



Universidad Autónoma de Querétaro  
Facultad de Filosofía

**Desempleo Tecnológico en México: Una mirada social a los procesos de automatización en el corredor Industrial Aeronáutico de Querétaro**

Tesis

Que como parte de los requisitos para obtener el Grado de  
Maestro en Filosofía Contemporánea Aplicada

Presenta:  
Miguel Alfonso Solís Campos

Dirigido por:  
Dr. José Miguel Esteban Cloquell

Co-dirigido por:  
Dra. Edith Elvira Kuri Pineda

Centro Universitario Querétaro, Qro.  
Marzo 2022  
México



Universidad Autónoma de Querétaro

Facultad de Filosofía

Maestría en Filosofía Contemporánea Aplicada

Desempleo Tecnológico en México: Una mirada social a los procesos de automatización en el corredor Industrial Aeronáutico de Querétaro

Tesis

Que como parte de los requisitos para obtener el Grado de

Maestro en Filosofía Contemporánea Aplicada

Presenta:

Miguel Alfonso Solís Campos

Dirigido por:

Dr. José Miguel Esteban Cloquell

Co-dirigido por:

Dra. Edith Elvira Kuri Pineda

Dr. José Miguel Esteban Cloquell

Presidente

Dra. Edith Elvira Kuri Pineda

Secretario

Mtra. Yazmín Elena Hernández Tisnado

Vocal

Dr. Eduardo Manuel González de Luna

Suplente

Dr. Luis Ricardo Corral Velázquez

Suplente

Centro Universitario Querétaro, Qro.

Marzo 2022

México

## RESUMEN

El presente trabajo tiene como objetivo realizar una reflexión sobre las implicaciones que tiene el desempleo tecnológico debido al aceleramiento de los cambios tecnológicos y como estas podrían afectar a los trabajadores y a la idea misma de trabajo. La investigación inicia con un breve recorrido histórico sobre los antecedentes de la Filosofía de la Tecnología, destacando su origen interdisciplinar. A continuación, se analiza la concepción del concepto económico de desempleo tecnológico, para entretenerlo con la historia de las Revoluciones Industriales y así analizar las modificaciones que los avances tecnológicos han tenido en la actividad del trabajo y en el trabajador: esto se aplicará a un caso de estudio en una de las empresas más importantes del sector aeroespacial ubicada en Santiago de Querétaro, Querétaro, *General Electric Infrastructure Queretaro*. Se analizarán los datos recabados en búsqueda de ver como los ingenieros enfrentan los procesos de automatización, que muchas veces ellos implementan, dentro de la empresa. Para finalizar con la reflexión si los entrevistados han observado como el aceleramiento de los cambios tecnológicos pudiese redefinir el papel que juega la tecnología en el mundo laboral y personal.

**(Palabras clave:** Filosofía de la Tecnología, Desempleo tecnológico, cambio tecnológico)

## SUMMARY

The objective of this paper is to reflect on the implications of technological unemployment due to the acceleration of technological changes and how these could affect workers and the very idea of work. The research begins with a brief historical overview of the background of the Philosophy of Technology, highlighting its interdisciplinary origin. Next, the conception of the economic concept of technological unemployment is analyzed, to interweave it with the history of the Industrial Revolutions and thus analyze the modifications that technological advances have had in the activity of work and in the worker: this will be applied to a case of study in one of the most important companies in the aerospace sector located in Santiago de Querétaro, Querétaro, General Electric Infrastructure Queretaro. The data collected will be analyzed to see how the engineers face the automation processes, which they often implement, within the company. To finish with the reflection if the interviewees have observed how the acceleration of technological changes could redefine the role that technology plays in the world of work and personal.

**(Key words:** Philosophy of technology, Technological Unemployment, Technological Development)

Gracias...

## **AGRADECIMIENTOS**

Agradezco a los profesores y alumnos que me ayudaron a que el presente trabajo fuera posible. Gracias al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT) por el apoyo dado a los estudiantes a través de la Maestría en Filosofía Contemporánea Aplicada que forma parte del Programa Nacional de Posgrados de Calidad (PNPC).

## TABLA DE CONTENIDO

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES .....	8
1. INTRODUCCIÓN .....	9
2. MÁS ALLÁ DEL TRABAJO.....	16
2.1 El espíritu del trabajo .....	17
2.2 Miscelánea de significados .....	19
2.3 El bello mal .....	21
2.4 La creación del ingeniero.....	24
2.5 De la ingeniería a las humanidades .....	26
2.6 El Futuro del Trabajo .....	32
3. CREACIÓN COMO CASTRACIÓN .....	34
3.1 ¿Por qué nos quedamos sin trabajo? .....	35
3.2 La introducción del tiempo laboral .....	37
3.3 De caballos a máquinas.....	42
3.4 Llegan los algoritmos .....	46
3.5 La amenaza del desempleo tecnológico .....	50
3.6 ¿Qué hacemos sin trabajo? .....	58
4. CONQUISTANDO EL CIELO .....	63
4.1 Industria Aeroespacial a nivel mundial.....	65
4.2 Industria Aeroespacial a nivel México .....	68
4.3 Industria Aeroespacial a nivel Querétaro .....	76
4.4 Caso de estudio.....	78
4.4.1 Ingenieros administradores .....	81
4.4.2 Ingenieros y empleadores .....	85
4.4.3 Desempleo e inserción laboral.....	88
4.5 Todos para uno y uno para.....	92
5. HE PERDIDO MI ESPÍRITU DE LUCHA.....	95
6. REFERENCIAS.....	101
7. APÉNDICE.....	113

## ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

Ilustración 1 Aplicación de la ley de Moore.....	47
Ilustración 2 Ventas de productores mundiales en la industria aeroespacial.....	66
Ilustración 3 Inversión extranjera directa en la Industria aeroespacial. ....	69
Ilustración 4 Exportaciones e importaciones de la Industria aeroespacial. ....	70
Ilustración 5 Estructura laboral de la industria aeroespacial.....	71
Ilustración 6 Personal ocupado en la Fabricación de equipo aeroespacial y en las Industrias manufactureras. ....	71
Ilustración 7 Empleos creados 2005-2011 en la industria aeroespacial.....	72
Ilustración 8 Ubicación y distribución geográfica de la industria aeroespacial en México. ....	73
Ilustración 9 Principales clústeres aeronáuticos en México.....	74
Ilustración 10 Oferta educativa para la Industria aeroespacial. Ciclo 2016-2017 .....	75
Ilustración 11 CONALEP. Oferta Educativa Nacional. Ciclo Escolar 2016-2017 .....	76
Ilustración 12 Proyectos y montos asignados al sector aeroespacial por estado. ....	77

## 1. INTRODUCCIÓN

No es un secreto para nadie, nos hemos acostumbrados a vivir en un mundo donde el progreso ya no solo se mide en términos económicos sino también tecnológicos. Como muestra de lo anterior, bastaría hacer una búsqueda en Google. De acuerdo con el sitio Statista<sup>1</sup>, las 5 empresas que dominaron el mercado en el 2019 fueron: en primer lugar, Apple, seguida de Microsoft, Amazon, Alphabet y por último el conglomerado Berkshire Hathaway<sup>2</sup> (Duffin, 2019). Para dimensionar estos resultados, en el 2008, las empresas que ocupaban los mismos lugares eran Exxon, General Electric, Microsoft, AT&T y Proctor & Gamble (Johnston, 2018). Comparando estos resultados podemos observar que mientras doce años atrás, sólo había una empresa de tecnología, para el 2019 ya eran cuatro. ¿Cómo fue que las industrias manufactureras, petroleras y de telecomunicaciones perdieron terreno ante un puño de empresas salidas de Silicon Valley, en California?

La respuesta se encuentra en el cambio tecnológico. Estas empresas de tecnología, más Facebook, son las que han dado la pauta y dictado, junto con el mercado, la velocidad con la que estos cambios han llegado a nuestras manos. Un ejemplo de ello es la diversificación de sus operaciones, han abarcado desde viajes espaciales, motores de búsqueda, marketing, coches autónomos, etc. Apple se convirtió en la primera empresa con un valor de 1 trillón de dólares en el mercado, lo cual supera el Producto Interno Bruto de México, Indonesia, Holanda, Arabia Saudita, Turquía y Suecia (Kolakowski, 2020). Amazon, pasó de ser una tienda de libros, a ser el líder de compras por Internet en occidente, además de incursionar desde el 2006 en el cómputo ubicuo con su servicio Amazon Web Services<sup>3</sup>. Google por su parte, se volvió un conglomerado de empresas bajo el nombre Alphabet lo cual le permitió diversificar sus operaciones y entrar en nuevos mercados como el desarrollo de Inteligencia Artificial,

---

<sup>1</sup> Es un sitio web que integra información y datos de una gran variedad de fuentes en un mismo lugar. Dichas fuentes incluyen investigaciones de mercado, publicaciones científicas, bases de datos del gobierno e información industrial. Es un proyecto de la Universidad de Negocios de Harvard.

<sup>2</sup> Conglomerado americano multinacional dueño de GEICO, Duracell, Dairy Queen, Fruit of the Loom, Helzberg Diamonds, entre otras compañías.

<sup>3</sup> Son servicios que se ofrecen en Internet de cómputo ubicuo o “en la nube” y de almacenamiento.

por último, Microsoft, sigue siendo el líder mundial de software para computadoras, con productos como Windows, Office y Xbox por mencionar los más conocidos.

Resulta sencillo sentirse abrumado por la rapidez con la que estos y otros cambios tecnológicos llegan a nuestras manos (MGI, 2007). Damos por hecho la relación y el uso que les damos como si siempre nos hubieran acompañado, hemos llevado a un extremo lo que ya Marx decía en El Capital sobre los obreros incorporándose como apéndices de las máquinas (Marx, 1867/2010, pág. 279). En esta era donde la tendencia es conectarlo todo a Internet, la falta de luz, el malfuncionamiento de un servidor nos resulta caótico para realizar hasta las actividades más sencillas. Sin mencionar, la continua presión a la que estamos sometidos para producir más y mejores bienes y/o servicios. Se requiere de un aceleramiento de los cambios tecnológicos.

Este aceleramiento en la producción no es algo nuevo, nos ha acompañado desde la primera Revolución Industrial: esas primeras mejoras mecánicas que dieron origen, entre otras cosas, al telar automático ahora han evolucionado a mejoras digitales. Los avances en Inteligencia Artificial y aprendizaje maquina están haciendo posible el uso de robots y algoritmos en tareas que antes solo podían hacer los seres humanos (MGI, 2007). Uno de los ejemplos más claros, es el desarrollo de los autos que se conducen de manera autónoma (Zipper, 2022). Pero éste no es el único ejemplo, en Japón existen bares que son atendidos exclusivamente por robots (The Topsy Robot, 2017); en Estados Unidos, hay tiendas de abarrotes en las que ya no hay necesidad de cajeros (Amazon, s.f.); incluso hay drones que entregan algunos paquetes a domicilio (Amazon, s.f.).

La automatización ya no sólo está en tareas repetitivas y mecánicas, el uso de algoritmos para resolver tareas cognitivas en las cuales se requiere creatividad ha incrementado hasta el punto de llegar a vencer a los seres humanos en actividades que antes solo le concernían a él. En 1997, la computadora Deep Blue, construida por IBM, logró obtener la victoria contra el campeón de ajedrez Garry Kasparov<sup>4</sup>. En el 2002 y el 2010 sería un software el que ganaría en partidas de Scrabble y de bridge contra los mejores de cada disciplina, respectivamente. Pero no sería hasta el 2016 que se lograra

---

<sup>4</sup> Considerado uno de los mejores jugadores de ajedrez de todos los tiempos.

lo impensable, batir al campeón mundial de Go<sup>5</sup>. A pesar de que esas fechas marcaron hitos para la historia de la inteligencia artificial y el mundo, también dejaron una rasgadura en los seres humanos que sólo se ha ido haciendo más profunda con el avance de los algoritmos. Kasparov, al término de su partida declaró “he perdido mi espíritu de lucha” (Weber, 1997). Podemos pensar los ejemplos que se han descrito como un gran avance de la ciencia y de la tecnología en sus respectivos campos, pero el análisis estaría incompleto si solo se piensa de esa manera. Detrás de cada una de estas derrotas, se encontraba un grupo de especialistas que mediante investigación y tecnología derrotaron a varios seres humanos, con el fin de hacer a los algoritmos los grandes vencedores.

John Maynard Keynes nombró a este proceso como desempleo tecnológico, refiriéndose al continuo “descubrimiento de medios para economizar el trabajo, sobrepasando la capacidad que tenemos para crear uno nuevo” (Keynes, 1963, p. 350). El abaratamiento de las computadoras ha propiciado un aumento de estos medios que economizan el trabajo. Para calcular el impacto que esto podría tener en el mercado laboral, dos investigadores de la Universidad de Oxford, en Londres, en el 2013, Carl Benedikt Frey y Michael A. Osborne analizaron un total de 702 ocupaciones en los Estados Unidos con el objetivo de “analizar el número de trabajos en riesgo y la relación entre la probabilidad de automatización, salarios y logros académicos” (Frey & Osborne, 2013, pág. 1). Los resultados obtenidos fueron alarmantes el 47% de las ocupaciones, es decir, alrededor de 330 ocupaciones, son susceptibles a la automatización. Por otro lado, la UNESCO pronosticó que para el año 2030 el 30% de las actividades laborales podrían ser automatizadas, esto equivale a la pérdida de 375 millones de empleos a nivel mundial (UNESCO, 2019).

A raíz del primer reporte de Frey y Osborne, el interés en analizar el impacto de la automatización en el mundo laboral ha cobrado más importancia. Tan sólo, en el año 2016 se realizaron tres estudios al respecto: el primero, por Citibank, el cual utilizó el método desarrollado por los investigadores londinenses y lo aplicó a datos provenientes del banco mundial (Frey, Osborne, & Holmes, 2016); el segundo, el Foro Económico Mundial, realizó el estudio en 15 países con economías en vías de desarrollo y

---

<sup>5</sup> Lee Se-Dol, de Corea del Sur.

emergentes, concluyó que 7.1 millones de empleos podrían perderse a nivel mundial (World Economic Forum, 2016); y el último, por la OCDE, que realizó su propio estudio para compararlo con los resultados de los investigadores de la Universidad de Oxford, concluyendo que el 9% de los trabajos en 21 países son automatizables (OECD, 2016).

En el 2017 el Instituto Global McKinsey analizó 46 países, que representan el 80% de la fuerza de trabajo global (MGI, 2007). Los resultados son bastante contundentes, miles de personas podrían perder su empleo y su trabajo por la automatización. A pesar de esto, lejos de ser una alarma, para el instituto, esto puede llegar a presentar una gran oportunidad: “La automatización de actividades puede permitir el crecimiento de la productividad y otros beneficios a nivel de procesos individuales y negocios, así como a nivel de economías enteras, donde la aceleración de la productividad es muy necesaria...” (pág. 11).

Todo esto deja en claro, dos posturas ante el cambio tecnológico: “Por un lado tenemos a aquellos que enfatizan el rol de la automatización y en particular, lo propensa que es a causar desempleo tecnológico” (Campa, 2019, pág. 2) y por otro lado “aquellos que minimizan e incluso niegan el problema del desempleo tecnológico, argumentando que el desempleo, cuando no es voluntario, es cíclico, friccional, temporal o debido a otras causas” (pág. 2).

Los análisis económicos mencionados aquí, no muestran como esto podría impactar a México. Si bien es cierto que en varios de ellos se menciona al país, parecería ser que al momento de dar las conclusiones los institutos y agencias no saben cuál es la realidad económica y social del país. Si aunado a eso tomamos en cuenta que las grandes empresas establecidas en el país son extranjeras, valdría la pena preguntar sobre cómo el impacto de la automatización en los empleos de Estados Unidos afectaría a lo empleos mexicanos. Para tratar de contestar dicha pregunta, se analizará el caso de la industria Aeroespacial, establecida en el estado de Querétaro.

Desde hace poco más de 15 años, México se ha ido consolidando como un líder global en el sector aeroespacial (Promexico, 2014). Esto no es una casualidad, responde a factores geográficos: cercanía con Estados Unidos y acceso marítimo por los océanos

Atlántico y Pacífico, así como los factores económicos: mano de obra joven y barata (Proméxico, 2016). México cuenta con más de 302 empresas dedicadas a este sector distribuidas principalmente en 5 estados de la república: Baja California, Chihuahua, Nuevo León, Querétaro y Sonora.

Acorde con el Mapa de Ruta del sector Aeroespacial para la Región de Querétaro, (CENAM, CIDESI, ProMexico, 2015), el estado se ha consolidado como una de las regiones principales para la industria aeroespacial en el país y en el mundo. De las 80 empresas relacionadas con el sector aeroespacial establecidas en México, 40 de ellas están en el Aeroclúster de Querétaro. Para incentivar estas inversiones el Estado cuenta con la primera universidad especializada en el sector aeroespacial en el país, la Universidad Aeronáutica en Querétaro (UNAQ). Más allá de las implicaciones económicas que podría traer consigo el reemplazo masivo de trabajadores por máquinas, el presente trabajo pretende ahondar en las implicaciones sociales que esto podrá tener en los trabajadores. El proyecto se centrará en una empresa que pertenece al Aero Clúster de Querétaro, General Electric.

Cada día la automatización avanza más, un ejemplo de ello es Anthony Levandowski, exingeniero de Uber, quien declaró haber construido un coche que se manejó de manera autónoma desde San Francisco, California a Manhattan, Nueva York. El recorrido de alrededor de 4900km se realizó el 26 de octubre en un Toyota Prius modificado (Harris, 2018). Otro ejemplo es Amazon: Prime Air (Amazon, 2016), el servicio que garantiza entregar un paquete en menos de 30 minutos utilizando drones, por el momento su cobertura está limitada a algunas ciudades de Estados Unidos. Estos ejemplos, muestran qué lejos ha quedado el uso de los robots y algoritmos para evitar que los trabajadores arriesguen su vida en trabajos peligrosos. A pesar de que los ejemplos descritos se puedan observar como un bien a la sociedad “para las comunidades que no poseen otra forma de ganarse la vida más que en esos trabajos las cosas no lucen tan simples, ya que las coloca en un latente riesgo de unirse a la, cada vez mayor, estadística del desempleo provocada por el [capitalismo]” (Dyer-Witthford, 2015, pág. 3). La Técnica no es más que un conjunto de objetos materiales que, si bien

proporcionan comodidades, no merece el esfuerzo dedicar toda una vida ni a sacrificar a ninguna persona en su desarrollo y mantenimiento.

A través de este trabajo se intenta poner de manifiesto la importancia del papel que juegan los ingenieros en la reflexión sobre la tecnología y como este guarda preguntas importantes para la reflexión filosófica sobre el trabajo y el futuro de este. La continua y creciente automatización de procesos industriales, ha llevado a preguntarnos si es que existirá trabajo para el ser humano en el futuro. Es por estas razones que la presente investigación se plantea los siguientes objetivos: determinar los efectos económicos y sociales que tienen los cambios tecnológicos en los trabajos para conocer de qué manera inciden sobre los trabajadores; identificar cuáles son los cambios tecnológicos que se implementan en GEIQ para conocer el nivel de aceleramiento tecnológico de la empresa; conocer como son percibidos el desempleo tecnológico y el aceleramiento de los cambios tecnológicos por los trabajadores de una empresa dedicada a la Industria de la Aviación para comparar los efectos que estos están teniendo sobre sus personas.

Para lograr lo anterior se entrevistó a cinco ingenieros que actualmente trabajan para GEIQ y a un ex empleado. Se hará uso de entrevistas semiestructuradas, con el fin guiar la conversación y permitir que los entrevistados puedan comentar sobre algún otro tema relevante que este fuera de las preguntas establecidas. Se plantearon tres perfiles distintos de preguntas: el primero, para ingenieros con rol técnico y/o administrativo; el segundo, para Ingenieros con rol de empleadores; y, por último, para el ingeniero desempleado.

Este trabajo está dividido en cuatro secciones: la primera, *MÁS ALLÁ DEL TRABAJO*, inicia analizando el concepto de trabajo para describir como con el paso de los años el significado de este ha ido cambiando gracias, entre otras cosas, a los cambios tecnológicos que se han implementado en la esfera laboral, para después explicar cómo ese cambio motivo a Ingenieros, en primer lugar y a Filósofos, en segundo a crear las bases de la Filosofía de la Tecnología; la segunda, *CREACIÓN COMO CASTRACIÓN*, toma como hilos conductores el desempleo tecnológico y el cambio tecnológico para vislumbrar las afectaciones que han tenido en el desplazamiento de trabajadores. Luego, se describe que impactos han tenido estos dos conceptos a través de la historia de las

cuatro Revoluciones Industriales; la tercera, *CONQUISTANDO EL CIELO*, aplica lo descrito en las secciones anteriores en un caso de estudio a una empresa de la Industria Aeroespacial ubicada en Santiago de Querétaro, Querétaro. Aquí, se comienza subrayando la importancia que dicha industria no solo representa de manera global, sino de manera local en México. Después, se analizan las seis entrevistas semiestructuradas realizadas a los trabajadores de la empresa GEIQ, con el fin de encontrar si los trabajadores han definido nuevos significados al papel que juega la tecnología en su área laboral; y, por último, la cuarta, *HE PERDIDO MI ESPÍRITU DE LUCHA*, reflexiona, a manera de conclusión, si los ingenieros entrevistados han observado como el aceleramiento de los cambios tecnológicos podría generar desempleo tecnológico y sobre todo si esto podría redefinir el papel que juega la tecnología en el mundo laboral y personal.

## 2. MÁS ALLÁ DEL TRABAJO

¿Con cuántos algoritmos convivimos día a día? ¿diez, quince, veinte? Esta pregunta es más *vieja* de lo que podríamos llegar a pensar (Steiner, 2012, pág. 36). Y en la actualidad, esta pregunta sigue sin tener respuesta exacta. No se necesitan de computadoras sofisticadas, ni de conocimientos complejos en matemáticas para desarrollar un algoritmo. De acuerdo con Christopher Steiner, una descripción de algoritmo sería “un conjunto de instrucciones que se deben llevar a cabo de manera secuencial para lograr un resultado” (pág. 37). Un ejemplo moderno de un algoritmo, con el que todos estamos familiarizados serían las recetas de cocina.

El registro más antiguo de un algoritmo fue encontrado, data del año 2500 antes de Cristo en lo que hoy conocemos como Bagdad, la capital de Iraq (pág. 37). Reestructurando la pregunta, resultaría más fácil, intentar contabilizar el número de dispositivos electrónicos o aplicaciones digitales con los que interactuamos a diario, más saber qué tipo de información están obteniendo de nosotros, para qué propósito y cómo eso modifica y altera nuestras decisiones es una pregunta que posiblemente no tenga respuesta concreta. El filósofo norcoreano Byung-Chul Han, en su ensayo *El terror a lo igual* (2017), describe como esta proliferación de algoritmos y de cálculo busca ejercer una violencia positiva, en la que todo aquello que es distinto, negativo, queda expulsado, “la expulsión de lo distinto pone en marcha un proceso destructivo totalmente diferente: la *autodestrucción*” (pág. 10).

Poco a poco, hemos ido cediendo espacios y tiempo a los avances tecnológicos. Aquellos incidentes como el ocurrido en 2009, en el que la empresa Amazon decidió borrar los libros del escritor inglés George Orwell de sus lectores electrónicos (Kindle) sin autorización de sus usuarios (Stone, 2009). El de 2016, cuando la empresa Cambridge Analytica tomó información, sin consentimiento, de más de 50 millones de perfiles de Facebook para manipular el voto a favor de Donald Trump en las elecciones de Estados Unidos (Cadwalladr & Graham-Harrison, 2018), lo que ocasiono que el CEO de Facebook, Mark Zuckerberg, fuera a comparecer ante una corte de los Estados Unidos de América y más reciente en 2019, los trabajadores en los almacenes de Amazon son supervisados y despedidos sino cumplen la cuota de productividad

esperada, la cual es determinada por un algoritmo (Lecher, 2019). Estas intervenciones creadas por las innovaciones tecnológicas han empezado a influir en nuestras relaciones sociales, en nuestras orientaciones políticas y de manera más tajante, en nuestras áreas de trabajo. En dónde, como en el caso de Amazon, los trabajadores reciben órdenes de una máquina. De acuerdo con el historiador Yuval Noah Harari, “El problema crucial no es crear nuevos empleos. El problema crucial es crear nuevos empleos en los que los humanos rindan mejor que los algoritmos” (Harari, 2016, pág. 123).

## 2.1 El espíritu del trabajo

En la era del capitalismo industrial, entre 1760 y 1840, donde el trabajo y el capital colaboraban de manera conjunta, el empleo solía ser integrador. Un trabajador podía aspirar a mejores puestos de trabajo conforme su habilidad y experiencia iban aumentando. Ahora, con la metamorfosis del capitalismo industrial en capitalismo financiero, las empresas pretenden especializarse en segmentos de mercado cada vez más reducidos. Las empresas buscan agilizar sus procesos y volverse *Lean*. Lejos quedó la búsqueda por la mera eficacia técnica, lo que se incentiva ahora, es la subcontratación de trabajadores, externalizar el trabajo y aumentar la rivalidad entre trabajadores (Cohen, 2013, págs. 37-39).

Esta nueva lógica que las empresas están adoptando en favor de la eficacia y el progreso deja atrás algo fundamental de todo trabajo, “la preocupación por hacer bien las cosas”. ¿Cómo puede un trabajador preocuparse por ejecutar un buen trabajo si sus tareas van a ser continuamente evaluadas y sus compañeros de trabajo no son más que rivales para él? El único motivo que impulsa al trabajador a no renunciar son los incentivos y bonificaciones que las empresas podrían ofrecer sin dejar de lado los castigos y consecuencias que podría acarrear el no cumplir con las metas esperadas (pág. 47), Daniel Cohen llama a esto el nuevo espíritu del capitalismo.

Esta nueva lógica *lean* que las empresas han ido adoptando desde los años 70, ha desequilibrado lo que perseguía en sus inicios la ética del trabajo. De un lado de la balanza, tenemos el conseguir lo necesario para vivir realizando una actividad que sea digna de un sueldo y del otro, no hay que conformarse con lo ya conseguido, hay que

buscar más (Bauman, 2000, pág. 17). Esta balanza, de por sí frágil, comenzó a cargarse más hacia un lado, gracias a que las empresas decidieron preocuparse más por sus ganancias que por sus trabajadores, estas dejaron de tener obligaciones morales para con sus empleados. Milton Friedman, famoso economista, lo resumió de una manera contundente “La responsabilidad social de la empresa es crear beneficios” (Cohen, 2013, pág. 40).

Basado en lo que sucedía en las fábricas, con la adopción de la nueva ética del trabajo, otro economista norteamericano, Robert L. Heilbroner, lanza una pregunta en su ensayo llamado *¿Las máquinas hacen la Historia?* (1967). En él, trata de responder si el quehacer de los humanos está determinado por la tecnología que se desarrolla en una época. Ahora, resulta obvio pensar que la tecnología influye y muchas veces determina el tipo de maquinarias que se van a implementar, más en 1967, año en el que escribié dicho ensayo no era tan claro. Más allá de si las máquinas hacen o no historia, lo que le interesaba era determinar el impacto que tenía la tecnología en el orden socioeconómico. Desde su punto de vista había dos preguntas que tenían que ser planteadas: la primera; si existe un camino fijo sobre el cual las sociedades tienen que transitar para el desarrollo de nueva tecnología (pág. 336) y el segundo; si existe un mandato en el cual cierto avance tecnológico se imponga sobre la sociedad y la política (pág. 340). Para Heilbroner, la tecnología cobra un significado especial dentro del aparato capitalista y es con en el análisis de estas dos preguntas donde no es tan claro hallar una respuesta, si solo se toma en cuenta disciplinas como la economía, la historia y la sociología. Y es justo por estos años donde la filosofía, de manera más formal, comienza a preguntarse por la tecnología.

Desde el mejoramiento de la máquina de vapor, en la primera Revolución Industrial, que ocurrió entre los años 1760 y 1840, el ser humano ya trabajaba con aparatos tecnológicos, si bien esos inventos distan mucho de los que se producen en este siglo, los avances en la mecánica y en la termodinámica permitieron el desarrollo y la invención de tecnologías novedosas. Karl Marx en *El Capital* (1867/2010), toma como

referencia a Charles Babbage<sup>6</sup>, para describir estos avances: “La máquina [...] sustituye al obrero que maneja una sola herramienta por un mecanismo que opera con una masa de herramientas iguales o parecidas a la vez y movida por una sola fuerza motriz...” (pág. 306). Aunado a las críticas de las máquinas, en específico al telar, por parte del movimiento Ludita y Marx observa cómo estas máquinas transgreden el contrato entre el patrón y el obrero en el régimen capitalista: deja al primero como poseedor de dinero, de medios de producción y de una nueva fuerza de trabajo; y al segundo lo despoja de su propia fuerza de trabajo (pág. 325). Las reflexiones del uso y de las consecuencias que traían estas innovaciones en el campo del trabajo, distaban de lo que ahora se conoce como Filosofía de la Tecnología, más bien, dichas manifestaciones se veían subsumidas dentro de otras ramas de la filosofía (Mitcham, 1989, pág. 19).

Más de un siglo tuvo que pasar para que la Filosofía de la Tecnología fuera formalizada. A pesar que, en Alemania a finales del siglo XIX, se pueden encontrar distinciones de esta con otras ramas de la filosofía, es hasta la década de 1970 que se reconoce que en la Tecnología sí hay problemas teóricos y conceptuales que no se pueden ignorar (Sarsanedas, 2015, pág. 9). El retraso en su concepción y el hecho que nace de una disciplina no filosófica es lo que la dota de un carácter único y a la vez antagónico. En primer lugar, los ingenieros fueron los primeros en intentar acercarse a la crítica de tecnología hablando desde un punto de vista subjetivo, esto es, desde el acto de hacer. Serían los filósofos, en segundo lugar, los que se acercarían al análisis desde un punto de vista objetivo (Mitcham, 1989, pág. 20).

## 2.2 Miscelánea de significados

En la actualidad el uso de la palabra tecnología, abarca casi todos los aspectos de nuestro día a día. Desde la primera Revolución Industrial, el uso de las máquinas ha ido permeando cada uno de nuestros espacios, tanto públicos como privados. Primero, en las sociedades preindustriales, se usaban herramientas, movidas por fuerza humana o animal para hacer el trabajo. Después, la llegada de la máquina de vapor y los telares

---

<sup>6</sup> En su libro publicado en 1832, el matemático, filósofo e inventor que inventó el concepto de una computadora programable analiza las prácticas de las empresas manufactureras en Gran Bretaña. De dicho estudio se desprenderán los cimientos para la definición de *división del trabajo* (Babbage, 1832).

automáticos empezaron a remplazar ese trabajo que hacían los seres humanos o animales por máquinas, capaces de generar más fuerza y mayor precisión. Más adelante, la invención del motor de combustión y la electricidad, durante la segunda Revolución Industrial, propiciaron más avances tecnológicos y cambios en los ámbitos laborales de las personas: la fuerza animal empezó a ser relegada a lugares como el campo, en comunidades rurales. La invención de la computadora personal, durante la tercera Revolución Industrial vendría a ser lo que aceleraría estos cambios tecnológicos a lugares que no sospechábamos y ahora, con el advenimiento de la cuarta Revolución Industrial la tecnología está empezando a tomar decisiones por y para nosotros no solo en la industria, también en nuestras casas. Con estos avances, la distinción clásica entre mecánica y técnica ha venido a ser reemplazada por técnica, tecnología y ciencia, más aún, en la actualidad estas tres se han utilizado, muchas veces, como sinónimas (Mitcham, 1989, p. 39).

La palabra “tecnología”, desde la etimología griega, es un conjunto de dos palabras clásicas: *tekhné*, que puede ser entendida como el arte o la habilidad que vemos en los artesanos para la creación de un objeto; y *logos*, entendida como los principios derivados de la aplicación de la razón. La idea que describían estas palabras cuando eran usadas juntas, hacía alusión a lo que Tim Ingold llama “el arte de la razón la habilidad que se requería en un debate retórico” (2002, pág. 294). No es casualidad que la concepción que tenían los griegos de la tecnología diste mucho de la moderna. Durante la Ilustración, se pensaba que el universo era una gran máquina que podía ser estudiada y descrita por medio del raciocinio científico, y fue así como, en los trabajos de Galileo Galilei, Isaac Newton y René Descartes la concepción clásica de tecnología se invertiría, y quedaría como “la razón del arte en vez del arte de la razón” (pág. 294).

Este cambio, a simple vista podría parecer superfluo, pero ha sido uno de los más significativos en cuanto a la relación que existe entre los seres humanos y las actividades que ellos realizan, entre ellos el trabajo. La idea aristotélica de *tekhné* dependía por completo en la capacidad que tenía un artesano para imaginar una forma en particular y poderla implementar utilizando sus habilidades. Más esto cambió en la Ilustración, la imagen mecánica que se adoptó de la naturaleza, reemplazó al artesano por un

trabajador, cuyo trabajo sería poner en marcha una serie de fuerzas mecánicas, las cuales implementarían un objeto en particular (pág. 295). Lo anterior cobra aún más relevancia al considerar que “vivimos en una sociedad centrada en el trabajo” (Frayne, 2017, pág. 24). Esa pérdida de autonomía, que vino a traer la mecanización de la vida desdibujaría las fronteras de la técnica y la trataría de disolver dentro de la ciencia.

Para Mario Bunge (1997), existe un problema al momento de distinguir entre ciencia básica, ciencia aplicada y técnica. Para él, la ciencia básica sólo tiene el único propósito de enriquecer el conocimiento ya existente; la ciencia aplicada parte de la aplicación de lo aprendido por la ciencia básica; y la técnica es usada para la creación de artefactos útiles. Más aún, el trabajo de estas tres disciplinas no estaría completo sin la conjunción de la economía, ya que, a pesar de no usar el conocimiento adquirido por las otras tres para crear algo nuevo, las utiliza para dirigir, orientar y comercializar las investigaciones de las otras ramas (págs. 36-37). De acuerdo con Bunge, para poder analizar este problema se necesita el análisis de más disciplinas sobre el tema, ya que esta cuestión atraviesa a más de una.

### 2.3 El bello mal

La fascinación que tenemos con la tecnología no es algo nuevo, podemos rastrear sus inicios en los antiguos mitos y el origen de la religión. Si bien, los discursos que ahora dominan estos avances son sobre utilidad, ganancias y poder, su inspiración la podemos encontrar en la eterna búsqueda del hombre por la trascendencia y la salvación (Noble D. F., 1999, pág. 3). Resulta muy fácil pensar que el pensamiento tecnológico y el religioso se han ido separando desde que en la Ilustración la sociedad se secularizó, más esto no es por completo cierto, “La tecnología moderna y la religión han evolucionado juntas y, como resultado, la empresa tecnológica ha estado y sigue estando impregnada de creencias religiosas.” (pág. 5).

En la entrevista que Bill Moyers le realiza a Joseph Campbell, recopilada en el libro *The Power of Myth* (1991), Moyers le pregunta cómo serán los mitos en el nuevo mundo, al incorporar como tema central a las máquinas y no tanto a los fenómenos naturales como se hacía en la antigüedad. Para Campbell, las máquinas modernas como el automóvil o el avión siempre han estado en el imaginario del ser humano, más lo que

los simbolizaba era otra cosa (pág. 23). El avión, representa un objeto el cual es liberado de aquello que nos tiene en la tierra firme. Las aves y algunos peces representaban eso mismo para nuestros antepasados, la misma analogía la podríamos hacer entre el desplazamiento del automóvil y el de una serpiente.

El mito de Pandora, para los griegos, describe uno de los significados que hemos sido capaces de ver una y otra vez en los descubrimientos o avances tecnológicos: “que la cultura fundada en cosas hechas por el hombre corre continuamente el riesgo de autolesionarse” (Sennett, 2018, pág. 12). Hesíodo, en *Trabajos y Días* (2015), narra la maldición que Zeus lanzó a los hombres, una vez que descubre que Prometeo robó el fuego: “Te alegras de que me has robado el fuego y has conseguido engañar mi inteligencia, enorme desgracia para ti en particular para los hombres del futuro. Yo a cambio del fuego les daré un mal con el que todos se alegren de corazón acariciando con cariño su propia desgracia” (págs. 55-58). Y es así como Zeus ordena a Hefesto, crear a Pandora. Una diosa con la habilidad de Atenea, la gracia, irresistible sensualidad y halagos cautivadores de Afrodita y de una mente cínica y carácter voluble como Hermes. De esta manera, el falso regalo a los hombres, una vez abierto, le acarrearía trabajo duro, muerte y severas inquietudes.

De igual manera, encontramos en el mito hebreo de Adán y Eva, cómo los seres humanos, parecen estar destinados a autoinfligirse daño. Robert Graves y Raphael Patai, hacen un estudio exhaustivo en *Los mitos hebreos* (1982) y ahí nos narran como Eva es empujada por la serpiente a comer el fruto prohibido del Árbol de la Ciencia. La promesa que el reptil le hace es renunciar a la inmortalidad a cambio del conocimiento. Y es así como Eva, tentada, arranca y come el fruto, y al poco tiempo Adán hace lo mismo (pág. 70). Siglos más tarde, el poeta John Milton, describiría que la necesidad de infligirse daño a sí mismos no vendría de un ansia de sexo entre estos primeros seres humanos, sino más bien por la sed de conocimiento (Sennett, 2018, pág. 12).

La relación que se tenía con la tecnología y la trascendencia comenzó a cambiar en la Edad Media. No queda del todo claro cuales fueron estos motivos, pero la tecnología comenzó a tener un rasgo ambivalente: con la pérdida de perfección y con la posibilidad de alcanzarla. Para el historiador Lynn White, el cambio de actitud hacía la tecnología debió de haber ocurrido con la introducción del arado pesado en el Imperio

Franco. Esto dio un revés a la relación del hombre con la naturaleza, “anteriormente había sido parte de la naturaleza; ahora se convirtió en un explotador de la naturaleza” (Noble D. F., 1999, pág. 12) esta escisión daría al hombre el papel de amo de la naturaleza.

La creación de este arado daría paso a la construcción de herramientas y máquinas que ayudarían a los trabajos que el hombre tenía que realizar. Una de las preguntas que iría empezando a cobrar importancia con el paso de los siglos sería ¿cuál es la diferencia entre una máquina y una herramienta? Para Mitcham, la distinción se encuentra en las fuerzas que mueven a la una o la otra. Las herramientas dependen por completo del ser humano, mientras que las máquinas son independientes en ciertos aspectos de este. Para Lewis Mumford, “la distinción esencial entre una máquina y una herramienta radica en el grado de independencia en la operación de la habilidad y la fuerza motriz del operador: la herramienta se presta a la manipulación, la máquina a la acción automática” (Ingold, 2002, pág. 300). Con el paso del tiempo, las máquinas movidas por seres vivos, animales o humanos, convirtieron al cuerpo en una parte fundamental del proceso de creación. La introducción de los motores, trajo consigo un nuevo tipo de movimiento, el artificial. Con esto en mente Tim Ingold hace la siguiente pregunta “¿qué papel queda al operador humano?” (pág. 308)

La Filosofía de la Tecnología tiene dos corrientes distintas en su visión de la tecnología: la Filosofía de la Tecnología de la Ingeniería y la Filosofía de la Tecnología de las Humanidades. La primera, más antigua que la segunda, fue la primera en acuñar el término y por un largo tiempo era la única tradición a la que se hacía referencia. Esta filosofía puede ser dividida a su vez, en mecánica y manufacturera. Y en esencia trata de explicar el mundo basada en los principios mecánicos y de producción de la tecnología (Mitcham, 1989; Sarsanedas, 2015). La Filosofía de la Tecnología de la Ingeniería comienza a consolidarse con las aportaciones del ingeniero químico escocés Andrew Ure (1778-1857) quien acuñó el nombre de “Filosofía de los Manufactureros” en su libro *The Philosophy of Manufacture* (1835), con lo que expuso los principios generales que fundamentarían la conducción de la industria productiva por máquinas automáticas separándose así de la Filosofía de las Bellas Artes.

## 2.4 La creación del ingeniero

Las ideas propuestas por Ure (1835), continuarían siendo una parte medular de la Filosofía de la Tecnología como las distinciones entre artesanía y producción industrial, los procesos mecánicos y químicos, la clasificación de las máquinas y sobre todo pautas para la investigación y las implicaciones socioeconómicas de la maquinaria automática (Mitcham, 1989, pág. 23). Esta filosofía tomará como fundamento la propia naturaleza de la tecnología, así como sus conceptos y procedimientos metodológicos, estructuras cognoscitivas y manifestaciones objetivas. Hondamente positivista, su fin es explicar al mundo en términos tecnológicos (Sarsanedas, 2015, pág. 15).

El filósofo alemán Ernest Kapp (1808 - 1896), publicaría unos años después de Ure, el libro Fundamentos de una Filosofía de la Técnica, *Grundlinien einer Philosophie der Technik* (1877), en el que acuñó el concepto de “Filosofía de la Tecnología”, *Philosophie der Technik*. Aquí, se planteaba a los instrumentos y las armas como proyecciones de los órganos del hombre, por ejemplo, el ferrocarril es descrito como una exteriorización del sistema circulatorio, el telégrafo como una extensión del sistema nervioso, el plato como una amplificación de la palma de la mano y el lenguaje como una extensión de la vida mental. Y va más allá de las analogías de los instrumentos y maquinas: su libro incluye la primera reflexión filosófica sobre la nueva ciencia derivada de la ingeniería mecánica.

La relación intrínseca que se establece entre los instrumentos y los órganos, relación que debe ser descubierta y enfatizada – si bien la misma es más un descubrimiento inconsciente que una invención consciente –, es que en los instrumentos lo humano se reproduce continuamente a sí mismo. Como el factor de control es el órgano cuya utilidad y poder deben ser aumentados, la forma apropiada de un instrumento sólo puede ser derivada de ese órgano. La riqueza de las creaciones espirituales brota, pues, de la mano, el brazo y los dientes. Un dedo doblado se convierte en un gancho, el hueso de la mano en un plato... (Kapp, 1877, págs. 44-45).

Kapp reflexionaba sobre cómo el hombre había hecho frente a los desafíos que le imponía el ambiente, así las condiciones retadoras de este para el hombre habían provocado que creará técnicas para poder sobrevivir, y, por ende, la Técnica en su inicio era una extensión de los órganos del hombre expandiendo sus capacidades para hacerle frente a la naturaleza. Finalmente, se cuestionó que, si las acciones humanas tienen límites, las máquinas también podrían llegar a tenerlos. Su influencia fue tal para el pensamiento filosófico que sus ideas establecieron las primeras reflexiones sobre la capacidad humana de crear instrumentos y las consecuencias de ello.

Más tarde, otro ingeniero, Peter Klimentevich Engelmeier (1855-1942), nacido en Rusia, comienza a publicar sus ensayos en revistas alemanas utilizando el término de "Filosofía de la Tecnología". En su artículo, Cuestiones generales de la técnica, *Allgemeine Fragen der Technik*, (1899) sentencia:

Tenemos que investigar lo que representa la tecnología, los principales objetivos que persiguen sus distintas ramas, qué tipo de métodos usa, dónde termina su ámbito de aplicaciones, que áreas de la actividad humana le rodean, su relación con la ciencia, el arte, la ética, etc. Debemos desarrollar un cuadro completo de la tecnología, en el cual analicemos tantas manifestaciones técnicas como sea posible [...], porque la tecnología es la primavera en el gran reloj mundial del desarrollo humano (Klimentevich Engelmeier, 1899, pág. 21).

Engelmeier, detectó la creciente importancia del ingeniero en la sociedad. Ya que comenzaban a ocupar otros espacios situados más allá de las fábricas gracias al crecimiento de la sociedad moderna. Esto les permitió tener más contacto con los nuevos retos que la sociedad imponía, establecer soluciones y con ello, ganarse un papel preponderante entre los demás. Gracias a esto, se forma una nueva conciencia de la tecnología y su relación con otras áreas de la actividad humana, de esta forma la tecnología llegaría a ser el principio por el cual la humanidad se desarrollará. Fue un gran activista y defensor de la tecnología, su objetivo era extender a todas las actividades de la sociedad la racionalidad de la ingeniería y su principal propósito dar a conocer los principios de la tecnología y sus conceptos fundamentales (Sarsanedas, 2015, pág. 17).

El ingeniero ruso impulsó el movimiento tecnocrático, apoyado por la fundación de la Asociación Universal de Ingenieros en 1917, en la Unión Soviética. Este movimiento defendería las ideas de que las empresas, los negocios y la sociedad tendrían que ser transformadas y dirigidas de acuerdo con los principios tecnológicos. Gracias a los estudios y publicaciones realizados por Engelmeier, la Filosofía de la Tecnología de la Ingeniería desarrollaría sus bases, lo cual permitió ver el papel primordial que jugaba la Ingeniería en la sociedad y las posibles consecuencias que podría traer a la vida de los seres humanos.

Después de la Segunda Guerra Mundial, la Filosofía de la Tecnología tuvo mayor exposición en Alemania. Se fundó la Sociedad de los Ingenieros Alemanes, *Verein Deutscher Ingenieurek* y surgió la fundación y publicación de la revista Sociedad para la Historia de la Tecnología. Mario Bunge, filósofo argentino, contribuyó con el texto *Hacia la Filosofía de la tecnología* (Mitcham, 1989, pág. 41).

Otro filósofo alemán, Friedrich Dessauer (1881- 1963), se posicionó como una de las figuras más destacadas en la Filosofía de la Tecnología de la Ingeniería. Se doctoró en Física Aplicada por la Universidad de Fráncfort, fue fundador y director de un Instituto de Biofísica de la misma institución. Más tarde, llegó a ser director del Instituto Max Planck de Biofísica en Alemania. Su obra abrió el diálogo de la tecnología con los existencialistas, teóricos sociales y teólogos de su época (Mitcham, 1989, pág. 47). Dessauer considera que el conocimiento científico-técnico se ha convertido, mediante la ingeniería moderna, en una nueva forma de ser en el mundo. Reflexiona las implicaciones éticas de la aplicación de la tecnología y argumenta que la esencia de la técnica no se encuentra en la manufactura industrial ni en los productos sino en el mismo acto de creación técnica, es así como el poder de la técnica desborda al propio hombre. De esta forma, la técnica moderna no es sólo una práctica orientada a obtener beneficios que hagan la vida más placentera, sino que representa la participación del hombre en el acto divino de la creación (Sarsanedas, 2015, pág. 17).

## 2.5 De la ingeniería a las humanidades

La Filosofía de la Tecnología de las Humanidades busca desde una perspectiva no tecnológica interpretar el significado de la tecnología. Tiene un carácter hermenéutico:

pondera lo humano sobre lo tecnológico. Tiene raíces mucho más antiguas: encontramos reflexiones sobre el uso de la técnica en la mitología griega y por parte de escritores como Platón y Aristóteles. Sin embargo, la defensa de lo humano por encima de la tecnología comenzó en el movimiento romántico. Un precedente característico de dicho movimiento fue Jean-Jacques Rousseau (1712-1778), quién, en *su Discurso sobre las Ciencias y las Artes, Discours sur les sciences et les arts*, de 1750, critica la idea ilustrada de que el progreso científico y tecnológico contribuye automáticamente al avance de la sociedad trayendo consigo la unificación de la riqueza y la virtud (Mitcham, 1989, págs. 49-50). El siglo XX, daría un avance muy importante debido a que escritores como Lewis Mumford (1895-1990), José Ortega y Gasset (1883-1955), Martin Heidegger (1889-1976) y Jacques Ellul (1912-1994), comenzaron a problematizar y a investigar los problemas que la técnica y la tecnología traían consigo para el ser humano y para la sociedad.

Lewis Mumford, sociólogo y filósofo estadounidense, aunque de joven fue un entusiasta de la electrónica, en su vida adulta y sus trabajos de madurez, fue un gran crítico de la tecnología. En 1930, escribió *The Drama of the Machines* para la revista Scribner, donde sostuvo que la maquina debía ser considerada tanto por sus orígenes psicológicos como por los prácticos y tan valorada en términos éticos y estéticos como los técnicos. Un año después, publicó *Técnica y civilización* (1934), que hoy es una obra clásica de la Filosofía de la Tecnología. En ella se describen los orígenes psicológicos o culturales y las causas materiales y eficientes de la tecnología. En sus trabajos, Mumford identifica tres periodos en la historia técnica de las maquinas: 1) periodo de técnicas intuitivas, antes del año 1750, 2) periodo de técnicas empíricas, las que hacen uso del hierro y del carbón, entre los años 1750 y 1900 y 3) periodo de técnicas científicas, las que hacen uso de la electricidad y de la aleación de metales, que van desde el año de 1900 hasta la actualidad. En este mismo libro señala:

Independientemente de lo que sucediera con las vidas humanas y las relaciones sociales, la gente veía cada nuevo invento como un feliz paso adelante hacia nuevos inventos, y la sociedad avanzaba ciegamente como un tractor de oruga, trazando su nuevo camino en el mismo acto de levantar el viejo (pág. 429).

Como lo hemos visto, para los ingenieros la máquina es una proyección de los órganos del hombre, para Mumford, estos solo presentan una limitación. Más adelante escribió *El Mito de la Máquina*, obra escrita en dos volúmenes (*The Myth of the Machine. Technics and Human Development*, 1967) y (*The Myth of the Machine. The Pentagon Power*, 1970) sostiene que, aunque el ser humano esté lógicamente concentrado en actividades terrenales, no debe ser entendido propiamente como *Homo faber*, sino como *Homo sapiens*. No es el hacer sino el pensar, no es el instrumento sino la mente, lo que constituye la base de la humanidad. De esta manera, nos hace reflexionar sobre el papel que juega la tecnología en la vida del hombre. (Simondon, 2017)

De acuerdo con la relación que tenga la Técnica con la vida, Mumford la divide en dos tipos: por un lado, la politécnica o biotécnica, que es aquella que está estrechamente relacionada con la vida humana y sus necesidades, ya que en sus inicios la técnica estuvo relacionada con la vida, no con el poder o el trabajo, y por otro lado la monotécnica o técnica autoritaria, la cual está fundamentada en la racionalidad científica y en la producción cuantificada, esto es, una técnica de carácter militar orientada hacia el poder y dominio, está dirigida principalmente hacia la expansión económica, la plenitud material y la superioridad militar, es decir, al poder (Mitcham, 1989, pág. 56; Sarsanedas, 2015, pág. 19). Por ello, la técnica moderna no tiene su origen en la Revolución Industrial sino en sistemas jerárquicos de las civilizaciones más antiguas o como también los denomina, megamáquinas. Estas tendrían como objetivo los beneficios materiales a costa de otras actividades y aspiraciones humanas, conduciendo a la deshumanización. Para entender el concepto de megamáquina podemos pensar en los grandes ejércitos o las cuadrillas de trabajo organizadas, como las que construyeron las pirámides de Egipto o la Gran Muralla China. Los beneficios de este trabajo son grandes, pero ocurren a costa de limitar la actividad y la vida del individuo, por lo que se convierte en una técnica deshumanizante. Contrario a lo que podría pensarse, Mumford no estaba en contra de la tecnología, sino que buscaba poner límites a la técnica y orientarla hacia la naturaleza humana. La tecnología ha de ser promovida cuando contribuye a engrandecer lo que Mumford llama este aspecto *personal* de la existencia, pero no cuando restringe la vida humana por estar centrada en el poder (Mitcham, 1989, pág. 58).

José Ortega y Gasset, filósofo y ensayista español, fue el primer filósofo en ocuparse de la cuestión de la Tecnología. La Filosofía de la Tecnología de Ortega reside principalmente en la idea de vida humana como un fenómeno que supone una relación con las circunstancias, pero no de forma pasiva, sino como creador activo de esas circunstancias, es así como la Técnica está ligada, necesariamente, a lo que significa ser humano. (Esquirol, 2011, pág. 23). En *Meditación de la Técnica* (1982), el filósofo intenta contestar a la pregunta ¿Qué es la técnica?, y es ahí donde se muestra que el ser humano busca satisfacer una serie de necesidades: comer, protegerse de los elementos naturales, descansar, etc. Y es justo en esta búsqueda por cubrir estas necesidades que se define una primera definición de técnica: “la reforma que el hombre impone a la naturaleza en vista de la satisfacción de necesidades” (pág. 28). Una de las cosas importantes a destacar es que en esta definición la técnica exige una modificación del entorno para poder cumplir las necesidades. Y es así, como se presenta una segunda definición: “La técnica es lo contrario de la adaptación del sujeto al medio, puesto que es la adaptación del medio al sujeto” (pág. 31).

Para Ortega, el ser humano podría ser definido, en cierta medida, como *Homo faber*. En este caso, *faber*, no se refiere sólo a la fabricación material, sino que incluye, además, la creatividad espiritual. Imagina una especie humana ancestral que aceptaba lo dado por la naturaleza y que por alguna mutación genética, comienza a desarrollar un mundo interior fantástico que lo lleva ahora a elegir o seleccionar entre posibilidades fantásticas, derivando en la especie que él nombra como *intelligans*, es decir, inteligente, porque esta inteligencia da lugar a la insatisfacción, al descontento con el mundo; al deseo de crear un nuevo mundo y, por consiguiente a la técnica (Mitcham, 1989, pág. 61). Y categoriza el desarrollo de la técnica en tres: 1) la técnica del azar, no hay una técnica específica y sólo se le encuentra por oportunidad; 2) la técnica del artesano, es explícita y puede ser heredada de generación en generación; y 3) la técnica del técnico o ingeniero, se distingue por un pensamiento analítico, característico de las ciencias modernas y el pensamiento técnico, la *tecnología* en sentido literal.

El último periodo es del tecnicismo, en el que el descubrimiento de los medios técnicos para realizar cualquier fin en sí mismo se convierte en un método o técnica científica autoconsciente. Aquí, el hombre ha depositado toda su confianza en la

tecnología, se ha hecho dependiente de ella, se ha alejado de la naturaleza y ha perdido su capacidad imaginativa.

Martin Heidegger, filósofo alemán, en su extenso escrito, *La pregunta de la técnica* (Heidegger, 1954/1993), analiza a profundidad, el concepto de Técnica. Para él, la técnica no es sólo un medio, sino un medio para alcanzar fines particulares. Y como tal, se revela como causa que produce efectos, pero ésta no debe entenderse sólo en función de su eficiencia sino también de su responsabilidad. De esta forma, el filósofo nos invita a reflexionar sobre la responsabilidad que conlleva la técnica. En su obra, distingue entre la Técnica antigua y la Técnica moderna. En la primera, retoma la palabra griega *tekné*, y nos dice que no se debe tomar como simple fabricación de algo, sino como producción de aquello que estaba oculto y que se revela. Heidegger se ocupó de la técnica en un carácter ontológico y metafísico porque se preguntó por su esencia, por su sentido último. De acuerdo con él, es posible huir de la imposición de la técnica cuando se pregunta por su sentido profundo y se entiende sus exigencias (Sarsanedas, 2015, págs. 26-28).

Jacques Ellul, filósofo y sociólogo francés, desarrolló un análisis sistemático de la técnica como el fenómeno social más importante del mundo moderno. De acuerdo con él, el capital ya no era la fuerza dominante que había sido en el siglo XIX, su lugar era ocupado ahora por la Técnica en su obra publicada en 1977, *Le Système technicien* (1980), define a la tecnología como una serie de métodos que, de manera racional, pretenden alcanzar la mayor eficiencia en todas las disciplinas en las que desarrolla el ser humano.

Para el filósofo francés, la tecnología se ha convertido en una nueva forma de alienación. Ha llegado a entrar tanto en los quehaceres del ser humano que se ha apoderado de él: “la técnica deja de ser el objeto para el hombre y se transforma en su propia sustancia; entonces no se sitúa ya frente al hombre, sino que se integra en él y, progresivamente, lo absorbe” (Ellul, 1990, págs. 10-11). De esta manera, el hombre ha sido sometido a los intereses de la técnica. De modo que, la tecnología, siguiendo a Ellul, domina la vida y voluntad del hombre: al estar tan inmersa en nuestra vida cotidiana es inevitable tratar de prescindir de ella.

En su obra, podemos encontrar dos fases de la Técnica. La primera, es la técnica tradicional, es decir, aquella previa al siglo XVIII y la segunda, es la técnica moderna.

Esta ha traído consigo nuevos valores, como la simplicidad y la eficacia, los cuales se imponen a los valores de la naturaleza y a las relaciones sociales. Por estos valores de la Técnica, es que el hombre se somete a ella. Al mismo tiempo, la Técnica está cambiando y modificando las relaciones del hombre con la naturaleza y entre los seres humanos, mediante procesos de adaptación provocados por la propia técnica. Ella nos dice qué debemos hacer, qué está bien y qué está mal, pues posee su propia ética.

El filósofo insiste en que los problemas tecnológicos también son problemas éticos. Para él, la libertad fue secuestrada por la técnica, a través de la televisión, la contaminación y el consumo de aparatos electrónicos. Sin embargo, plantea cinco posibles soluciones para salir de este escenario: 1) situar el problema de manera correcta para entender el grado de dominio sobre el ser humano; 2) destruir el mito que hemos creado sobre la técnica como algo que resulta sagrado; 3) aprender a distanciarse del uso de la técnica; 4) que cada uno haga una reflexión filosófica sobre la técnica, ésta tarea no debe ser exclusiva de los filósofos; y 5) identificar las relaciones entre aquellos que piensan sobre la técnica: ingenieros, científicos, técnicos, etc. (Sarsanedas, 2015, pág. 32).

Como hemos visto, la Filosofía de la Tecnología tiene raíces bastante antiguas, aunque como disciplina formal sea realmente reciente. Esta, desde su tradición ingenieril ha dado las bases para pensar el mundo desde el papel del ingeniero, las máquinas y lo mecánico. Al tiempo que, la tradición de las humanidades nos encamina a interpretar y buscar el sentido de la Técnica, nos lleva a reflexionar las implicaciones éticas de la tecnología en la vida humana, las relaciones sociales y su efecto en la naturaleza, nos remite a la creatividad, a la imaginación y a la libertad. Gracias a esto, nos permite hacer reflexiones y cuestionamientos a las consecuencias que la tecnología impone en la vida del hombre. Hoy más que nunca, es urgente problematizar hasta donde ha llegado y que tan profundo ha entrado en nuestra vida, ya que, con el avance de la Inteligencia Artificial la tecnología está siendo capaz de llegar a lugares donde sólo las películas de ciencia ficción había descrito.

## 2.6 El Futuro del Trabajo

El filósofo Carl Mitcham, en su obra *¿Qué es la filosofía de la tecnología?* (1989) caracteriza esta disciplina como un área nueva y en desarrollo. Obras como la de Josep M. Esquirol (2011), *Los filósofos contemporáneos y la técnica. De Ortega a Sloterdijk* destacan a la técnica como uno de los grandes problemas filosóficos contemporáneos. En esta, se hace un recorrido a las aportaciones que ocho filósofos contemporáneos hacen sobre la Técnica. Entre ellos: José Ortega y Gasset, Hannah Arendt, Hans Jonas, Jaques Ellul, Jürgen Habermas y Peter Sloterdijk. La Filosofía de la Tecnología destaca como una parte de la filosofía necesaria para pensar el mundo actual y como es que la tecnología ha modificado y cambiado las relaciones en todas las esferas de la vida del hombre, como la política, la economía, la educación y la sociología, por mencionar solamente algunas.

Las reflexiones de la filosofía de la tecnología contemporánea atraviesan distintos ámbitos relacionados con la tecnología, desde pensar la tecnología misma (Berg Olsen, Selinger, & Riis, 2009; Broncano, *Mundos artificiales*, 2000; Dusek, 2006), nuestra interacción con ella (Dusek, 2006; Fallman, 2011), la ciencia (Dusek, 2006) y a la ciencia como tecnología (Esteban Cloquell, *La ciencia como tecnología en John Dewey*, 1999), las tecnologías emergentes como la robótica (Sullins, Kroes, Vermaas, Light, & Moore, 2008), la inteligencia artificial (Copeland, 1993) y la biotecnología (Thompson, 2020), la ingeniería (Christensen, Mitcham, Li, & An, 2012; van der Poel & Goldberg, 2012), la arquitectura (Santosa, 2018), la cultura (Quintanilla, 2017), la educación (de Vries, 2016; Hernández Tisnado, 2018; Hernández Tisnado, 2020; Webster, 2017), el lenguaje (Coeckelbergh, 2017), el ambiente (Esteban Cloquell, 2019; Ingold, 2002), el feminismo (Dusek, 2006; Loh & Coeckelbergh, 2019), la política (Natalia, 2014), las leyes relacionadas con la tecnología (Hildebrandt & Rouvroy, 2011), la ética (Quintanilla, 2017), la sociología (Brey, 2009; Broncano, 2006; Ingold, 2002; Winner, 1993), y el trabajo (Arendt, 1958/2003).

La Filosofía de la Tecnología de hoy, dedica esfuerzos importantes a pensar los avances tecnológicos como la robótica y la Inteligencia Artificial. Analiza y discute las consecuencias que dichas tecnologías han impuesto en nuestras relaciones sociales, su participación en el aprendizaje, su papel en nuestra interacción, o falta de, con la

naturaleza, pero, sobre todo, las implicaciones que podrían tener estos avances tecnológicos en una de las áreas más importantes para el ser humano, el trabajo. Los filósofos de la tecnología han dedicado poco tiempo a este aspecto, encontrando algunos planteamientos valiosos sobre ello en (Arendt, 1958/2003), no obstante, es un tema que ha sido más abordado desde disciplinas como la sociología y la economía.

### 3. CREACIÓN COMO CASTRACIÓN

“Darwin ha orientado el interés hacia la historia de la tecnología natural, es decir, hacia la formación de los órganos vegetales y animales como instrumentos de producción para la vida de los animales y las plantas. ¿Es que la historia de la creación de los órganos productivos del hombre, que son la base material de toda organización específica de la sociedad, no merece el mismo interés?” Karl Marx, *El Capital* (2005).

Como se describió en el capítulo anterior, la Filosofía de la Tecnología tuvo inicios algo peculiares. Asociada como parte de la Filosofía de la Ciencia, sería hasta 1976, que en la ciudad de Chicago, en los Estados Unidos, se celebraría el simposio *¿Existen problemas filosóficos en la tecnología?* Organizado por la Asociación de la Filosofía de la Ciencia. Si bien, los primeros en adoptar e imbrincar la reflexión teórica con el quehacer técnico fueron los ingenieros. Este congreso, abrió de manera más clara el camino para que filósofos, sociólogos, economistas y otras áreas del coconimiento, a que comenzaran a enriquecer el dialogo y las críticas hacía la tecnología desde sus perspectivas. Esta cornucopia de disciplinas, ha permitido abordar los problemas tecnológicos de una manera más integral. Lejos de solo criticar el uso de ciertas tecnologías, se ha podido estudiar, criticar y observar como el desarrollo tecnológico y su posterior aceleramiento, ha impactado al ser humano desde el acto de crear, hasta poner en peligro una de las actividades que históricamente han ocupado la mayor parte de nuestro tiempo, el trabajo.

Marx, dedicaría un capítulo de *El Capital* (1867/2010), *Maquinaria y gran industria*, a estudiar como el desarrollo de las máquinas ayudaba a impulsar la lógica del capital, “su finalidad, es simplemente rasar las mercancías y acortar la parte de la jornada en que el obrero necesita trabajar para sí, y, de ese modo, alargar la parte de la jornada que entrega gratis al capitalista. Es sencillamente, un medio para la producción de plusvalía” (pág. 302). El ciclo de explotación-desempleo-reinserción de trabajadores, que se observó por primera vez de manera tácita por la introducción de la máquina de hilar, en 1870, de John Wyatt, estableció los cimientos para lo que John Maynard Keynes en *Posibilidades económicas para nuestros nietos*, (1963) llamaría desempleo tecnológico.

Este capítulo, toma dicho concepto como eje rector para hacer un análisis del futuro del trabajo utilizando a la Filosofía de la Tecnología, a la sociología y a la economía para establecer un contexto histórico y ofrecer una perspectiva integral de este problema. Primero se profundizará en el concepto de desempleo tecnológico, para después establecer el contexto histórico a través de las tres revoluciones industriales y así presentar como cada una de estas ha transformado al trabajo y a los trabajadores. Por último, se ahonda en la cuarta Revolución Industrial que ilustra los avances de la tecnología y su relación con el trabajo tal como lo vivimos hoy.

### 3.1 ¿Por qué nos quedamos sin trabajo?

Una de las preocupaciones con la que el ser humano moderno ha tenido que vivir casi toda su vida, al menos durante su vida productiva, es la posibilidad de perder su trabajo. Poco antes del nacimiento de la economía del mercado, en el siglo XVIII, durante la primera Revolución Industrial (Polanyi K. , 2017, pág. 95), muchos trabajadores primero, dejaron de cultivar sus tierras para dedicarse a la crianza de ovejas y después, migrar del campo a la ciudad. Esta migración de personas hacía las urbes, tenía como objetivo encontrar trabajadores para las nuevas industrias textiles.

De acuerdo con Karl Polanyi, esta migración y cambio de tierras trajo consigo una ruptura que sentaría las bases para el desarrollo del capitalismo: la introducción del trabajo, la tierra y el dinero como parte vital del sistema económico. El problema radica en que ninguno de estos tres conceptos está hecho para entrar en la lógica de compra-venta del mercado. El trabajo, “pues es una actividad que no puede ser separada del resto de la vida, no puede ser almacenada ni movilizada”, la tierra “es la naturaleza” y el dinero, “es un símbolo de poder de compra”, meramente ficticio (pág. 133). Mas aún, de acuerdo con Marx, la fuerza de trabajo, que es lo único que tiene el ser humano sin capital para ofrecer al dueño de los medios de producción, se convierte en mercancía sólo si esta es ofrecida y vendida por su propio poseedor (Marx, 1867/2010, pág. 121). Y es así, como perder o encontrar trabajo entran en la lógica del mercado.

Como un primer acercamiento al concepto del desempleo, se utilizará el definido en el Diccionario de Economía de la Universidad de Oxford, (Hashimzade, Myles, &

Black, 2017): el *desempleo* es la incapacidad de obtener un trabajo cuando se está dispuesto y se es capaz de trabajar (pág. 483). Esta definición, aunque precisa, no nos da una clara idea de los motivos por los que una o varias personas no puedan encontrar empleo. Es por tal motivo que los economistas distinguen varias categorías<sup>7</sup> para entender las múltiples causas que lo provoca: 1) *desempleo clásico*, los salarios son más altos relativos a lo que produce una empresa (pág. 61). En estos casos, las empresas realizan recortes de personal o disminuyen los sueldos, 2) *desempleo estructural*, falta de medios de producción para los trabajadores (pág. 450). La empresa se queda sin inversiones para cumplir con la demanda, 3) *desempleo friccional*, es provisional y voluntario. Se debe a un cambio de trabajo, estudio o especialización o simplemente tomar un descanso, 4) *desempleo cíclico*, depende enteramente del ciclo económico en el que se encuentra determinado país (pág. 108), durante los periodos de recesión aumenta y 5) *desempleo tecnológico*, causado por el progreso técnico (pág. 464). Es propiciado por cambios en los métodos de producción, se introducen nuevas tecnologías que desplazan y sustituyen a cierto tipo de trabajadores.

El desempleo tecnológico puede ser analizado desde diferentes niveles en el sistema económico: desde los actores individuales, las empresas, los sectores productivos, los países, e incluso desde la economía global: un empleado, en cualquier parte del mundo puede perder su trabajo por la adquisición de una nueva máquina, que hará más rápido y mejor el trabajo. Una empresa puede automatizar procesos, de tal manera que se reduzcan los empleos disponibles para dicha actividad (Campa, 2018, pág. 18). Riccardo Campa da dos ejemplos, en los Estados Unidos, para entender mejor este fenómeno: 1) la transición de la agricultura tradicional a la intensiva ha traído consigo un abandono de trabajadores en el campo. Para dar una idea concreta, en 1900 el 41% de la población estaba empleada en el campo, en el transcurso de 100 años, en el 2000, el 2% trabajaba en dicho sector. Este decremento se explica gracias a los cambios tecnológicos: el mejoramiento de herbicidas, fertilizantes y controles de plagas junto con la invención de maquinaria ha provocado que muy pocas personas sean empleadas en

---

<sup>7</sup> Existen más categorías para determinar las causas del desempleo, que están fuera de los alcances de esta investigación. Para una referencia más extensa ver (Hashimzade, Myles, & Black, 2017, pág. 484).

este sector y 2) en el sector manufacturero, el empleo pasó en 1980 del 22% al 10% para el año 2013 y se espera que para el año 2030 esté por debajo del 3% (pág. 19).

### 3.2 La introducción del tiempo laboral

Durante el feudalismo, el desempleo no era un problema como en la actualidad. La movilidad social era mínima, lo cual permitía a los trabajadores heredar sus oficios y actividades de una generación a la otra (Huberman, 1979, pág. 59). Conforme la dinámica de los feudos se iba alterando debido a la creación de gremios, a la división del trabajo entre el campo y la ciudad, a la sobreproducción de cosechas y a la incorporación de la máquina al sistema productivo, la actividad laboral se modificó de manera radical.

Conforme esas primeras empresas comenzaban a adoptar el uso de máquinas, la clase política en primera instancia, limitó su uso donde estas propiciaran desempleo. Por supuesto, no en todas las regiones se trató de regular su uso, en éstas, a falta de una intervención por parte de las autoridades, los trabajadores mismos serían los que presentarían una fuerte y desesperada pelea contra ellas. Por ejemplo, en 1758, una máquina de lana impulsada por energía hidráulica fue incendiada por 100,000 personas que se quedaron sin trabajo (Campa, 2018, pág. 22). Durante los años 1811 y 1816, en Inglaterra existió un movimiento de trabajadores que destruían o entorpecían las nuevas maquinarias, puesto que ellas ahorran trabajo, a este movimiento se le llamó Ludista (lúdita) (Campa, 2018, pág. 23; Polanyi K. , 2017, pág. 227; Marx, 1867/2010, pág. 255).

Marx<sup>8</sup> ya había analizado estas revueltas, en el capítulo “Maquinaria y gran industria”, en *El Capital* (1867/2010, pág. 302). Ahí, describe las revueltas que los trabajadores hicieron a inicios del siglo XVII en casi toda Europa contra distintas máquinas como el telar de cinta, los aserraderos impulsados por viento o por agua, la máquina de corte de lana impulsada por energía hidráulica y las máquinas de cardado. Históricamente, los luditas son considerados como los primeros trabajadores en revelarse contra de las máquinas. La actitud enérgica que los motivaba estaba lejos de

---

<sup>8</sup> Los fundamentos que Marx desarrolló en el capítulo de *Maquinaria y gran industria*, se basan en la distinción del proceso de trabajo y el proceso de valorización. En el primero, el obrero no es visto como productor de capital ante los medios de trabajo, sino como un simple creador de algo útil. En el segundo, los medios de producción son los que emplean al obrero a realizar trabajo útil. El proceso de valorización es también un proceso de enajenación (Marx, 1867/2010, pág. 248).

ser un miedo a los avances tecnológicos, era “más bien, contra los cambios sociales que esas nuevas tecnologías imponían y reforzaban” (Noble D. , 1995, pág. 7). Las opciones que tenían dentro de ese sistema de mercado eran pocas: podían morir de hambre junto con sus familias, usar la violencia contra los dueños de los medios de producción o destruir los medios de producción. La respuesta de las autoridades y dueños de estas empresas no se hizo esperar e implementaron pena de muerte para aquellos que se destruyeran una máquina. Así el “asesinato” se una máquina y de un ser humano pasaron a estar en el mismo plano (Campa, 2018, pág. 23).

Dentro de la teoría económica clásica existen pocos economistas que dieran un lugar al estudio del desempleo tecnológico, James Steuart, (1712 – 1780), fue uno de ellos. Este economista escocés y autor del primer tratado de economía escrito en inglés *Principios de la Economía Política* (1767). Analiza los efectos producidos por la introducción de nuevas máquinas en los trabajos y recopila sus conclusiones en el capítulo 19 titulado: “¿Es la introducción de las máquinas en las manufacturas perjudicial para el interés del estado o dañino para la población?” Aquí, Steuart admite que la introducción de las máquinas causa desempleo y llama a la creación de políticas públicas para que aquellos que perdieron su trabajo puedan volverse a reinsertar en el mercado laboral. Contrario a Steuart, se encontraba Adam Smith, (1723 – 1790), otro gran economista clásico, también escocés. Él niega el desempleo tecnológico y se promulga a favor de la mecanización y de la autorregulación del mercado<sup>9</sup>.

En su obra *Investigación sobre la naturaleza y causas de la riqueza y de las naciones* (1776), Smith analizó y documentó la división del trabajo causado por la introducción de nuevos cambios tecnológicos. Declara con optimismo que el aumento en la producción de mercancías en las empresas es debido a esta división del trabajo, puesto que, cada trabajador realiza sólo una pequeña parte del trabajo, no hay pérdida de tiempo por cambiar de actividades, y sobre todo, por “la invención de un gran número de máquinas, que facilitan y abrevian el trabajo, capacitando a un hombre para hacer la labor de muchos” (pág. 11). Además, establece conexiones causales entre los impuestos altos y

---

<sup>9</sup> De acuerdo con Polanyi, los mercados autorregulados dividen a las instituciones sociales en dos esferas una económica y otra política (1966, pág. 132).

el desempleo o el desperdicio excesivo de los propietarios y el desempleo, más deja de lado a las máquinas. Para él, éstas son medio para incrementar la producción de los trabajadores: “la sociedad, se ha considerado siempre como algo muy conveniente, todos aquellos perfeccionamientos mecánicos que permiten que un mismo número de trabajadores realice la misma cantidad de obra con una maquinaria más sencilla y barata que la utilizada hasta entonces” (pág. 260).

Para Smith, el desempleo debido a las máquinas era una oportunidad de crecimiento para los propietarios de las fuerzas productivas y no un problema de la clase trabajadora. Es sobre esta base, que se comienza a desarrollar una nueva teoría, por el economista austriaco Joseph Alois Schumpeter, (1883 – 1950), en la que establece que la clase trabajadora sería compensada por los males causados debido a la introducción de unas máquinas que ahorran trabajo (Campa, 2018, pág. 25).

De acuerdo con Marx, la *teoría de la compensación*, creada por los economistas burgueses “permite y obliga al mismo tiempo a movilizar el capital adecuado para dar empleo a los mismos obreros desplazados o a otros idénticos” (1867/2010, pág. 363). Esta teoría, vendría a ser apoyada por James Mill, John McCulloch, Robert Torrens, Nassau W. Senior, John Stuart Mill y David Ricardo<sup>10</sup>. Lo que establece esta teoría, por un lado, es que, si nuevas máquinas permiten ahorrar cierto trabajo, nueva fuerza de trabajo se requerirá para la producción de dicha máquina. Por otro lado, con los aumentos en producción se incrementará la demanda de dichas mercancías y por ende habrá necesidad de más puestos de trabajo. Como puede observarse, de acuerdo a estos economistas, la introducción de las máquinas no crea desempleo por sí misma.

Si la teoría de la compensación es cierta, ¿cómo podemos explicar el enojo y molestia de los trabajadores al ser despedidos de sus trabajos por la introducción de una máquina? El economista británico David Ricardo, (1772 – 1823), se retractó de haber negado el impacto negativo del desempleo tecnológico en la tercera edición (1821) de su obra *Principios de economía política y tributación*, en particular en el capítulo titulado “Sobre la maquinaria”, desarrollaría de manera profunda el concepto del desempleo

---

<sup>10</sup> En una nota a pie de página, Marx añade a David Ricardo ya que inicialmente él apoyaría esta teoría. (Marx, El Capital I, crítica de la economía política, 1867/2010, pág. 363)

tecnológico, señala: “estoy convencido que la sustitución de maquinaria por trabajo humano, a menudo es muy perjudicial para los intereses de la clase trabajadora” (pág. 283). La importancia de Ricardo para a la economía política reside en esta contradicción (Campa, 2018, pág. 27). Gracias a él, el desempleo tecnológico comenzó a estudiarse de manera seria en la literatura económica (Kurz, 1984). A partir de este punto, las protestas luditas comenzaron a ser analizadas con más rigor y se rechazó el enfoque simplista de la teoría de la compensación a favor de análisis más complejos.

Marx haría otra aportación al estudio del desempleo tecnológico en el capítulo “Maquinaria y gran industria”, en el primer tomo de *El Capital* (1867/2010), publicado en 1867. En él abordará la relación del hombre y las máquinas en los medios de producción, describirá el contexto histórico de las máquinas hasta su época y sobre todo nos explicará las consecuencias que trae consigo la mecanización de la industria para el obrero. Las conclusiones a las que llega Marx son devastadoras, en oposición a los economistas clásicos y neoclásicos, observa que la adopción de máquinas no libera al hombre, por el contrario, promueven explotación<sup>11</sup> y precarización del trabajo. La inclusión de la máquina, observa, promueve que los dueños de los medios de producción requieran menos fuerza laboral bruta y modifica el tiempo de trabajo. El tiempo en las fábricas se extiende al crear una escisión entre el tiempo en el que una máquina puede producir y el tiempo limitado de producción de un trabajador. El desempleo tecnológico, comenzó a afectar, a su vez, a los trabajadores que se quedaban en las fábricas.

Conforme la economía clásica fue quedando atrás y la teoría económica neoclásica<sup>12</sup> comenzó a tener más auge, “el concepto de desempleo tecnológico estaría en crisis y el balance se inclinaría a favor de la teoría de la compensación” (Campa, 2018, pág. 31). Knut Wicksell, (1851 – 1926), economista sueco, afirmaría que el problema eran los

---

<sup>11</sup> Al permitir que el trabajo duro lo hagan las máquinas, los dueños de los medios de producción comenzaron a emplear mujeres y niños puesto que a ellos se les pagaba menos.

<sup>12</sup> De acuerdo con Campa (2018), los economistas neoclásicos se caracterizaron por el uso de herramientas más sofisticadas de cálculo. Gracias a ellas, definieron el concepto fundamental de sus teorías, la utilidad marginal. Esta se define como el beneficio que se obtiene cuando se consume una unidad extra es un bien o servicio.

salarios, ya que no hay una clara relación causal entre el progreso tecnológico y el desempleo, para él:

La expulsión de trabajadores debido a la implementación de innovaciones técnicas crea un aumento de la oferta de trabajo sobre la demanda, también es cierto que, en una economía libre, el aumento de la oferta conduce a una disminución de los salarios. A su vez, la reducción de la remuneración del trabajo en comparación con el del capital estimula la demanda de trabajo, para los sectores aún no afectados por la innovación técnica, encontrarán conveniente absorber ese exceso de trabajadores (pág. 31).

Esta nueva versión de la teoría de la compensación, promovida por los economistas neoclásicos, perduraría hasta la llegada de la crisis económica de 1929. En 1930 John Maynard Keynes, (1883 – 1946), reintroduce el concepto de desempleo tecnológico en su publicación *Posibilidades económicas para nuestros nietos* (1963). De acuerdo con él, lo que sufría el mundo no era otra cosa que un ataque de pesimismo económico: “Estamos sufriendo, no por los reumáticos de la vejez, sino de los dolores de crecimiento de los cambios demasiado rápidos, del doloroso reajuste entre un periodo económico y otro” (p. 321).

Para él, la eficiencia técnica había aumentado tanto que había causado un problema para los trabajadores desempleados volverse a insertar en el mercado laboral. Lo curioso de su postura, es que el desempleo tecnológico es tratado como una enfermedad de la cual tarde o temprano nos vamos a curar: “estamos afligidos por una nueva enfermedad de la que algunos lectores puede que aún no hayan escuchado el nombre, pero del cual oirán mucho en los años venideros, a saber, el desempleo tecnológico” (p. 325). Esta nueva enfermedad, concluiría, se podría curar en unas cuantas décadas, para ello, se necesitaría de crear políticas públicas apropiadas y una reducción drástica de la jornada de trabajo, sin disminuir los salarios. La idea que permanece detrás es “trabajar menos, trabajar para todos” (Campa, 2018, pág. 34), si las máquinas nos ayudan a la producción de más bienes y servicios lo adecuado es redistribuir los beneficios del progreso tecnológico.

A lo dicho por Keynes, sobre el desempleo tecnológico, le seguirían aportaciones del economista estadounidense Paul H. Douglas, (1892 – 1976), y del sociólogo Alemán Adolph Lowe (1893 – 1995). El primero, publicaría un artículo llamado “Desempleo tecnológico”, en 1930. Para él, las mejoras técnicas que ahorran tiempo de trabajo no causan por sí mismas desempleo. Los trabajadores desempleados encontrarán trabajo de manera “automática”, ya que, el aumento en la producción y la reducción de costos por los progresos tecnológicos creará una demanda de puestos de trabajo (pág. 34). El segundo, publicaría *El camino para el crecimiento económico* (1976). Para Lowe, las discusiones sobre el desempleo tecnológico ya habían sido suficientes, puesto que llevaban más de 150 años: “el desempleo tecnológico se considera hoy en día como quizás algo irritante, pero no como una amenaza constante para la estabilidad del sistema” (pág. 250).

En resumen, la escuela económica clásica negó que existiera desempleo tecnológico. La escuela económica neoclásica, optó por aceptarlo como una consecuencia menor de la teoría de la compensación y para los economistas que escribieron después de la gran depresión, admitían que ese tipo de desempleo era un problema existente, más era posible de solucionar con la implementación de políticas públicas. En la actualidad, el aceleramiento de los cambios tecnológicos nos invita a reanalizar este concepto, ya que los avances en Inteligencia Artificial y Aprendizaje Maquinal están siendo aplicados en actividades que hasta hace una década atrás eran impensables.

### 3.3 De caballos a máquinas

Una vez analizado el concepto de desempleo tecnológico, es momento de mostrar cómo este ha afectado el ámbito laboral: cómo se desarrolló en el pasado, cómo se relaciona con el presente y cómo podría impactar en el futuro. Para eso, utilizaremos como punto de apoyo las revoluciones industriales que se han presentado hasta la fecha. Cada una de ellas ha estado marcada por *cambios tecnológicos*, esto es, nuevas tecnologías y formas de uso socialmente construidas (Arteaga, Medellín, & Santos, 1995, pág. 10), que consecuentemente, han transformado el papel de la clase trabajadora.

El mejoramiento de la máquina de vapor de James Watt y el telar automático son las innovaciones que dan la entrada a la primera Revolución Industrial, que ocurre en el siglo XVIII (Polanyi K. , 2017, pág. 95), en Reino Unido. Si bien, las máquinas en Europa occidental ya llevaban tiempo desarrollándose, son los cambios sociales y económicos de esta fecha los que caracterizaron a que estos acontecimientos fueran catalogados como revolucionarios (Mumford, Técnica y Civilización, 1992, pág. 21), así se dio origen a la vida industrializada. La industrialización benefició a cierto grupo de trabajadores que vieron en los avances del desarrollo tecnológico un medio de subsistencia. Por un lado, como se explicó anteriormente, estuvieron los luditas: aquellos que luchaban contra la automatización y las máquinas, y por el otro, los grandes beneficiarios, esto es, trabajadores que no contaban con las habilidades suficientes frente a los artesanos, que vieron en las máquinas su salvación (González Páramo, 2018, pág. 91).

La segunda Revolución Industrial tuvo lugar, a partir de 1860 (pág. 92) y se extendió por más de medio siglo. Ésta se caracterizó por multiplicar los bienes producidos y amplificar los métodos de producción (Mumford, 1992, pág. 171). La electrificación, la producción en masa o Fordismo y la especialización del trabajo o Taylorismo, dieron paso a la tecnificación de los artesanos y se tomaría como una prioridad la producción de plusvalía relativa.

Frederick Winslow Taylor, (1856 – 1915), fue un Ingeniero mecánico estadounidense conocido por las mejoras que introdujo en las industrias, buscaba “producir con la menor suma de esfuerzo humano desplegado, así como de capital empleado” (Lara Sánchez, 2015, pág. 25). Por medio de adiestramientos, se buscaba que cada individuo fuera capaz de maximizar su eficiencia y que así el trabajador desarrollara su trabajo con toda su capacidad. Es así como Taylor buscaba descomponer las actividades del trabajo hasta su mínima expresión y el trabajador comienza a ser objeto de un estudio metódico, no sólo en sus movimientos sino hasta en sus gesticulaciones (pág. 27). Siguiendo a Michel Aglietta, podemos definir al taylorismo como “el conjunto de relaciones de producción internas en el proceso de trabajo que tiende a acelerar la cadencia de los ciclos de movimientos en los puestos de trabajo, y a disminuir el tiempo muerto de la jornada de trabajo” (1979, pág. 91). Las consecuencias

que esto trae para los trabajadores son perjudiciales: pierden autonomía, son sujetos de una vigilancia continua y, además, son sometidos a normas de rendimiento. Imperaba un estudio minucioso de las actividades que realizaban los trabajadores, ya que para poder mejorar un sistema o un instrumento “no pueden descubrirse o crearse más que por medio de un estudio y un análisis científico de todos los procedimientos e instrumentos en uso, junto con un estudio de tiempo y movimiento que sea preciso y minucioso” (Taylor, 1977, pág. 31).

Henry Ford, (1863 – 1947), fue un empresario estadounidense fundador de la empresa *Ford Motor Company* y creador de la línea de ensamblaje. La producción del automóvil *Ford T* en 1908 ilustra esta nueva forma de producción. Al inicio, los primeros coches contaban con alrededor de 5000 piezas, que los trabajadores iban ensamblando, estas primeras operaciones consistían en que el trabajador se desplazara por las piezas y de ahí las fuera acomodando de manera correcta (Lara Sánchez, 2015, pág. 34). Esto quiere decir que “El trabajador indirecto pasa más tiempo caminando, yendo por materiales y herramientas que trabajando; consigue una pequeña paga porque el caminar no constituye una especialidad altamente remunerada” (Ford H. , 1922/2003). En pocas palabras, la fuerza de trabajo es la que se desplaza hacia el objeto a producir. Cabe resaltar que este acercamiento involucraba mucha coordinación por parte de los trabajadores para evitar amontonamiento y pérdidas innecesarias de tiempo ante la demanda de más producción.

El objetivo que buscaba Ford era el ahorro de tiempo y energía en las actividades laborales, para lograr eso analizó detalladamente la manera en que los trabajadores se desplazaban por la fábrica. En poco tiempo, llegó a la conclusión que “el primer paso adelante en el ensamblado vino cuando empezamos a llevar el trabajo a los hombres en lugar de los hombres al trabajo” (Ford H. , 1922/2003). La justificación era la siguiente “ahorra diez pasos al día de cada uno de los doce mil empleados y habrás ahorrado cincuenta millas de movimiento desperdiciado y energía malgastada” (Ford H. , 1922/2003).

La línea de montaje permitía la producción sin intervención manual, los tiempos de circulación de las piezas y de las operaciones se ajustaban de tal forma que se

cumpliera con la demanda esperada. Los trabajadores de estas líneas empezaron a sufrir sus repercusiones ya que esto “solo se hace al precio de un límite esencial: la integración solo se obtiene al precio de una rigidez absoluta del proceso de producción” (Coriat, 1992, pág. 43). A su vez, permitían a trabajadores poco calificados disminuir el tiempo necesario para ensamblar un automóvil: pasando de 3.3 carros construidos por un obrero en 1908 a 8.5 carros en 1911 (Lara Sánchez, 2015, pág. 35). Para 1926, se introdujo la jornada laboral de cinco días, con lo cual los trabajadores disponían de más tiempo libre, esto favoreció la creación de nuevos tipos de empleos y la generación de nuevas necesidades como el turismo (González Páramo, 2018, pág. 93).

De acuerdo con González, la tercera Revolución Industrial inició alrededor de 1960 (2018, pág. 94), también llamada Revolución de la Inteligencia (Lastra Lastra, 2017, pág. 1457), revolucionó el proceso de trabajo capitalista con una nueva máquina a la que se le llamó computadora. Hasta antes de su invención, cualquier mejoramiento que requerían las máquinas o las líneas de producción estaba dado por los avances en la mecánica: ruedas, engranes, flechas, manivelas, etc. Y en la electrónica: bulbos, capacitores, circuitos integrados, etc. Esto solía hacer a las innovaciones sumamente costosas. No sería hasta la invención del transistor, el lenguaje binario y la fibra óptica lo que daría como resultado una nueva configuración tecnológica del trabajo capitalista (Lara Sánchez, 2015, pág. 82).

La creación de la computadora, favoreció a trabajadores con un mayor nivel educativo, ya que los nuevos sistemas digitales, permitían flexibilidad a la creación de nuevos procesos y tecnologías. Esto demandaba de los trabajadores mayores conocimientos para poder usar y desarrollar nuevas tecnologías. En este punto, la tercera Revolución Industrial le da la espalda al taylorismo y al fordismo: desaparecería la individualización exacerbada de los procesos y se optaría por un nuevo trabajador colectivo (pág. 95). El trabajador deja de manipular múltiples herramientas sofisticadas o de seguir el movimiento de la línea de ensamblaje, ahora lo que se manipulará será información.

Como vimos en la sección anterior, los inventos producidos durante la primera Revolución Industrial: el mejoramiento de la máquina de vapor, el telar automático; así

como los de la segunda Revolución Industrial: la electricidad, la línea de ensamblaje, pretendían automatizar ciertos procesos del trabajo en favor de una mayor producción. Para los inventores de la computadora, el mismo objetivo prevalecería (Noble D. , 1995, pág. 81). Charles Babbage, (1791 – 1871), matemático inglés y padre de la computadora moderna enfatizó la “gran ventaja que podemos derivar de la maquinaria es el control que ofrece contra la falta de atención, la holgazanería o la deshonestidad de los agentes humanos” (Babbage, 1832, pág. 16).

Al inicio la introducción de la computadora en el área laboral no representó cambio significativo alguno para los trabajadores, las aplicaciones y usos de las mismas era muy rudimentarios y costosos. Fue hasta la tercera generación de computadoras, llamadas computadoras personales, que ésta comenzó a revolucionar los puestos de trabajo. Los primeros lugares en los que se insertó esta generación fueron las áreas contables y de administración (Lara Sánchez, 2015, pág. 108). El avance en el desarrollo de programas o *software*, es el que permitió a la computadora entrar a casi todos los espacios de la industria, éstos ahora son los que sustituyen las funciones cerebrales de los trabajadores y pasan a convertirse en traductores de la información.

De hecho, estamos experimentando una gran transformación histórica, una tercera Revolución Industrial y dirigiéndonos inexorablemente hacia un mundo casi sin trabajadores. El hardware y el software ya existe para acelerar nuestro paso a una nueva civilización basada en el silicio. La pregunta aún no resuelta es ¿cuántos seres humanos se quedarán atrás en este tramo final del viaje industrial, y qué tipo de mundo finalmente nos espera al resto de nosotros en el otro lado? (Rifkin, 1995, pág. 288)

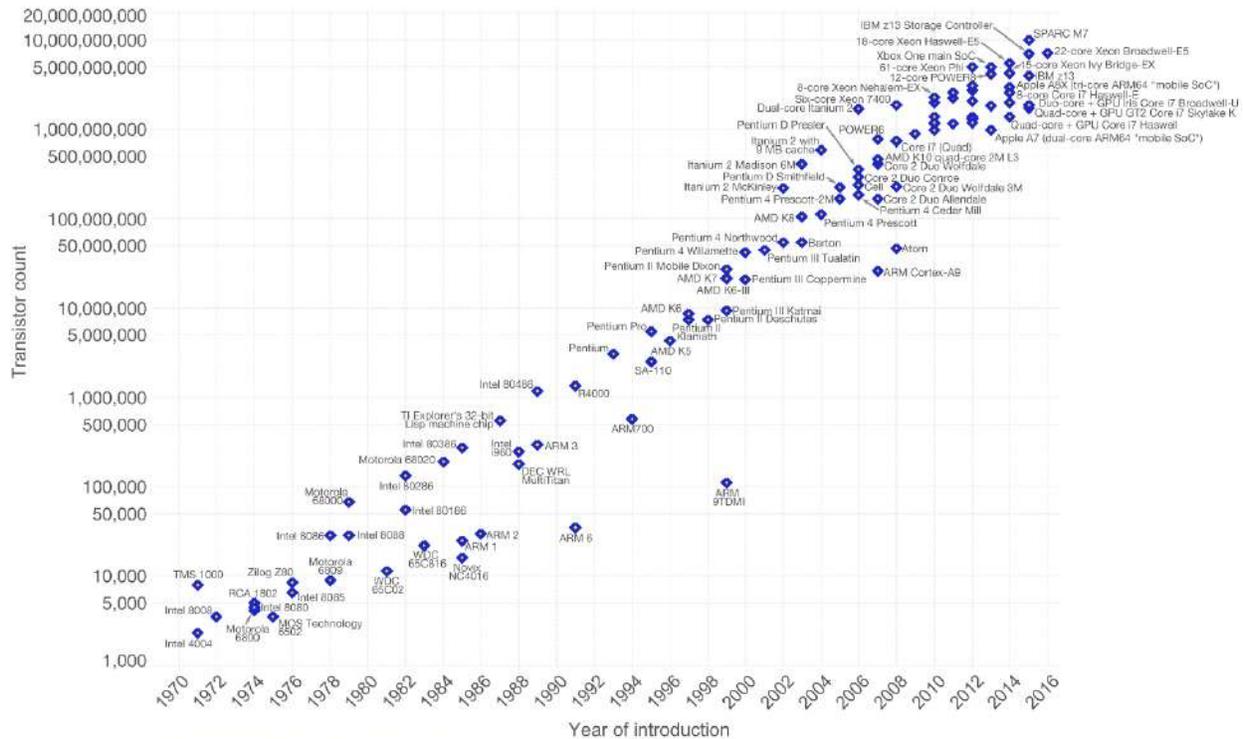
### 3.4 Llegan los algoritmos

Más de 50 años han pasado desde que los primeros cambios tecnológicos producidos en la tercera Revolución Industrial se hubieran implementado en las industrias y en nuestras vidas. Gracias a ellos, los avances tecnológicos a los que estamos acostumbrados hoy en día son posibles: Inteligencia Artificial, red 5G en telecomunicaciones, reconocimiento facial, drones, coches autónomos, por mencionar

algunos. ¿Cómo ha sido posible que en menos de un siglo los avances tecnológicos hayan parecido dar este salto? Para entender, lo que ha permitido el aceleramiento del cambio tecnológico, tenemos que acudir a las Ley de Moore (Moore, 1965).

### Moore's Law – The number of transistors on integrated circuit chips (1971-2016) Our World in Data

Moore's law describes the empirical regularity that the number of transistors on integrated circuits doubles approximately every two years. This advancement is important as other aspects of technological progress – such as processing speed or the price of electronic products – are strongly linked to Moore's law.



Data source: Wikipedia ([https://en.wikipedia.org/wiki/Transistor\\_count](https://en.wikipedia.org/wiki/Transistor_count))  
 The data visualization is available at OurWorldinData.org. There you find more visualizations and research on this topic. Licensed under CC-BY-SA by the author Max Roser.

*Ilustración 1 Aplicación de la ley de Moore*

Esta, predijo que cada dos años, aproximadamente, se duplicaría el número de transistores en los circuitos integrados. Esto permitiría a los microprocesadores aumentar el número de operaciones por segundo y con esto aumentar el poder de cómputo. A las computadoras se les comenzó a programar habilidades que antes sólo poseían los humanos. El tipo de actividades que podían o no ser automatizadas fue estudiado por Hans Moravec, (1948 –), en *Mind Children* (1990). De acuerdo con él, es más fácil automatizar procesos cognitivos, que habilidades sensoriales o motoras finas, las cuales requieren bastante poder computacional (pág. 23). A esta sentencia se le llamó la paradoja de Moravec. Esto explica por qué ha resultado más sencillo automatizar

trabajos en los que requiere procesamiento de información, como contadores o cajeros de banco que automatizar las actividades que realiza un jardinero o un peluquero (Brynjolfsson & McAfee, 2011, pág. 50).

Unos años después de la Segunda Guerra Mundial, en 1956, comenzó el desarrollo de la Inteligencia Artificial<sup>13</sup> (Russell & Norving, 2004, pág. 1). Esta ciencia, abarca un gran conjunto de aplicaciones, que van desde el aprendizaje, la percepción, la demostración de teoremas matemáticos, el diagnóstico de enfermedades hasta la escritura de poesía y la creación de arte (ART AI, 2021). Desde sus inicios, los científicos trataron de proporcionar una definición operacional y satisfactoria de inteligencia, en vez de enumerar un sinnúmero de características y cualidades que debería de cumplir una computadora o un algoritmo para considerarse inteligente. En 1950, Alan Turing diseñó una prueba para tratar de medir el avance de la Inteligencia Artificial (Russell & Norving, 2004, pág. 3). Esta prueba consta de tres participantes: una persona, una computadora y un entrevistador. Este último, se encuentra en un cuarto aislado. El objetivo de la prueba es que el entrevistador defina si quien está respondiendo las preguntas es una computadora o un ser humano. El objetivo de la computadora, es confundir al entrevistador y hacerse pasar por un ser humano (pág. 5).

El uso de algoritmos para resolver tareas cognitivas, en las cuales se requiere creatividad ha incrementado hasta el punto de llegar a vencer a los seres humanos en dichas actividades. En 1996, la computadora Deep Blue, construida por IBM, logró obtener la victoria contra el campeón de ajedrez Garry Kasparov<sup>14</sup> (Tran, 2021). En el 2010, Google anunció que modificó una flota de coches Prius al punto de convertirlos en carros completamente autónomos, estos autos pudieron conducir 1,609 km sin que ningún humano interviniera y 22,5308 km con pequeños cambios introducidos por una persona detrás del volante, todo esto lo logró gracias a la asombrosa cantidad de datos que la empresa colecta a través de sus plataformas de mapas y vista de calle *Google Maps* y *Google Street View* (Siegler, 2010). Esta hazaña no sólo resulta relevante en

---

<sup>13</sup> De acuerdo con Stuart Russell, la Inteligencia Artificial puede ser subdividida definida dependiendo el enfoque: 1) Sistemas que piensan como humanos, 2) Sistemas que piensan racionalmente, 3) Sistemas que actúan como humanos y 4) Sistemas que actúan racionalmente (2004, pág. 2).

<sup>14</sup> Considerado uno de los mejores jugadores de ajedrez de todos los tiempos.

términos de la capacidad tecnológica, representa los primeros pasos hacia vehículos autónomos y por lo tanto la posibilidad de un futuro sin seres humanos detrás del volante. En el 2011, la computadora Watson de IBM, derrotaría al campeón de *Jeopardy!* (Gabbatt, 2011), demostrando el avance de los algoritmos para el procesamiento del lenguaje natural. Pero no sería hasta el 2016 que se alcanzaría lo impensable, un algoritmo creado por Google logró batir al campeón mundial de Go<sup>15</sup> (Alpha Go, 2021). A pesar que esas fechas marcaron hitos para la historia de la Inteligencia Artificial y el mundo, también dejaron una rasgadura en los seres humanos que sólo se ha ido haciendo más profunda con el avance de los algoritmos. Kasparov, al término de su partida declaró “he perdido mi espíritu de lucha” (Weber, 1997).

Estos avances en Inteligencia Artificial, si bien han demostrado la gran capacidad y versatilidad que tiene de aplicaciones, también han demostrado que los seres humanos podemos llegar a ser reemplazados en muchas áreas laborales. La compañía de autos eléctricos Tesla en su planta de Fremont, California, usa 160 robots industriales para ensamblar 400 autos por semana, una enorme diferencia de la capacidad que tenía Ford en sus inicios. Un mismo robot a puede ensamblar distintas partes del vehículo, incluso pueden hacer movimientos tan finos como colocar parabrisas directamente en su lugar (Ford M. , 2015, pág. 8). Lo que esta empresa está demostrando es la capacidad que tienen los nuevos robots para reemplazar a un conjunto de trabajadores en tareas de múltiples niveles de dificultad.

Si bien el uso de robots en la manufactura no es nuevo, el crecimiento de su implementación se está exponenciando. De acuerdo con la Federación Internacional de Robótica los envíos globales de robots industriales incrementaron 60% entre los años 2010 y 2018, y por mucho China ha sido quien más ha crecido sus instalaciones robóticas en entre el 2018 y 2020 (IFR Press Room, 2021). Así, los trabajadores que persisten en la manufactura están siendo relegados a un determinado número de tareas rutinarias que aún no pueden realizar los robots. Por ende, los procesos de robotización en la industria nos están heredando pocos empleos precarizados.

---

<sup>15</sup> Lee Se-Dol, de Corea del Sur.

Es probable que la economía se encuentre en un camino hacia un punto de inflexión en el que la creación de empleo comenzará a quedarse constantemente por debajo de lo que se requiere para emplear plenamente a la fuerza laboral. Google, Facebook, Amazon son ejemplos de empresas de las tecnologías de la información que, aunque forman grandes capitales su fuerza de trabajo es muy pequeña (Ford, 2015). Todo parece apuntar, a que el desempleo tecnológico llegará a niveles insospechados de la mano de estas empresas.

### 3.5 La amenaza del desempleo tecnológico

La pérdida de trabajos a causa de la tecnología no es algo nuevo, no obstante, hoy en día representa un problema social y económico que está cobrando gran importancia puesto que, como decía Keynes (1963) debido a las nuevas tecnologías, se están destruyendo más trabajos de los que se está siendo capaz de crear. No son pocos los autores que han tratado de pronosticar y advertir de los impactos que esto podría traer para el ser humano. En la década de 1990, sociólogos como Jeremy Rifkin, (1945 –), David F. Noble, (1945 – 2010), y Robert U. Ayres, (1970 –), comenzaron a cuestionar la inminente llegada de una sociedad sin trabajo.

Rifkin, economista y sociólogo estadounidense en su libro *El fin del trabajo* (1995) ubicado en la tercera Revolución Industrial, nos ofrece un futuro sin trabajo para el hombre dado por la intromisión de las máquinas. Señala que el desempleo global ha alcanzado su punto más alto desde la gran depresión de 1930, y que para finales de la década de los 90, más de 800 millones de humanos se han quedado sin empleo o están siendo subempleados en el mundo. Describe a estos como víctimas de la tercera Revolución Tecnológica que rápidamente reemplaza a los humanos con máquinas en muchos sectores e industrias de la economía global, además, auguró un mundo sin trabajo, realizado por seres humanos debido a las nuevas tecnologías, no se equivocó.

Rifkin, concuerda con Keynes al describir que en el pasado las nuevas tecnologías reemplazaban a los trabajadores, sin embargo, los nuevos sectores que emergían de esos avances reinsertaban a los trabajadores desplazados y destaca que en la actualidad eso ya no es así. Los sectores primarios, agricultura, manufactura y de

servicios está desplazando a millones de trabajadores, mientras que el nuevo sector, bautizado como *sector del conocimiento*, está siendo ocupado por un conjunto de empleos de élite como: emprendedores, científicos, programadores y consultores, y a pesar de su crecimiento, no es capaz de absorber a los trabajadores desplazados de otros sectores. Por lo tanto, las tecnologías están polarizando la fuerza laboral global, en dos categorías posiblemente irreconciliables, la primera, *analistas simbólicos*, como aquellos que controlan la tecnología y las fuerzas de producción y, la segunda, la creciente masa de trabajadores permanentemente desplazados (pág. 17). Otro efecto importante que Rifkin ve es que las jornadas laborales se reducirán para tratar de distribuir la fuerza de trabajo que resta. Podemos ver claramente el escenario que Rifkin augura al trabajo en el siguiente texto:

A medida que las máquinas reemplacen cada vez más a los trabajadores en las próximas décadas, la mano de obra de millones se verá liberada del proceso económico y del tirón del mercado. El trabajo humano no utilizado es la realidad central de la era venidera y el problema que todas las naciones deberán enfrentar y abordar de frente para que la civilización sobreviva al impacto de la Tercera Revolución Industrial (pág. 140)

Por su parte, Noble, historiador especializado en la tecnología, con su libro *Progreso sin gente: nuevas tecnologías, desempleo y el mensaje de resistencia* (1995), señala que la manufactura asistida por computadora, la robótica, los cajeros automáticos y las tecnologías en telecomunicaciones han desplazado y reemplazado a muchas personas: no hay sector que haya escapado a esto, de la fábrica a la granja, de la refinería de petróleo a la oficina (pág. 13). Además, destaca las consecuencias del cambio tecnológico sobre los trabajadores: a raíz de cinco décadas de revolución de la información, las personas ahora trabajan más horas, en peores condiciones, con mayor ansiedad y estrés, a cambio del desarrollo de menos habilidades, de menos seguridad laboral, de menos beneficios sociales y, por si fuera poco, de menos paga (pág. 11).

Rober U Ayres, economista y físico teórico, por su parte, en el libro *Punto de retorno, el fin del paradigma del crecimiento* (1998), al igual que Rifkin y Noble, señala que en el pasado los cambios tecnológicos generaron empleos, sin embargo, esto ya no

es así. Para él, la llamada tecnología de la información ha sido la causante del desplazamiento de una enorme cantidad de puestos de trabajo en las industrias, tanto en la manufactura como en la de los servicios. Él, apunta de manera directa al cambio tecnológico, por primera vez en la historia, como uno de los principales contribuyentes al desempleo. Agrega que, los únicos beneficiados son los empleadores, principalmente los accionistas y los altos directivos ya que el aumento de su riqueza se crea a expensas de muchos que son menos acomodados.

Los economistas que defienden el libre comercio, a su vez, culpan al cambio tecnológico por el problema del desempleo. En este caso, tiendo a estar de acuerdo con este último. Creo que tanto la liberalización del comercio como la rápida difusión de la tecnología de la información tienen la culpa, pero principalmente esto último. La tecnología de la información, en la práctica, está destruyendo muchos más puestos de trabajo de los que crea (pág. 103)

La crisis económica del 2008 en Estados Unidos, fue un parteaguas en la economía y en el trabajo. A partir de ella, más autores comenzaron a analizar lo que estaba pasando con el trabajo, entre ellos Erick Brynjolfsson, académico estadounidense, Andrew McAfee, investigador del Instituto de Tecnología de Massachusetts y Martin Ford, futurista estadounidense, partieron de esta crisis para mostrar que, a pesar de la recuperación económica, el empleo no se recuperó, por el contrario, se redujo drásticamente.

En 2011, Brynjolfsson y McAfee publicaron *La carrera contra la máquina* (2011), en él explican cómo las nuevas tecnologías son la principal fuerza que está afectando los trabajos, las habilidades de los trabajadores, los salarios y a la propia economía. Destacan que, si bien las recesiones siempre han causado desempleo, es en la actualidad donde este no se ha podido recuperar. Por ejemplo, durante la recesión del 2007 al 2009 el desempleo aumentó más de 5.7%, siendo el incremento más grande desde la posguerra. Lo grave es que una vez terminada, el empleo no logró aumentar. En contraste, al año siguiente, la gran mayoría de las empresas incrementaron sus activos. Históricamente, cuando una empresa crece, obtiene ganancias e invierte en

equipo, esto, típicamente lleva a la contratación de nuevos trabajadores, pero en la Gran Recesión las compañías estadounidenses no reanudaron las contrataciones (pág. 2).

El desempleo tecnológico es una amenaza, que se vive día con día. Para entenderlo, los autores definen tres conjuntos de ganadores y perdedores que este crea: 1) los altamente calificados contra los bajamente calificados, se refiere al reemplazo de acuerdo con el nivel de habilidades técnicas que tienen los trabajadores contra la demanda de labor altamente calificada que reduce y/o elimina a la menos calificada<sup>16</sup> (pág. 39); 2) las superestrellas contra todos los demás, en la mayoría de las industrias tecnológicas, el primero en crear una tecnología o innovar en un proceso se lleva la gran mayoría del mercado, mientras el resto de empresas, usualmente, más pequeñas, les toca competir entre sí (pág. 43) y; 3) el capital contra la fuerza laboral, la gran mayoría de las industrias requieren maquinaria y mano de obra. La riqueza que cada una de estas generan se refleja típicamente la contribución que tienen para la fabricación de las mercancías. Si la tecnología disminuye los propietarios de los medios de producción se beneficiarán de la venta de bienes y servicios producidos. Si la tecnología reemplaza a la fuerza laboral, los ingresos obtenidos por los propietarios de equipos aumentaran en relación con los trabajadores (pág. 46).

Con lo anterior, Brynjolfsson y McAfee, llegan a la conclusión que nuestras habilidades e instituciones no pueden cambiar tan rápido como lo hace el desarrollo tecnológico, esto lleva a oportunidades e ingresos desiguales entre los trabajadores. Para ellos, el ser humano se encuentra en una carrera contra la máquina y de no hacer algo al respecto, este podría llegar a ser reemplazado en todas las actividades que realiza. Para evitar esto, proponen una gran inversión en educación para así disminuir la posibilidad de desplazar a los trabajadores debido al desempleo tecnológico. Si bien,

---

<sup>16</sup> Al respecto, Daron Acemoglu y David Autor, realizan un análisis de la población de los Estados Unidos entre los años 1963 y 2008. En él, notaron la creciente brecha que la era digital está abriendo entre los ingresos de los trabajadores más educados y los trabajadores no educados. Con el aceleramiento tecnológico, se ha incrementado la demanda de trabajadores más especializados, mientras que los trabajadores poco calificados han sido desplazados a realizar tareas que son rutinarias y susceptibles a ser automatizadas (Acemoglu & Autor, 2010).

esta postura es pertinente, no es suficiente ante la rapidez con la que el desempleo tecnológico está avanzando.

Para el desarrollador de software y empresario, Martin Ford, la educación o el desarrollo de nuevas habilidades no van a salvar a los trabajadores de la automatización. Hasta ese momento, la gran mayoría de los empleos desplazados estaban siendo ocupados por trabajadores con niveles bajos de educación y habilidades. El aceleramiento del cambio tecnológico comenzó a automatizar tareas y habilidades que eran realizadas por trabajadores altamente calificados (Ford M. , 2015, pág. 3). Los trabajos más susceptibles de ser automatizados ya no son sólo aquellos que se consideraban de conocimiento explícito, ahora las actividades que requieren un conocimiento tácito también comienzan a ser desplazadas por las máquinas<sup>17</sup>.

Todo esto sugiere que nos dirigimos hacia una transición que ejercerá una enorme presión sobre la economía y la sociedad. Es probable que muchos de los consejos convencionales que se ofrecen a los trabajadores y estudiantes que se están preparando para ingresar a la fuerza laboral sean ineficaces. La desafortunada realidad es que muchas personas harán todo bien, al menos en términos de seguir una educación superior y adquirir habilidades, y aun así no encontrarán un punto de apoyo sólido en la nueva economía (pág. 16)

Esto nos ha llevado a cambiar de manera radical la manera en la que vemos a las máquinas y sus avances, ya que su desarrollo e innovación es el que está dictando la productividad en las empresas. Antes, las máquinas solo eran herramientas que incrementaban la productividad, ahora, las máquinas por sí mismas se están convirtiendo en los nuevos trabajadores, la línea entre la capacidad de la fuerza de trabajo y el capital se está comenzando borrando (pág. 59). El avance tecnológico ha hecho que los robots

---

<sup>17</sup> Para Michael Polanyi, en su libro *La dimensión tácita*, (1966), el ser humano poseía de un conocimiento que ninguna máquina podría llegar a tener, esto es, el conocimiento tácito. El autor considera que los seres humanos “sabemos más de lo que podemos decir” (pág. 4). Esta declaración, implica que el ser humano realiza tareas las cuales no puede explicar a detalle. Por ejemplo, atarse las agujetas de los tenis, manejar o reconocer una cara. Para él, muchos de los pasos que requerían estas tareas no podían ser puestos en palabras y por lo tanto explicados con todo detalle a otro ser humano. Lo anterior implicaba que no podrían llegar a ser automatizadas estas tareas, puesto que tampoco seríamos capaces de detallar los pasos que una computadora debería seguir para realizarlas.

dejaran de estar confinados a espacios cerrados como fábricas, hoy son mucho más versátiles y abarcan todos los sectores de la economía, desde la agricultura, la manufactura y los servicios. De acuerdo con Ford, las máquinas ahora van a remplazar trabajos que requieren habilidades más complejas.

Para ejemplificar lo anterior, el autor nos ofrece una serie de tendencias que está siguiendo Estados Unidos, las cuales reflejan los efectos nocivos de la aplicación desmedida, de la tecnología: la primera, el estancamiento de los salarios. Un trabajador común en 1973, podía llegar a ganar \$767 dólares a la semana, el máximo histórico que el país alcanzaría. A pesar que la productividad aumentaba año con año, el salario comenzó a estancarse, en el año 2003 ese mismo trabajador, ganaría \$664 dólares por semana (pág. 35); la segunda, es la disminución de la fuerza de trabajo. A raíz de la crisis económica de 2008 la tasa de empleo cayó, no debido a la falta de ofertas laborales, sino que los trabajadores se encontraban desanimados de entrar a trabajar debido a la poca remuneración que encontraban en sus trabajos; la tercera, la economía es cada vez menos eficaz para crear nuevos trabajos. La Gran Recesión tiene el peor porcentaje de crecimiento de empleo desde la Segunda Guerra Mundial, hasta el año 2014 se logró tener el mismo nivel de empleo previo a la recesión de 2008 (pág. 43). A diferencia de Brynjolfsson y McAfee, Ford va más allá al señalar que los empleos complejos también comenzarán a ser automatizados. Los trabajadores, tendrán pocas herramientas para luchar contra esta nueva etapa de automatización dirigida por el desarrollo de algoritmos más avanzados. Es probable que estos aprendan a hacer nuestros trabajos y terminemos siendo reemplazados sin importar el grado de educación que lleguemos a tener.

Los economistas ya habían estudiado el desempleo y la disminución de los salarios causado por el cambio tecnológico. Llamaban a su teoría *cambio tecnológico sesgado por las habilidades*. Sostienen que la tecnología se inclina a favor de los trabajadores calificados y en contra de los trabajadores no calificados. Este cambio, viene dado por la introducción de la computadora en el ambiente laboral y ocasiona dos cosas. La primera, sustituye a los trabajadores que realizan tareas cognitivas y manuales, es decir, aquellas actividades que siguen reglas explícitas y, la segunda,

complementa a unos pocos trabajadores en las tareas que no son rutinarias (Autor, Levy, & Murnane, 2003). Con esto en mente, trabajos posteriores analizarían a profundidad cómo se había modificado el mercado laboral.

Por una parte, David H. Autor, Lawrence F. Katz y Melissa S. Kearney, en su ensayo *La polarización del mercado de trabajo en Estados Unidos* (2006), analizan la distribución del empleo debido a la desigualdad de sueldos. Destacan que, a partir de 1980, la desigualdad de sueldos aumentó entre trabajadores calificados y no calificados, así como entre hombre y mujeres y que, debido a eso en 1990, la distribución de empleos aumentó de manera desigual: los trabajos que requerían bajas-habilidades, trabajos manuales y altas-habilidades, trabajos que requerían el uso de computadoras, aumentaron mucho más que los trabajos que requerían habilidades intermedias (pág. 191). Por otra parte, Maarten Goos y Alan Manning analizarían la polarización del trabajo en Gran Bretaña en su trabajo “Trabajos horribles y encantadores: el incremento en la polarización del trabajo en Gran Bretaña”, (2007). Encontraron que la polarización en el mercado de trabajo desde el año de 1975, era muy parecida a la mencionada por Autor, Katz y Kearney: hay un mayor nivel de empleo en las ocupaciones que perciben mayor y menor salario.

Posterior a estos trabajos, (Autor & Dorn, 2008), ahondarían en la polarización dada en la década de 1980, la cual dio origen a un patrón de polarización muy peculiar, en *forma de U*. El trabajo posterior de Lawrence Katz y Robert Margo, (2013), llamaría *vaciado* a la falta de crecimiento de los trabajos que requieren habilidades intermedias: la labor de los trabajadores es sustituida por máquinas operadas por trabajadores menos calificados. Lo que realmente significa que se está perdiendo calificación en los trabajos. Este proceso de vaciado es especialmente notorio entre el año 2000 y 2010 y podemos relacionarlo con el contexto de la Gran Depresión de 2008 que se detalló anteriormente. Así, la distribución en forma de U de los empleos o el vaciado, ha generado oportunidades para trabajadores altamente calificados como ingenieros y directivos, y para trabajadores sin calificaciones dejando a la clase medianamente calificada, en vías de desaparecer.

Para Autor y Dorn, la polarización del trabajo no continuará indefinidamente. Argumenta que solo *tareas* de los trabajadores medianamente ocupados son susceptibles de automatizarse, más no los *trabajos*: es de esta manera, que la tecnología complementa a los trabajos, más no los destruye (2013). Destaca que el hombre y la máquina forman una nueva división del trabajo, donde las tareas nuevas son asignadas primero al hombre porque los trabajadores son flexibles y adaptables y a medida que se formalizan pasan a ser automatizables pues que la maquinaria generalmente tiene una ventaja de costos sobre el trabajo humano en la ejecución de memoria de tareas repetitivas (2015).

Ante tal panorama, Carl Benedikt Frey, economista e historiador de la economía sueco-alemán que dirige el Programa sobre el Futuro del Trabajo de la División de Ciencias Sociales de la Universidad de Oxford y Michel Osborn, catedrático de la misma universidad dedicado al desarrollo de Inteligencia Artificial. hicieron un análisis de 702 ocupaciones en Estados Unidos, para determinar qué tan susceptibles son estas a ser computarizadas (2013). De acuerdo con sus resultados, las ocupaciones pueden ser agrupadas en tres categorías con riesgo de ser automatizadas: bajo si obtuvieron menos de 33%, medio si se encuentran entre 33% y 66% y alto si superaron el 66%. Así, encontraron que el 33% de las ocupaciones tienen bajo riesgo de ser automatizadas, 10% riesgo medio y 47% riesgo alto. Como ejemplos de las ocupaciones de bajo riesgo de ser automatizadas tenemos a los profesores, matemáticos, médicos, ingenieros civiles y abogados; entre las ocupaciones con riesgo medio se encuentran los ingenieros aeroespaciales, pilotos comerciales, historiadores, economistas y traductores; y en las ocupaciones de alto riesgo se encuentran los técnicos de aviónica (aplicación de la electrónica a la aviación), el servicio mecánico y técnico de aeronaves, los lavaplatos, el servicio de comida rápida y el telemarketing, que tuvo el porcentaje más alto.

El trabajo de Frey y Osborne nos asoma a una realidad ineludible y alarmante de acuerdo con nuestra tendencia laboral, y ésta es que nos acercamos a que alrededor del 50% de la población de un país industrializado (y podríamos esperar lo mismo para el resto de los países industrializados) se quede sin empleo. Ello significaría grandes problemas para la economía global y, en general, para el bienestar de las personas. Para

el resto de los países no hay un panorama más alentador. La Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico (OCDE) estimó en 2016 que en promedio el 9% de los empleos en los 21 países de la OCDE pueden estar en riesgo de desaparición por la robotización (Arntz, Gregory, & Zierahn, 2016).

En su último libro *La segunda Era de las Máquinas*, Brynjolfsson y McAfee (2016) responden a aquellos que minimizan la automatización, basándose en la idea de que las máquinas complementan y no sustituyen el trabajo del hombre, entre ellos (Acemoglu & Autor, 2010; Autor, Katz, & Kearney, 2006; Autor D. H., 2015; Goos & Manning, 2007; Katz & Margo, 2013). Esta nueva era está caracterizada por máquinas programadas para llevar a cabo tareas cognitivas (tácitas) y no solo manuales. Este cambio de paradigma, representado por el remplazo de los humanos por máquinas en tareas que habían quedado a salvo de la automatización por su complejidad y creatividad, ha sido posible gracias a la robótica avanzada, a los sistemas de reconocimiento de patrones, a la traducción asistida por computadora, a los coches autónomos, entre muchos otros.

A manera de resumen, el sociólogo italiano Riccardo Campa (2019) describe el futuro del trabajo en tres escenarios: 1) el desempleo tecnológico, implica que la automatización produce desempleo tecnológico. Y por lo tanto se requiere de medidas regulatorias del gobierno para corregir tal problema; 2) la teoría de la compensación, considera que el mercado mismo compensará los efectos indeseados del desempleo y que por lo tanto no es necesaria la intervención del gobierno y; 3) vaciado, no toda la fuerza laboral desaparece, se mantienen con mayor número los trabajadores altamente calificados y los bajamente calificados, mientras que los trabajadores del medio son los que desaparecen, son la clase desplazada por la máquina.

### 3.6 ¿Qué hacemos sin trabajo?

Cómo se describió en la sección anterior, el desempleo tecnológico y la aceleración del cambio tecnológico han llegado a modificar tanto el mercado del trabajo que lo han vuelto algo inalcanzable para muchas personas. Este panorama está rompiendo con lo que Bauman llama *ética del trabajo*. Desde antes de la primera Revolución Industrial, el Estado buscaba una manera de obligar a las personas a trabajar, en especial a los

mendigos e indigentes, a esta norma se le llamó la *Ley de Pobres* (Bauman, 2000, pág. 27). Esta ética buscaba ser una norma de vida para todos, lo que fomentaba era hacer que las personas trabajaran, para lo cual se basaba en lo siguiente: “si se quiere conseguir lo necesario para vivir y ser feliz, hay que hacer algo que los demás consideren valioso y digno de un pago”, además, “es necio y moralmente dañino, conformarse con lo ya conseguido y quedarse con menos en lugar de buscar más” (pág. 17). En pocas palabras el trabajo es algo que dota de valor al ser humano, sin importar qué trabajo sea y sobre todo bajo qué condición se desarrolle.

Las complicaciones que tiene una sociedad con pocos trabajos afectan la vida individual de las personas. Históricamente, el trabajo es el principal factor de ubicación social y evaluación individual. El trabajo define lo que una persona puede aspirar, marca el ritmo de vida y ofrece una medida de éxito o fracaso de cada persona (pág. 35), ya que “vivimos en una sociedad centrada en el trabajo” (Frayne, 2017, pág. 24). De acuerdo con André Gorz, el trabajo en sentido económico “representa el intercambio contractual de cierta cantidad de tiempo productivo a cambio de un salario” (pág. 29). El trabajo, como un pilar de las sociedades contemporáneas está desapareciendo en la cuarta Revolución Industrial, pertenece ahora a las máquinas.

Esta revolución se está caracterizando no solo por el uso de Inteligencia Artificial o el aumento en el desempleo tecnológico; está causando, a su vez, un aumento de trabajo enajenado. De acuerdo con el psicólogo Erich Fromm, siguiendo a Marx, “el trabajo está enajenado porque ha dejado de ser parte de la naturaleza del trabajador” (1962, pág. 59). Esto quiere decir que el trabajador, con la actividad que realiza, no desarrolla libremente sus capacidades físicas ni mentales, sino que por el contrario esta actividad hace que el trabajador quede exhausto y mentalmente desmotivado<sup>18</sup>. A través del sistema capitalista y la división del trabajo, el hombre se aleja de lo que produce, el resultado de su trabajo le es ajeno y extraño (Marx, 1867/1962, pág. 105).

La fábrica automática descrita por Marx, parece el retrato de las fábricas y empresas que tenemos en la actualidad: “los movimientos globales de la fábrica no

---

<sup>18</sup> Esto ha llevado a lo que el filósofo Byung Chul-Han llama *la sociedad del cansancio* en la época contemporánea (2012).

parten del obrero, sino de la máquina, el personal puede cambiar constantemente sin que se interrumpa el proceso del trabajo” (Marx, 1867/2010, pág. 348). Esta forma de producción capitalista lejos está de liberar al hombre, por el contrario, le confisca toda su libre actividad física y mental, y durante su interacción con la máquina el trabajador está expuesto a lesiones y desgaste físico. La máquina, vista como un *instrumento de trabajo*, pasa a ser *el competidor* del propio obrero. Sumado a eso, la ya establecida división de trabajo, reduce el valor de lo producido, ya que pasa de ser un trabajo detallado al manejo automático de una maquinaria (pág. 356). Claramente, las consecuencias del desempleo tecnológico para los trabajadores se traducen no solo en la pérdida de un empleo sino en la imposibilidad de encontrar uno igualmente remunerado, puesto que el creciente número de obreros desplazados cambia las razones de demanda y oferta de la fuerza laboral, incrementando la oferta y por tanto depreciándola. Por estos motivos podemos pensar al desempleo tecnológico como un fenómeno producido por el capitalismo que ayuda a su vez a perpetuarlo: “Los antagonismos y contradicciones inseparables del empleo capitalista de la maquinaria no brotan de la maquinaria misma, sino de su empleo capitalista” (pág. 366).

Para Hanna Arendt, (1906 – 1975), filósofa alemana, pensar *La condición humana* (1958/2003), implicaba pensar en lo que hacemos y eso que hacemos cuando nada hacemos (Esquirol, 2011, pág. 93). A la primera la llamó *vita* activa, y la definió por medio de tres actividades que consideraba fundamentales: 1) la labor, “la actividad correspondiente al proceso biológico del cuerpo humano, cuyo espontáneo crecimiento, metabolismo y decadencia final están ligados a las necesidades vitales producidas y alimentadas por la labor en el proceso de la vida”; 2) el trabajo, “es la actividad que corresponde a lo no natural de la exigencia del hombre, que no está inmerso en el constantemente repetido ciclo vital de la especie, ni cuya mortalidad queda compensada por dicho ciclo. El trabajo proporciona un ‘artificial’ mundo de cosas, claramente distintas de todas las circunstancias naturales” y; 3) la acción, “única actividad que se da entre los hombres sin la mediación de cosas o materia, corresponde a la condición humana de la pluralidad, al hecho de que los hombres, no el Hombre, vivan en la Tierra y habiten en el mundo” (Arendt, 1958/2003, págs. 21-22).

El ser humano puede ser clasificado de acuerdo con la actividad que realiza. Esto es, en cuanto que el hombre es capaz de crear objetos que no se encuentran en la naturaleza, Arendt habla de un *homo faber*, y en contraste si ese hombre hace actividades que responden a la necesidad de subsistir, habla de un *animal laborans*. El primero, reduce todo a medios, generaliza la actividad de la fabricación y busca en la utilidad y el progreso el fin de la vida humana (Esquirol, 2011, pág. 95). Es en este punto, donde lo descrito por la filósofa alemana, retrata a la capacidad técnica y subraya que existe una dualidad entre la actividad de *la labor* y *la fabricación*. Mientras que la primera siempre abogará por satisfacer necesidades, la segunda lo hará por objetos de consumo. El progreso técnico, lo que ha permitido es que la fuerza que produce la labor se dedique casi por completo al consumo. Para Marx, el tiempo de ocio que se ganaría por las máquinas se ocuparía en tareas que fueran significativas para los trabajadores, pero de acuerdo a Arendt, esto no fue así “el tiempo de ocio del *animal laborans* siempre se gasta en el consumo, y cuanto más tiempo le queda libre, más ávidos y vehementes son sus apetitos” (Arendt, 1958/2003, pág. 140). Podemos entonces pensar que, de igual manera, que el enojo de los trabajadores desplazados por la tecnología actual no debe depositarse directamente en los avances tecnológicos mismos sino en el sistema que genera un exceso de capital para unos cuantos a costa de trabajadores desvalidos.

La inteligencia artificial en conjunto con el aceleramiento de los cambios tecnológicos, de manera parcial o total, están promoviendo el desempleo tecnológico. El futuro del trabajo parece ser desalentador si pensamos en que hemos perdido la exclusividad de algunas tareas creativas e intelectuales para compartirlas o delegarlas a las máquinas. Nuestra sociedad debe rediseñarse para evitar una catástrofe y aunque Campa propone asignar un *ingreso básico universal* a todos los ciudadanos como una solución al desempleo tecnológico, la realidad es que estamos muy lejos de contar con soluciones o medidas adecuadas (2018, pág. 9). Y después de todo, tal como atinadamente plantea el filósofo John Danaher, en su ensayo “¿Valdrá la pena vivir una vida sin trabajo?” (2016), el desempleo tecnológico nos está heredando dos cuestiones éticas y sociales: la primera, ¿cómo se distribuirán en la sociedad las ganancias derivadas del trabajo automatizado?, y la segunda, si las personas ya no tienen que trabajar, ¿qué harán con sus vidas?

Tomando en cuenta todo lo anterior, se plantea la siguiente pregunta: ¿cómo se definirán los individuos, acostumbrados a una ética del trabajo, en una sociedad sin empleos? En la siguiente sección, se intenta encontrar una respuesta a esta pregunta abordando de manera particular el desempleo tecnológico. Se realizará un caso de estudio en una industria que de acuerdo con el reporte “El futuro del empleo: ¿Qué tan susceptibles son los trabajos a la automatización?” de (Frey & Osborne, 2013), está implementando procesos de automatización constantes, esta es la industria aeroespacial.

#### **4. CONQUISTANDO EL CIELO**

“En el mejor de los casos, la fabricación de las nuevas máquinas dará siempre trabajo a menos obreros que los desplazados por su empleo” (Marx, 1867/2010, pág. 364).

Los seres humanos han querido conquistar el cielo desde hace siglos. Durante los inicios del siglo XX se han hecho incontables experimentos y desarrollos tecnológicos con la intención de surcar el cielo: esos primeros vuelos duraban menos de un minuto, y difícilmente podían llevar más de dos pasajeros. Es a finales del siglo pasado e inicios de este donde la industria aeroespacial ha florecido con tal empeño que ya no sólo se habla de seguir conquistado el cielo, ahora queremos hacer nuestro el espacio exterior (Space X, 2021; Rincon, 2021).

Durante el 2019 se realizaron, a nivel mundial más de 38.9 millones de vuelos: poco más de 110,510 vuelos diarios (Statista, 2021). Sin duda, de las industrias existentes a nivel mundial, una de las más complejas y que ha ido cobrando mayor importancia con el pasar de los años es la industria aeroespacial, ya que repercute en sectores como el de las comunicaciones, transporte, seguridad e incluso militar (Morán Moguel & Mayo Hernández, 2013, pág. 3). Dicha industria requiere de una alta innovación tecnológica, así como de una alta burocratización de sus procesos de producción, puesto que en el desarrollo de esta industria están involucradas vidas humanas (Vázquez & Bocanegra, 2018, pág. 154; Federación Mexicana de la Industria Aeroespacial, Secretaría de Economía, 2012)

Esta industria cuenta con varios segmentos a nivel mundial, que le permiten aprovechar las condiciones laborales de países subdesarrollados y fomentar condiciones para la innovación tecnológica en países desarrollados. Estos segmentos son: aeronaves y sus partes; motores de aeronaves y sus partes; sistemas eléctricos-electrónicos y aviónica; mantenimiento, reparación y revisión (MRO); simuladores y entretenimiento; y espacial, misiles, armamento y otros (Federación Mexicana de la Industria Aeroespacial, Secretaría de Economía, 2012).

Este dinamismo que adquieren las empresas trasnacionales fomenta un proceso de externalización ya observado por Marx varios siglos atrás, es decir que “la externalización de las fuerzas de producción fue una consecuencia histórica del desarrollo de la máquina” (Ingold, 2002, pág. 318) y de división del trabajo tal como Adam Smith lo describió en 1776 en el primer capítulo de su libro (Investigación sobre la naturaleza y causas de la riqueza de las naciones). Algunas partes de la cadena de valor es realizada por trabajadores que requieren capacitación en tecnologías que les resultan ajenas, puesto que estas empresas son las que desarrollan estas tecnologías. Esta transmisión de conocimiento va surgiendo de la práctica productiva y la competencia que estas mismas empresas generan a través de aplicaciones de tele-robótica y telepresencia (Vázquez & Bocanegra, 2018, pág. 155). Lo anterior vino a revolucionar la industria actual y trajo consigo a la cuarta revolución industrial (Schwab, 2016).

De acuerdo con Klaus Schwab (2016), el tipo de tecnología que caracterizó a la primera revolución industrial fue el uso del agua y el vapor para poder generar movimiento mecánico; la segunda utilizó la energía eléctrica para empezar a crear las primeras líneas de producción en masa; la tercera utilizó la electrónica y las computadoras personales para llevar a cabo la revolución digital; y la cuarta está trayendo consigo la aplicación de Inteligencia Artificial, aprendizaje maquinal y sobre todo una aceleración de los cambios tecnológicos como no se había visto antes. Estos avances tecnológicos apuntan al desarrollo de la industria aeroespacial y la aeronáutica (Cluster Institute).

Por tales motivos, esta industria ha sido catalogada como una de las principales en aprovechar la automatización para el mejoramiento de sus procesos. De acuerdo con el reporte de Frey y Osborne (2013), “el 47 % de puestos de trabajos en los Estados Unidos está en riesgo” Para los puestos de trabajo involucrados en la industria de la aeronáutica los pronósticos de automatización son los siguientes: 81% Dibujantes eléctrico y electrónico, 71%, Mecánicos de aviones y Técnicos de servicio, 70% Técnicos en aviónica, 68% Dibujantes mecánicos, 67% Mecánicos de maquinaria industrial, 48% Técnicos de operaciones aeroespaciales, 38% Técnicos en mecánica, 36%

Programadores de control numérico para metal y plástico, 35% sobrecargos, 25% Gerentes y 0.17% Ingenieros Aeroespaciales, por mencionar los principales<sup>19</sup>.

Los pronósticos son muy altos para esta industria, donde se puede ver una clara tendencia a reemplazar a los trabajos menos especializados como dibujantes y técnicos, por un lado, mientras que los trabajos altamente especializados como los de ingeniería tienen una muy baja probabilidad. Lo anterior cobra una especial relevancia para los países subdesarrollados como México, ya que la mayoría de los puestos de trabajo que se tienen para esta industria caen en el rango de poco especializados. Lo que pretende este trabajo es analizar la industria de la aviación de un nivel global a un nivel local, para así poder vislumbrar el impacto que tendría en los empleos mexicanos si los pronósticos hechos resultan reales.

#### 4.1 Industria Aeroespacial a nivel mundial

Esta industria se centra en el desarrollo de la nueva división internacional del trabajo “donde los países tienden a especializarse según sus niveles de posesión de capital, desarrollo tecnológico, capital humano, capacidad de innovación, extensión de redes productivas por el mundo y segmentación de las cadenas productivas de valor” (Vázquez & Bocanegra, 2018, pág. 157). En el estudio realizado por AeroStrategy (2009), durante el año 2008, el valor del mercado mundial aeroespacial ascendió a 450 mil millones de dólares, como puede verse en la Ilustración 2. Estados Unidos es el país que más dinero generó, seguido, de lejos, por Francia, Reino Unido, Alemania y Canadá. Los pronósticos sobre el crecimiento de este sector siguen la tendencia creciente del mercado y muestran un carácter optimista.

---

<sup>19</sup> Para una lista completa de los puestos de trabajo, véase el apéndice (Frey & Osborne, 2013).

No.	País	Ingresos (Miles de millones de dólares)
1	Estado Unidos	\$204.00
2	Francia	\$50.40
3	Reino Unido	\$32.70
4	Alemania	\$32.10
5	Canadá	\$22.30
6	Japón	\$14.10
7	China	\$12.00
8	Rusia	\$10.00
9	Italia	\$9.90
10	Brasil	\$7.60
11	España	\$6.10
12	Singapur	\$4.30
13	India	\$4.00
14	Holanda	\$3.40
15	México	\$3.00
	Otros	\$34.20
	<b>Total</b>	<b>\$450.00</b>

Fuente: Aerospace Globalization 2.0, AeroStrategy, November 2009.

### *Ilustración 2 Ventas de productores mundiales en la industria aeroespacial*

Empresas como Boeing y Airbus, dos de las más grandes armadoras de aviones, pronostican duplicar su flota de aviones activos para el 2040 (Airbus, 2019; Boeing, 2021); para el 2020 se espera que el mercado global de MRO genere ganancias por más de 65 mil millones de dólares; el gasto esperado para la producción de aviones civiles será de 910 mil millones de dólares (Federación Mexicana de la Industria Aeroespacial, Secretaría de Economía, 2012, pág. 12). Para lograr dichos objetivos la industria necesita de estrategias no solo financieras, sino tecnológicas productivas y políticas que le ayuden a lograr dichos objetivos. Algunas de estas tendencias son: innovación en motores de nueva generación, crecimiento en el mercado de sistemas no tripulados, colaboración entre gobierno e industria para generar clústeres productivos y subcontratación global<sup>20</sup>.

Para el desarrollo de las aeronaves, las industrias líderes han optado por un esquema de outsourcing, en el cual envían a diversos países el trabajo a realizar en una nueva división internacional del trabajo global (Vázquez & Bocanegra, 2018, pág. 157). De acuerdo con (Boisier Etcheverry, 2014), esto da lugar a la “modificación de la geografía locacional de la industria manufacturera, poniendo frente a frente la creación

<sup>20</sup> Las empresas OEM ahorran entre el 20 y el 30% al subcontratar a proveedores Tier 1. Por lo general estos proveedores están ubicados en países poco desarrollados donde la mano de obra es barata.

de un único espacio de mercado global y un enorme abanico de lugares productivos discontinuos en la superficie terráquea” (pág. 23). El propósito de estas empresas globalizadas es trasladar a los países emergentes segmentos de su cadena de producción. En industrias de alta tecnología como la aeroespacial, esto cobra una gran importancia, puesto que el desarrollo de la tecnología se realiza dentro de dichas empresas y no en los países emergentes. Por tal motivo, los trabajadores deben de recibir capacitación de manera presencial, en sitio, o por medio del uso de tecnología de la información (pág. 155).

Estas tecnologías han permitido el avance a lo que muchos autores llaman la cuarta revolución industrial (Schwab, 2016; Cluster Institute). Más aún, el desarrollo de la llamada industria 4.0 permitirá la convergencia con el desarrollo de la alta tecnología de la información dictada por la cuarta revolución industrial (Vázquez & Bocanegra, 2018, pág. 155). Los principios básicos de la Industria 4.0 son: interoperabilidad, virtualización, descentralización, capacidad en tiempo real, orientación al servicio y modularidad, basados en cuatro componentes: sistemas ciber-físicos, el Internet de las cosas y los servicios y la fábrica inteligente (Hermann, Pentek, & Otto, 2016).

Dos conceptos medulares para entender cómo funciona la globalización son por un lado el concepto de *cadena de suministro* que (Srinivasan, Mukherjee, & Gaur, 2011) describen como el conjunto de actividades que realizan todas las empresas o industrias involucradas para unir sus aportaciones en un producto para que este sea entregado de manera puntual, con una alta calidad a un bajo costo (pág. 262). Y, por otro lado, el concepto de la *cadena productiva* que (Gereffi, 2001) define como “el amplio rango de actividades involucradas en el diseño, producción y comercialización de un producto” (pág. 14). Para Gary Gereffi, estos papeles los juegan las industrias transnacionales de capital o de alta tecnología, donde lo que está en juego es la coordinación de estas redes de suministro y producción en los países emergentes. Las industrias automotrices, aeronáuticas y de semiconductores serían un ejemplo de ellas.

La dinámica de deslocalización de las empresas transnacionales de su país de origen a otros países arma un rompecabezas productivo a través del mundo. Conceptos como “industria aeroespacial; localidades/regiones y globalización; procesos productivos

flexibles; cadenas de suministro y de valor en los segmentos de la cadena productiva global” (Vázquez & Bocanegra, 2018, pág. 156) nos darán una guía para entender y analizar el impacto que tendrá la lógica de la alta tecnología guiada por la cuarta Revolución Industrial y ayudada por la plataforma de la Industria 4.0.

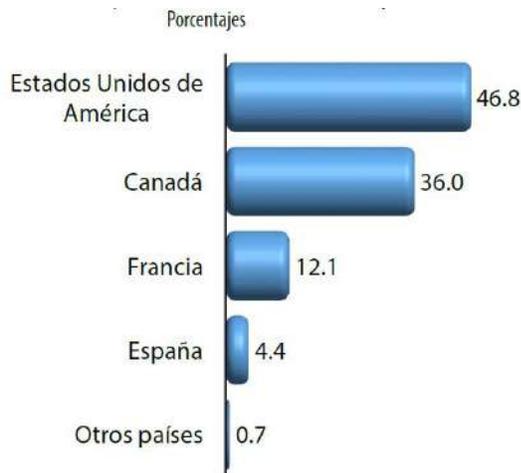
A nivel global, la industria aeroespacial puede ser analizada desde dos perspectivas: la primera, toma en cuenta a las empresas y la cadena productiva, esta, a su vez divide a las empresas en 4 tipos: 1) empresas integradoras, 2) contratistas de primera línea “Tier 1”, 3) subcontratistas “Tier 2 y Tier 3” y 4) proveedoras de servicios de mantenimiento. La segunda, hace distinción entre los productos que son fabricados por las empresas: 1) aviación comercial, 2) aviación regional 3) aviación general<sup>21</sup> 4) aviación militar, 5) helicópteros y 6) fabricación de motores, equipos, lanzadores y misiles. A su vez, la cadena de producción identifica cinco segmentos con base en la actividad que realizan: 1) Aeronaves y sus partes, 2) Motores de aeronaves y sus partes 3) Sistemas, eléctrico-electrónico y Aviónica 4) Mantenimiento, reparación y overhaul (MRO), Simuladores y entrenamiento y 5) Espacial, misiles, armamento y otros (Federación Mexicana de la Industria Aeroespacial, Secretaría de Economía, 2012, pág. 9).

#### 4.2 Industria Aeroespacial a nivel México

La participación de México en la industria aeroespacial es bastante joven: nació a inicios del siglo XXI, y desde su concepción ha crecido a un ritmo del 20% anual: lo anterior lo ubica en el puesto quince de los productores mundiales (AeroStrategy, 2009; Federación Mexicana de la Industria Aeroespacial, Secretaría de Economía, 2012), véase Ilustración 2. La importancia que tienen los mercados internacionales es crítica, como lo muestra la Ilustración 3, puesto que uno de los factores decisivos en el crecimiento de esta industria en el país se debe a la inversión extranjera directa. Durante el periodo 2007-2016 esta industria recibió 3,285 millones de dólares de inversión, siendo Estados Unidos de América, Canadá y Francia los países que más han invertido en el país.

---

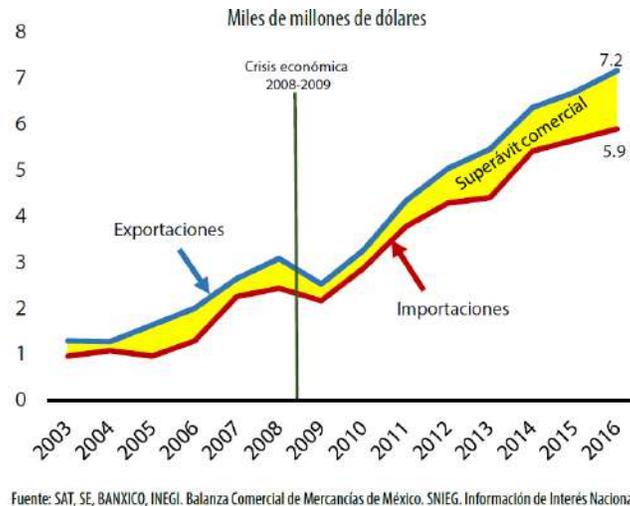
<sup>21</sup> Aviones ligeros y de negocios.



Fuente: Dirección General de Inversión Extranjera de la Secretaría de Economía.

*Ilustración 3 Inversión extranjera directa en la Industria aeroespacial.*

Esta industria presenta un superávit en la balanza comercial: las exportaciones son mayores a las importaciones para este sector: como lo muestra la Ilustración 4, las empresas extranjeras que han invertido en el país reciben más capital del que invierten, lo que hace sumamente atractivo el invertir aquí. Eso no hace más que resaltar la dependencia que tiene México en esta industria. Se han identificado 330 unidades económicas con actividad en la industria aeroespacial donde incluyen actividades como la manufactura, los servicios de mantenimiento y la reparación e ingeniería (Secretaría de Economía, PROMéxico, Federación Mexicana de la Industria Aeroespacial A.C., Instituto Nacional de Estadística y Geografía, 2018).



*Ilustración 4 Exportaciones e importaciones de la Industria aeroespacial.*

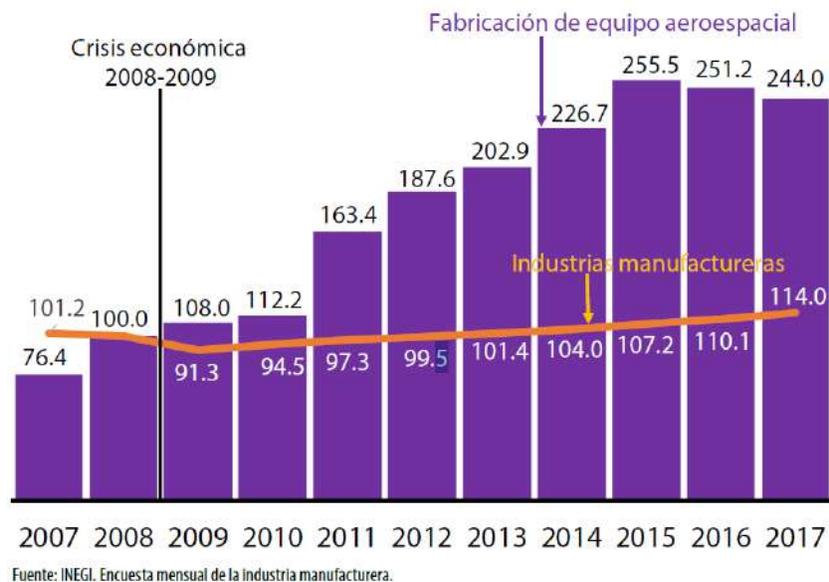
Las actividades realizadas por las industrias mexicanas se concentran en su mayoría como proveedoras Tier 1 y Tier 2 (Federación Mexicana de la Industria Aeroespacial, Secretaría de Economía, 2012, pág. 9). La estructura laboral que se ha generado en el país está dividida en tres actividades principales: manufactura, MRO y Diseño e Ingeniería (D&I). Cada una de éstas se subdivide, a su vez, en otras actividades que son llevadas a cabo por las empresas. La Ilustración 5 muestra un desglose detallado de actividades realizadas en el país. La industria que ha ido cobrando mayor relevancia con el paso de los años es la Industria Aeronáutica. La generación de empleos y las remuneraciones salariales que provee esta industria, en promedio, es 1.5 veces mayor que el resto de las industrias que se dedican a la manufactura de otros productos (Federación Mexicana de la Industria Aeroespacial, Secretaría de Economía, 2012).

El sector relacionado con la industria manufacturera ha sufrido un estancamiento, con el paso del tiempo. Como podemos observar en la Ilustración 6, desde la crisis económica del 2008 la ocupación en la fabricación de equipo aeroespacial sobrepasó a esta industria. Sería complejo y está fuera del alcance de ésta investigación determinar con exactitud el por qué la industria manufacturera ha crecido tan poco en ocupación del 2008 al 2017, pero como la hipótesis de este trabajo sostiene, uno de los factores podría ser el aceleramiento del cambio tecnológico promovido por la Industria 4.0.

ESTRUCTURA DE LA INDUSTRIA AEROESPACIAL EN MÉXICO		
Actividades llevadas a cabo por las empresas		
<b>Manufactura</b> Fabricación y ensamblaje de componentes y partes de aeronaves. 	<b>MRO</b> Mantenimiento, reparación y revisión. 	<b>D&amp;I</b> Diseño e Ingeniería. 
<b>79%</b>	<b>11%</b>	<b>10%</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Arnéses y cables.</li> <li>• Componentes de motores.</li> <li>• Sistemas de aterrizaje.</li> <li>• Inyección y moldes de plástico.</li> <li>• Fuselajes.</li> <li>• Composturas.</li> <li>• Intercambiadores de calor.</li> <li>• Maquinado de precisión.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Turbinas y motores.</li> <li>• Fuselajes.</li> <li>• Sistemas eléctrico-electrónicos.</li> <li>• Sistemas de aterrizaje.</li> <li>• Hélices.</li> <li>• Componentes dinámicos.</li> <li>• Cubrimientos, Corrosión y Protección.</li> <li>• Arreglo y Rediseño de Interiores.</li> <li>• Sistemas Unitarios de Poder (APU).</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Dinámica aeroespacial</li> <li>• Sistemas de control</li> <li>• Simulación de vuelos.</li> <li>• Técnicas de pruebas no destructivas (NDT).</li> <li>• Procesamiento de datos e imágenes.</li> <li>• Diseño de equipo</li> <li>• Sistemas embebidos.</li> </ul>

Fuente: Secretaría de Economía

*Ilustración 5 Estructura laboral de la industria aeroespacial.*

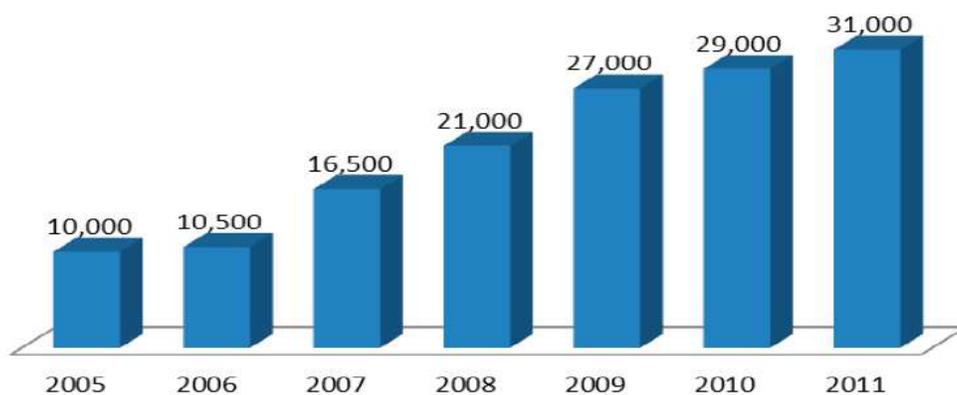


*Ilustración 6 Personal ocupado en la Fabricación de equipo aeroespacial y en las Industrias manufactureras.*

El continuo crecimiento de esta industria va de la mano con la creación de nuevos empleos. Durante los años 2005 y 2011, Ilustración 7, la creación de nuevos puestos de

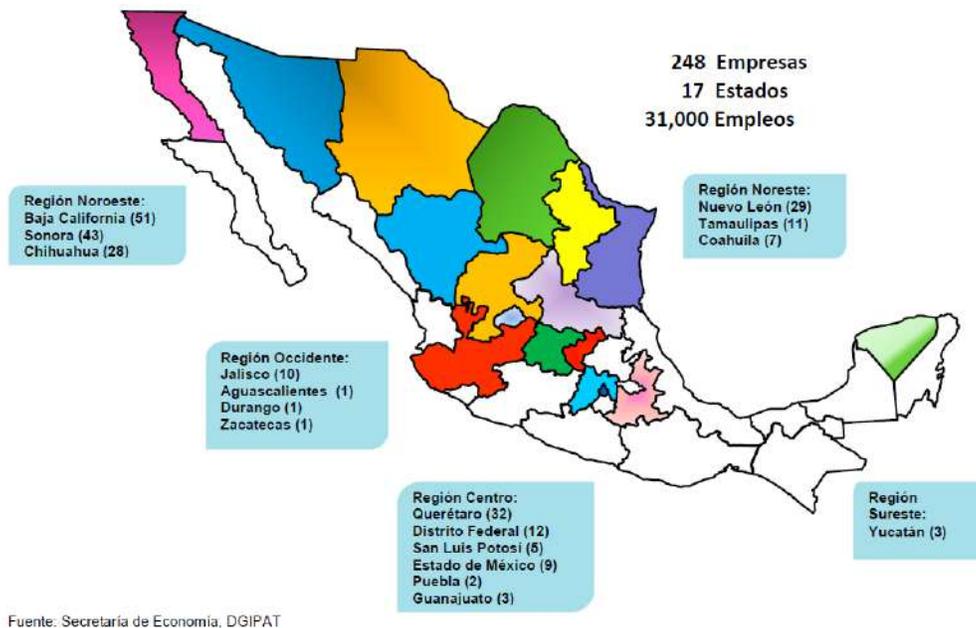
trabajo fue al alza de manera acelerada (pág. 22). Dentro de la cadena de valor global, la industria mexicana participa en los tres principales niveles de esta industria: OEMs, Tier 1 y Tier 2. Dicha cadena, de manera local se encuentra distribuida en 17 entidades, Ilustración 8, divididas en cinco regiones: noreste, noroeste, centro, occidente y sureste (pág. 23).

### Empleos creados 2005-2011



Fuente: Secretaría de Economía, DGIPAT

*Ilustración 7 Empleos creados 2005-2011 en la industria aeroespacial.*



*Ilustración 8 Ubicación y distribución geográfica de la industria aeroespacial en México.*

El 80% de las empresas se dedican a actividades que están relacionadas con la manufactura de partes para aviones y el 20% restante a diseño, ingeniería y MRO (pág. 27). Los principales estados en los que las empresas extranjeras han decidido establecerse son Baja California, Chihuahua, Sonora, Nuevo León y Querétaro. Destacando este último al no ser un estado fronterizo. El número de empresas que se han establecido en dichos estados ha sido tal que han creado clústeres, o zonas industriales específicas para el sector aeroespacial. Debido a lo anterior, es que podemos ver una creciente creación de carreras técnicas que soporten al área de manufactura y de MRO.

The Boston Consulting Group realizó un reporte a petición de la Secretaría de Economía (Federación Mexicana de la Industria Aeroespacial, Secretaría de Economía, 2012, pág. 1), en el que identificó a la industria Aeroespacial, por su alta competitividad y potencial de impacto, como un sector estratégico para el desarrollo de la economía nacional. Los resultados del reporte concuerdan con la importancia que ha tenido este sector para el país; las empresas dedicadas a este sector se duplicaron entre 2006 y 2011, con un total de 248 plantas industriales. Con lo anterior, México fue el país que más invirtió en este sector durante dicho periodo (pág. 2).

<b>PRINCIPALES CLÚSTERS</b>	<b>ESPECIALIDAD</b>	<b>PRINCIPALES JUGADORES</b>
<b>En Baja California:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Mexicali</li> <li>• Tecate</li> <li>• Tijuana</li> </ul>	Eléctrico– Electrónico Manufactura de partes	51 empresas entre las que destacan: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Honeywell</li> <li>• Gulfstream Interiores Aéreos</li> </ul>
<b>En Chihuahua:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Chihuahua</li> <li>• Ciudad Juárez</li> </ul>	Manufactura de partes y fuselajes, eléctrico-electrónico, interiores, mecanizados	28 empresas entre las que destacan: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Labinal, de Grupo Safran</li> <li>• Cessna Aircraft</li> <li>• Textron International</li> <li>• Grupo American Industries</li> </ul>
<b>En Querétaro:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Querétaro</li> </ul>	Fabricación de componentes de motor y trenes de aterrizaje Ensamble de componentes y fuselajes de avión, MRO	32 empresas entre las que destacan: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Bombardier</li> <li>• ITP Ingeniería y Fabricación.</li> <li>• SNECMA, de Grupo Safran</li> <li>• Messier Dowty de Grupo Safran</li> <li>• GE-IQ</li> <li>• Aernnova</li> </ul>
<b>En Sonora:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Hermosillo</li> <li>• Guaymas</li> <li>• Ciudad Obregón</li> </ul>	Manufactura de componentes para motores y turbinas, fuselaje y materiales compuestos.	43 empresas entre las que destacan: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Goodrich Aerostructures de México</li> <li>• ESCO</li> </ul>
<b>En Nuevo León:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Apodaca</li> <li>• Monterrey</li> <li>• Santa Catarina</li> </ul>	Forjas y maquinados, fabricación de componentes, ensambles de fuselajes de helicópteros.	29 empresas entre las que destacan: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Frisa Forjados</li> <li>• MD Helicopters</li> </ul>

Fuente: Secretaría de Economía, DGIPAT

### *Ilustración 9 Principales clústeres aeronáuticos en México.*

Por la importancia que tiene dicha industria, se han creado diversos programas estratégicos en el país para impulsar el desarrollo en México. Dichos programas tienen como propósito colocar a México dentro de los 10 primeros lugares a nivel mundial de exportaciones para así ser una de las cadenas globales más relevantes para el año 2020 (Federación Mexicana de la Industria Aeroespacial, Secretaría de Economía, 2012; Secretaría de Economía, 2017; Secretaría de Economía, PROMéxico, Federación Mexicana de la Industria Aeroespacial A.C., Instituto Nacional de Estadística y Geografía, 2018). Para lograr dicho propósito se planteó la creación de carreras Técnicas, Técnico Superior Universitarias (TSU) y universitarias para proveer a la industria con mano de obra calificada.

Entidad federativa	Licenciatura y técnico superior universitario
Baja California	Ingeniería en Aeronáutica Licenciatura en Ingeniería Aeroespacial*/ TSU en Manufactura Aeronáutica – Área Maquinado de Precisión
Chiapas	TSU Piloto Aviador
Chihuahua	Licenciatura en Ingeniería Aeroespacial Ingeniería en Aeronáutica*/ Licenciatura en Dirección y Administración de Aeropuertos y Negocios Aéreos
Ciudad de México	Ingeniería en Aeronáutica
Estado de México	Ingeniería en Aeronáutica TSU en Mantenimiento Aeronáutico, Área Aviónica
Guanajuato	Ingeniería en Aeronáutica
Hidalgo	Ingeniería en Aeronáutica
Jalisco	Licenciatura en Ciencias Militares Piloto Aviador
Nuevo León	Ingeniería en Aeronáutica*
Puebla	Licenciatura en Ingeniería Aeroespacial
Querétaro	Ingeniería Aeronáutica en Manufactura Ingeniería en Diseño Mecánico Aeronáutico Ingeniería en Electrónica y Control de Sistemas de Aeronaves TSU en Aviónica TSU en Mantenimiento Aeronáutico, Área Aviónica TSU en Mantenimiento Aeronáutico, Área Planeador y Motor TSU en Mantenimiento de Aeronaves TSU en Manufactura Aeronáutica, Área Maquinado de Precisión
Sonora	Ingeniería en Manufactura Aeronáutica TSU en Aeronáutica TSU en Manufactura Aeronáutica, Área Maquinado de Precisión*
Veracruz	Ingeniería en Ciencias Aeronavales

Fuente: Elaboración de la Secretaría de Economía con datos de la ANUIES.

Nota: \*/ Se imparte en más de un plantel.

TSU: Técnico Superior Universitario.

### *Ilustración 10 Oferta educativa para la Industria aeroespacial. Ciclo 2016-2017*

El listado de carreras a nivel universitario y técnico superior universitario mencionadas en la Ilustración 10 están directamente ligadas con la fabricación de equipo aeronáutico. Pero el mapa resultaría incompleto si no se toma en cuenta que, esta actividad de fabricación, requiere de otros perfiles de estudio menos especializados para su desarrollo. Un ejemplo de ello es el Colegio Nacional de Educación Profesional Técnica (CONALEP). Este colegio con más de 308 planteles a nivel nacional ofrece más de 48 carreras técnicas agrupadas de la siguiente manera:

Producción y transformación	Mantenimiento e instalación	Electricidad y electrónica
Control de Calidad	Mantenimiento de Motores y Planeadores	Electricidad Industrial
Máquinas Herramientas	Laministeria y Recubrimiento de las Aeronaves	Mantenimiento de Sistemas Electrónicos
Metalmecánica	Mantenimiento de Sistemas Automáticos	Sistemas Electrónicos de Aviación
Metalurgia	Electromecánica Industrial	Mecatrónica
Plásticos	Motores a Diésel	
Productividad Industrial	Autotrónica	
Química Industrial		

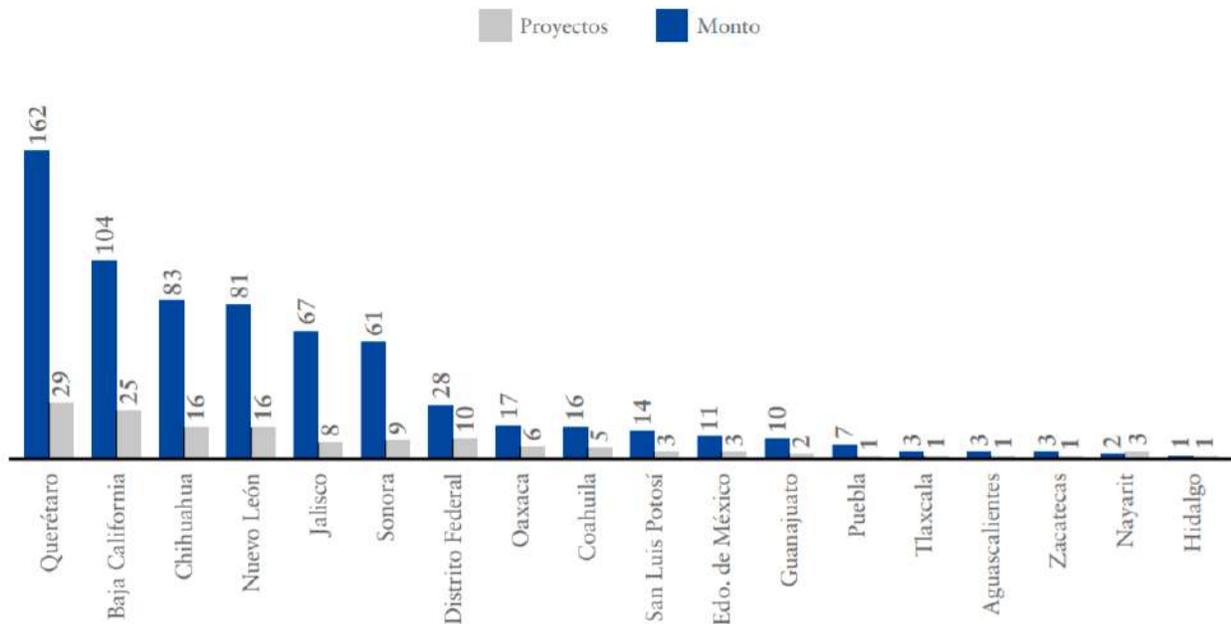
Tecnología y Transporte	Salud	Contaduría y Administración	Turismo
-------------------------	-------	-----------------------------	---------

Fuente: CONALEP. Planteles y Oferta Educativa Nacional. Ciclo escolar 2016 - 2017.

*Ilustración 11 CONALEP. Oferta Educativa Nacional. Ciclo Escolar 2016-2017*

### 4.3 Industria Aeroespacial a nivel Querétaro

De acuerdo con el Mapa de Ruta del sector Aeroespacial para la Región de Querétaro, (CENAM, CIDESI, ProMexico, 2015). El estado se ha consolidado como una de las regiones principales para la industria aeroespacial en el país y en el mundo. Hasta la fecha del reporte, había un total de 40 empresas relacionadas con el sector aeroespacial establecidas en el Aeroclúster de Querétaro. Este estado fue el que más proyectos y monto recibió en el 2015 de acuerdo con lo mostrado en la Ilustración 12. Para incentivar estas inversiones el estado cuenta con la primera universidad especializada en el sector aeroespacial en el país, la Universidad Aeronáutica en Querétaro (UNAQ): esto explicaría porque cada vez más empresas buscan establecerse en el estado.



Fuente: Conacyt, Presentación AeroPEI 2016, UNAQ, 2015

*Ilustración 12 Proyectos y montos asignados al sector aeroespacial por estado.*

Las empresas ya consolidadas en la región a su vez están buscando expandir sus servicios y ofertas: El grupo Safran inauguró una nueva planta durante febrero del 2018 (Safran, 2019). Por si fuera poco, las empresas establecidas en el Aeroclúster son empresas extranjeras, en muchos de sus casos transnacionales: General Electric, Airbus, Bombardier, Grupo Safran, Eurocopter por mencionar las más grandes. Uno de los principales motivos por el cual dichas empresas están en México se debe a la mano de obra barata, debido entre otras cosas por la paridad dólar-peso mexicano, disponibilidad de trabajadores jóvenes y de bajo costo, así como la cercanía con Estados Unidos.

Retomando el estudio de Frey y Osborne (2013), descrito en el capítulo anterior, la probabilidad de automatización de las ocupaciones para los trabajadores que son empleados en el sector aeroespacial son: Ingenieros Eléctricos y Electrónicos con puestos técnicos, 84%; Técnicos en Aviónica 70%; Mecánicos de aviones y técnicos de servicio 71%; Ingenierías aeroespaciales y técnicos de operaciones 48%; Ingenieros de vuelo 18%; e Ingenieros Aeroespaciales es del 1.7%. Estos números son pertinentes,

puesto que, en concordancia con lo descrito en este capítulo, para México, esta industria es una de las más rentables, sin mencionar las grandes inversiones que año con año, el país y los estados están haciendo para que los estudiantes que aspiran a un nivel técnico, técnico universitario o universitarios elijan alguna de estas carreras: ¿Qué posibilidades de empleo pueden tener ante este panorama en apariencia desolador?

De acuerdo con Israel Pérez Valencia, de la agencia informativa del CONACYT (2017), es común que se lleven a cabo ferias de manufactura en las cuales se muestran los últimos avances tecnológicos del mercado para que las empresas del aeroclúster adopten. En el año del reporte, se celebró la Jornada de Manufactura 4.0, en la que destacaban tecnología de automatización, recolección de datos para pronósticos utilizando el Internet de las cosas, avance en manufactura aditiva y visualización de realidad aumentada. Los estudiantes que aspiran a insertarse en el sector aeroespacial podrían no tener idea alguna del grado de automatización de ciertas tareas o de si su carrera podría llegar a resultar obsoleta al ser reemplazada por un robot o algoritmo, pero ¿qué podemos decir de los actuales trabajadores de estas industrias? ¿Son capaces de vislumbrar como impactará el aceleramiento tecnológico a sus puestos de trabajo? ¿Son conscientes que su trabajo o gran parte de él podría llegar a ser automatizado en un corto plazo?

#### 4.4 Caso de estudio

Todo empezó con una bombilla, en 1879 el inventor estadounidense Thomas Alva Edison y un grupo de investigadores crean la primera bombilla incandescente con una vida media de 1600 horas (General Electric, s.f.). Es gracias a este inventó que la empresa *Thomson-Houston Electric Company* y la empresa *Edison Electric Company* se unen para crear, en 1892, General Electric (Swaminathan, 2019). Cuatro años después, la empresa crecería tanto que sería una de las 12 empresas fundadoras del índice Dow Jones<sup>22</sup> (Phillips, 2018; Investopedia, 2021). Si bien, el legado de la empresa se fundó en la bombilla eléctrica y más tarde en la industria de los electrodomésticos, a lo largo

---

<sup>22</sup> Índice bursátil de medición ponderado por precio de 30 empresas destacadas que cotizan en las bolsas de valores de los Estados Unidos. Las 12 empresas fundadoras fueron: *American Cotton Oil*, *American Sugar*, *American Tobacco*, *Chicago Gas, Distilling & Cattle Feeding*, *General Electric*, *Laclede Gas*, *National Lead*, *North American*, *Tennessee Coal and Iron*, *U.S. Leather* y *U.S. Rubber*.

de sus más de 130 años de historia los mercados en los que ha incursionado y productos que ha desarrollado van desde los servicios financieros como *GE Capital*, creadora de medios como *NBC Universal*, generación y distribución de electricidad con *GE Power*, generación de energía renovable con *GE Renewables*, turbinas de aviones con *GE Aviation*, y últimamente servicios digitales con *GE Digital* y en la creación de aditivos para impresión de piezas en 3D con *GE Additive* (Swaminathan, 2019).

GE llega a México en el año de 1896 con el negocio de electrodomésticos (General Electric, 2021). Cuenta con más de 10,000 empleados, 15 plantas de manufactura, 5 centros de servicio, un Centro de Operaciones Globales, y un Centro de Ingeniería Avanzada, fundado en 1999, con más de 1,800 ingenieros mexicanos establecido en el estado de Querétaro (General Electric, 2019). Este Centro de Ingeniería fue llamado General Electric Infrastructure Querétaro (GEIQ) y cuenta con los negocios de GE Aviation, GE Power, GE Renewables y GE Digital. Este centro, ha convertido en el centro de ingeniería más grande fuera de Estados Unidos para la industria de la aviación de GE y el segundo para la industria de generación eléctrica y energías renovables. “Se trata de uno de los centros de investigación y desarrollo tecnológico más avanzados de México, dedicado al diseño de turbinas de avión y de generación de energía” (Estrella, 2018).

Con el paso de los años, GE Aviation ha logrado posicionarse como la empresa líder del mercado de motores de avión: más de 33,000 motores están actualmente en servicio (General Electric, 2021). Más aún, para tener una idea concreta de lo predominante que es esta empresa para el mercado aeronáutico global, basta con mencionar lo anunciado por la empresa en un reporte del año 2017 “cada dos segundos, un avión propulsado por tecnología GE despegue en algún lugar del mundo” (General Electric, 2017).

Debido a la importancia que GEIQ tiene para el estado de Querétaro, para la industria global aeroespacial y que se cuenta con seis informantes que trabajan actualmente ahí, se tomará a esta como el caso de estudio en el que se buscará aplicar los conceptos descritos en la sección *CREACIÓN COMO CASTRACIÓN*. Se eligió realizar entrevistas cualitativas como método de investigación, ya que estas ayudarán a

“revelar cómo se refractan en la conciencia individual los diferentes factores sociales, económicos, culturales e ideológicos que dan pauta a las distintas conductas sociales de los individuos” (Vela Peón, 2013, p. 64).

Se conducirán entrevistas de tipo semiestructurado, es decir, se definirá un guion de preguntas a manera de hilo conductor, para dar profundidad a la entrevista, más este no será seguido al pie de la letra, lo que dotará a la entrevista de flexibilidad. En este tipo particular de entrevistas, el entrevistador conduce la sesión y permite que las respuestas sean más libres sin permitir que las respuestas del entrevistado se salgan del objetivo de la sesión (p. 76). Las preguntas propuestas tendrán el objetivo de dar a conocer los significados que los trabajadores dan al rol que desempeña la tecnología para sus actividades laborales, haciendo hincapié en el desempleo tecnológico que estás podrían llegar a causar.

**El aceleramiento de los cambios tecnológicos en el sector aeroespacial de Santiago de Querétaro generará un aumento en los procesos de desempleo tecnológico incrementando la polarización del trabajo ocasionando que los trabajadores definan nuevos significados al papel que juega la tecnología en el mundo laboral.**

En total, se realizaron seis entrevistas a ingenieros actualmente laborando en el negocio de aviación y a un ex empleado. El primer grupo, además, se dividió, por un lado, en trabajadores que por su rol y responsabilidades participan de manera activa en la contratación de personal y, por otro lado, en trabajadores que sólo se ocupaban de labores técnicas y/o administrativas. Otro criterio para la elección de los entrevistados fue la cantidad de años que tenían trabajando para GEIQ, debían ser más de siete. Lo anterior, con el fin de asegurar que los trabajadores conocieran las dinámicas de trabajo dentro de la empresa, además que por su experiencia contarían con trabajadores bajo su cargo. En el caso del ex empleado, se buscaron los mismos criterios de experiencia laboral. Además, el motivo de desempleo es pertinente a esta investigación, puesto que fue objeto de uno de varios recortes, que la empresa realizó para “mitigar” los impactos de la pandemia de SARS-CoV-2, que afectó en especial a la industria aeroespacial

(Deloitte, 2020). Tomando en cuenta lo anterior se definieron tres perfiles distintos de entrevistas, las preguntas y perfiles pueden ser consultadas en el APÉNDICE.

En la siguiente sección se analizarán cada una de las entrevistas, para tratar de encontrar puntos de convergencia entre los trabajadores con el fin de poder analizar los significados que, cada uno de ellos tiene sobre el rol de la tecnología en sus actividades diarias y así poder comprobar los resultado de acuerdo a la hipótesis planteada en este trabajo.

**El aceleramiento de los cambios tecnológicos en el sector aeroespacial de Santiago de Querétaro generará un aumento en los procesos de desempleo tecnológico incrementando la polarización del trabajo ocasionando que los trabajadores definan nuevos significados al papel que juega la tecnología en el mundo laboral.**

#### 4.4.1 Ingenieros administradores

Se comenzará analizando las respuestas obtenidas por el primer grupo de ingenieros. Estos corresponden al *perfil 1*, es decir, trabajadores que no participan de manera activa en la contratación de nuevos empleados y que cuentan con más de 6 años de experiencia laboral: nos referiremos a estos ingenieros como Ing\_P1\_1, Ing\_P1\_2 y Ing\_P1\_3<sup>23</sup>. Las preguntas definidas para este perfil buscaban revelar si los ingenieros creían que su trabajo o las actividades que realizan podrían ser o no automatizables, así como determinar si el uso de la tecnología determinaba en alguna manera la manera en la que ellos percibían su trabajo.

El Ing\_P1\_1 tiene más de 11 años trabajando para GEIQ y 13 años de experiencia como ingeniero. Su posición actual es de Mánager y su nivel en la jerarquía laboral corresponde a lo que la empresa denomina como un “Ingeniero 3”: esto lo sitúa como un empleado con habilidades de liderazgo capaz de tener gente a su cargo. El trabajo que realiza es de *Pruebas y Verificación de Software*. Este ingeniero tiene una relación ambivalente con la tecnología, por un lado, en el aspecto personal no busca estar a la

---

<sup>23</sup> Los entrevistados prefirieron que sus nombres no se vieran reflejados en esta investigación. Por tal motivo se hará referencia a ellos con estas etiquetas.

vanguardia en cuanto a conocimientos tecnológicos ni adquirir los dispositivos más nuevos. Y, por otro lado, en el aspecto laboral, busca lo contrario, esto es, poder implementar la tecnología más avanzada para la definición y programación de pruebas de manera autónoma. Esta separación está dada por el aspecto económico, de acuerdo con sus palabras: “es muy caro ir a la vanguardia. Me espero un poquito a que bajen los precios” (Ing\_P1\_1, comunicación personal, 13 de septiembre, 2021).

Este ingeniero también mostró un poco de incongruencia para relacionar los avances tecnológicos que usa en el trabajo con el impacto que estos podrían tener para los trabajadores. Al preguntar por la importancia de los avances tecnológicos en la industria aeroespacial contestó lo siguiente: “No son importantes, debido a que estamos en la industria de aviación, llevamos unos años atrasados en lo que respecta a tecnología”. A continuación, se le preguntó si creía que su trabajo podría llegar a ser automatizado, a lo que contestó: “Pues sí, al día a día estamos automatizando las actividades que hacemos, pero no creo que se llegue al 100 %, tal vez a un 70% u 80 %”. El entrevistado augura que esto tardará en llegar al menos 10 años (Ing\_P1\_1, comunicación personal, 13 de septiembre, 2021).

A pesar de que el ingeniero Ing\_P1\_1, no busca tener lo más nuevo de la tecnología para su vida personal, sí lo busca para ser implementado en su trabajo. Entre las actividades que desempeña está la búsqueda y aplicación de nuevas tecnologías para la automatización de pruebas: “Hemos desarrollado herramientas que nos han ayudado para automatizar el trabajo. Igual yo no las desarrollé, pero sí ayudé a definir los requisitos, ver las oportunidades para poderlas implementar. Y otras [herramientas] las hemos comprado”. Al preguntarle qué otras actividades están haciendo los ingenieros con el tiempo que ha ahorrado la automatización de estos procesos contestó lo siguiente: “pues nos ha ahorrado a tener menos ingenieros. Ósea, si ocupábamos veinte personas para tres actividades, pues se ha reducido a menos de la mitad” (Ing\_P1\_1, comunicación personal, 13 de septiembre, 2021).

El Ing\_P1\_2 cuenta con más de 8 años trabajando para GEIQ y 15 años de experiencia como ingeniero. Su posición actual es de Ingeniero Senior y su nivel en la jerarquía laboral corresponde a un “Ingeniero 4”. Lo anterior lo sitúa como un empleado

con altas habilidades de liderazgo, capaz de tener varios equipos de trabajo a su cargo y además de ser el experto para temas relacionados con Software Embebido. El trabajo que realiza es de “desarrollo e implementación de código basado en requisitos para sistemas de potencia en aeronaves”. Este ingeniero disfruta del uso de la tecnología en su vida cotidiana y en vida laboral: utiliza un Smart Watch, asistente virtual, Smart TV, video juego e incluso una rumba<sup>24</sup> (Ing\_P1\_2, comunicación personal, 19 de noviembre, 2021).

Dentro el área laboral, ha empezado a notar como algunas herramientas, que la empresa ha implementado, comienzan a desplazar ciertos trabajos “la mayoría de los servicios ahora son en la nube, para las cuestiones de IT tenemos un bot, un chat bot. Antes, ese trabajo lo hacía una persona” y concluye “así creo que, en GE, sí utilizan la tecnología para automatizar tareas que antes hacían personas”. Ante esto, se preguntó si él creía que su puesto podría correr el mismo riesgo, a lo que contestó “Sí, no mi puesto, pero sí algunas actividades que hago se pueden automatizar a mediano plazo”. Las actividades que él realiza, que aún no cree que puedan ser automatizadas tienen que ver con toma de decisiones, con la comunicación dentro de la empresa y la comunicación con el cliente. Las que sí lo serán, van a ser actividades repetitivas como las que se realizan en el área de *Pruebas y Verificación de Software* (Ing\_P1\_2, comunicación personal, 19 de noviembre, 2021), justo como llegó a mencionar el Ing\_P1\_1.

Por el contrario del primer ingeniero, Ing\_P1\_2 no ha colaborado en las actividades de automatización dentro de la empresa, por el contrario, ha tratado de “identificar esas áreas donde mi aportación no pueda ser sustituida por una máquina y contribuir ahí”. Para este ingeniero resulta evidente que la empresa comienza a automatizar tareas, más el ritmo con el que lo está haciendo es muy distinto al que otras industrias lo están haciendo, es decir:

Una razón porque nuestra industria o la industria en la que estoy ahorita trabajando no se ha movido tanto a la automatización de varias de sus tareas es

---

<sup>24</sup> Robot aspirador.

porque, es una industria a pesar de tener varias empresas en el ecosistema no hay una competencia tan férrea como la hay en otras industrias de consumo como son celulares o computadoras o automóviles... Pero en otros lados, donde son más capaces de facturar más dinero, de obtener una ganancia más inmediata como por ejemplo los celulares, ahí sí porque ahí importa mucho el costo y el volumen de lo que estas vendiendo... Ahí, sí creo que esas empresas son más propensas a automatizar los trabajos de tecnología. (Ing\_P1\_2, comunicación personal, 19 de noviembre, 2021)

Lo anterior es un claro reflejo de lo que los economistas citados en este trabajo, han podido observar en sus estudios: (Acemoglu & Autor, 2010), (Autor D. H., 2013), (Ford M. , 2015), (Rifkin, 1995), etc. Más resulta interesante saber que lo que motiva a las empresas a automatizar no es sólo el abaratamiento de sus productos sino la cantidad de competencia que dicho sector posea. En este tema, como bien lo dijo este ingeniero, GE es el líder mundial en la manufactura y venta de turbinas para aviones (General Electric, s.f.), lo que lo coloca en una posición de ventaja antes sus otros competidores.

El ingeniero Ing\_P1\_3, por su parte, tiene 9 años de experiencia dentro de GEIQ y el nivel que desempeña equivale a un Ingeniero 5. Esto lo coloca como un *Staff Engineer* dentro de la organización, donde sus actividades principales van más del lado de la administración de proyectos que del dominio técnico de los mismos. Si bien, trabaja para la misma empresa, el área en la que desempeña sus actividades es distinta al resto de los ingenieros. Él trabaja con turbinas aero-derivadas, es decir, aquellas turbinas que fueron diseñadas para ser usadas en aviones, pero que por sus características son empleadas en otro tipo de aplicaciones como la extracción de gas natural y la generación de electricidad.

En cuanto al uso de la tecnología dentro de su vida personal, se considera un *early adopter*. Lo cual lo coloca como alguien que utiliza lo más nuevo de la tecnología, y que está buscando de manera activa entender las nuevas tendencias del mercado y de los dispositivos que salen. Dentro del aspecto laboral, ha observado que en México no se utilizan las mismas herramientas que GE utiliza en sus otros sitios globales:

Desde mi punto de vista, es a veces situacional, al ser una empresa globalizada algunas cosas de su tecnología no se utilizan en todo su mercado o en todos sus centros ¿no? Entonces puedes ver que la tecnología o que hay tecnología que está siendo adoptada en países como Estados Unidos, incluso India o a la mejor incluso Turquía pero que a México no ha llegado y este, ahí me pregunto ¿por qué? (Ing\_P1\_3, comunicación personal, 1 de octubre, 2021)

Al igual que los otros dos ingenieros entrevistados el puesto en el que él se desarrolla no cree que pueda ser automatizado aún, más sí ciertos procesos y tareas. Y en cuanto al tiempo de implementación, ve esto a un corto plazo: “yo creo que en un período de año y medio sería un tiempo razonable”. Por su lado, a pesar de trabajar en un área distinta de la empresa también pronostica que el área de pruebas será de las más impactadas por los procesos de automatización: “yo creo que, eh, cosas repetitivas. Pero también hay cosas o aspectos como te decía de análisis de datos que ya podrían ser automáticos. Algunas otras cosas que son repetitivas serían por ejemplo generación de reportes, este eh, a lo mejor sería, no sé ah, si se corren muchas pruebas la automatización de la generación y evaluación de esas pruebas” (Ing\_P1\_3, comunicación personal, 1 de octubre, 2021).

#### 4.4.2 Ingenieros y empleadores

El segundo grupo de ingenieros, que corresponden al *perfil 2*, al contrario del perfil anterior, estos sí participan de manera activa en la contratación de nuevos empleados, además de poseer, también, más de 6 años de experiencia laboral en la empresa: nos referiremos a estos ingenieros como Ing\_P2\_1 e Ing\_P2\_2. Las preguntas definidas para este perfil buscan revelar si los ingenieros creían que su trabajo o las actividades que realizan podrían ser o no automatizables, mostrar si el uso de la tecnología determinaba en alguna manera la forma en la que ellos percibían su trabajo y vislumbrar que era lo que buscaba la empresa en lo ingenieros de nuevo ingreso.

El ingeniero Eng\_P2\_1 cuenta con más de 20 años de experiencia en total, de esos lleva 7 años trabajando para GEIQ. Toda su experiencia laboral se ha enfocado al desarrollo de software, para distintas empresas, en los últimos años, además de ejercer como ingeniero también lo hace como profesor de tiempo parcial, dando clases en una

universidad privada. Las clases que enseña son Desarrollo de Software y Realidad Virtual. El puesto que tiene en la empresa es de *Staff Software Engineer* o “Ingeniero 5”, como se explicó en la subsección anterior, este perfil es más de administración de proyectos que un perfil técnico. Las actividades que realiza están enfocadas al desarrollo de arquitecturas de software y gestión de proyectos.

El papel que desempeña la tecnología en su vida personal es preponderante: “Uso mucho la tecnología en mi vida”, en cosas como “el comercio electrónico y la domótica”. En particular, usa la tecnología para automatizar procesos y actividades que lleva a cabo en su vida diaria: programar rutinas para el lavado de platos, controlar la iluminación y la calefacción, así como el uso de asistentes inteligentes para actividades de entretenimiento. En el aspecto laboral, está a favor de tecnologías que automatizan ciertas tareas en la cadena de desarrollo de software “Jenkins, GitHub, Confluence, Jira, etc. Todas esas herramientas tecnológicas ayudan a automatizar y a hacer más simple el trabajo complejo”, “...y no nada más eso, automatizar las pruebas de desarrollo, comprobar que el software funciona como se espera y así eliminar el trabajo manual de esas pruebas para hacer todo automatizado” (Ing\_P2\_1, comunicación personal, 15 de octubre, 2021).

Para él, los Ingenieros de Calidad de Software<sup>25</sup>, son los que corren más peligro de ser desplazados por la tecnología, mientras todas aquellas actividades que tengan que ver con el análisis de seguridad del software o la certificación de este están lejos de serlo: “el hecho de que un ingeniero de calidad sepa automatizar el trabajo hace que los ingenieros de calidad que no automatizan se vuelvan obsoletos, ellos se ven menos fiables [a ojos de los reclutadores]”. Este tipo de trabajo, de acuerdo con él, ya está siendo desplazado por la tecnología “En vez de tener 5 o 10 personas que prueben un sitio web, tienes solo dos que automatizan y que diseñan las pruebas” (Ing\_P2\_1, comunicación personal, 15 de octubre, 2021).

En cuanto a la contratación de personal, la empresa está en necesidad de contratar Ingenieros de Software, que tengan experiencia en la industria aeroespacial, experiencia

---

<sup>25</sup> En esta y otras empresas, las tareas que hace un ingeniero de Calidad de Software están las de validación y diseño de pruebas.

en la automatización y desarrollo de software, así como una alta capacidad en resolución de problemas y, a su vez, que tengan un nivel alto de compromiso con la empresa. En su experiencia como reclutador, el mercado mexicano de candidatos no cubre con los requisitos para las vacantes disponibles.

El ingeniero Ing\_P2\_2, por su lado, cuenta con más de 20 años de experiencia laboral y 6 años de experiencia dentro de GEIQ. Tiene una maestría trunca en Desarrollo de Software Embebido por la Universidad Autónoma de Querétaro y actualmente tiene el puesto de *Lead Software Engineer*, lo que equivale a un “Ingeniero 3” en la jerarquía. Para él, la tecnología no es algo importante en su vida personal, trata de estar alejado de computadoras y de smartphones cuando está fuera del trabajo. Dentro del ámbito laboral, se muestra escéptico del remplazo de puestos de trabajo debido a la automatización de procesos. Al preguntarle si las nuevas herramientas que estaba adoptando la empresa influían en el desplazamiento de puestos de trabajo se mostró optimista: “No, yo creo que ha sido cuestión de limitar los proyectos, de limitar el alcance de los proyectos, pero yo lo sigo viendo como relación uno a uno (Ing\_P2\_2, comunicación personal, 3 de noviembre, 2021). O sea, todas esas personas pudieran hacer falta para los proyectos que están y que vienen”. Por su parte, ve muy lejano el día en el que la automatización desplace a los puestos de trabajo: “los han intentado automatizar desde que salí de la escuela. Ya llevan 20 años queriendo y a fin de cuentas sí se automatiza una parte, pero se abre otro abanico nuevo... No veo cercano el día de que seamos prescindibles... espero” (Ing\_P2\_2, comunicación personal, 3 de noviembre, 2021).

Un fenómeno que fue causado por la pandemia obligó a muchos empleados a retirarse de manera anticipada, al menos para los que trabajaban en GEIQ y esto ha obligado a la empresa a tratar de sustituir a esos ingenieros con muchos años de experiencia por nuevos ingenieros: “hay un déficit, lo veo en puestos técnicos muy especializados”. Al igual que el ingeniero Ing\_P2\_1, dentro de las actitudes que se buscan para cubrir los puestos vacantes además de un conocimiento técnico especializado están “la capacidad de aprender y la capacidad de colaborar”. Para él, la solución estaría en subir de puesto a los ingenieros que ya se encuentran trabajando

dentro de la empresa en vez de buscar “a personas que vienen de fuera, yo creo que necesitas buscar primero adentro para empezar a promoverlos y poder hacer espacio a nuevas personas, pero no llegando primero a esos puestos especializados” (Ing\_P2\_2, comunicación personal, 3 de noviembre, 2021).

#### 4.4.3 Desempleo e inserción laboral

Por último, analizaremos al ingeniero Ing\_P3\_1 que corresponde al perfil 3 de entrevistas. Este caso fue particular puesto que el ingeniero fue despedido de GEIQ por un recorte laboral debido a la pandemia de SARS-CoV-2. Este ingeniero contaba con más de 17 años de experiencia laboral dentro de la empresa. Antes de terminar sus estudios, se había desempeñado como profesor. A diferencia de los otros entrevistados, este ingeniero se unió a la empresa desde sus inicios<sup>26</sup>. Esto le permitió observar cómo las prácticas de inserción laboral han cambiado con los años de la mano de la tecnología.

Este ingeniero entró a trabajar a GEIQ gracias a un convenio que esta empresa tenía con la universidad en la que él estudiaba, el Instituto Politécnico Nacional. Los estudiantes que estaban interesados en entrar a la empresa tomaban un seminario de titulación, en el cual se enseñaban tecnologías específicas que la empresa necesitaba “el seminario se enfocaba en cosas que le interesaban aquí a GE: turbo reactores, transferencia de calor, diseño de partes rotativas y diseño asistido por computadora”. Lo que buscaba la empresa con este convenio era cubrir un área de conocimiento que la escuela no estaba siendo capaz de abarcar. Se requería un perfil de empleados que tuvieran conocimiento en Ingeniería Mecánica e Ingeniería en Electrónica. Lo que buscaban en específico era que los ingenieros “supieran pensar en lógica booleana, qué supiera pensar en compuertas lógicas” (Ing\_P3\_1, comunicación personal, 13 de septiembre, 2021).

---

<sup>26</sup> GEIQ llegó formalmente a Querétaro en 1999, antes de esa fecha, ya se hacían ciertos trabajos para la compañía, pero eran bajo otro nombre Centro de Investigación Avanzado en Turbomáquinas o CIAT (General Electric, 2019).

El ingeniero Ing\_P3\_1, logró ser contratado por GEIQ al finalizar sus estudios, si bien lo que él quería era desempeñar tareas relacionadas con el control numérico de las turbinas, sólo logró realizar esto al inicio. Comenzó a trabajar para el área de controles de aviones comerciales y por su experiencia adquirida en el seminario empezó a desarrollar a su vez análisis de esfuerzos y diseño de partes mecánicas. El seminario que estudió estaba más enfocado al área mecánica, y sólo necesitaban darles a los mecánicos un poco de conocimiento de control. Este cambió de perfil, que buscaba tanto la empresa, sería uno de los factores para que 17 años después Ing\_P3\_1 perdiera el trabajo. Este cambió fue dado por el aceleramiento del cambio tecnológico, lo cual obligó a la empresa a replantear sus estrategias de contratación, así como de reducir de manera drástica las actividades que estuvieran involucradas con el diseño mecánico. El perfil y las áreas en las cuales él se hubiese querido desarrollar comenzaron a cambiar a un perfil más administrativo "...pasas de usar ANSIS a usar Power Point". Fue ese momento, en el que las necesidades del negocio y el cambio en tecnología lo orillaron a desempeñar actividades de gestión de proyectos, al no ser esa el área en la que él se quería desempeñar "me sentía cómo usado de una manera que no me hubiera gustado. Yo quería más el lado técnico que el lado administrativo. Pero, pues... ¿cómo le llamaron? 'business needs'" (Ing\_P3\_1, comunicación personal, 13 de septiembre, 2021).

Durante los más de 17 años que trabajó, comenzó a supervisar un equipo de ingenieros que se encargaban de hacer dibujos mecánicos para ciertas partes del avión. Al preguntarle si él creía que algunos de esos trabajos que él supervisaba se podrían ver afectados por el cambio tecnológico, contestó:

Sí, muchos de ellos se pueden automatizar, tú vas a una ensambladora de autos y está llena de robots que son en realidad como bracitos mecánicos que lo que hacen es hacer una cosa repetitiva, no se cansan, no piden break para ir a comer, no pide ir al baño y puede estar hasta en la noche haciendo su chamba que sea soldar o poner taks de soldadura, que sea ensamblar algún chunche. Son las famosas líneas de ensamble que quitaron empleos de mucha gente que hacía eso

de forma manual ¿y eso tiene como 50 años? (Ing\_P3\_1, comunicación personal, 13 de septiembre, 2021)

Una cosa con la que no contaban esas primeras automatizaciones que vinieron de la mano de la línea de ensamblaje de Henry Ford (1922/2003) es que las mejoras en el área mecánica tienen un límite. Este punto es fundamental para entender porque es que ciertas profesiones y habilidades están comenzando a cobrar más importancia que otras. Hasta antes de la tercera Revolución Industrial, las mejoras en la eficiencia y la innovación tecnológica iba de la mano de la Ingeniería Mecánica y la Ingeniería de Materiales, es decir, se necesitaba de alguien que diseñara mejores partes para las máquinas y de alguien que encontrara materiales más resistentes, baratos y fáciles de producir para diseñar esas máquinas. Fue gracias a esta Revolución que el precio de las computadoras personales disminuyó y las empresas empezaron a implementar mejoras en el software de los robots y ya no en la parte mecánica:

La parte mecánica está llegando como a una especie de tope, [ahora] es muy difícil que tú puedas hacer una mejora mecánica de algo. Ahorita las mejoras las haces por medio de SW. O sea, mecánicamente tú robot ya tiene un tope, no le puedes poner más resortes, no le puedes cambiar el material. Ya está como en su punto mejor. A lo mejor podrías hacerlo óptimo, pero ya sería muy caro optimizarlo en cuanto a alguna mejora mecánica” “...le invertirías mucho dinero para hacer una mejora mecánica, cuando podría ser mejor o más barato hacerlo con software (Ing\_P3\_1, comunicación personal, 13 de septiembre, 2021).

Este es un punto clave, los cambios tecnológicos han permitido que ciertas disciplinas queden relegadas ante otras. En este caso, es la Ingeniería Mecánica ante la Ingeniería en Software: la primera está limitada por el espacio físico y el dinero; la segunda, está ilimitada por el poder de cómputo. El procesamiento de datos y el diseño de algoritmos son más fáciles de implementar, y baratos, que una mejora en un diseño mecánico. Es por esto, que el desempleo tecnológico ha permeado en ciertas áreas, más que en otras:

Yo pienso que, el software sí está eliminando de algún modo ciertos roles, que, o sea, antes eran muchos ingenieros mecánicos y eran unos restiradores donde había gente dibujando a manita y el Inge pasaba y veía la hoja y decía, 'no, sabes qué, esto lo quiero así y así' y él salía con un prototipo y se iba al laboratorio y lo probaba. Ahora todo eso es por una computadora con simulaciones. Ya la gente está en una computadora, incluso puede hasta optimizarse eso de que un Project Manager que se dedica a revisar los esfuerzos de unos plotcitos. Si encuentras el modo de que el plot pueda leer el máximo esfuerzo, dónde está y que aprenda que en ciertas áreas es crítico y que en ciertas áreas lo puede dejar pasar. Te puedes deshacer de la persona que dice si pasa o no un proyecto (Ing\_P3\_1, comunicación personal, 13 de septiembre, 2021).

La relación que tiene el ingeniero Ing\_P3\_1 con la tecnología en su vida personal es poca. No le interesa tener lo más nuevo, y aunque posee ciertas herramientas tecnológicas que están de moda hoy en día, él limita el uso de estas "no llegó a ese nivel de depender tanto de la tecnología. Por ejemplo, me cuesta mucho trabajo hablarle a una Alexa o hablarle a una Siri". Para él, el cambio generacional es una de las razones para la cual le cuesta trabajo relacionarse con estos dispositivos "Me siento como loco diciendo 'Siri, ah, ¿puedes ponerme mi canción favorita de Metallica?' ósea, me genera algo así extraño de... porque no nací con eso, eso es algo que en mi caso llegó después. Los niños que ya nacieron en un ambiente donde ya existe una Alexa en su casa, para ellos, ya es normal" (Ing\_P3\_1, comunicación personal, 13 de septiembre, 2021).

Otro lugar donde este ingeniero pudo observar el cambio tecnológico ha sido en la búsqueda de trabajo: "En mis tiempos, de hace no sé 20 años, tú tocabas en la empresa, dejabas tu currículum en un escritorio y a ver si te llamaban. Ahora, todo es Internet. Te metes a Internet y hay un chorro de lugares como: LinkedIn, InDeed, GlassDoor y en todos tienes que crear un perfil y buscar un puesto que se adapte a tu especialidad, a tu experiencia a lo que quieras". Lo anterior ha permitido a las empresas cambiar sus estrategias de contratación y así poder abarcar a más candidatos. En el poco más de un año que este ingeniero ha estado buscando trabajo, también se ha dado cuenta que las empresas buscan perfiles muy específicos y con conocimiento de

tecnología que sólo es conocida en sectores particulares esto ha promovido que su reinserción se vea acotada a la industria aeronáutica: “O sea, pero te ponen ahí, ‘quiero alguien que ya sea automotriz, quiero a alguien que ya sea aeronáutico’, entonces con eso como que te cierran la ventana. Porque entonces ¿eso quiere decir que ya sólo puedo postear a aeronáutico? Cuando está en crisis, cuando nadie está contratando para esa industria” (Ing\_P3\_1, comunicación personal, 13 de septiembre, 2021).

Lo anterior resulta bastante paradójico, muchas de estas empresas que son líderes en el mercado desarrollan su propia tecnología y a menos que se trabaje en dichas empresas no hay manera de adquirir experiencia en esas tecnologías. Al especializarte en una tecnología en particular podría darse el caso de que al tratar de buscar trabajo en otra industria uno no sea contratado debido a la hiper-especialización que un candidato posee en cierta tecnología y en la falta de conocimiento que tienen en otra.

#### 4.5 Todos para uno y uno para...

Estas entrevistas semiestructuradas, permitieron conocer el punto de vista de los ingenieros que están o estuvieron trabajando para el sector aeronáutico, a su vez permitieron entender el uso que le dan a la tecnología dentro y fuera de su vida personal, así como vislumbrar que tan factible resulta para ellos el desempleo tecnológico. Lo único que une a los entrevistados es la empresa para la que están o estuvieron trabajando, cada uno de ellos se relaciona con la tecnología de una manera distinta.

Los puntos de convergencia que tuvieron los primeros dos perfiles fueron claros, el trabajo o responsabilidades que realiza el Ingeniero de Pruebas y Verificación de Software está en peligro de ser automatizado por la implementación de nueva tecnología: “[esta] permite eliminar el trabajo manual de las pruebas haciendo todo automatizado” (Ing\_P2\_1, comunicación personal, 15 de octubre, 2021), la tecnología “nos ha ahorrado tener menos ingenieros. O sea, si ocupábamos veinte personas para tres actividades, se ha reducido a dos” (Ing\_P1\_1, comunicación personal, 13 de septiembre, 2021), “lo que van a sustituir las máquinas son actividades repetitivas en este caso la verificación [de software]” (Ing\_P1\_2, comunicación personal, 19 de noviembre, 2021).

De acuerdo con las respuestas de los ingenieros que están trabajando, de manera general sus puestos no van a ser automatizados por completo, pero, sí creen que muchas de las actividades que ya realizan lo van a ser: “no mi puesto, pero sí algunas de las actividades que hago se pueden automatizar a mediano plazo” (Ing\_P1\_2, comunicación personal, 19 de noviembre, 2021), “El puesto como tal no, hay mucho procesos que sí podemos automatizar” (Ing\_P1\_3, comunicación personal, 1 de octubre, 2021), “sí, día a día estamos automatizando las actividades que hacemos, pero no creo que llegue al 100%, tal vez un 70% u 80%” (Ing\_P1\_1, comunicación personal, 13 de septiembre, 2021). En oposición a ellos, hubo un ingeniero que, a su parecer, a pesar de que la tecnología ha intentado automatizar su puesto de trabajo, esta no la ha logrado del todo, “lo han intentado desde que salí de la escuela. Ya llevan 20 años queriendo automatizarlo y a fin de cuentas automatizan una parte, pero se abre otro abanico de actividades” (Ing\_P2\_2, comunicación personal, 3 de noviembre, 2021). Lo que parece no ver este ingeniero es que si bien, ese nuevo abanico de posibilidades, que abre la automatización, genera nuevas actividades estas se reparten entre menos ingenieros de los que reemplazó: “en vez de tener cinco o diez personas que prueben un sitio web completo, tienes dos que automatiza, diseñan y corren las pruebas” (Ing\_P2\_1, comunicación personal, 15 de octubre, 2021).

Por último, las experiencias que ha vivido el ingeniero Eng\_P3\_1, debido al desempleo tecnológico son directas. Si bien, no perdió su trabajo debido a la implementación de una tecnología en particular, sí lo perdió debido a que la carrera que él estudio está quedando un tanto obsoleta para la compañía: “La parte mecánica está llegando a un tope, es muy difícil que uno pueda hacer una mejora mecánica de algo. Ahora las mejoras son por medio de software” (Ing\_P3\_1, comunicación personal, 13 de septiembre, 2021), la carrera que él decidió estudiar fue Ingeniería Aeronáutica, de acuerdo con los pronósticos de Frey y Osborne (2013), en su estudio, las profesiones relacionadas con la ingeniería mecánica en la aviación tienen un alto porcentaje de ser automatizadas: Técnicos Electro-mecánicos 81%, dibujantes mecánicos, 68%, Ingeniería Aeroespacial y de Operaciones 48%, Técnicos en Ingeniería Mecánica 38% (pp. 57-66), por mencionar algunos.

Contrastando las respuestas que cada uno de ellos dio, podemos observar que los pronósticos realizados por filósofos y economistas son ciertos: en la actualidad existe el desempleo tecnológico y este está dado por el aceleramiento de los cambios tecnológicos (Autor D. H., 2015; Arteaga, Medellín, & Santos, 1995; Campa, 2019; Dyer-Witthford, 2015; Ford M. , 2015). Pero más allá de la existencia de este fenómeno, ¿qué es lo que estas experiencias nos dicen sobre la posible afectación a la subjetividad de estos y otros trabajadores?

## 5. HE PERDIDO MI ESPÍRITU DE LUCHA

Los ejemplos en los que una computadora ha desplazado al ser humano son vastos, basta referirse a la INTRODUCCIÓN de este trabajo para recordar algunos. Si bien, hay personas que consideran esto como un gran triunfo de la humanidad, hay otras, que lo consideran preocupante. Retomando la frase dicha por Gary Kasparov, que da título a estas conclusiones, no debemos de olvidar que, tanto en estas implementaciones tecnológicas, como en los juegos, siempre hay un ganador y un perdedor y esto dependerá desde donde hagamos el análisis.

Podemos empezar con el económico, desde la primera Revolución Industrial hasta la actualidad, las diversas corrientes hegemónicas, han pareció encontrar en las teorías económicas clásicas y, posteriormente, neoclásicas, el sustento teórico perfecto para negar en primer lugar y minimizar a través de la teoría de la compensación en segundo, el impacto del desempleo tecnológico en los empleos y en la manera de pensar el trabajo. Continuaríamos con el análisis sociológico, que, junto con la economía, han profundizado en como se ha modificado el concepto de trabajo y como este ha impactado no sólo a los trabajadores, sino, además al entorno global. Bastaría analizar el libro de David Frayne, *El rechazo del trabajo* (2017), para ayudarnos a entender porque desde hace muchos años, nuestra sociedad parece estar sólo basada en una idea vieja de trabajo que confronta los anheles y deseos de la sociedad contemporánea.

Gracias a estos y otros motivos, la Ética del Trabajo descrita por Zygmunt Bauman (2000) se comenzó a nutrir de una lógica Aceleracionista (Avanessian & Reis, 2017), es decir, ya no sólo es necesario desempeñar una actividad que sea digna de un sueldo, además, uno jamás debe de conformarse con lo que ya tiene, hay que buscar más (Bauman, 2000, p. 17). Por otro lado, tenemos los análisis hechos desde la Ingeniería, a la cual se le ha visto como una disciplina que sólo se encarga de la creación de artefactos útiles y olvidamos que gracias a ella se establecieron los fundamentos de lo que hoy se conoce como Filosofía de la Tecnología. Siguiendo a Carl Mitcham, fueron Ingenieros los primeros en intentar hacer una crítica de la tecnología haciendo uso de un lenguaje subjetivo, pero serían los filósofos unos años más tarde, los que dotarían a esta nueva disciplina del lenguaje objetivo que le hacía falta (Mitcham, 1989, p. 20).

No es casualidad que muchas de las obras que se consideran centrales para la Filosofía de la Tecnología hayan sido escritas por Ingenieros que después de sufrir en carne propia, como en el caso de Norbert Wiener<sup>27</sup> o de manera indirecta en el caso de Lewis Mumford<sup>28</sup> los estragos que pueden causar ciertas aplicaciones de tecnológicas sin un análisis profundo hayan optado por dedicarse a abordar dichos problemas mediante un análisis filosófico. A su vez esta cualidad inherente desde su inicio por tener un origen interdisciplinar hace que los problemas planteados por la Filosofía de la Tecnología puedan ser abordados por otras disciplinas, como las aquí ya mencionadas.

Esta mezcla de puntos de vista ha permitido a esta Filosofía hacer uso de otros conceptos y aplicarlos a situaciones de la vida cotidiana. La problematización ahora puede ser explicada no sólo con factores económicos, sociales, políticos o técnicos, sino además filosóficos. Es decir, para tratar un problema actual tan complejo como el desempleo tecnológico, la Filosofía de la Tecnología hace uso de conceptos económicos: desempleo, división del trabajo; de conceptos y metodologías sociológicas: sociología del trabajo, entrevistas semiestructuradas; de conceptos y temas tecnológicos: Inteligencia Artificial, Aprendizaje Maquinal; y por supuesto de una tradición conceptual filosófica que permite abordar este tema de una manera holística.

Este trabajo, pretendió hacer una reflexión filosófica de un problema actual. Por ser un tema que el autor vivió en carne propia, se planteó entender el desempleo tecnológico para sí vislumbrar las posibles afectaciones a los trabajadores debido a la creciente automatización de los procesos industriales. El objetivo propuesto no pudo ser alcanzado del todo, ya que con la información recabada en las entrevistas no se pudo observar una relación clara entre el desempleo tecnológico y una posible afectación a la subjetividad de los ingenieros. Lo que sí pudo ser establecido y corroborado fueron los pronósticos de un posible desempleo calculados por los reportes de Frey y Osborne (2013), Citibanamex (2016) y MGI (2007). Los cinco ingenieros que se encuentran

---

<sup>27</sup> Poner nota explicando

<sup>28</sup> Poner nota explicando

trabajando identificaron que en su trabajo la implementación de nueva tecnología desplazaba trabajadores<sup>29</sup>.

Cabe destacar el caso particular del ingeniero que perdió su trabajo durante los inicios de la actual crisis sanitaria de SARS-CoV-2, contaba con más de 17 años de experiencia trabajando para esta empresa. A pesar, que su despido no fue dado directamente por la introducción de nueva tecnología en su área de trabajo, estos avances serían los que de manera paulatina, y un tanto indirecta, hicieron que sus labores fueran obsoletas dentro de la empresa: sus habilidades de Ingeniero Mecánico quedaron rezagadas ante las habilidades de los Ingenieros de Software: “es muy difícil que puedas hacer una mejora mecánica de algo, ahorita las mejoras las haces por medio de software” (Ing\_P3\_1, comunicación personal, 13 de septiembre, 2021). A su vez, fue también víctima de la hiper-especialización, con tantos años de experiencia trabajando para la misma compañía se volvió experto en tecnología que sólo era desarrollada ahí y debido a esto le ha resultado imposible encontrar una nueva área laboral donde todo ese conocimiento le sirva de ventaja en el mercado laboral: resulta paradójico que mientras más experiencia se tiene, más complicado es encontrar un nuevo puesto de trabajo.

Resulta sumamente interesante, como la lógica Aceleracionista en su afán de combatir al capitalismo utilizando sus propias lógicas de sobreexplotación de los recursos naturales y humanos, está terminando a su vez con una de las profesiones más antiguas de la humanidad, la Ingeniería Mecánica. Ya lo mencionaba Ing\_P3\_1, se ha llegado a un tope en el diseño mecánico, donde el esfuerzo invertido en mejorar una parte es mayúsculo para la posible retribución que esta podría traer. Incluso se podría llegar a pensar, debido a la experiencia relatada por este ingeniero, que ofertas laborales para este tipo de ingenieros se va a ir reduciendo a futuro. Así como está, ¿qué otras profesiones van a ir desapareciendo de manera paulatina? Esto es algo que por ahora no se puede contestar.

Pero al final la pregunta sobre el desempleo tecnológico, la automatización de trabajos y el papel que esto podría tener en el trabajo actual y futuro no queda del todo

---

<sup>29</sup> Para un detalle completo ver sección 4.4 Caso de estudio.

resuelta. Como se menciona en este trabajo, se tienen análisis económicos muy contradictorios sobre el futuro del trabajo y el desempleo tecnológico. Si bien estos son hechos por países que son líderes en avances tecnológicos como Estados Unidos, Inglaterra, Francia, China, sus pronósticos dejan a una gran parte del mundo sin analizar como Latino América, Europa del Este o África. Además, dependiendo de quién realice el estudio será el tipo de resultados que tengamos, por un lado, los economistas, filósofos y ciertas universidades ven preocupante el desempleo tecnológico. Mientras que otros actores como el *Mackenzie Institute* minimizan el impacto del desempleo tecnológico. Habría que empezar a pensar este problema de manera decolonial, analizando nuestras condiciones y nuestras posibilidades, para empezar a proponer posibles soluciones más congruentes con la realidad mexicana.

Uno de los problemas más grandes al analizar el impacto del aceleramiento tecnológico de los trabajos en México es la falta de datos con los que se cuenta. A diferencia de Estados Unidos (Autor, Katz, & Kearney, 2006; Noble D. , 1995) o Inglaterra (Babbage, 1832; Frey & Osborne, 2013), no hay datos históricos o actuales que muestren el motivo por el cual los trabajadores se quedan sin trabajo y las empresas tampoco llevan un registro de esto<sup>30</sup>. Esto hace muy difícil poder diagnosticar el impacto real que la implementación de nuevas tecnologías va a tener en el trabajo. De igual forma, quedaría pendiente conocer el impacto que los trabajadores podrían llegar a tener al ser desplazados por una máquina.

Al realizar las entrevistas, se pudo observar que los ingenieros, fueran trabajadores o no, están conscientes del desempleo tecnológico, más pocos de ellos saben las repercusiones que este podría tener para su trabajo u otros trabajos. En general, los ingenieros que se encuentran trabajando actualmente vislumbran que sus trabajos van a ser automatizados, más el tiempo para que esto se lleve a cabo no está del todo claro: va de uno hasta 15 años, según sus respuestas. Por el momento, concuerdan que su trabajo no va a ser automatizado por completo, pero si lo están siendo muchas de sus actividades, sobre todo de generación de reportes, desarrollo de código

---

<sup>30</sup> Si bien, ciertas empresas en sus procesos de salida realizan una entrevista a los trabajadores para ver los motivos de su renuncia, esos datos no son públicos.

y desarrollo de pruebas de software. Uno de los ingenieros, Ing\_P1\_2, está tan consciente de esto que procura “contribuir en las áreas donde de momento una computadora no podría hacer el trabajo”. Más, ¿qué va a pasar el día que la computadora haga ese tipo de trabajos? Por ahora, esas actividades, no automatizables, son aquellas que requieren interacción con otras personas, es decir posiciones de liderazgo ¿Podría ser sensato pensar un futuro donde los Ingenieros sean los líderes de las máquinas o que estos sólo sean sus voceros?

Uno de los puntos medulares de esta investigación fue investigar la relación de los empleados o exempleados con la tecnología fuera de la esfera laboral. Hasta cierto punto, ellos están conscientes del grado de desplazamiento que ciertas tecnologías podrían tener de ser aplicadas en la empresa, más ¿qué tanto lo están para el uso de tecnologías fuera de su trabajo? Si bien, todos los entrevistados hacen uso de tecnologías que han desplazado o precarizado a otros trabajos como: asistentes virtuales, plataformas de compras en línea como Amazon o Mercado Libre, el uso de plataformas como Uber, Rappi, Didi, etc. ¿qué tanto ellos mismos son parte del aumento de trabajos precarizados en otras áreas? Por supuesto, esta pregunta aplica para todos nosotros.

Al final de cuentas, ¿qué es lo que cada uno de nosotros puede hacer para mejorar esto? ¿Dejar de usar ciertos avances tecnológicos o dejar de usar por completo la tecnología? A mí parecer, la respuesta no está en el abandono de toda tecnología, ni en negar los muchos beneficios que nos ha traído. Una posible, parte de la solución podría encontrarse en la auto reflexión que cada uno de nosotros pueda hacer sobre el uso de la tecnología en nuestras vidas, tanto dentro como fuera del trabajo. Para así poder evaluar, de manera personal, cuales podrían ser los mejores pasos por seguir para vivir una vida más consciente.

Se encontraron muchos problemas durante el transcurso de esta investigación que quedaron fuera, siendo el más inmediato la afectación de los trabajadores ante la actual crisis sanitaria de SARS-CoV-2. A su vez faltó profundizar en las posibles afectaciones a la subjetividad de los trabajadores ante desempleo tecnológico y ante las nuevas condiciones laborales, es decir, el teletrabajo. Más allá de brindar conclusiones

definitivas, este trabajo pretende servir de inspiración para aquellos lectores que se identifiquen con este tema y quieran abonar más a la discusión ya existente. Para mí, este trabajo queda como un recordatorio de posibles temas de investigaciones para el futuro. Esto es, por supuesto, si no me reemplaza un algoritmo.

## 6. REFERENCIAS

- Acemoglu, D., & Autor, D. (2010). Skills, Tasks and Technologies: Implications for Employment and Earnings. *Handbook of Labor Economics*, 1043 - 1171.
- AeroStrategy. (2009). *Aerospace Globalization 2.0. The next Stage*. Langkawi International Maritime & Aerospace Exhibition. Obtenido de <https://www.scribd.com/document/247091778/Aerospace-Globalization-2-0>
- Aglietta, M. (1979). *Regulación y crisis del capitalismo*. Siglo XXI.
- Airbus. (2019). *Global Market Forecast: Cities, Airports & Aircraft*. Obtenido de <https://www.airbus.com/content/dam/corporate-topics/strategy/global-market-forecast/GMF-2019-2038-Airbus-Commercial-Aircraft-book.pdf>
- Alpha Go. (2021). *AlphaGo - Deep Mind*. Obtenido de Google: <https://deepmind.com/research/case-studies/alphago-the-story-so-far>
- Amazon. (2016). *Amazon*. Recuperado el 03 de 04 de 2019, de Amazon Prime Air: <https://www.amazon.com/Amazon-Prime-Air/b?ie=UTF8&node=8037720011>
- Amazon. (s.f.). *Amazon*. Recuperado el 26 de 05 de 2019, de Prime Air: <https://www.amazon.com/Amazon-Prime-Air/b?ie=UTF8&node=8037720011>
- Amazon. (s.f.). *Amazon Go*. Recuperado el 20 de Ene de 2020, de Amazon: <https://www.amazon.com/b?ie=UTF8&node=16008589011>
- Arendt, H. (1958/2003). *La condición humana*. Paidós.
- Arntz, M., Gregory, T., & Zierahn, U. (2016). The Risk of Automation for Jobs in OECD Countries: A Comparative Analysis. *OECD Social, Employment and Migration Working Papers No. 189*.
- ART AI. (2021). *Art made by Artificial Intelligence*. Obtenido de Art that Captures the Eye & the Mind: <https://www.artaigallery.com/>
- Arteaga, A., Medellín, E., & Santos, M. J. (1995). Dimensiones sociales del cambio tecnológico. *Nueva Antropología*, XIV(47), 9 - 22.
- Autor, D. H. (2013). The “task approach” to labor markets: an overview. *Journal for Labour Market Research*, 46(3), 185 - 199.
- Autor, D. H. (2015). Why Are There Still So Many Jobs? *Journal of Economic Perspectives*, 29(3), 3 - 30.

- Autor, D. H., Katz, L. F., & Kearney, M. S. (2006). The Polarization of the U.S. Labor Market. *American Economic Review*, 96(2), 189 - 194.
- Autor, D. H., Levy, F., & Murnane, R. J. (2003). The Skill Content of Recent Technological Change: an Empirical Exploration. *American Economic Review*, 96(2), 189 - 194.
- Autor, D., & Dorn, D. (2008). Inequality and Specialization: The Growth of Low-Skill Service Jobs in the United States. *National Bureau of Economics Research*.
- Avanessian, A., & Reis, M. (2017). Introducción. En A. Avanessian, & M. Reis, *Aceleracionismo. Estrategias para una transición hacia el postcapitalismo* (págs. 9-31). Caja negra.
- Ayres, R. U. (1998). *Turning Point: An End to the Growth Paradigm*. Earthscan.
- Babbage, C. (1832). *On the Economy of Machinery and Manufactures*. Cambridge University Press.
- Bauman, Z. (2000). *Trabajo, consumismo y nuevos pobres*. Gedisa.
- Berg Olsen, J. K., Selinger, E., & Riis, S. (2009). *New Waves in Philosophy of Technology*. Palgrave Macmillan.
- Boeing. (2021). *Commercial Market Outlook. 2021 - 2040*. Obtenido de [https://www.boeing.com/resources/boeingdotcom/market/assets/downloads/CMO%202021%20Report\\_13Sept21.pdf](https://www.boeing.com/resources/boeingdotcom/market/assets/downloads/CMO%202021%20Report_13Sept21.pdf)
- Boisier Etcheverry, S. (2014). El retorno del actor territorial a su nuevo escenario. En P. Wong González, L. Nuñez Noriega, & V. Salazar Solano (Edits.), *Desarrollo económico territorial: visión y experiencias desde la región norte de México*. Clave Editorial, CIAD.
- Brey, P. (2009). Philosophy of Technology Meets Social Constructivism: A Shopper's Guide. En C. Mitcham (Ed.), *Philosophy and Technology: Readings in the Philosophical Problems of Technology*. Rowman & Littlefield Publishers Inc.
- Broncano, F. (2000). *Mundos artificiales*. Paidós.
- Broncano, F. (2006). *Entre ingenieros y ciudadanos: filosofía de la técnica para días de democracia*. Montesinos.
- Brynjolfsson, E., & McAfee, A. (2016). *The Second Machine Age*. Norton.
- Brynjolfsson, E., & McAfee, E. (2011). *The Race Against the Machine*. Digital Frontier Press.

- Bunge, M. (1997). *Ciencia, técnica y desarrollo*. Sudamericana.
- Cadwalladr, C., & Graham-Harrison, E. (17 de marzo de 2018). *The Guardian*. Obtenido de Revealed: 50 million Facebook profiles harvested for Cambridge Analytica in major data breach: <https://www.theguardian.com/news/2018/mar/17/cambridge-analytica-facebook-influence-us-election>
- Campa, R. (2018). *Still Think Robots Can't Do Your Job? Essays on Automation and Technological Unemployment*. D Editore.
- Campa, R. (2019). Three Scenarios of the Future of Work: Technological Unemployment, Compensation, Hollowing Out. *Sociología y tecnociencia*, 140-154. doi:10.24197/st.2.2019.140-154
- Campa, R. (2019). Three Scenarios of the Future of Work: Technological Unemployment, Compensation, Hollowing Out. *Sociología y Tecnociencia*, 140 - 154.
- Campbell, J., & Moyers, B. (1991). *The Power of Myth*. Anchor Books.
- CENAM, CIDESI, ProMexico. (2015). *Mapa de ruta del sector aeroespacial para la región de Querétaro*. Ciudad de México: ProMexico.
- Christensen, S. H., Mitcham, C., Li, B., & An, Y. (Edits.). (2012). *Engineering, Development and Philosophy: American, Chinese and European Perspectives*. Sringer.
- Cluster Institute. (s.f.). *Industria 4.0*. Obtenido de [https://clusterinstitute.com/Documentos/Industria\\_I40\\_CI.pdf](https://clusterinstitute.com/Documentos/Industria_I40_CI.pdf)
- Coeckelbergh, M. (2017). *Using Words and Things: Language and Philosophy of Technology*. Routledge.
- Cohen, D. (2013). *Homo Economicus, El profeta (extraviado) de los nuevos tiempos*. Ariel.
- Copeland, J. (1993). *Artificial Intelligence: A Philosophical Introduction*. John Wiley & Sons.
- Coriat, B. (1992). *El taleir y el robot. Ensayo sobre el fordismo y la producción en masa en la era de la electrónica*. Siglo XXI.
- Danaher, J. (2016). Will Life Be Worth Living in a World Without Work? Technological Unemployment and the Meaning of Life. *Science and Engineering Ethics*, 23(1), 41 - 64.

- de Vries, M. (2016). *Teaching about Technology An Introduction to the Philosophy of Technology for Non-philosophers*. Wiley.
- Deloitte. (2020). *Understanding the sector impact of COVID-19*. Deloitte. Obtenido de <https://www2.deloitte.com/content/dam/Deloitte/global/Documents/About-Deloitte/COVID-19/gx-understand-sector-impact-aerospace-defense.pdf>
- Duffin, E. (12 de Ago de 2019). *Top companies in the world by market value 2019*. Recuperado el 19 de Ene de 2020, de Statista: <https://www.statista.com/statistics/263264/top-companies-in-the-world-by-market-value/>
- Dusek, V. (2006). *Philosophy of Technology an Introduction*. Blackwell Publishing.
- Dyer-Witheyford, N. (2015). *Cyber-Proletariat*. Toronto: Between the lines.
- Ellul, J. (1980). *The Technological System*. Cotinum Publishing Co.
- Ellul, J. (1990). *La edad de la técnica*. Octaedro.
- Esquirol, J. (2011). *Los filósofos contemporáneos y la técnica. De Ortega a Sloterdijk*. Gedisa.
- Esteban Cloquell, J. M. (1999). La ciencia como tecnología en John Dewey. *Diánoia Anuario de Filosofía*, 14(45), 133-145.
- Esteban Cloquell, J. M. (2019). *Bucles de extinción. Estudios interdisciplinarios sobre nuevas tecnologías, mercados expansivos y biodiversidad*. Unión de Científicos Comprometidos con la Sociedad.
- Estrella, V. (24 de agosto de 2018). *GE apuesta por tecnología en Querétaro*. Obtenido de El Economista: <https://www.economista.com.mx/estados/GE-apuesta-por-tecnologia-en-Queretaro-20180824-0008.html>
- Fallman, D. (2011). The new good: Exploring the potential of philosophy of technology to contribute to human-computer interaction. *Proceedings of the International Conference on Human Factors in Computing Systems*, (págs. 1051-1060). Vancouver.
- Federación Mexicana de la Industria Aeroespacial, Secretaría de Economía. (2012). *Pro-Aéreo 2012-2020. Programa Estratégico de la Industria Aeroespacial*. Ciudad de México: Secretaría de Economía.
- Ford, H. (1922/2003). *My Life and Work*. Project Gutenberg EBook. Obtenido de <https://www.gutenberg.org/cache/epub/7213/pg7213.html>

- Ford, M. (2015). *Rise of Robots*. Basic Books.
- Frayne, D. (2017). *El rechazo del trabajo. Teoría y práctica de la resistencia al trabajo*. Akal.
- Frey, C. B., & Osborne, M. A. (2013). *The future of employment: How susceptible are jobs to computerisation*. United Kingdom: Oxford University.
- Frey, C. B., Osborne, M. A., & Holmes, C. (2016). *Technology at Work v2.0: The Future is Not What It Used to Be*. Citi GPS.
- Fromm, E. (1962). *Marx y su Concepto de Hombre*. México: Fondo de Cultura Económica.
- Gabbatt, A. (17 de feb de 2011). *IBM computer Watson wins Jeopardy clash*. Obtenido de The Guardian: <https://www.theguardian.com/technology/2011/feb/17/ibm-computer-watson-wins-jeopardy>
- General Electric. (24 de agosto de 2017). *Every Two Seconds, An Aircraft Powered By GE Technology Takes Off Somewhere In The World*. Obtenido de GE Reports Staff: <https://www.ge.com/news/reports/every-two-seconds-aircraft-powered-ge-technology-takes-off-somewhere-world>
- General Electric. (27 de mayo de 2019). *GEIQ: 20 años de impulsar talento de altura*. Obtenido de <https://gereportslatinoamerica.com/geiq-20-a%C3%B1os-de-impulsar-talento-de-altura-d7c92a0512c5>
- General Electric. (2021). *Commercial Engines*. Obtenido de General Electric: <https://www.geaviation.com/commercial/engines>
- General Electric. (2021). *General Electric Latam*. Obtenido de General Electric: <https://www.ge.com/latam/>
- General Electric. (s.f.). *Comercial Engines*. Obtenido de General Electric Aviation: <https://www.geaviation.com/commercial/engines>
- General Electric. (s.f.). *Our Legacy of Innovation*. Obtenido de General Electric: <https://www.ge.com/about-us/history#/>
- Gereffi, G. (2001). Las cadenas productivas como marco analítico para la globalización. *Problemas del Desarrollo. Revista Latinoamericana de Economía*, 32(125), 9 - 37. doi:<http://dx.doi.org/10.22201/iiec.20078951e.2001.125.7389>

- González Páramo, J. M. (2018). Cuarta Revolución Industrial, empleo y estado de bienestar. *Anales de La Real Academia de Ciencias Morales y Políticas*, 89 - 113.
- Goos, M., & Manning, A. (2007). Lousy and Lovely Jobs: The Rising Polarization of Work in Britain. *The Review of Economics and Statistics*, 89(1), 118 - 133.
- Graves, R., & Patai, R. (1982). *Los mitos griegos*. Alianza.
- Han, B.-C. (2012). *La sociedad del cansancio*. Barcelona: Herder.
- Han, B.-C. (2017). El terror a lo igual. En *La expulsión de lo distinto* (págs. 9-21). Herder.
- Harari, Y. N. (2016). *Homo Deus. Breve historia del mañana*. Debate.
- Harris, M. (18 de diciembre de 2018). *Self-driving car drove me from California to New York, claims ex-Uber engineer*. Recuperado el 02 de abril de 2019, de The Guardian: <https://www.theguardian.com/technology/2018/dec/18/controversial-engineer-i-travelled-over-3000-miles-in-a-self-driving-car>
- Hashimzade, N., Myles, G., & Black, J. (2017). *A Dictionary of Economics* (5a ed.). Oxford University Press.
- Heidegger, M. (1954/1993). The Question Concerning Technology. En D. Farrell Krell (Ed.), *Basic Writings* (págs. 307-342). Harper Collins.
- Heilbroner, R. L. (1967). Do Machines Make History? *Technology and Culture*, 8(3), 335-345.
- Hermann, M., Pentek, T., & Otto, B. (2016). Design Principles for Industrie 4.0 Scenarios. En IEEE (Ed.), *49<sup>th</sup> Hawaii International Conference on System*. Obtenido de <https://ieeexplore.ieee.org/document/7427673>
- Hernández Tisnado, Y. E. (2018). *Consideraciones filosóficas sobre el uso de dispositivos digitales en el ambito de la educación media superior*. Universidad Autónoma de Querétaro.
- Hernández Tisnado, Y. E. (2020). Notas filosóficas sobre el uso de los dispositivos digitales en el ámbito de la educación en tiempos de COVID-19. *Reflexiones Marginales*, 1-12.
- Hesíodo. (2015). Trabajos y días. En *Teogonía* (págs. 55-107). Herder.

- Hildebrandt, M., & Rouvroy, A. (Edits.). (2011). *Law, Human Agency and Autonomic Computing: The Philosophy of Law Meets the Philosophy of Technology*. Routledge.
- Huberman, L. (1979). *Los bienes terrenales del hombre. Historia de la Riqueza de las Naciones*. Nuestro Tiempo.
- IFR Press Room. (1 de jul de 2021). <https://ifr.org/ifr-press-releases/news/china-leads-post-pandemic-recovery>. Obtenido de Interntional Federation of Robotics: <https://ifr.org/ifr-press-releases/news/china-leads-post-pandemic-recovery>
- Ingold, T. (2002). *The Perception of the Environment*. Routledge.
- Ingold, T. (2002). Tools, minds and machines. En *The Perception of the Environment* (págs. 294-311). Routledge.
- Investopedia. (19 de marzo de 2021). *What Were the Original Dow Jones Industrial Average (DJIA) Companies?* Obtenido de Investopedia: <https://www.investopedia.com/ask/answers/100214/who-were-original-dow-jones-industrial-average-djia-companies.asp>
- Johnston, S. (31 de Ene de 2018). *Largest companies 2008 vs. 2018, a lot has changed*. Recuperado el 18 de Ene de 2020, de Milford Asset: <https://milfordasset.com/insights/largest-companies-2008-vs-2018-lot-changed>
- Kapp, E. (1877). *Grundlinien einer Philosophie der Technik*. George Westermann.
- Katz, L. F., & Margo, R. A. (2013). Technical Change and the Relative Demand for Skilled Labor: The United States in Historical. *National Bureau of Economic Research*.
- Keynes, J. M. (1963). Economic Possibilities for Our Grandchildren (1930). In J. Maynard Keynes, *Essays in Persuasion* (pp. 358-373). New York: W.W. Norton & Company.
- Klimentevich Engelmeier, P. (1899). Allegemeine Frage der Technik. *Dinglers Polytechnisches Journal*, 2(14).
- Kolakowski, M. (06 de Ene de 2020). *At \$1.3 Trillion, Apple is Bigger Than These Things*. Recuperado el 18 de Ene de 2020, de Investopedia: <https://www.investopedia.com/news/apple-now-bigger-these-5-things/>
- Kurz, H. D. (1984). Ricardo and Lowe on the Machine. *Eastern Economic Journal*, 10(2), 211 - 229.

- Lara Sánchez, M. Á. (2015). *Del fordismo a la automatización del trabajo mental*. UNAM FES ARAGON.
- Lastra Lastra, J. M. (2017). Rifkin, Jeremy, La Tercera Revolución Industrial. *Boletín Mexicano de Derecho Comparado*, 1457 - 1462.
- Lecher, C. (25 de abril de 2019). *The Verge*. Obtenido de How Amazon automatically tracks and fires warehouses workers for 'productivity': <https://www.theverge.com/2019/4/25/18516004/amazon-warehouse-fulfillment-centers-productivity-firing-terminations>
- Loh, J., & Coeckelbergh, M. (Edits.). (2019). *Feminist Philosophy of Technology*. Springer.
- Lowe, A. (1976). *The Path of Economic Growth*. Oxford Press.
- Marx, C. (1867/1962). Manuscritos Económico-Filosóficos. En E. Fromm, *Marx y su Concepto de Hombre* (págs. 96-201). México: Fondo de Cultura Económica.
- Marx, C. (1867/2010). *El Capital I, crítica de la economía política*. México: FCE.
- MGI. (2007). *A Future that Works: Automation, Employment, and Productivity*. Nose: McKinsey & company.
- Mitcham, C. (1989). *¿Qué es la filosofía de la tecnología?* Anthropos.
- Moore, G. (1965). Cramming more components onto integrated circuits. *IEEE Electronics*, 38(8), 33 - 35.
- Morán Moguel, C. A., & Mayo Hernández, A. (2013). *Manufactura 4.0 para la industria aeroespacial*. Academia de Ingeniería de México.
- Moravec, H. (1990). *Mind Children. The Future of TRobot and Human Intelligence*. Harvard University Press.
- Morozov, E. (2012). *La locura del solucionismo tecnológico*. Katz.
- Mumford, L. (1934). *Technics and Civilization*. ROutledge & Kegan Paul LTD.
- Mumford, L. (1967). *The Myth of the Machine. Technics and Human Development* (Vol. 1). Hardcourt Brace Jovanich.
- Mumford, L. (1970). *The Myth of the Machine. The Pentagon Power* (Vol. 2). Hardcourt Brace Jovanich.
- Mumford, L. (1992). *Técnica y Civilización*. Alianza Universidad.

- Natalia, F. (2014). Filosofía de la tecnología y democracia por Andrew Feenberg como emergente de la teoría crítica de Herbert Marcuse para el siglo XXI. *Revista iberoamericana de ciencia, tecnología y sociedad*, 9(26), 79-88.
- Noble, D. (1995). *Progress Without People. New Technology, Unemployment, and the Message of Resistance*. Between Lines.
- Noble, D. F. (1999). *The Religion of Technology. The Divinity of Man and the Spirit of Invention*. Penguin Books.
- OECD. (2016). *Automation and Independent Work in a Digital Economy*. OECD.
- Ortega y Gasset, J. (1914). *Meditaciones del Quijote*. Catedra.
- Ortega y Gasset, J. (1982). *Meditación de la técnica y otros ensayos sobre ciencia y filosofía*. Revista de Occidente / Alianza.
- Pérez Valencia, I. (3 de octubre de 2017). Manufactura 4.0 para la industria aeroespacial. *Agencia Informatica CONACYT*, Querétaro. Recuperado el 28 de diciembre de 2020, de <http://www.cienciamx.com/index.php/tecnologia/tic/18145-manufactura-4-0-industria-aeroespacial>
- Phillips, M. (19 de junio de 2018). *G.E. Dropped From the Dow After More Than a Century*. Obtenido de The New York Times: <https://www.nytimes.com/2018/06/19/business/dealbook/general-electric-dow-jones.html>
- Polanyi, K. (2017). *La gran transformación* (Tercera edición ed.). Ciudad de México: Fondo de Cultura Económica.
- Polanyi, M. (1966). *The Tacit Dimension*. The Doubleday Broadway Publishing Group.
- Promexico. (2014). *ProMexico: Sectores*. Obtenido de <http://www.promexico.mx/documentos/sectores/aeroespace.pdf>
- Proméxico. (2016). *Diagnóstico sectorial: sector aeroespacial*. Ciudad de México.
- Quintanilla, M. Á. (2017). *Tectonología: un enfoque filosófico y otros ensayos de la filosofía de la tecnología*. Fondo de cultura económica.
- Ricardo, D. (1821). On Machinery. En *Principles of Political Economy and Taxation* (2001 ed., págs. 282 - 291). Batoche Books.
- Rifkin, J. (1995). *The End of Work*. G. P. Putnam's Sons.

- Rincon, P. (20 de julio de 2021). *Jeff Bezos launches to space aboard New Shepard rocket ship*. Obtenido de BBC: <https://www.bbc.com/news/science-environment-57849364>
- Russell, S., & Norving, P. (2004). *Inteligencia Artificial. Un Enfoque Moderno*. Madrid: Pearson Educación.
- Sadin, É. (2018). *La silicolonización del mundo*. Caja Negra.
- Sadin, É. (2020). *La inteligencia artificial o el desafío del siglo*. Caja Negra Editora.
- Safran. (28 de 03 de 2019). *Safran*. Recuperado el 01 de 04 de 2019, de Safran in Mexico: <https://www.safran-group.com/country/safran-mexico>
- Santosa, R. (2018). Recharting The Philosophy of Technology in Contemporary Architecture. *SHS Web Conferences*, 41, pág. 04012.
- Sarsanedas, A. (2015). *La filosofía de a tecnología*. UOC.
- Schwab, K. (2016 de enero de 2016). *World Economic Forum*. Obtenido de The Fourth Industrial Revolution: what it means, how to respond: <https://www.weforum.org/agenda/2016/01/the-fourth-industrial-revolution-what-it-means-and-how-to-respond/>
- Secretaría de Economía. (2017). *Pro-Aéreo 2.0 Programa Estratégico de la Industria Aeroespacial*. Ciudad de México: Secretaría de Economía.
- Secretaría de Economía, PROMéxico, Federación Mexicana de la Industria Aeroespacial A.C., Instituto Nacional de Estadística y Geografía. (2018). *Colección de estudios sectoriales regionales. Conociendo la Industria aeroespacial*. Aguascalientea: Intituto Nacional de Estadística y Geografía.
- Sennett, R. (2018). *El artesano*. Anagrama.
- Siegler, M. (9 de oct de 2010). *Google Has A Secret Fleet Of Automated Toyota Priuses; 140,000 Miles Logged So Far*. Obtenido de Tech Crunch: <https://techcrunch.com/2010/10/09/google-automated-cars/>
- Simondon, G. (2017). *On the Mode of Existence of Technical Objects*. Univocal.
- Smith, A. (1958). *Investigación sobre la naturaleza y causas de la riqueza de las naciones*. México: Fondo de Cultura Económica.
- Space X. (2021). *Tesla Space X*. Obtenido de <https://www.spacex.com/>

- Srinivasan, M., Mukherjee, D., & Gaur, A. (2011). Buyer–supplier partnership quality and supply chain performance: Moderating role of risks, and environmental uncertainty. *European of Management Journal*, 29(4), 260 - 270.  
doi:<http://dx.doi.org/10.1016/j.emj.2011.02.004>
- Statista. (04 de 10 de 2021). *Statista*. Obtenido de Number of flights performed by the global airline industry from 2004 to 2021:  
<https://www.statista.com/statistics/564769/airline-industry-number-of-flights/>
- Steiner, C. (2012). *Automate this: How Algorithms took over our Markets, our Jobs, and the World*. Portfolio/Penguin.
- Steuart, J. (1767). *An Inquiry into the Principles of Political Economy*. A. Millar, and T. Cadell, in the Strand.
- Stone, B. (17 de julio de 2009). *The New York Times*. Obtenido de Amazon Erases Orwell Books From Kindle:  
<https://www.nytimes.com/2009/07/18/technology/companies/18amazon.html>
- Sullins, J., Kroes, P., Vermaas, P., Light, A., & Moore, S. (2008). Friends by Design: A Design Philosophy for Personal Robotics Technology. En *Artificial Moral Agency* (págs. 143-157).
- Swaminathan, A. (22 de marzo de 2019). *The history of GE: From Thomas Edison to jet engines to being kicked out of the Dow*. Obtenido de Yahoo! finance:  
[https://finance.yahoo.com/news/ge-sale-whats-left-212611211.html?guccounter=1&guce\\_referrer=aHR0cHM6Ly93d3cuZ29vZ2xlLnNvbS8&guce\\_referrer\\_sig=AQAAAJDo9-eYx3YMXRIFGShRKL4rNomry4a3LCV8r6\\_vkxByLIRaLh4fw4MAx2Ys3KzmzchVxh02Kqs6vq7x0cPazIKSXkaljM-bgqg5Zz98X\\_Xn8x](https://finance.yahoo.com/news/ge-sale-whats-left-212611211.html?guccounter=1&guce_referrer=aHR0cHM6Ly93d3cuZ29vZ2xlLnNvbS8&guce_referrer_sig=AQAAAJDo9-eYx3YMXRIFGShRKL4rNomry4a3LCV8r6_vkxByLIRaLh4fw4MAx2Ys3KzmzchVxh02Kqs6vq7x0cPazIKSXkaljM-bgqg5Zz98X_Xn8x)
- Taylor, F. W. (1977). *Principios de la administración científica*. Herrero Hnos.
- The Topsy Robot. (2017). *The Topsy Robot*. Obtenido de The Topsy Robot Las Vegas:  
<http://thetipsyrobot.com/>
- Thompson, P. (2020). Biotechnology, Controversy and the Philosophy of Technology. En *Food and Agricultural Biotechnology in Ethical Perspective* (págs. 375-400).
- Tran, M. (12 de feb de 2021). *Deep Blue computer beats world chess champion – archive, 1996*. Obtenido de The Guardian:  
<https://www.theguardian.com/sport/2021/feb/12/deep-blue-computer-beats-kasparov-chess-1996>

- Ure, A. (1835). *The Philosophy of Manufactures: or, An Exposition of the Scientific, Moral, and Commercial Economy of the Factory System of Great Britain*. Charles Knight.
- van der Poel, I., & Goldberg, D. E. (Edits.). (2012). *Philosophy and Engineering. An Emerging Agenda*. Springer.
- Vázquez, M. Á., & Bocanegra, C. (2018). La industria aeroespacial en México: características y retos en Sonora. *Problemas del Desarrollo*, 195(49), 153-176.
- Vela Peón, F. (2013). Un acto metodológico básico de la investigación social: la entrevista cualitativa. En M. L. Terrés, & M. L. Terrés (Ed.), *Observar, escuchar y comprender sobre la tradición cualitativa en la investigación social* (págs. 63 - 92). México: El Colegio de México, FLACSO.
- Weber, B. (12 de 05 de 1997). *The New York Times*. Obtenido de Swift and Slashing, Computer Topples Kasparov:  
<https://www.nytimes.com/1997/05/12/nyregion/swift-and-slashing-computer-topples-kasparov.html>
- Webster, M. D. (2017). Philosophy of Technology Assumptions in Educational Technology Leadership. *Educational TEchnology & Society*, 20(1), 25-36.
- Winner, L. (1993). Upon opening the black box and finding it empty: Social constructivism and the philosophy of technology. *Science, TEchnology & Human Values*, 18(3), 362-378.
- World Economic Forum. (2016). *The Future of Jobs: Employment, Skills and Workforce Strategy for the Fourth Industrial Revolution*. Global Challenge Insight Report.
- Zipper, D. (05 de feb de 2022). *Companies are racing to make self-driving cars. But why?* Obtenido de The Washington Post:  
<https://www.washingtonpost.com/outlook/2022/02/04/self-driving-cars-why/>

## 7. APÉNDICE

### Perfiles y preguntas de las entrevistas

#### Perfil 1 - Ingenieros con rol técnico y/o administrativo

1. ¿Qué estudiaste?
2. ¿Cuándo ingresaste a trabajar en GE y qué cargo tienes ahora?
3. ¿En qué consiste el trabajo que realizas? ¿Participas activamente en la contratación de otros trabajadores?
4. ¿Te sientes sobrecalificado para el tipo de actividades que realizas?
5. ¿Qué papel juega la tecnología en tu vida cotidiana? ¿Tienes un Smartwatch, Alexa?
6. ¿Consideras que los avances tecnológicos son importantes para realizar tu trabajo?
7. ¿Crees que tu puesto podría llegar a ser automatizado de forma tal que puedas perder el empleo? ¿por qué sí/no? ¿en qué tiempo?
8. ¿Qué aportaciones has hecho para la empresa en términos tecnológicos?
9. ¿Qué tan satisfecho te sientes con tu trabajo? ¿Te gusta tu labor?
10. ¿Qué tan útil crees que sea lo que has hecho para el avión o para la industria?  
¿Para el mundo?

#### Perfil 2 - Ingenieros con rol de empleadores

1. ¿Qué estudiaste?
2. ¿Cuándo ingresaste a trabajar en GE y qué cargo tienes ahora?
3. ¿En qué consiste el trabajo que realizas? ¿Participas activamente en la contratación de otros trabajadores?
4. ¿Te sientes sobrecalificado para el tipo de actividades que realizas?
5. ¿Qué papel juega la tecnología en tu vida cotidiana? ¿Tienes un Smartwatch, Alexa?
6. ¿En qué áreas laborales se ha ampliado la demanda de trabajadores en la empresa?
7. ¿En general que se busca en un candidato fuera de la experiencia?
8. ¿Consideras que la incorporación de la tecnología en la empresa ha facilitado el aumento de producción y en mayores ganancias?

9. ¿En qué áreas laborales ya no es necesario contratar a empleados gracias a la introducción de tecnología?
10. ¿Crees que tu puesto podría llegar a ser automatizado de forma tal que puedas perder el empleo? ¿por qué sí/no? ¿en qué tiempo?
11. ¿Crees que tu puesto podría serlo?

### Perfil 3 – Exempleado

1. ¿Qué estudiaste?
2. ¿Cuándo ingresaste a trabajar en GE y qué cargo tienes ahora?
3. ¿Por qué dejaste GE? ¿Qué tiempo tenías en la empresa?
4. ¿En qué consistía el trabajo que realizabas?
5. ¿Te sentías sobrecalificado para el tipo de actividades que realizabas?
6. ¿Te ha sido fácil reinsertarse en el mundo laboral? ¿Por qué?
7. ¿Qué problemas has encontrado para ingresar a otro puesto de trabajo?
8. ¿Consideras que la tecnología pueda ser una de las razones? ¿por qué?
9. En el trabajo que realizaste ¿qué te hacía sentir útil y qué no lo hacía?
10. ¿Crees que tu puesto podría llegar a ser automatizado? ¿por qué sí/no? ¿en qué tiempo?
11. ¿Los puestos de tus compañeros?