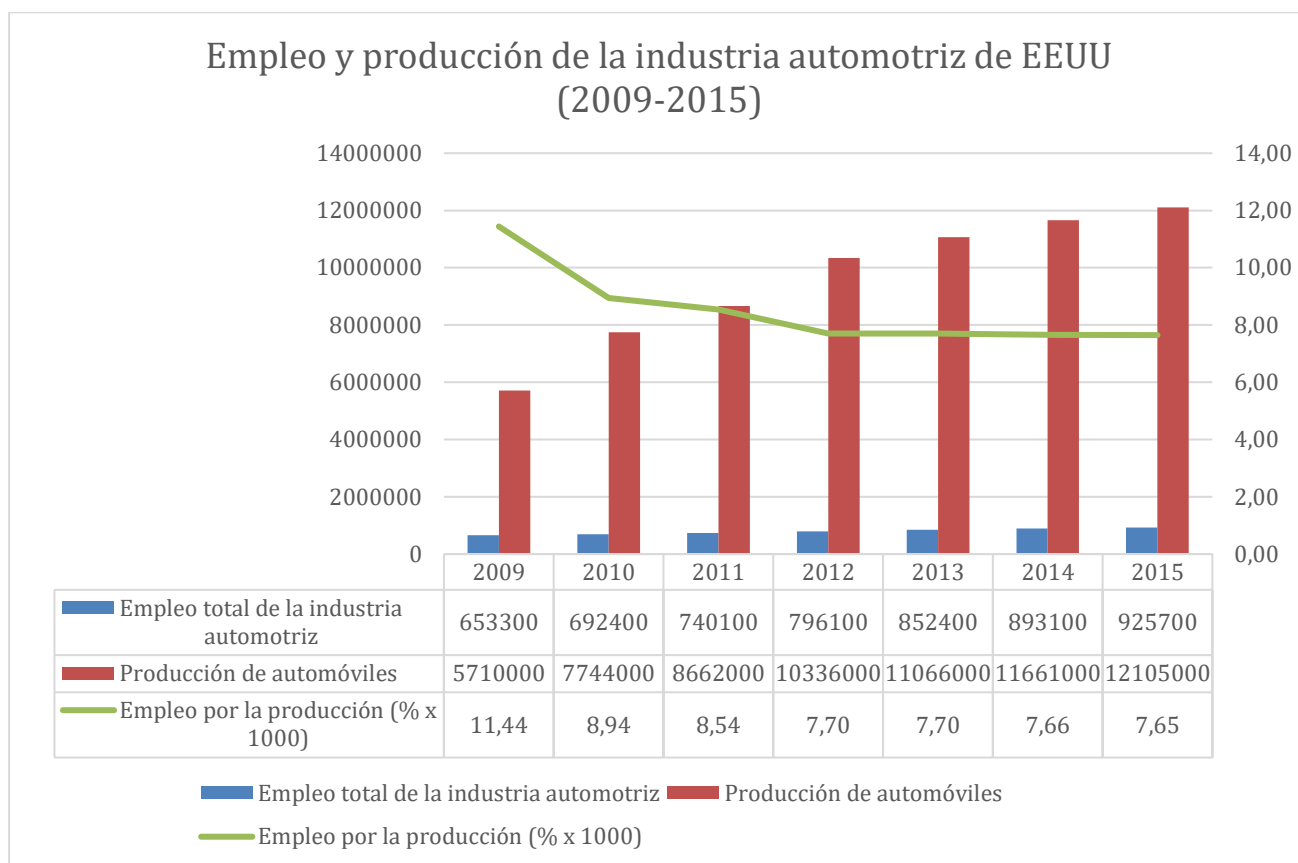
“Los robots tradicionales del día de hoy están actuando como ayudantes igualmente. Cuando el operario se acerca, ellos entran en el modo colaborativo, en el caso contrario, funcionan como deberían. A pesar de estos, los robots tradicionales también son atractivos para las empresas por la confianza, la fiabilidad y la longitud de la vida útil, ya que aún no sabemos cuánto tiempo durarían los productos nuevos(Cobots).”<sup>11</sup>

Es cierto que el empleo en la industria automotriz ha aumentado durante los años de la recuperación de la crisis 2008. La federación internacional de la Robótica (IFR) asegura que el aumento del empleo está relacionado con el incremento de la utilización robótica. Desde el 2010 hasta 2015, se implementaron 135.000 unidades de robots industriales nuevos en las plantas de la fabricación automovilísticos, según ellos, esto debería ser una de las razones principales sobre el incremento de la plantilla de 230.000 puestos dentro de la industria (IFR, 2016). Sin embargo, si analizamos el porcentaje entre la cifra del empleo y la producción, se observa claramente que el peso del trabajo humano ha disminuido a lo largo de estos 7 años, y podría bajar más en el futuro, lo que significa el factor humano en la fabricación de automóviles es cada vez menos relevante. (Gráfica 7)

---

<sup>11</sup> Información coleccionada a través de la publicación de la entrevista con el señor Jeff Burnstein, Rob Spiegel. (2016). *Robot Sales Boom in North America*

(Gráfica 7)



\* Elaboración propia. Datos procedentes de “Bureau of Labour Statistics” y “Bureau of Transportation Statistics”

En la Gráfica 7 podemos ver que el empleo total de la industria ha incrementado desde 2009, igual que la producción de automóviles. Pero si dividimos la cifra del empleo entre la producción, se puede obtener una línea descendente que mide el peso del empleo con respecto a la producción. Obviamente este resultado no es nada positivo, aunque es verdad que el empleo ha incrementado en los últimos 8 años.

### China

La inversión en la robótica es un indicador relevante para medir el nivel de la industrialización de un país. China, siendo el país con más volumen de producción en la industria automotriz desde la crisis de 2008, también tiene la inversión más grande en la robótica industrial. Los vehículos manufacturados en China representan un 30% aproximadamente de la fabricación mundial, superando la cifra total de la Unión Europea o la suma de Estados Unidos y Japón conjuntamente. (Statista, 2017). Y entre el año 2011 y 2016, unas 108.000 unidades de robots industriales nuevos fueron instalados en la industria automotriz en China, que corresponde a un 25% de las demandas globales dentro de la industria. (IFR 2017)

La lección que ha aprendido de los países pioneros en el sector automotriz (Alemania, Japón, Inglaterra y Estados Unidos) hace que China no externalice mucho su parte de la manufactura a otras partes que tenga el coste de vida más bajo. A base de la experiencia propia, China sabe muy bien que cuando crezca más la manufactura en el extranjero, lo más probable es que estas

plantas de fabricación sean controladas por el gobierno local y los empresarios chinos asumirán el riesgo de ceder una parte del beneficio o la capacidad de la administración. A pesar de esto, bajo el efecto global de la robotización, y el aumento de los salarios de la mano de obra, China no tiene otra manera de poder seguir dominando la industria automotriz que invirtiendo masivamente en la robotización. En el 2015, un operario chino de la primera línea de la producción percibía una remuneración anual de 12 mil dólares anualmente, un 63% más que el 2011, y casi es el doble que el salario de la misma posición en México y 5 veces más que lo de India,<sup>12</sup> a los cuales también se consideran como países potentes en la manufactura automovilística. (*China Report*, 2016). Aunque la jornada laboral es respectivamente más larga en los países asiáticos, un trabajador en la manufactura ya no es nada competitivo frente a la eficiencia y la calidad que pueden traer los robots en la línea de fabricación.

Las nuevas políticas que incentivan la utilización de coches eléctricos también hacen que los fabricantes aumenten su capacidad de producir coches eléctricos o híbridos incorporando más robots industriales y programas de IA. Con el objetivo de acabar con la contaminación y el colapso de vehículos en sitios urbanos, el gobierno chino gasta billones de dólares cada año en subsidios para la compra de coches de energía nueva y exige a las empresas automovilísticas cuya producción excede 30.000 vehículos anuales que aporte por lo menos 10% de su producción que sean de eléctricos o híbridos. (*China Automobile Review*).

Paralelamente, se promocionan los vehículos con la conducción autónoma y servicios de transporte compartido, con un previsto de 30.000 millones de vehículos autónomos en el año 2021, para poder cambiar la estructura del ingreso industrial tecnológico, pasando del mercado de móviles y televisiones básicas (actualmente contribuye la mayor parte del ingreso industrial) a los semiconductores sofisticados y la IA. En consecuencia, estas políticas también estimulan los suministros locales de robots inteligentes, chips y sensores, con lo cual pueden generar un ahorro de cien billones de dólares que gasten en la importación de componentes robóticos por la industria automotriz.

---

<sup>12</sup> Mike rutherford. (2017). *The global car manufacturing wage gap: what do car factory workers earn?* / *Auto Express*.

## 5. Efectos positivos y negativos causados por la Robotización y IA

### 5.1 Efecto positivo: el coste y la eficiencia

Hablar de la industria automotriz moderna es impensable sin mencionar la robótica integrada en la fase de producción. En la planta de fabricación Louisville de Ford, más de 700 robots se están utilizando en la línea de montaje. Mientras tanto, en su planta de fabricación ubicada en Alemania, salen aproximadamente 1.600 vehículos cada día gracias a las operaciones de 24 horas sin parar de los cuales 980 robots industriales incluyen las soldaduras por puntos o por arcos, montaje interior, pintura, traslado de piezas basados en el advenimiento de sofisticadas tecnologías de visión artificial, multi-sensores y láser. Aparte de esto, los robots con programas avanzados también se integran más a la inspección y el montaje de alta precisión, por ejemplo, en la fase de pintura, unos robots con sensores de posición están a cargo de la pintura, la refinación y otros, inspeccionan el resultado acabado. En la fase del montaje final, los robots de inspección también detectan las abolladuras, los huecos y otros defectos en los paneles del cuerpo. (Robert Bogue, 2013)

Kuka y Fanuc son dos fabricantes conocidos de robots industriales, en el año 2017, Fanuc tiene la cuota de mercado global un 27,8%, y Kuka un 6,3%<sup>13</sup>. La mayoría de los robots que se utilizan en la industria automotriz son como un simulador de brazos humanos cuyas cabezas (correspondiente a la mano de humano) podrían realizar un giro de 360 grados. Los modelos se clasifican por dos factores importantes: El peso máximo que podría levantar, que suele ser mayor de 90 kg y el alcance del brazo cuya longitud empieza a contarse desde 1600mm. (En contrario, se podría clasificar como Cobots). Un equipo de robot tiene cuatro partes esenciales, el robot mismo, que es el brazo que se ha comentado anterior; El paquete energético, que se encarga del suministro de aire, agua, gas durante la operación; El Teach Pendant (Consola), que se utiliza por los operarios en la producción para controlar y vigilar el movimiento de robots y el armario del control, donde se guardan todos los datos principales de la función de robots como la electricidad que lleva, la potencia que tiene etc. A diferencia de las máquinas con función determinada, los robots industriales modernos prácticamente pueden adaptarse a todas las operaciones en la línea de producción depende del sistema operativo que se ha instalado en el equipo. Por ejemplo, los robots de soldadura cuya función principal es unir dos placas en uno, para que ellos estén adaptados a la función de pintura o sólo que tenga la capacidad de poner una línea del pegamiento de plástico, la única cosa que falta es añadir una cabeza de pistola rociadora y la conecta con un cable donde transmite el material que vaya utilizando en la operación. Y los robots de traslado, son prácticamente mismos que otros, únicamente se diferencian por la barra de ventosas colgada en su cabeza y el sistema instalado para esta operación determinada. Aparte de esta ventaja universal, el cuerpo principal de un robot tendrá una vida estimada de 8 años (Colin Shipley, 2018), con una revisión adecuada o mantenimiento periódico podría llegar a tener 20 años. Aunque el desgaste de las pinzas, ventosas es más frecuente por las materias de carrocerías, la sustitución de estas piezas no supone un gasto muy elevado para la empresa.

Según IFR (International Federation of Robotics), la automatización está acelerando en toda la industria manufactura. Por regiones, la densidad promedio en Europa es 99 unidades por 10.000 empleados, en América es 84 unidades y en Asia es 63 unidades. Si miramos el dato sólo para la industria automotriz, el crecimiento de implementación robótica es mucho más impresionante desde el inicio del siglo 21, tanto para los países clásicos en la industria como

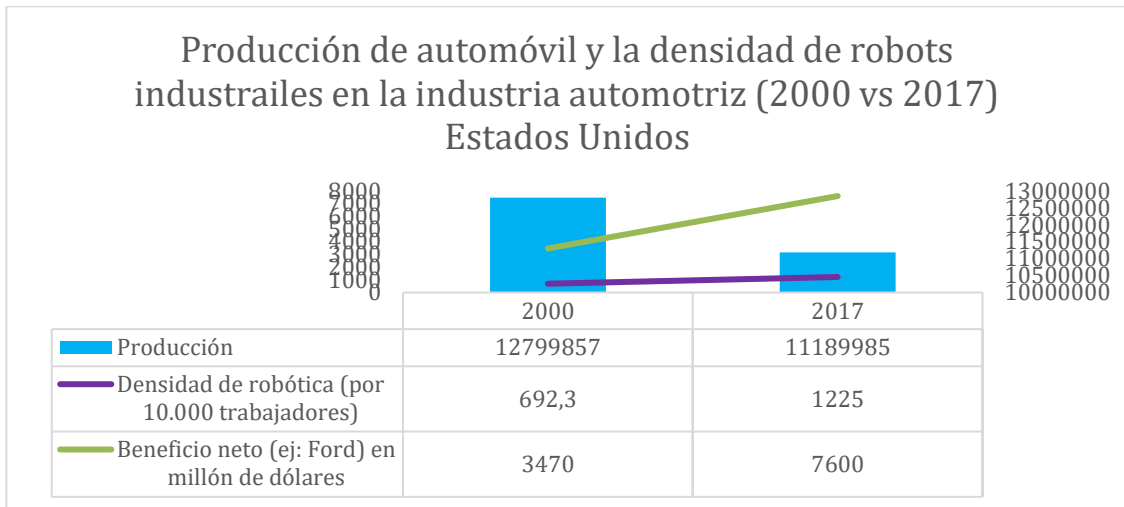
---

<sup>13</sup> Datos procedentes de Cristina Muñoz-Delgado, Silverio Salcedo, Nikko Tanaka-Pendleton, David Coronel, Antonio Morillas, P. B. (2017). *Robotics Sector Analysis: Entering in a new Era - Máster Carlos III MaDI*

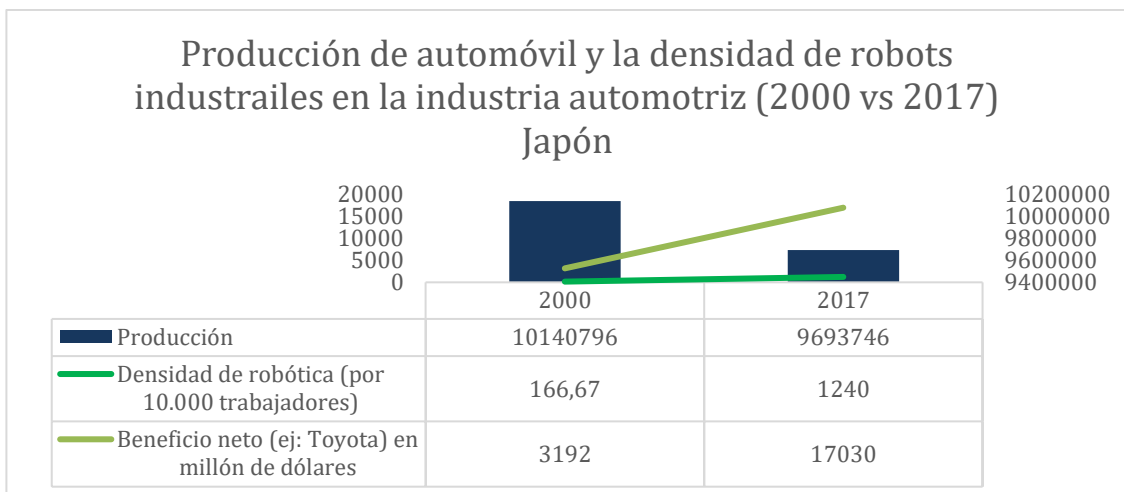


Japón, Estados Unidos, Alemania como para los “jugadores nuevos”: China, India etc.  
(Gráfica8- Gráfica13)

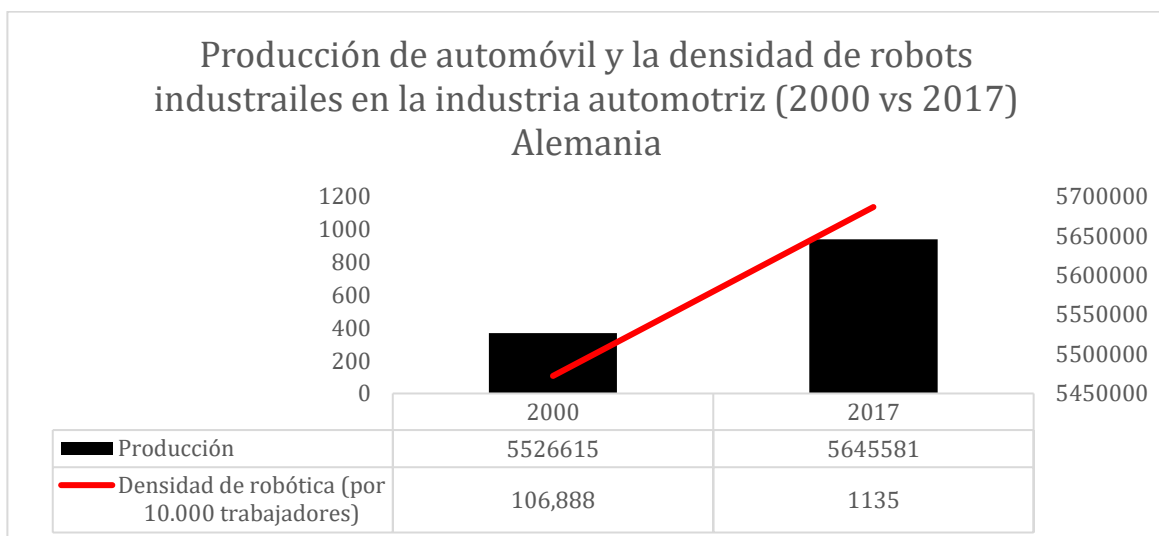
(Gráfica 8)



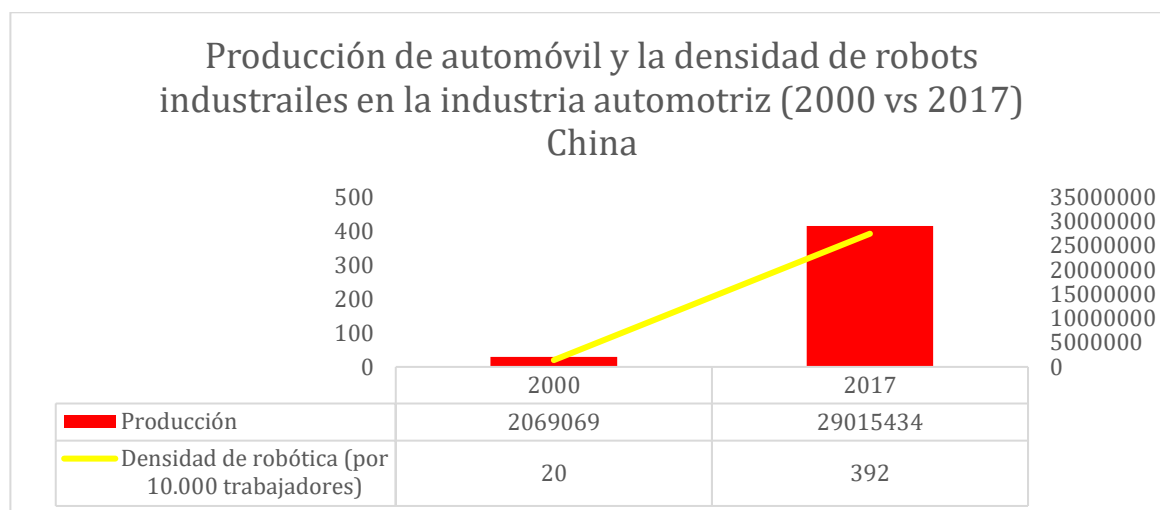
(Gráfica 9)



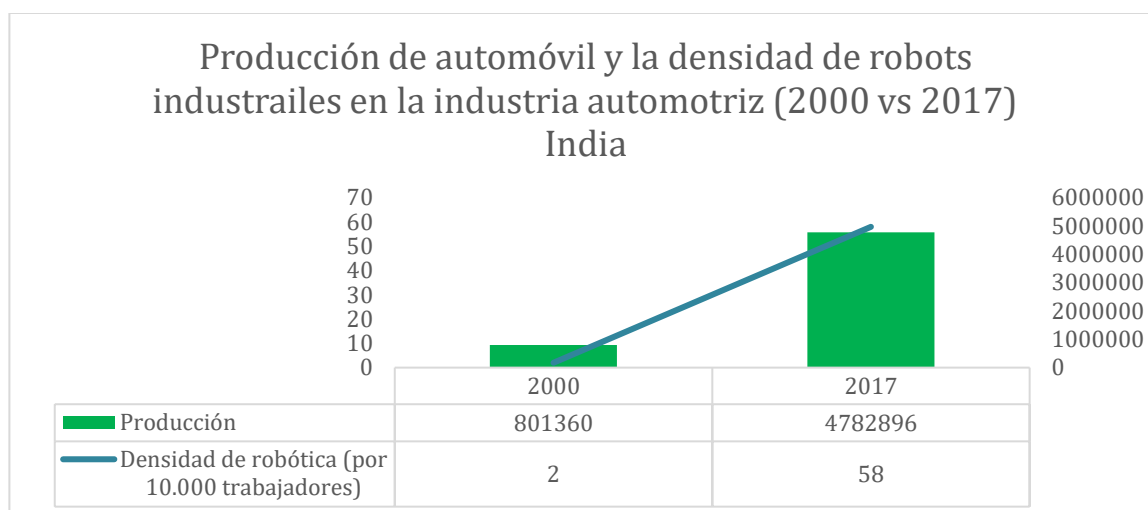
(Gráfica 10)



(Gráfica 11)



(Gráfica 12)



(Gráfica de elaboración propia)<sup>14</sup>

Para los países clásicos en la industria automotriz como Japón, Alemania y Estados Unidos, la inversión en robótica no supone un gran aumento de la producción, sino un cambio estructural en la fabricación, pasado de manufactura de una colaboración entre la mano de obra y máquinas a automatización masiva. Especialmente en el caso de Japón y Estados Unidos, ambos tienen una producción más baja que hace casi 20 años, pero la densidad de robótica ha incrementado casi 10 veces que la cifra de 2010. Si escogemos dos empresas representativas de estos dos países, se podría observar que el beneficio neto igualmente se ha disparado en estos 20 años, considerando la inflación monetaria. Es decir, obviamente se ha presumido un gran ahorro del coste por la implementación masiva de robots industriales. Esta reforma estructural por un lado podría conseguir a bajar el coste de la producción al largo

<sup>14</sup> Datos procedentes de IFR (2017) *How robots conquer industry worldwide. (IFR,2017)*. UNECE. (2000). *The Boom in Robot Investment Continues – 900,000 Industrial Robots by 2003 UN/ECE issues its 2000 World Robotics survey*. Bernie DeGroat. (2001). *U.S. automotive industry generates four jobs for every worker it directly employs. Strong comeback of the robotics industry Estimated worldwide annual supply of industrial robots. (2010)*. Debashis Das. (2018). *Robotics & Automation in a “New” India – Asian Robotics Review*. Oica. (n.d.). *OICA correspondents survey* Statistic, (2018) Toyota Global (2012)

plazo, el ahorro se puede destinar a la fase de diseño y a la investigación de la eficiencia de combustible, con el fin de satisfacer mejor la necesidad del mercado. Por otro lado, la automatización presume una estandarización mayor de vehículos, que permite evitar las desviaciones causadas por factores humanos. Por ejemplo, en la chapistería, los recortes hechos por robots tienen una precisión hasta milímetro, que con máquinas o con la mano de obra es bastante difícil de lograrla. Y para las piezas soldadas, antiguamente siempre tenía que utilizar goma o plástica por encima para tapar las huellas imperfectas causadas por máquinas o humanos, ahora este “maquillaje de carrocería” ya no es necesario.

Japón y Alemania son los países típicos que sufren el envejecimiento de sociedad, la automatización podría aligerar la falta de población activa. El ingreso que se genera por los robots industriales también beneficiará al sistema de pensiones. En el caso de Estados Unidos, la crisis financiera del 2008 estancó un poco la inversión en la robótica para la industria, pero en sólo dos años se recuperó esta demanda, en el 2010 más de 70% de compras en robots industriales proceden de las manufacturas de automóviles.

A diferencia de los países mencionados anteriormente, China e India aún están en la fase inicial de la automatización. Dado que ambos países tenían un gran volumen de población joven y el coste de la mano de obra era relativamente más bajo, no se veía la necesidad de introducir muchos robots industriales al principio del siglo 21. Aparte, la necesidad de satisfacer el empleo para la población menos cualificada también detenía la inversión en la robótica. Sin embargo, el bono demográfico se terminará acompañando de la bajada de la tasa de natalidad y el envejecimiento. Además, una industria que está basada en la mano de obra barata no podría satisfacer la demanda actual del empleo. Por ejemplo, en China, la cifra de graduados de educación superior ya llegaba a un 8 millón de personas, en India es un 20 millón. Ambos países sufren un desempleo relativamente alto de la población más cualificada. Esto significa que el modelo de la industria ha de cambiar en la mayor brevedad posible: debería entrar en la fase de automatización, ofrecer más puestos cualificados para evitar el éxodo intelectual y más bien la estabilidad de la sociedad. (Tabla 13)

(Tabla 13)

	China		India <sup>15</sup>	
	2000	2017	2000	2017
Graduados de educación superior	1.000.000	8.000.000	9.613.161	20.410.701
Graduados de educación superior en porcentaje de la población	0,000000077 2%	9,5%	0,913%	1,5%
Desempleo % de estudiantes de educación superior	0%	12,17% <sup>16</sup>	-	17,5%

<sup>15</sup> Referencias: (Government of India, Ministry of Human Resource Development, 2018); (Worldometer, 2018)

<sup>16</sup> La tasa del desempleo publicada del departamento de estadística China es 4% durante los últimos 5 años. Sin embargo, esta tasa no es muy fiable porque sólo las personas que se han apuntado en el paro están incluidas en el cálculo. Pero en la realidad, la mayoría de los desempleados los está manteniendo su familia, y por la cultura, no suelen apuntarse en el paro. A parte, las universidades tienen la obligación de hacer que los pre-graduados firmen un contrato laboral para conseguir una tasa del empleo 100% por la propaganda de la universidad. Pero muchos de estos contratos laborales se vencen tras la graduación, y los recién graduados han de volver al mercado laboral para buscar una faena. Los datos de esta tabla proceden de las investigaciones no gubernamentales, se han escogido la cifra más conservada. Referencias (Statistic, China, 2010); (Newseeds, 2017); (China Economic History BBS, 2009);(Zhihu, 2018)

Desempleo % de la población sin educación superior	3,2%	6,4%	-	3,1%
----------------------------------------------------	------	------	---	------

En el 2017, la población mayor de 60 años en China alcanzó a un 2,6 billón (China Report, 2018), que representaba un 16% de la población total, y parece que la derogación de política de hijo único no va a frenar este envejecimiento de la sociedad. Esto junto con el desempleo de población cualificada surgen una mayor necesidad de implementación robótica en la industria si China quiere seguir manteniendo su productividad pionera de la manufactura en el mercado mundial y por supuesto es lo que está haciendo: la utilización de robots industriales ha disparado 20 veces más que la cifra del 2000, y actualmente China es el mercado más grande de robots industriales, de lo cual 27% del suministro procede de proveedores locales, y más de 60% es de la importación. En el 2017, una empresa china montó su fábrica con una dependencia de 90% de robots industriales, y consiguió una eficiencia 3 veces más alta que el modelo tradicional de la producción. (China News, 2017) Obviamente, en el futuro, el crecimiento de la economía china dependerá cada vez más de la robótica y la IA.

India tampoco se librará de esta tendencia. Aunque por ahora la edad promedia de India aún se mantiene sobre 20,7 años, tiene una población bastante joven para la industria manufactura. Pero con un 17,5% de desempleo de población cualificada, no hay duda de que India va a enfrentar el mismo problema en el futuro reciente. La automatización será la única salida para que este país pueda liberarse este problema social.

En conclusión, para los países desarrollados, la robótica en la industria automotriz no sólo baja el coste de fabricación a largo plazo, sino también logra a minimizar la desviación inevitable por el factor humano. En cuanto al impacto social, los problemas traídos por el envejecimiento de la sociedad, como la falta de población activa o el aumento del gasto en pensiones se podrían aligerar por la implementación de robots industriales. Pero si ponemos en el lugar de los países reciente industrializados, la automatización no sólo está basada en la consideración de la productividad y el ahorro del coste, sino, una razón más urgente es evitar el éxodo intelectual que podría afectar gravemente en el desarrollo presente.

## ***5.2 Efecto negativo: la desigualdad***

El tema de la sustitución de empleos por las máquinas ya fue discutido entre los trabajadores en la industria textil desde el siglo XIX. Desde la primera revolución industrial, la gente por un lado disfruta de los beneficios y la conveniencia traída por la maquinaria, por otro lado, vive en la sombra de que el avance de la tecnología acabaría con todos los empleos al final.

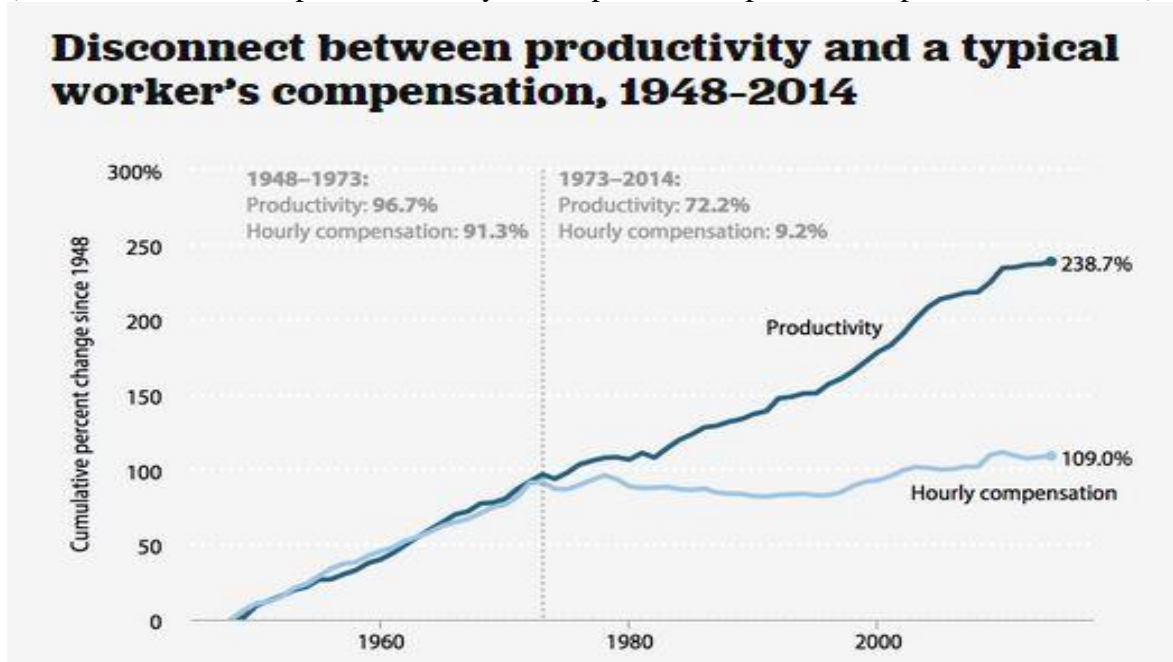
Estamos contentos de que por lo menos hasta ahora los empleos no han desaparecido, en el contrario, la cantidad de puestos y la variedad de trabajos se han expandido masivamente gracias a las innovaciones tecnológicas como electricidad, internet, digitalización etc. El 75% de las profesiones que existen en el día de hoy y más de 95% de los ingresos generados mundialmente no existían sólo hace 100 años, comparando con 10.000 años de la existencia de la humanidad. La manera de trabajar también se ha cambiado estructuralmente, tanto en la industria agricultura, como en la industria de servicios. El ordenador, las maquinarias se están utilizando en todos los puestos de trabajo, y los robots industriales también juegan un papel importante en las industrias de manufactura. Por consiguiente, para el mismo puesto, el

mercado laboral cada vez exige más habilidad y conocimiento, especialmente en el manejo y programación de máquinas y robots industriales.

En los apartados anteriores se ha comentado que el peso del trabajo humano tiene menos relevancia con respecto a la productividad general y el beneficio que obtiene la empresa. Según los datos estadísticos de Bureau of Economic Analysis (BEA) y Bureau of Labor Statistics Latest Numbers (BLS) (Gráfica 14), desde el año 1973, el incremento de la compensación horaria para los operarios ha sido por debajo del incremento de la productividad. La productividad incrementó 72,2% desde 1973 hasta 2014. Comparando con los años antes de 1973 cuando la subida del sueldo de un operario adaptaba bastante al nivel del incremento de la productividad, se puede decir que, en la era moderna, los trabajos en la manufactura son menos percibidos. Si lo recordamos bien, la robotización de la industria justamente empezó sobre los años 70.

(Gráfica 14)

(Desconexión entre la productividad y la compensación típica de un operario, 1948-2014)



Referencia: David Wessel. (2015). *The typical male U.S. worker earned less in 2014 than in 1973*.

Si miramos los datos sobre el valor añadido por hora y el incremento de salarios, respectando un millón de horas de trabajo, en el año 2007, los robots sobre 14 países desarrollados (Tabla 15) incrementan doble que la cifra de 1993, y el valor añadido por trabajo aumenta un tercio mientras la compensación por horas no ha variado. Incluso en muchos países más avanzados en la robótica, los sueldos han bajado.

Tabla 15. El cambio entre 1993 y 2007 sobre los robots, valor añadido y salarios en unidad por un millón de horas de trabajo

Países	Robots	Sueldo	Valor añadido por hora
Australia	0,12	0,15	0,34
Austria	0,61	-0,15	0,32
Dinamarca	1,57	0	0,19

Finlandia	1,05	0,01	0,43
Francia	1,20	-0,06	0,29
Alemania	2,73	-0,24	0,28
Estados unidos	0,97	0,02	0,27
Grecia	0,03	0,05	0,16
Italia	1,39	-0,04	0,17
Países bajos	0,54	0,04	0,24
Corea del sur	1,31	-0,16	0,71
España	1,21	0,26	0,31
Suiza	0,80	0,07	0,46
Reino Unido	0,34	0,05	0,28
<b>Promedio</b>	<b>0,99</b>	<b>0</b>	<b>0,32</b>

(Graetz, G., & Michaels, G. (2015). *Robots at work*.

La preocupación no sólo está en el sueldo. Cuando la participación laboral se reduce hasta un cierto punto que no afectara a la producción total, para los operarios sería más difícil de defender su derecho —ya que hasta ahora la huelga es la acción más efectiva cuando se trata de pedir una mejora de trato laboral. Si una huelga de trabajadores no baja el nivel de la productividad, perderá su importancia y sentido, aparte, los robots sólo se rompen y se sustituyen, pero nunca se manifiestan.

El aumento de la plantilla dentro de la industria sólo está restringido en las profesiones de alta cualificación, como ingenieros, científicos, programadores etc, La mano de obra y los trabajos tradicionales de la industria como técnicos, operario están menos valorados, y tienden a tener una remuneración menos favorable relativamente. Según la publicación de economista Daron Acemoglu y Pascual Restrepo, a través de un modelo estadístico, si en una línea de producción se implementa un robot por cada mil trabajadores, 6,2 personas perderán sus puestos de trabajo y para el resto, el sueldo bajará un 25%. Si llevamos este resultado al nivel nacional, la tasa de empleo reducirá sobre un 18%-34% (Acemoglu & Restrepo, 2017)<sup>17</sup>. La automoción por supuesto podría incrementar más variedad de trabajos, y de condición mejor, pero estos no compensarán a los desempleos afectados por la robótica. La clase obrera actual no tendrá oportunidad de acceder a las enseñanzas sobre las nuevas tecnologías y en el mercado laboral no quedarán otros huecos para los puestos sustituidos por los robots. Entre el año 1990 y el año 2007, más de 670.000 puestos habían sido afectados por la robótica en Estados Unidos, y esta cantidad aumentará en el futuro porque la utilización de robots se doblará en los próximos 20 años. La amenaza de robótica y la IA tendrá un efecto más grave que el conjunto de la externalización, programación, importación. Previsiblemente, 45% de los puestos de trabajo actual serán remplazados para el año 2025, y 140 millones de trabajo se trasladan a otros ámbitos y sectores. (pwc, 2017).

Hay que admitir que no todo el mundo tiene el mismo nivel de habilidad en cierto ámbito. La capacidad de personas varía según la educación recibida, la familia, el estilo de vida, la experiencia, la salud o simplemente por la inteligencia nativa. La mayoría de los trabajos que existen en la actualidad están basados principalmente en prácticas repetitivas y experiencia acumuladas, permiten que una persona logre una habilidad estándar con el tiempo, aunque no

<sup>17</sup> Pascual Restrepo; Daron Acemoglu. (2017). *Automation and local labor markets*.

posea el mismo nivel de habilidad que sus compañeros al inicio. El algoritmo de aprendizaje que se utilizan en los robots y la IA es lo mismo que estas experiencias y prácticas que reciben las personas, pero a través de los datos recolectados, ellos calculan las posibles consecuencias analizando diferentes factores, comparando con los casos anteriores. Un robot no ofrece un mejor resultado que un trabajador en el lugar de trabajo, sólo lo hace correctamente y tiende tener más precisión. La comparación entre desempeño de robots y humanos es más bien cuantitativa. Y los trabajos que posiblemente sean remplazados por la tecnología son los tipos que requieren más experiencia acumuladas y precisión que originalidad.

Los puestos que podrían sobrevivir en el futuro tendrán masiva demanda estarán relacionados con la ciencia, la ingeniería, la creatividad y los contactos comunicativos.<sup>18</sup> Esto depende mucho del cociente intelectual y la inteligencia emocional, que es complicado de lograr y entretener por el sistema de educación del presente, y por la variación de las habilidades congénitas que poseen la personas. Si miramos la preferencia de consumidores en el mercado, a la mayoría de los consumidores no le importa mucho comprar un coche hecho sólo por robots sin intervención humana, pero ellos no pagarían una entrada por un concierto tocado por un robot o un libro escrito por IA. Los camareros, las cuidadoras, los vendedores son los trabajos tradicionales con más posibilidad de sobrevivir en el futuro por los contactos, habilidad comunicativa y valor emocional que tramiten. Habrá más demandas para los programadores, inventores, ingenieros por la implementación masiva de robots, pero los técnicos, operarios, administrativos, que forman el cuerpo principal de la plantilla de la industria automotriz irán a la calle. La robótica y la IA no destruye el trabajo total de la sociedad, pero cambiarán la estructura laboral que tiene en el presente

En resumen, desde los años 70 cuando introdujo robótica en el sector automotriz, los trabajos en la fabricación son cada vez menos valorados. La implementación masiva de robots industriales masiva durante los últimos 40 años también ha agravado la desigualdad entre diferentes profesiones. Los puestos relacionados con la robótica, programas de ordenador, ingeniería, o los que depende mucho de la originalidad o del don estarán más demandados en el mercado laboral. En cambio, en los puestos normales, donde las habilidades se pueden dominar con unas prácticas repetitivas, el trabajo no sólo está despreciado, también está menos demandado en el sector industrial ya que lo puede hacer perfectamente un robot. Es cierto que la variedad de trabajo ha incrementado mucho por el desarrollo de robótica, pero la mayoría de esta variedad está altamente correlacionada con la ciencia y la tecnología. Desafortunadamente, no mucha gente, en particular los trabajadores en la línea de producción no son cualificados para este tipo de trabajo. A lo mejor a largo plazo este problema se podría arreglar con un cambio estructural fundamental del sistema de educación, pero en corto tiempo, la desigualdad tendrá un impacto negativo bastante grave a la sociedad. Esto no se solucionarán con la creación de nuevas profesiones que traen la era de industria 4.0.

### ***5.3 Posibles acciones preventivas y correctivas***

#### ***5.3.1 Impuesto en la utilización de robots.***

El descenso del precio de robots y en consecuencia, su amplia implementación en la industria automotriz no es nada nuevo en la actualidad. En cambio, los salarios han aumentado en los

---

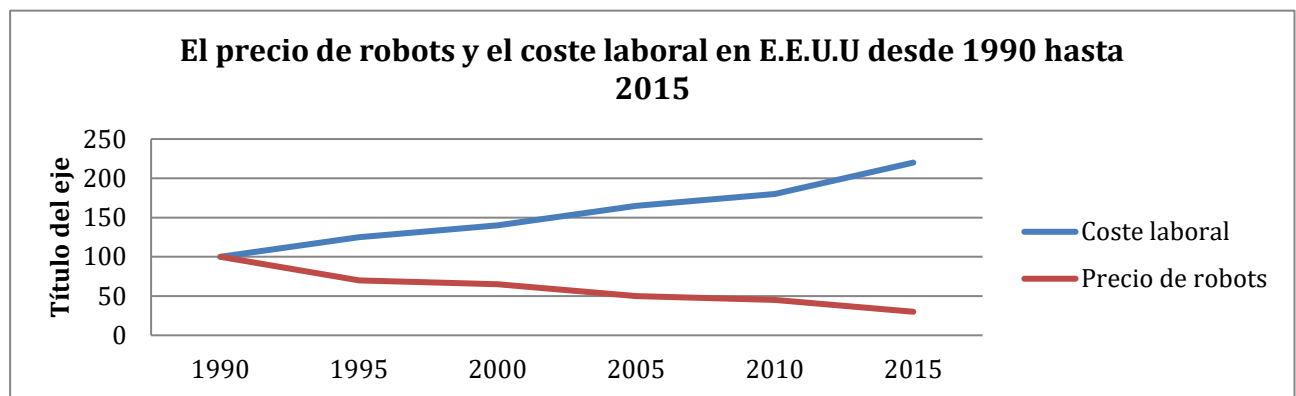
<sup>18</sup> Miguel Ayuso. (2016). Foro de Davos: La tormenta perfecta que sufrirá el empleo en cinco años, según los sabios de Davos.

últimos 15 años. En comparación con el año 1990, que lo establecemos como el año base, el coste laboral se ha duplicado mientras tanto el precio de robots ha caído hasta el 25% de 1990 (Gráfica 16). Este desequilibrio en la industria genera un debate intensivo en la sociedad. Bill Gates, el fundador de Microsoft en una entrevista de 2017 comentó que

*“Nosotros debemos de aumentar el nivel de la recaudación del impuesto y frenar la velocidad de automatización. Porque la tecnología quitará una gran variedad de los puestos de trabajos en menos de 20 años. El impuesto en la robótica puede financiar otros tipos de empleo como la custodia de ancianos y niños que son trabajos más adecuados para un humano”*

Aunque esta propuesta fue rechazada por la Unión Europea porque podría causar un freno del desarrollo de inteligencia, que resultará en una pérdida de competitividad en el mercado mundial, la gente se pregunta: ¿El impuesto en la utilización de robots es realmente efectivo para proteger nuestros empleos y no perjudica al crecimiento tecnológico?

(Gráfica 16)



\* 1990=100%<sup>19</sup>

La teoría clásica de imposición óptima presume dos equidades bajo la implementación de impuesto con el fin de reducir la ineficiencia y la distorsión dentro de la industria. La equidad horizontal requiere que el pago de impuesto debería ser lo mismo para todos los trabajadores con la misma productividad y la equidad vertical sugiere que los trabajadores que generan mayor rendimiento deberían asumir más responsabilidad de impuesto que los trabajadores de menos rendimiento. Si consideramos los robots como “humanos” en la producción, debido su gran desempeño, deberá pagar muchos más impuestos que los trabajadores humanos. Sin embargo, los robots no son comparables a las personas en este modelo de la equidad, ya que no tienen cargas económicas y sociales personales, con lo cual no necesitarán una compensación por su trabajo. La utilización de robots sigue salir ganando que contratar a trabajadores humanos, salvo que el impuesto recaudado iguala o supera a todo el coste laboral para las mismas horas de trabajo humanos, (Robots 24 horas = gastos laborales para 3 turnos contando el incentivo nocturno).

Construimos un simple modelo económico a base de los datos de SEAT, Martorell para saber que, si podemos llegar a tener el coste laboral igual al coste de robot, cuantos impuestos debería “pagar” un robot según su rendimiento con respecto a los humanos. En el calendario de 2018 de SEAT, excepto los 45 días del cierre general de la fábrica (Durante el mes de

<sup>19</sup> \* Gráfico de la elaboración propia. Base de datos: US Social Security data, Mckinsey analysis, Institut für Arbeitsmarkt- und Berufsforschung; IFR; Economist Intelligence Unit



agosto y la navidad), hay 99 días son festivos o fines de semanas y 222 son días laborales. El plus nocturnidad y de festivos equivalente a 2,8 euros/hora para un operario oficial. IRPF es 19%.

Asumimos que la renta básica mensual  $W$  es una función lineal sobre el desempeño  $P$  con un coeficiente  $a$ .  $c$  es un constante.

$$W^*_{operario} = a * P + c$$

De acuerdo con la teoría de imposición óptima, si el desempeño de un robot es  $r$  veces más que un trabajador humano, la renta básica presumida de un robot debería ser:

$$W^*_{robot} = r * a * P + c$$

Robot suele estar en marcha todos los días a 24 horas menos el cierre general de la fábrica. Para igualar a las horas de trabajo de un robot, la fábrica SEAT ha de contratar a 3 trabajadores de jornada completa (40 horas)<sup>20</sup> y 3 trabajadores temporales que sólo para los días festivos y fines de semana (16 horas por semana) Entonces el coste laboral anual para la empresa sería

$$W_{operarios} = 3 * 12 * (aP + c) + 2,8 * 8 * 222 \\ + 12 * 3 * \frac{16}{40} (aP + c) + 2,8 * 24 * 99 + 2,8 * 8 * 99 + 19\% * W_0$$

\* $W=3$  trabajadores de jornada completa + el plus de la nocturnidad para uno de ellos+ 3 trabajadores temporales + plus de festivos para los tres + plus de la nocturnidad para uno de ellos+ IRPF.

Simplificamos la función, obtenemos

$$W_{operarios} = 36 * (aP + c) + 49728 + 14,4(aP + c) + 8870,4 + 19\% * W_0 \\ = 50,4 * (aP + c) + 58598,4 + 19\% * W_0$$

$$(1 - 19\%)W_0 = 50,4 * (aP + c) + 58598,4$$

$$W_0 = \frac{50,4 * (aP + c) + 58598,4}{0,81}$$

El coste anual del robot sería sólo 12 meses de renta básica menos un tipo impositivo  $t\%$  por su rendimiento. Porque el salario de robot no se paga realmente, entonces este "coste" presumido se puede considerar como un ahorro (un ingreso) para la empresa SEAT. En cambio, el impuesto sí que lo tiene que pagar al estado, lo asumirá la empresa como un gasto<sup>21</sup>.

$$W_{robot} = 12 * (r * aP + c) - t\%W_{robot}$$

$$(1 + t\%)W_{robot} = 12 * (r * aP + c)$$

<sup>20</sup> Aquí no contamos las horas extras porque el desempeño de un trabajador humano suele empeorar cuando trabaja más de 8 horas, y el pago por hora extra supera el plus de festivo.

<sup>21</sup> En este modelo no se considera el coste adicional ni el iniciativo como la inversión de robot, agua, electricidad, mantenimiento.

$$W_r = \frac{12 * (r * aP + c)}{(1 + t\%)}$$

Igualamos las dos funciones

$$W_o = \frac{50,4 * (aP + c) + 58598,4}{0,81} = W_r = \frac{12 * (r * aP + c)}{(1 + t\%)}$$

$$\frac{50,4 * (aP + c) + 58598,4}{0,81} = \frac{12 * (r * aP + c)}{(1 + t\%)}$$

$$\frac{1}{(1 + t\%)} = \frac{50,4 * (aP + c) + 58598,4}{0,81 * 12 * (r * aP + c)}$$

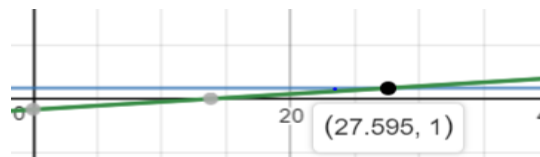
$$(1 + t\%) = \frac{9,72 * (r * aP + c)}{50,4 * (aP + c) + 58598,4}$$

$$t\% = \frac{9,72 * (r * aP + c)}{50,4 * (aP + c) + 58598,4} - 1$$

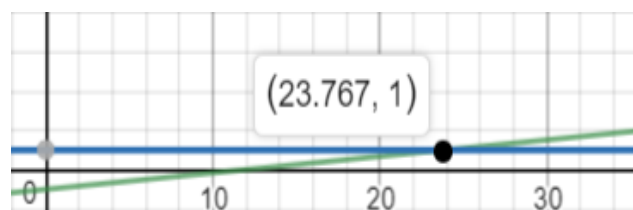
Como C es una constante irrelevante, la podemos sacar fuera. La ecuación al final quedará como.

$$t\% = \frac{9,72 * (r * aP)}{50,4 * (aP) + 58598,4} - 1$$

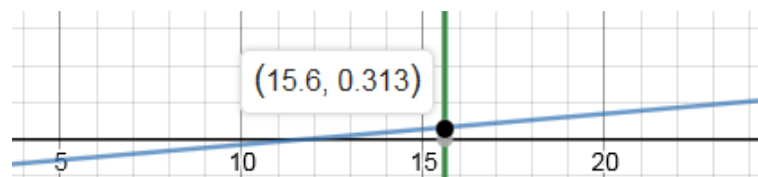
Si la renta básica (aP) es 700, obtenemos el gráfico. Se puede observar que cuando el rendimiento de robot está superado a 27,595 veces que humanos, el impuesto llegará un 100% del rendimiento de robot. Es decir, para igualar el coste laboral al coste del robot, la empresa ha de entregar el 100% del ahorro del "sueldo de robots" al gobierno.



Si la renta básica (aP) sube a 900 €. El robot excede 23,767 veces más que el desempeño del operario requiere que el impuesto supere 100% para poder eliminar el gap entre el coste laboral y el ahorro del sueldo de "robots". La subida de renta significa un margen más pequeño para la empresa que se pueda beneficiar por este ahorro.



Mantenemos el nivel de la renta básica, actualmente el promedio de la productividad de un robot es 15,6 veces que un operario humano, el tipo impositivo para la igualdad entre el coste del salario y el coste de robots ha de ser 31,3%, entregando más de un tercio del “beneficio” ahorrado.



Además, se puede observar claramente que, en este modelo, si la renta básica sube, el impuesto de la robótica también lo han de subir. Como “el ahorro” del sueldo no es ningún ingreso visible para la empresa, para poder pagar este impuesto, las dos soluciones que pueden recaudar este dinero a pagar el estado es 1. Bajar el salario de trabajadores. 2. Reducir la plantilla. La primera opción vuelve a dejar a los robots en un sitio más competitivo, de acuerdo con la histéresis de la implementación impositiva. La segunda hace que la producción baje, que tanto afecta al ingreso de la empresa como a la producción. Entonces el ingreso de trabajadores no se incrementará, sólo causará un desempleo destructivo a los puestos más cualificado o creativos que no contribuyen directamente a la fabricación de vehículos, como I+D, ingeniero o el departamento de marketing

Como este impuesto disfrazado al final lo pagará los propietarios de robots, desincentivando la inversión y renovación de robots, eso resulta en una bajada de productividad en todas las empresas manufactureras. Ningún caso de los anteriores es lo que esperábamos con la implementación de impuesto en la robótica.

En el informe de trabajo publicado de “*National Bureau Of Economic Research*”<sup>22</sup> por los economistas Joan Guerreiro, Sergio Rebelo y PEDRO Teles en el septiembre de 2017. Ellos también confirman que la recaudación impositiva en el robot podría causar una substancial deficiencia a través de los modelos estadísticos.

“Es cierto que el aumento de la tasa del impuesto para los trabajadores de rendimiento alto o imponer un impuesto de la robótica podría deducir la desigualdad del salario, pero asumiendo el coste de la pérdida de eficiencia y destruyendo los puestos de trabajos temporales (los trabajadores del rendimiento bajo. Si el gobierno modifica su sistema fiscal añadiendo un bono independiente del salario con el ingreso coleccionado de impuesto del robot, sólo beneficiará a las empresas que tienen automatización parcial. Para las industrias que requieren automoción completa como el sector automotriz, no será óptimo aplicar este impuesto.”  
(*Should Robot be taxed?*, 2017, p.37)

### **5.3.2 Revolución de educación**

*Los analfabetos del siglo XXI no serán aquellos que no sepan leer ni escribir, sino aquellos que no puedan aprender, desaprender y reaprender*

*Alvin Toffler*

Aunque en las publicaciones de últimos años, se ve un incremento de la plantilla en la industria automotriz, desafortunadamente, la mayoría de los trabajos, especialmente los puestos tradicionales en este sector no han sido considerados en este aumento. Según la

<sup>22</sup> Guerreiro, J., Rebelo, S., & Teles, P. (2018). *SHOULD ROBOTS BE TAXED?* Cambridge

publicación de *Economist* (2018), más de 50% de las profesionales que existen en el día de hoy pueden estar automatizado por los robots en 20 años, y muchas industrias ya tienen una masiva implementación de Robots y van integrando más programas inteligentes en los 5 años que vienen. Sin embargo, tanto la educación primaria como la educación profesional no están preparadas para adaptarse a esta tendencia. Es cierto que en los últimos 10 años se ha integrado bastantes accesorios tecnológicos en la enseñanza, pero la educación misma no se ha liberado de un modelo disciplinario, que requiere más uniformidad que la originalidad, divorciado del mercado laboral real. Más aún, las personas que no son adaptativas en la educación superior se encontrarán un problema mucho mayor en el mercado laboral del futuro, le falta el acceso a un aprendizaje continuo en el trabajo, tiene la mayor posibilidad de quedarse obsoletas enfrentando este cambio enorme de la tecnología moderna. El problema que tenemos en actualidad no es el empleo mismo, sino, la educación que hemos dado a los estudiantes y aprendices en la era de automoción y robótica. Y la responsabilidad la tienen también las empresas y la industria.

La robótica y el desarrollo de la IA han dejado a las empresas manufactureras en un dilema bastante grave entre la productividad y la ética. Las empresas automovilísticas se ven obligadas a optimizar los procesos de producción incrementando el nivel de automatización y dedicarse más en la innovación e investigación para poder sobrevivir en el mercado tan competitivo. Pero, por la moralidad y la ética, también debería mantener ciertos puestos repetitivos, sucios, monótonos para los empleados menos cualificados, aunque con los robots industriales podrían conseguir un resultado mejor. Preguntamos, ¿esta es la única solución de proteger a la gente que no sea adaptativa /fuera fracasada en el sistema educativo? ¿Es posible encontrar una manera ventajosa para ambas partes, mejorando la habilidad de los empleados y la productividad conjuntamente? Porque como ya sabemos en el siglo 21, los estudios al inicio de los 25 años de la vida no son suficientes para adaptarse al cambio brutal de tecnología.

Durante las visitas a los talleres de fábrica en la SEAT, especialmente en la Chapistería y la prensa, se pueden observar que la mayoría de trabajo lo está realizando por los robots industriales. Los únicos tres puestos que se han mantenido son la alimentación de robots, el desplazamiento y la traslación de componentes acabados. En concreto, el primer trabajo es únicamente colocar las piezas necesarias encima del “comedero” de los robots industriales, ni hace falta ponerlas en orden. Los robots mismos van cogiéndolas durante su operación. El segundo, bajar las piezas acabadas de la cadena y las cuelgan en una estantería. El tercero, trasladar estas estanterías en el sitio del almacenaje para la transportación posterior. Ninguno de estos operarios se encarga del control o de la gestión del procedimiento, porque esta tarea se ha trasladado al departamento de técnico e IT, que están ubicados alrededor de la fábrica. Obviamente, todos estos trabajos dentro de los talleres se podrían hacer por unos robots sencillos con una eficiencia más alta. Se han mantenido por la responsabilidad moral a la sociedad. Es cierto que, gracias a los robots industriales, los trabajadores se han liberado de las tareas pesadas y peligrosas, pero también están excluidos de las operaciones esenciales y la responsabilidad clave de la producción, esto es justamente en contrario que los comentarios a favor de la automatización procedente de muchas entrevistas, noticias: los operarios se sienten más valorados en la línea de producción.

Muchas explicaciones interiores la describen como una consideración principalmente a los operarios de edad más avanzada que llevaban toda la vida en la producción antigua, y aún tienen la carga familiar. De todo modo, no durarían mucho tiempo estos puestos, cuando se jubile esa generación, estaría todo automatizado. Esta explicación es comprensible para los de la edad avanzada, pero desafortunadamente aún se encuentra un porcentaje bastante alto de operarios jóvenes en estas fases de producción, repitiendo la misma tarea que hace 100 años,

haciendo un trabajo que probablemente se acabará en 5 años. Recordamos que antes de la era de robotización, la acumulación de experiencia laboral es la segunda oportunidad para los operarios que no eran adaptativos en el sistema educación. Pero ahora, después de estos 5 años, ¿Qué podría hacer ellos? ¿Qué habilidad útil han desarrollado en esta experiencia? Este problema no es un asunto únicamente para los operarios, las empresas de manufactura lo enfrentarán en menos de 10 años. Según las consultorías, 3,5 millones de puestos de trabajo estarán altamente demandados en la industria, pero por “la brecha de capacidades”, 2 millones de ellos no podrían estar completamente cubiertos. (Deloitte, 2017; *Centre of Automotive Research*, 2017)). Mantener estas posiciones de trabajo es una ayuda a corto plazo, pero si la industria quiere tener unos trabajadores que tengan conocimientos y experiencias, y son adaptados al nivel tecnológico de la producción, en el lugar de mantener los puestos de trabajos, debería enfocar más en la mejora de habilidad de los operarios, hacer que ellos crezcan y aprendan más que los que proceden de la rutina diaria.

### ***Iniciativa STEM***

El nombre STEM proceden de los cuatros términos en inglés “Ciencia, Tecnología, Ingeniería y Matemáticas”, que actualmente la enseñanza de STEM se encuentra más en la educación superior. Iniciativa STEM propone un estudio alternativo de la universidad o de la educación superior, y ofrece enseñanza de estos cuatros términos a los trabajadores independiente de su nivel de educación, evitando la ruta tradicional costosa y filtrada: escuela secundaria, bachillerato, universidad. Porque con el desarrollo de la tecnología, la habilidad y el conocimiento de robótica y programing no es sólo una cosa exclusiva para los estudiantes de la universidad, sino, todos los operarios, trabajadores en la industria debería conocerlos en la industria 4.0. Aparte de esto, la iniciativa STEM podría complementar a los estudios de educación superior, porque bastante de ellos no tienen suficientes oportunidades de incorporar los sistemas de automatización del mundo real que se está utilizando en la industria

La iniciativa de STEM en realidad no es nada nuevo, las escuelas de aprendices montadas por las empresas automovilísticas podrían ser un modelo original de este tipo de enseñanza. Los fabricantes mismos implantan un centro de estudios basado en todas las necesidades propias, podrían simultanear la enseñanza a la mayor proximidad posible a la actividad profesional y prometen un porcentaje alto de la incorporación en la empresa posteriormente. Sin embargo, este tipo de escuelas tienen un límite de edad para la matrícula, como hasta 22 años (la edad más común de realizar la formación superior), es decir, “obligando” a los jóvenes recientes graduados de la escuela básica decida su futura trayectoria a la mayor brevedad posible, y cerrar la puerta a las personas pasada de la edad que quieran cambiar su profesión o a los trabajadores quienes quieran mejorar su nivel técnico en la línea de producción. Entonces, surge la necesidad de cubrir esta demanda, que debería ser un centro de estudio universal para todo el mundo.

La iniciativa de STEM moderna es más parecida a las escuelas de idiomas, se colaboran con las asociaciones de sistema industrial, robots industriales y por supuesto con las fabricantes grandes de automóvil para proponer un nivel oficial dentro de la industria sobre el conocimiento técnico de robótica y una enseñanza más adecuada para adaptar las necesidades reales de las empresas o la tendencia tecnológica de la industria. Comparando con las escuelas tradicionales de formación profesional, este modelo estará más cerca al mundo real de la industria, y los contenidos de enseñanza se actualiza a una frecuencia más alta por la colaboración con las empresas de robots, con lo cual, las empresas podrían contratar a los operarios más preparados para el trabajo y ahorra el tiempo y el gasto en la formación inicial.

Un ejemplo de Iniciativa STEM es el centro de carreras RAMTEC en Ohio, el centro de educación robótica más grande y completo en el Estados Unidos. La matrícula está abierta tanto para los estudiantes de secundarias, bachilleratos como para los trabajadores de la industria. Como las escuelas de idiomas, en el centro de educación robótica, los estudiantes podrían elegir cursos iniciativo, intermediario o avanzado. Al final tras realizar los exámenes, obtendrían certificados reconocidos por la industria como CNC<sup>23</sup> u otros certificados de robótica. Los cursos durarían aproximadamente 32 horas, que cubre toda la enseñanza y conocimiento necesarios para un operario de la industria. En las clases, los estudiantes podrían utilizar los mismos equipos que se están utilizando las empresas industriales, y han de realizar sus prácticas en las fábricas grandes de industria manufacturas para poder finalizar este estudio. Según las últimas publicaciones y noticias de Ohio, los estudiantes con un curso realizado en este centro tienen un plus en la búsqueda de trabajo, porque ya saben cómo manejar los equipos, los robots y las máquinas antes de entrar en el mercado laboral.

### *Academias Internas*

El aprendizaje continuo es la clave en el sector industria del día de hoy, como el problema que se ha mencionado antes: la experiencia acumulada por el trabajo realizado ya no porta el mismo valor que en el tiempo antiguo en el sector automotriz, un operario que lleva 35 años en la fabricación probablemente se queda obsoleto enfrentando la implementación de nuevos gigantes robots industriales o los robots colaborativos. En este caso, las empresas automovilísticas tienen la obligación de ofrecer unos cursos para formar a sus empleados, como cursos de codificación, big data, IA. Por ejemplo, en SEAT, Martorell, existe cursos gratuitos para los operarios que quieran ascender a un nivel más alto, o unos cursos de formar líder de la línea de fabricación. Ellos tienen la oportunidad de gestionar su jornada de trabajo para adaptar el horario de cursos. En la empresa Ford, ellos ofrecen un plan de estudio personal a sus empleados donde contiene enseñanza virtual, clase física y tutoría interna. Este puede ayudar a los empleados conozcan su posición y nivel de conocimiento dentro de su ámbito de la industria, y les guía realizar ciertos cursos para maximizar el rendimiento en su trabajo.

No podemos decir que la iniciativa STEM y las academias internas son las soluciones perfectas para enfrentar la brecha de capacidades, pero estos dos modelos de educación permiten que las empresas salgan del dilema que existe actualmente, que ellos podrían seguir el camino de innovación y automatización respetando la moralidad y la ética, mejorando las capacidades de los empleados presentes y las posibles incorporaciones en el futuro.

---

<sup>23</sup> El certificado oficial de programing y la mecanización de los sistemas industriales.

## 6. Futuro previsto

### 6.1 Producción

No es nada nuevo hablar de robótica en la industria automotriz, desde el inicio de la industria 4.0, este sector es reconocido por su exitosa experiencia en la implementación de robots y la mayor eficiencia que ha logrado en los últimos 40 años. Hoy en día, la robótica se refiere no sólo a la utilización de robots, sino a la comunicación y el autoaprendizaje mediante una combinación de la informática en nube, sistema Cibernético-físico (CPSs), el internet de los objetos (IoT). Gracias a ello, los procesos de la línea de producción se convierten más flexibles, inteligentes y reconfigurables frente a un mercado global más dinámico. (Ray Y. Zhong, Xun Xua, Eberhard Klotz, 2017)

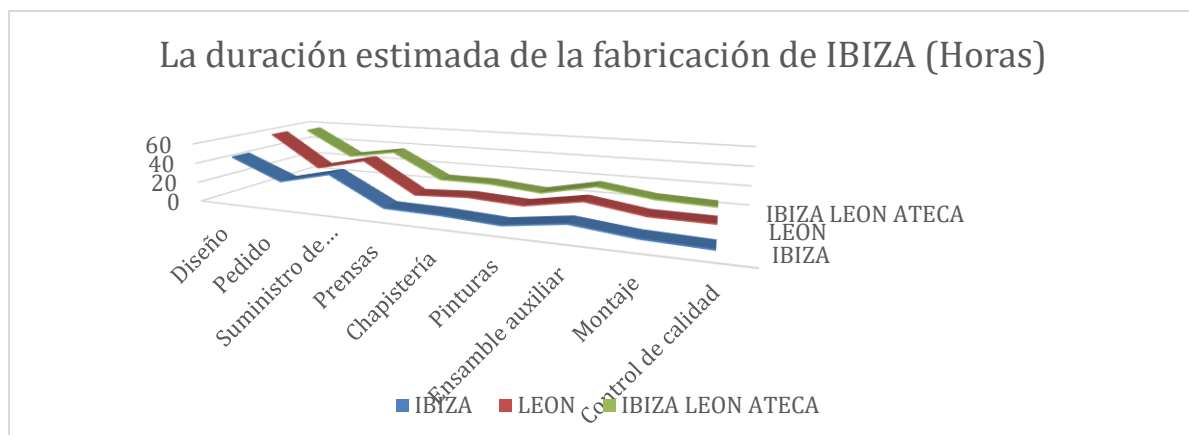
#### *Cobots*

Con el objetivo de ayudar a los operarios humanos, los Cobots (Robots colaborativos) se han introducidos en muchas plantas de fabricación, especialmente en Alemania, Japón, las sociedades con un problema mayor de envejecimiento. En comparación con los robots tradicionales que suelen ser más pesados, los Cobots son de un tamaño mucho menor, y más flexibles para adaptar las necesidades de los operarios. A parte, la posibilidad de liberar a los empleados humanos de las operaciones extenuantes y perjudiciales para la salud también se ha convertido en un factor importante para las empresas de automóviles. La implementación de Cobots no sólo beneficia a la productividad, sino también ayuda a las empresas a ahorrar un gasto extra en la protección de empleados ante operaciones peligrosas.

#### *Informática en nube*

La informática en nube se refiere a que los datos y información de cada punto de fabricación se comparten enseguida por toda la producción por el intranet. Este modelo debería cubrir todo el ciclo de vida de un producto, desde el diseño inicial hasta el mantenimiento final, que facilita la previsión del tiempo de la producción, la logística y la entrega de vehículos a los consumidores finales. Aparte, la duración de cada fabricación se conserva en un programa que permita el cálculo y análisis para estimar el tiempo estimado para la siguiente producción o el siguiente modelo. La informática en nube no sólo ayuda a la empresa a gestionar mejor la conexión entre cada proceso sino también ofrecer una base de información para la producción futura, y mejorar los puntos que tengan más retraso. En VW Alemania y SEAT España, este modelo estará puesto en marcha antes de 2019.

(Gráfica 17)



(Tabla 19)

Chapistería	36 horas (90%)
Pinturas	47,3horas (87,5%)
Ensamble auxiliar	67 horas (75,4%)
Montaje	68 horas (97,5%)
Control de calidad	72 horas (85,7%)

La primera gráfica es un ejemplo de la duración estimada de cada punto de fabricación basado en los datos históricos. Una vez el tiempo de una fase supera el promedio necesario para este modelo, la información se transmite directamente a las fases siguientes para que adapten la velocidad global evitando la sobreproducción y la espera.

La tabla es un ejemplo del determinado vehículo en curso que indica la precisión de las horas que tardarían para terminar esta fase. Por ejemplo, en la Chapistería la precisión es 90% para finalizar este proceso en 36 horas a base del análisis estadístico.

### ***Sistema Cibernético-físico (CPSs)***

El sistema Cibernético-físico se trata de un principio avanzado en el que los recursos de producción sean detectables, interconectables e interactivos entre sí de forma automática y adaptativa durante toda la fabricación y la logística, donde se especifican la conexión entre “Trabajador y trabajador”, “Trabajador y robots” y “Robots y Robots.”. La comunicación entre sí se convierte en una información inmediata, visible con el objetivo de aumentar la precisión de cada fase de la fabricación. Además, el sistema Cibernético-físico facilita la inter-inspección dentro de cada procesamiento, con lo cual, podría evitar la confusión, error, y anticipar la desviación en el posterior.

### ***Internet de los objetos (IoT)***

Diferencia a CPSs, el internet de los objetos se enfoca más en la conectividad entre los equipos, tanto para las máquinas como los programas y los robots. Mediante diferentes sensores, actuadores o programas, los equipos se comparten e intercambian los datos coleccionados durante la operación. Actualmente en la industria automotriz los equipos sólo poseen la función de identificación de objetos y un intercambio sencillo de datos. Con el IoT, el intercambio de información se aplicará a todos los equipos y ellos mismos filtran las informaciones recibidas. A parte, esta masiva compartición de datos permite que los robots corrijan los errores entre sí y auto-aprendan para poder ejecutar la futura operación en una manera optimizada.

## ***6.2 Productos y servicios***

### ***Conducción autónoma***

La conducción autónoma es uno de los proyectos claves para la mayoría de fabricantes de automóviles. Los vehículos pueden guiarse a sí mismos sin ninguna interrupción de humano cuando se encuentran en el modo de autopiloto gracias a la utilización combinada de los sensores, gps y la IA. Los fabricantes creen que, con la conducción autónoma, se puede llegar a corregir los errores de los humanos durante la conducción porque 90% de los accidentes son causados por el manejo de conductores.<sup>24</sup>

---

<sup>24</sup> La publicación de “La Organización Internacional de Prevención de Accidentes de Tráficos” 2018



Existe una clasificación específica del nivel de la automatización con respecto a esta tecnología. (SAE) Se han de contestar las siguientes preguntas

- ¿Quién controla el movimiento del vehículo? Es el coche mismo o hace falta la intervención del humano.
- ¿Quién se encarga de la reacción y respuesta ante la condición distinta del tráfico? Es decir, cuando se enfrente a un obstáculo, es el coche mismo o la persona maneja el desplazamiento del vehículo
- ¿Quién actúa ante un fallo del funcionamiento automatizado? El coche mismo puede detectar un error de funcionamiento, y lo corrige enseguida o hace falta la intervención humana.
- El nivel del reconocimiento de la condición del tráfico y el aprendizaje. Por ejemplo, si se ha cortado un tramo de carril por una obra ocasionalmente y no está enseñado en el GPS, el vehículo puede reconocer esta situación o no. Y en la segunda vez que circula por este ramo, sabe evitar este problema o ha de volver a reconocerlo otra vez.

Los simuladores y las carreteras cerradas no son ideales para la investigación y el estudio de la conducción autónoma. No como la manufactura de otros tipos de coche, el objetivo esencial de la fabricación de los vehículos autopilotos es la perfecta integración en el tráfico de la realidad, y lo más importante, el vehículo sabe detectar las incertidumbres ocurridas en el tráfico y puede reaccionar a tiempo. Desde 2015, muchas empresas han empezado las pruebas de sus vehículos en las carreteras públicas, lamentablemente el resultado no es tan positivo como los de laboratorios. Muchos vehículos no pueden distinguir claramente los obstáculos en la carretera, o han reaccionado de una manera inadecuada durante enfrentando una situación compleja.

Arizona, una ciudad de Estados Unidos ha suspendido las pruebas de vehículos autopilotos en la carretera tras el accidente mortal causado por un vehículo autónomo de Uber en el mayo de 2018. Según la investigación interna de la empresa, el programa autopiloto instalado en este vehículo sí que detectaba la víctima, pero reaccionaba más lento porque la clasificaba como un “Falso positivo” ---parecida a una bolsa plástica. Las empresas de vehículos autónomos pueden ajustar la sensibilidad a los movimientos en la carretera, sin embargo, el grado de la sensibilidad es todavía complicado de determinar, porque el vehículo no puede parar cada momento cuando detecta un objeto sospechoso tampoco puede circular a la mayor velocidad ignorando todos los obstáculos que posiblemente interrumpen la conducción. Los fabricantes de automóviles como Ford, Volvo, Toyota y Volkswagen confiesan que aún no es la hora de realizar el experimento en las carreteras públicas, y necesitan más tiempo para el desarrollo de los vehículos autónomos.

### ***Compartición de vehículo***

Compartir el vehículo es una opción alternativa de la compra y el alquiler de automóvil. Esta idea apareció en el año 1948, Zurich (Suiza) denominada como “*Selbstfahrgemeinschaft*” y principalmente es para la gente que no tenga la capacidad económica de poseer un vehículo. Desde entonces han salido muchos proyectos como “*Procotip*” de Francia (1971---- 1973), “*Witkar*” de Amsterdam (1974—1988) etc. Pero casi todos ellos duraban poco tiempo por la mala gestión financiera y la falta de economías a escala. Para que un proyecto así pueda obtener beneficio, su mercado debería ser muy grande en el lugar de poder mantener el precio económico junto con las condiciones necesarias cumplidas como “Aparcamiento gratuito”, “Mantenimiento de coches” “Seguro incluido” y “Combustible incluido”. Una empresa pequeña o privada no suele tener esta capacidad, especialmente enfrentando las gigantescas

empresas automovilísticas y sus propagandas de compras de vehículo en este mercado bastante competitivo.

Debido a la contaminación causada por el exceso de tráfico y el invento de automóvil autónomo, otra vez la compartición de vehículos vuelve a estar de moda, y esta vez los protagonistas son el gobierno, los fabricantes automóbiles y las gigantescas empresas de e-commerce. Sólo en 2016, el mercado de este servicio alcanzó un valor superaba de 60 billones de dólares por todo el mundo. China y Estados Unidos son los dos mercados más grandes con respecto a un valor de 24 billón de dólares y 23 billón de dólares, en comparación, por la protección de taxis legales, Europa sólo tiene un mercado de 6 billón de dólares. (McKinsey&Company, 2017) El modelo actual de compartir el vehículo aún depende mucho del propietario de vehículo, quien domina la gestión de trayectoria. Además, tras el caso mortal de la violencia entre el pasajero y el conductor, se ha elevado la preocupación con respecto a la seguridad, la regulación y el control de los ofertantes<sup>25</sup>.

Los fabricantes de automóviles van un paso más allá que los modelos actuales de compartición de vehículos. Por ejemplo, el Ford en el 2016 lanzón un proyecto sobre un leasing para 3 hasta 6 personas de su vehículo para satisfacer las necesidades que surgen en el mercado: Hay gente no necesita el vehículo para todo el tiempo, pero prefiere tener alguna parte de la propiedad. (Ford, 2016) Tesla también lanzó 50 taxis autónomos en Dubai el 2017 para promover el modelo de compartición de vehículos. (Tesla, 2017) Otro ejemplo destacable de vehículo compartido y autopiloto es el coche eléctrico SEDRIC desarrollado del grupo Volkswagen. Con una aplicación de móvil, el SEDRIC puede ofrecer al pasajero una transportación puerta a puerta a cualquier hora de día, y permite que sea compartido con otros pasajeros para el mismo trayecto. Este proyecto será gestionado directamente por los fabricantes de vehículo, con lo cual no sólo cubre el coste de mantenimiento sino también abre un mercado nuevo para esta industria clásica que están enfrentando bastante críticas por la contaminación, la congestión y el sobre consumo. (Volkswagen, 2018)

### **6.3 Industria general**

En las últimas décadas, la reducción del coste de producción de automóviles ha aumentado la posesión los vehículos privados y tráfico individual, resulta en una expansión acelerada de urbanización acompañada de unas masivas construcciones de carreteras. Sin embargo, la excesiva densidad de vehículos y carreteras no es nada favorables tanto para el medio ambiente como para los humanos mismos. La gente pasa más tiempo sentada dentro del vehículo, enfrentando los atascos de tráfico, la dificultad de encontrar parking y las contaminaciones caudas por la emisión de vehículos.

En consecuencia, las ciudades grandes empiezan a imponer una restricción más estricta hacia la circulación de automóviles para aliviar este “dolor urbano”. Por ejemplo, en China, la circulación de un vehículo tanto entre semana como fin de semana por las áreas restringidas depende de su último número de la matrícula. Es decir, si es un día de número 4, los vehículos que tengan otros números en su matrícula tienen el acceso prohibido en ciertas zonas. En Europa, las ciudades como París, Barcelona empiezan a restringir los vehículos de Diesel fabricado antes del cierto año circular por las zonas medioambiental.

---

<sup>25</sup> Una joven fue asesinada y violada por el conductor en su trayectoria del servicio de compartición de vehículo el 8 de mayo, 2018, Zhengzhou, China La República. (2018). China: Conductores de taxi deberán pasar por reconocimiento facial | Mundo | LaRepublica.pe.

Enfrentando estas restricciones y el problema de contaminación, la mayoría de las fabricantes automovilística se han comprometido a crear una sociedad respetuosa al medioambiente a través de las ideas claves: movilidad eléctrica, conducción autónoma y la conectividad de vehículos. Esto significa que los fabricantes automóviles deberían cambiar su “piscina del ingreso” procedente del modelo tradicional de la industria---las ventas de vehículos privados y concentran más en los servicios que puedan ofrecer para los pasajeros. Además, en la época de digitalización e IA, la industria ha de comprender el modelo lineal de la fabricación tradicional, que ha sido desarrollado desde hace 100 años ya no es suficiente de adaptar la necesidad de mercado. Lo debería combinar con las metodologías ágiles, que sea más flexible, más rápida y más iterativa tanto para la producción como para la parte administrativa. Este nuevo modelo llevaría a cabo una productividad más alta en la digitalización y el desarrollo de programas, y para poder lograr esto, es urgente y necesario integrar mucho más ingenieros y programadores talentos a la producción.<sup>26</sup>

---

<sup>26</sup> Mckinsey Podcast. (2017). *How the auto industry is preparing for the car of the future* |

## 7. Conclusión

El desarrollo de la industria automotriz siempre ha estado muy vinculado a la tecnología avanzada. Los éxitos que han logrado los fabricantes automovilísticos conocidos en la historia dependían bastante de la renovación de la producción, la estandarización y la alta sensibilidad a la demanda del mercado. Estos éxitos se pueden trasladar a la industria 4.0. La robotización y la IA permiten que las empresas alcancen una mayor eficiencia en su producción y conozcan mejor la necesidad del mercado. Además, el aumento del coste de la mano de obra requiere que las empresas aceleren el proceso de automatización y dediquen más inversión a la innovación para sobrevivir en el mercado tan competitivo.

Sin embargo, la robotización y la IA tienen sus efectos positivos y negativos. Por un lado, podrían mejorar la estandarización de productos, haciendo que los operarios se liberen de tareas peligrosas, pesadas y monótonas y beneficiar a la sociedad que se encuentre en una fase de envejecimiento. Por otro lado, en los tres casos que se han mencionado en este trabajo, tanto en China, como en Estados Unidos y Alemania, la robotización y la IA afectan negativamente a ciertos empleos, especialmente los trabajos en la línea de fabricación donde no se exige elevada educación académica, o donde las tareas se podrían realizar por los robots industriales obteniendo un mejor resultado. Es verdad que la tecnología al final podría traer más puestos de trabajo en diferentes ámbitos como sucedió en anteriores revoluciones industriales, pero esta aceleración de tecnología estimula la aparición de “la brecha de capacidades” en el futuro: el desajuste entre capacidades que disponen las personas y la necesidad real de las industrias. En consecuencia, se aumentará la desigualdad de la sociedad.

Existen muchas opiniones respecto a este problema, y la más famosa es la recaudación del impuesto en la robótica. En este trabajo se ha construido un modelo matemático sencillo basado en los datos de la SEAT para analizar la eficacia de este impuesto. El beneficio monetario que puede traer un robot a la empresa es el ahorro en la remuneración que debería pagar a los empleados humanos. Entonces el impuesto robótico es hacer que las empresas entreguen parte de este ahorro al estado o a la región, para poder igualar el coste de trabajadores humanos y el coste de robótica. Se puede estimar que un robot equivale a tres trabajadores de jornada completa y tres de jornada parcial (Sólo los fines de semana). El resultado final muestra que la eficacia del impuesto está altamente vinculada con la renta básica del empleado y el rendimiento de los robots. Cuando la renta básica y el rendimiento de los robots son más altos, el impuesto es menos eficaz para igualar el coste de robots al coste de trabajadores humanos. Y si la eficiencia de un robot supera por varias veces el rendimiento humano, el impuesto perderá su importancia, porque siempre la implementación de robots saldrá más económica que el contrato de trabajadores humanos.

La otra solución correctiva es mejorar la habilidad de los trabajadores presentes y los futuros. La industria y las empresas automovilísticas deberían ofrecer oportunidades a los operarios para que conozcan y sepan manejar los equipos de tecnología avanzada que se están utilizando en las fábricas. A partir de la educación profesional y los títulos técnicos que existen, surge la necesidad de crear un certificado relacionado con la robótica y abrir centros de educación robótica donde se pueda asimilar la enseñanza a la necesidad real de las empresas, independientemente de la educación previa que tienen los estudiantes. En paralelo, dentro de las empresas, deberían proponer ciertos cursos que sean adaptativos a la jornada de trabajo con el fin de lograr un aprendizaje continuo para todos los trabajadores.

La industria automotriz está experimentando un cambio estructural debido a cambios en la demanda del mercado. Junto con el desarrollo de la conducción autónoma y de los vehículos ecológicos, el mayor ingreso de las empresas automovilísticas dependerá más de los servicios

que ofrecen que de las ventas de coches privados. Los vehículos compartidos, taxis autopilotos o los automóviles personalizados ya no serán ningún cuento chino en los próximos 20 años.

## 8. Fuentes de información

- 1 Abolhassani, A. (2016). *Productivity enhancement in North American automotive industry. International Journal of Productivity* , 65(8), 1112.
- 2 Aboukinane, C. (2007). *A qualitative study of creative thinking using experiential learning in an agricultural and life sciences course. ProQuest Dissertations and Theses*, (December), 147.
- 3 Acemoglu, D., & Restrepo, P. (2017). *Robots and Jobs: Evidence from US Labor Markets*. Cambridge, MA.
- 4 Acieta.C. *Learning Machine / Learning Machine: Automotive Robotics in Car Assembly*
- 5 Akella, P., Peshkin, M., Colgate, E., Wannasuphprasit, W., Nagesh, N., Wells, J., Peacock, B. (1999). *Cobots for the automobile assembly line. IEEE International Conference on Robotics and Automation*.
- 6 Al Mehrzi, N. & Singh, S. K. (2016). *Competing through employee engagement: a proposed framework. International Journal of Productivity and Performance Management*, 65(6), 831–843.
- 7 AldEa Global.¿Ha perjudicado el libre comercio a la industria manufacturera de EE.UU.?: el caso de la industria del automóvil, 2000-2016 |Blog de economía de la AldEa Global.
- 8 Aldo Mas. (2017). *Las condenas a Volkswagen en EEUU ponen en evidencia a la UE que sigue sin castigar a los responsables*. Berlin.
- 9 Amaratunga, D. Baldry, D. Sarshar, M. & Newton, R. (2002). *Quantitative and qualitative research in the built environment: application of “mixed” research approach. Work Study*, 51(1), 17–31.
- 10 Anderson, D. J. (2010). *Kanban : successful evolutionary change in your technology business. Blue Hole Press*.
- 11 Ariel Paz e Silva. *Inteligencia artificial y robótica: investigación de sistemas de cómputo*
- 12 Ayob, A., Majid, R. A., Hussain, A., & Mustaffa, M. M. (2012). *Creativity Enhancement Through Experiential Learning. Advances in Natural and Applied Sciences*, 6(2), 94–99.
- 13 Ayuso. Miguel (2016). *Foro de Davos: La tormenta perfecta que sufrirá el empleo en cinco años, según los sabios de Davos*.
- 14 Barbara Toombs. (2018). *Stem Steam Education Initiatives Auto Industry*.
- 15 Bernie DeGroat. (2001). *U.S. automotive industry generates four jobs for every worker it directly employs*.
- 16 Bill Gates: *the robot that takes your job should pay taxes* — Quartz.
- 17 Blake Moret. (2015). *Manufacturers Must Plan on Lifelong Learning | Workforce Training*.
- 18 Britannica.com. *History of Toyota Motor Corporation*.
- 19 Bureau of Transportation Statistics. *Annual U.S. Motor Vehicle Production and Factory (Wholesale) Sales | Bureau of Transportation Statistics*
- 20 Cleff, T., Heneric, O., & Spielkamp, A. *The Regulation and Industrial Policy. In Europe’s Automotive Industry on the Move (pp. 157–190). Heidelberg: Physica-Verlag*.
- 21 Cleff, T., Licht, G., Spielkamp, A., & Urban, W. *Innovation and Competitiveness. In Europe’s Automotive Industry on the Move (pp. 103–155). Heidelberg: Physica-Verlag*.
- 22 Colin Shipley. (2018). *How to Get the Most Life Out of Your Industrial Robot | The Material Handling Blog*.
- 23 Cristina Muñoz-Delgado, Silverio Salcedo, Nikko Tanaka-Pendleton, David Coronel, Antonio Morillas, P. B. (2017). *Robotics Sector Analysis: Entering in a new Era - Máster Carlos III MaDI*.

- 24 Cunha, M. P.Vieira, D. V., Rego, A., & Clegg, S. (2018). *Why does performance management not perform? International Journal of Productivity and Performance Management*, 67(4), 673–692.
- 25 Debashis Das. (2018). *Robotics & Automation in a “New” India – Asian Robotics Review*.
- 26 Dr. Martin Hofmann (CIO – Volkswagen AG), Dr. Florian Neukart (Principal Data Scientist – Volkswagen AG), & Prof. Dr. Thomas Bäck (Universität Leiden). (2017). *Artificial Intelligence and Data Science in the Automotive Industry – Data Science Blog*.
- 27 Dupuis, F & Noreau, J. (2016). *New technologies: progress in robotization An economic look at a global phenomenon*. Desjardins Economic Studies, 26th September.
- 28 Dynamics, S.(2017). *The Changing Nature of Employment : How Technological Progress and Robotics Shape the Future of Work Lennart Hoedemakers Table of Contents*.
- 29 EL PAÍS Retina. ‘Blockchain’: la amenaza de la tiranía del código y del algoritmo | Tendencias | EL PAÍS Retina.
- 30 EL PAÍS. Protesta multitudinaria en Berlín contra el tratado entre la UE y EE UU | Economía |
- 31 Emerald.D. (2004). *International journal of productivity and performance management-MCB* University Press.
- 32 Encyclopaedia Britannica. Assembly line | *industrial engineering* | Britannica.com.
- 33 Eurostat. *EU largest exporter, US largest importer of motor vehicles*
- 34 F. S. Faixó. (2017) La Visión Estratégica a través de la 4a Revolución Industrial.
- 35 FactsMaps. *Top 30 Motor Vehicle Producing Countries*
- 36 Fat Prophets. *UK Equities*.
- 37 Fontdeglòria. Xavier. (2018). China acelera su apuesta por el coche eléctrico | Economía | EL PAÍS.
- 38 Ford, M. (2013). *Could artificial intelligence create an unemployment crisis? Communications of the ACM*, Pag.37.
- 39 Ford. *Employee Learning and Development - Sustainability Report 2016/17: Ford Motor Company*.
- 40 Ford. *Innovation: 100 Years of the Moving Assembly Line* | Ford Motor Company.
- 41 Georgios Petropoulos. *The growing presence of robots in EU industries* | Bruegel.
- 42 Graetz, G., & Michaels, G. (2015). *Robots at work*.
- 43 Guerreiro, J., Rebelo, S., & Teles, P. (2018). *Should robots be taxed?-Cambridge*.
- 44 Heneric, O., & Sofka, W. *Introduction. In Europe’s Automotive Industry on the Move (pp. 1–4). Heidelberg: Physica-Verlag*.
- 45 Heneric, O., Licht, G., & Sofka, W. (Eds.). (2005). *Europe’s Automotive Industry on the Move (Vol. 32). Heidelberg: Physica-Verlag*.
- 46 Heneric, O., Licht, G., & Sofka, W. *Challenges and Opportunities for the European Automotive Industry. In Europe’s Automotive Industry on the Move (pp. 191–205). Heidelberg: Physica-Verlag*.
- 47 Heneric, O., Licht, G., & Sofka, W. *Summary and Conclusions. In Europe’s Automotive Industry on the Move (pp. 207–208). Heidelberg: Physica-Verlag*.
- 48 Heneric, O., Licht, G., Lutz, S., & Urban, W. *The European Automotive Industry in a Global Context. In Europe’s Automotive Industry on the Move (pp. 5–44). Heidelberg: Physica-Verlag*.
- 49 Heritage parts centre. *History Of The VW Beetle*.
- 50 Hofmann, M., Neukart, F., Bäck, T. *MONTH YEAR Artificial Intelligence and Data Science in the Automotive Industry*

- 51 Howard, A., & Borenstein, J. (1948). *The Ugly Truth About Ourselves and Our Robot Creations: The Problem of Bias and Social Inequity*. *Science and Engineering Ethics*.
- 52 HowStuffWorks. *Robots and Artificial Intelligence*
- 53 Ibáñez.A. (2017). De 0 a 5: cuáles son los diferentes niveles de conducción autónoma, a fondo.
- 54 IFR. (2017). Executive Summary World Robotics 2017 Industrial Robots.
- 55 India Statistic. *India Country Summary of Higher Education*.
- 56 Industria automotriz. líderes estratégicos para la nueva era de movilidad | Randstad Chile.
- 57 Ismail Salaheldin, S. (2009). *Critical success factors for TQM implementation and their impact on performance of SMEs*. *International Journal of Productivity and Performance Management*, 58(3), 215–237.
- 58 J., A. (2014). *Determinants of employee engagement and their impact on employee performance*. *International Journal of Productivity and Performance Management*, 63(3), 308–323.
- 59 Johnson, D. D. *Encyclopedia of emerging industries*.
- 60 Kagan Pittman. (2015). *1.3 Million Industrial Robots Could be Installed Around the World by 2018*.
- 61 Kagan Pittman. (2016). *Robot Orders Break Record in First Half of 2016* .
- 62 KPMG UK. (2017). *Digital labour: AI and robotics*.
- 63 La República. (2018). China: Conductores de taxi deberán pasar por reconocimiento facial | Mundo | LaRepublica.pe.
- 64 LEO Center for Service Robotics. *Defining robots and robotics*
- 65 Licht, G., Sofka, W., & Urban, W. *Competitiveness: A Market Perspective*. In *Europe's Automotive Industry on the Move* (pp. 45–101). Heidelberg: Physica-Verlag.
- 66 Lugo Benítez, J. (2007). El proceso de internacionalización de las empresas en el mundo competitivo y globalizado actual.
- 67 Makridakis, S. (2017). *The forthcoming Artificial Intelligence (AI) revolution: Its impact on society and firms*. *Futures*.
- 68 Martin Armstrong. (2018). *Most Important Factors When Buying a Car*.
- 69 Martin Hofmann, Florian Neukart, T. B. (2017). *Artificial Intelligence and Data Science in the Automotive Industry* – Data Science Blog.
- 70 Matthias Weyer. (2011). *Hours-per-Vehicle (HPV) Controlling* *International Journal of Production Research*,.
- 71 Mckinsey Podcast. (2017). *How the auto industry is preparing for the car of the future* | McKinsey
- 72 Mike rutherford. (2017). *The global car manufacturing wage gap: what do car factory workers earn?* | Auto Express.
- 73 Miller, C, & Josep, M. (2011). *Impact of Globalization of the Automotive Industry on the Quality of Life of the US Southeast*. In *The Economic Geography of Globalization*. InTech.
- 74 Moneyweb. *Chinese to invest R11bn in car industry*
- 75 Montse Hidalgo Pérez. (2018, Abril 15)Internet de las cosas, una tecnología asequible para un futuro conectado | Tendencias | EL PAÍS Retina.
- 76 Montse Hidalgo Pérez. (2018, May 29). Algunas ciudades tendrán coches totalmente autónomos en 2030| Tendencias | EL PAÍS Retina.
- 77 Nyholm, S. & Smids, J. (2016). *The Ethics of Accident-Algorithms for Self-Driving Cars: an Applied Trolley Problem? Ethical Theory and Moral Practice*, 19(5), 1275–1289.
- 78 OEC. (2017). *Motor Vehicles Piston Engines (SITC: 7132) Product Trade, Exporters and*



*Importers.*

- 79 Parkes, D. C., & Wellman, M. P. (2015). *Economic reasoning and artificial intelligence*. *Science*, 349(6245), 267–272.
- 80 Peter Cambell, M. P. *Brexit triggers a great car parts race for UK auto industry*.
- 81 PwC United States. (2014). *How new robot trends are changing manufacturin*.
- 82 PwC. (2018). *Will robots really steal our jobs?*
- 83 Ramtec of Ohio. *FANUC Robotics - Ramtec of Ohio*.
- 84 Raya Bidshahri. (2018). *How We Can “Robot-Proof” Education to Better Adapt to Automation*.
- 85 RayY.Zhong. Xun Xua,Eberhard Klotz, S. T. N. (2017). *Intelligent Manufacturing in the Context of Industry 4.0: A Review*. New Zealan, Germany, UK .
- 86 Reuters.*The auto plants of the future may have a surprisingly human touch*
- 87 Rezaei, J., Ortt, R., & Trott, P. (2018). *Supply chain drivers, partnerships and performance of high-tech SMEs*. *International Journal of Productivity and Performance Management*, 67(4), 629–653.
- 88 Ricardo Méndez Gutiérrez del Valle Vo Do Director Ricardo Méndez G érez del Valle, D. D. (1999). *TECNOLOGÍA, EMPLEO Y TERRITORIO EN EL MARCO DE LA GLOBALIZACIÓN ECONÓMICA. EL CASO DE LA INDUSTRIA AUTOMOTRIZ EN MÉXICO*.
- 89 Rob Spiegel. (2016). *Robot Sales Boom in North America | Design News*.
- 90 Robert Bogue. (2013). *Robotic vision boosts automotive industry quality and productivity*.
- 91 RobotEnomics. *Autonomous car*.
- 92 RobotEnomics. *Industrial robot*.
- 93 Robotics, W. (2017). *Executive Summary World Robotics 2017 Industrial Robots*. *World Robotic Report*, 15–24.
- 94 Ron Harbour. (2017). *Are Robots ‘Stealing’ Productivity from Humans? – Brink – The Edge of Risk*. Brinknews.
- 95 Salem Press. *Robots and robotic systems: Discovery Service for Universitat de Barcelona*.
- 96 Schulz, D. (2013). *Organic Finishing: Painting Trends in the Automotive Industry*. *Metal Finishing*, 111(5), 38.
- 97 Shepherd, C., & Günter, H. (2006). *Measuring supply chain performance: current research and future directions*. *International Journal of Productivity and Performance Management*, 55(3/4), 242–258.
- 98 Simon Johnson. *Automation and manufacturing: Can Trump bring back American jobs? | World Economic Forum*.
- 99 Smith, N., Smith, V., & Verner, M. (2006). *Do women in top management affect firm performance?A panel study of 2,500 Danish firms*. *International Journal of Productivity and Performance Management*, 55(7), 569–593.
- 100 Sparrow, R., & Howard, M. (2017). *When human beings are like drunk robots: Driverless vehicles, ethics, and the future of transport*. *Transportation Research Part C: Emerging Technologies*, 80, 206–215.
- 101 Statista. (2017). *Statistics & Facts on the Global Automotive Industry*.
- 102 Statista. (2017). *Transportation & Logistics, Vehicles & Road Traffic*.
- 103 Taticchi, P., Tonelli, F., & Pasqualino, R. (2013). *Performance measurement of sustainable supply chains*. *International Journal of Productivity and Performance Management*, 62(8), 782–804.
- 104 The World Bank. (2017). *Population, total | Data CC BY-4.0*.
- 105 Tiffany Stone.*Lessons Learned from the History of Car Sharing*

- 106 Townsend, J. D., & Calantone, R. J. (2014). *Evolution and Transformation of Innovation in the Global Automotive Industry*. *Journal of Product Innovation Management*, 31(1), 4–7.
- 107 Toyota Global. *TOYOTA MOTOR CORPORATION GLOBAL WEBSITE | 75 Years of TOYOTA | Finances | Changes in Income*.
- 108 Toyota Motor Corporation Global Website. | *75 Years of TOYOTA | Part1 Chapter2 Section4 / Item 3. Establishment of Toyota Motor Co., Ltd. and Construction of the Koromo Plant*.
- 109 UNECE. (2000). *The Boom in Robot Investment Continues – 900,000 Industrial Robots by 2003 UN/ECE issues its 2000 World Robotics survey*.
- 110 Valores Digital. *El auge de la robótica y la inteligencia artificial: ¿alerta para el empleo?*
- 111 Volkswagen report. *Future Center Asia – Welcome to the future - TOGETHER.net*.
- 112 Volkswagen. *Manufacturing plants | Eurofound*
- 113 World Economic Forum. *Population, ageing and immigration: Germany's demographic question*
- 114 Yamakoshi, A. (1986). *A study on Japan's reaction to the 1973 oil crisis*.
- 115 Zemla, Z. *Kanban in 4 easy steps*.