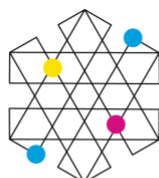




Casa abierta al tiempo



MEGI

MAESTRÍA EN ECONOMÍA, GESTIÓN
Y POLÍTICAS DE INNOVACIÓN

Universidad Autónoma Metropolitana

16 de octubre de 2020

Nombre del programa de posgrado: Maestría en
Economía, Gestión y Políticas de Innovación

Título de ICR o tesis: Industria 4.0, empleo, ocupaciones y
habilidades: estudio de caso de una empresa en el sector
automotriz en México

Modalidad: Protocolo para investigación doctoral

Nombre del alumno: Cecilia Adriana Ortiz Juárez

Nombre del director de tesis: Gabriela Dutrénit Bielous

Tabla de contenido

1	INTRODUCCIÓN	1
2	MARCO CONTEXTUAL	5
2.1	EL NACIMIENTO DE LA INDUSTRIA 4.0	5
2.2	INDUSTRIA AUTOMOTRIZ EN MÉXICO Y LA INTRODUCCIÓN DE TECNOLOGÍAS DE LA I4.0.....	8
3	MARCO TEÓRICO Y CONCEPTUAL	11
3.1	CAMBIO TECNOLÓGICO, EMPLEO Y OCUPACIONES	11
3.1.1	<i>Cambio tecnológico</i>	11
3.1.2	<i>Empleo y ocupaciones</i>	13
3.1.3	<i>El impacto del cambio tecnológico en el empleo</i>	24
3.2	INDUSTRIA 4.0 Y LAS HABILIDADES REQUERIDAS.....	31
3.2.1	<i>Definiciones básicas de Industria 4.0</i>	32
3.2.2	<i>Habilidades, revisión conceptual</i>	39
3.2.3	<i>Clasificación de habilidades</i>	41
4	MARCO CONCEPTUAL	46
4.1	LOS CONCEPTOS	46
4.2	DIAGRAMA DEL MARCO CONCEPTUAL.....	51
5	DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN	53
5.1	ESTRATEGIA DE LA INVESTIGACIÓN.....	53
5.2	ESTUDIO DE CASO.....	54
5.2.1	<i>Justificación</i>	54
5.2.2	<i>Tipos de estudio de caso</i>	55
5.3	UNIDAD DE OBSERVACIÓN Y UNIDAD DE ANÁLISIS	56
5.4	FUENTES DE INFORMACIÓN	57
5.5	ANÁLISIS DE LA INFORMACIÓN	58
5.6	VALIDACIÓN DEL DISEÑO.....	59
5.7	OPERACIONALIZACIÓN DE LAS VARIABLES	61
6	PRINCIPALES RESULTADOS ESPERADOS	67
7	ANEXO 1: GUÍA DE ENTREVISTA	70

BIBLIOGRAFÍA73

Resumen

El contenido de este documento es un protocolo de investigación doctoral sobre el tema Industria 4.0, empleo, ocupaciones y habilidades: estudio de caso de una empresa en el sector automotriz en México. Se plantea observar y analizar cuáles son los efectos que tiene la introducción de tecnologías de la industria 4.0 en diferentes tipos de empleo, ocupaciones y habilidades dentro de un sector específico en México: el automotriz. La problemática principal que dirige esta investigación es que en un contexto de revoluciones tecnológicas, como el que se vive actualmente con la introducción de tecnologías de la Industria 4.0 a diversas industrias, ha traído cambios sustanciales en diferentes ámbitos de la vida humana que no se han estudiado a profundidad por la velocidad con la que se están dando estos fenómenos. En este contexto, no solo son las tecnologías las que son desechadas o intercambiadas por unas más novedosas, sino que los seres humanos, sus ocupaciones, profesiones y formas de vida, también se ven afectadas de forma significativa. En este sentido, esta investigación tiene como objetivo analizar los efectos derivados de la introducción de tecnologías de la industria 4.0 en el empleo y en el tipo de ocupaciones y habilidades requeridas dentro del sector automotriz en México. La pregunta de investigación que dirige esta investigación es ¿cómo está afectando la introducción de nuevas tecnologías de la industria 4.0 en el empleo, en las ocupaciones y en las habilidades en el sector automotriz en México?

El diseño de investigación y metodológico que se plantea es de tipo cualitativo a través de la estrategia de investigación que consiste en la implementación de un estudio de caso ejemplar de tipo exploratorio y descriptivo, el cual se centrará en obtener datos cualitativos ya que se busca conocer el cómo y el por qué más allá de la frecuencia de los sucesos. Se seleccionó el estudio de caso simple de tipo exploratorio por lo novedoso del tema y la poca evidencia previa que existe a la fecha.

El argumento principal de esta investigación es que existen diversos efectos en el empleo, las ocupaciones y las habilidades requeridas por los trabajadores del sector automotriz, producto de la introducción de tecnologías de la industria 4.0 que son: Inteligencia artificial, análisis de big data, machine learning, diseño y fabricación digital, cloud computing, impresión 3D, Robots y cobots e internet de las cosas. Algunos de los efectos que se han encontrado en la literatura consisten en: desempleo tecnológico, creación de nuevos puestos de trabajo, aumento del empleo remoto o a distancia, entre otros. Por lo anterior, se pretende realizar esta investigación con la finalidad de analizar los efectos que tiene la introducción de tecnologías de la industria 4.0 en una empresa

dentro del sector automotriz y compararlas con los resultados encontrados en otras empresas y sectores en el mundo.

1 Introducción

A lo largo de la historia de la humanidad el surgimiento de cambios tecnológicos ha representado conflicto y caos en las sociedades puesto que la introducción de nuevas tecnologías conlleva a nuevas formas de hacer las cosas, lo que comúnmente provoca una desestabilización del sistema económico y social. Estas “crisis” pueden ser tomadas como un antecedente de grandes revoluciones tecnológicas (Pérez, 2002) que han transformado la forma en la que las sociedades se organizan y comportan a nivel individual y colectivo.

La introducción de nuevas tecnologías trae consigo la desaparición (desuso) de las anteriores, lo que Schumpeter llama: “destrucción creativa” (Schumpeter J. , 1962). Éste reemplazo de tecnologías “viejas” por las nuevas es un fenómeno que da paso al establecimiento de un nuevo paradigma tecnológico que, mediante un proceso de difusión y apropiación, tomará el lugar de la tecnología hegemónica. La aplicación de los nuevos conocimientos y tecnologías a la creación de nuevos procesos, productos y servicios se puede entender como innovación. La definición de innovación que propone el Manual de Oslo (2018) es: “un producto o proceso nuevo o mejorado (o una combinación de los mismos) que difiere significativamente de los productos o procesos anteriores de la unidad y que ha sido puesto a disposición de los usuarios potenciales (producto) o puesto en uso por la unidad (proceso).“

En este contexto de revoluciones tecnológicas, no solo son las tecnologías las que son desechadas o intercambiadas por unas más novedosas, sino que los seres humanos, sus ocupaciones, profesiones y formas de vida, también se ven afectadas de forma significativa. Como apuntan algunos autores como Adriana Martínez, et.al (2020, p.31) “La extensión y la profundización de la automatización en sus distintas expresiones alterará (ya lo está haciendo) los mercados de trabajo, las formas de trabajar y las garantías asociadas al empleo. Intentar entender las consecuencias de estos cambios y construir escenarios de futuro es un reto complejo.”

En países en desarrollo como México, esta problemática no se ha abordado suficientemente aunque es uno de los temas que más preocupan a tomadores de decisiones y sociedad en general, en

especial por las altas tasas de desempleo (3.7% en julio del 2019)¹ que se tienen y porque el 68% de la población del país se dedica a empleos que tienen una alta probabilidad de reemplazo como el sector agropecuario o manufacturero, según una investigación realizada por el Banco de México (Saldaña, 2019). De hecho, una de las ventajas competitivas que tiene México, específicamente en el sector automotriz son sus bajos costos de mano de obra (salarios) y su personal calificado, por lo que esto representa una dimensión interesante para entender la diferencia de motivaciones entre países con altos salarios y bajos salarios para adoptar tecnologías de la industria 4.0 y desplazar trabajadores; es decir, eliminar puestos de trabajo por medio de la adopción de este tipo de tecnologías en las empresas del sector. Para Bessen (2016) existen las ocupaciones con remuneración alta, media y baja. Bessen (2016) clasifica y vincula el uso de las computadoras con remuneraciones altas, mientras que las personas que no tienen conocimiento sobre el uso de la computadora tienden a tener menos oportunidades de conseguir un empleo con remuneración media o alta. Según este autor, este último tipo de personas son las que se pueden ver más afectadas por el desempleo tecnológico, en específico por la automatización, ya que no cuentan con los conocimientos y las habilidades para operar maquinaria computacional y mucho menos de tecnologías de la industria 4.0.

A pesar de que es un tema muy mencionado en los discursos, no hay suficiente evidencia empírica de los impactos de la automatización y la introducción de las tecnologías asociadas a la Industria 4.0 en el empleo dentro de ninguna industria en particular en México.

Hasta ahora, la mayoría de los estudios realizados se han centrado en las ventas de robots o instalaciones de máquinas en las fábricas para medir el impacto y difusión de estas tecnologías, sin embargo es necesaria una revisión a profundidad sobre lo que sucede dentro y fuera de la empresa ante este panorama. Dentro de la escasa literatura existente en el tema se encuentra el libro de Industria 4.0 en México, Elementos diagnósticos y puesta en práctica en sectores y empresas de Adriana Martínez et.al (2020), que se publicó en junio del presente año y que aporta grandes hallazgos sobre el futuro del empleo en México, así como del sector automotriz en el país.

En este contexto, el propósito de esta investigación es explorar datos empíricos y un análisis a nivel micro (empresa) sobre el cómo afectan las nuevas tecnologías, en este caso las tecnologías de la

¹ La Tasa de desempleo del 2018 en México fue de 3.3% de la población económicamente activa, es decir 1,82 millones de personas se encontraban desempleadas en el 2018, esta tasa ha ido subiendo en el 2019 según cifras del Instituto Nacional de Estadística y Geografía (Inegi).

revolución 4.0, al empleo, las ocupaciones y el tipo de habilidades que se requieren cuando se introducen en las cadenas de valor del sector automotriz en México.

Pregunta de investigación

Las pregunta de investigación principal es:

¿Cómo está afectando la introducción de nuevas tecnologías de la industria 4.0 en el empleo, en las ocupaciones y en la habilidades en el sector automotriz en México?

Se plantean dos preguntas subsidiarias:

¿Cómo están cambiando las ocupaciones (puestos de trabajo requeridos) dentro de las empresas?

¿Qué tipo de mejoras o nuevas habilidades individuales se requieren en las ocupaciones existentes por la introducción de tecnologías de la industria 4.0?

Objetivos

El objetivo general de esta investigación es: analizar los efectos derivados de la introducción de tecnologías de la industria 4.0 en el empleo y en el tipo de ocupaciones y habilidades requeridas dentro del sector automotriz en México.

Los objetivos específicos son:

- Identificar cuáles son los cambios generados en las ocupaciones (puestos de trabajo requeridos) dentro de las empresas por la introducción de tecnologías de la industria 4.0
- Detectar si las habilidades de los trabajadores dentro de las ocupaciones actuales requieren mejoras o si han surgido nuevas habilidades que son requeridas como resultado de introducción de tecnologías de la industria 4.0

La perspectiva teórica que se retoman en este proyecto de investigación es principalmente la economía evolutiva, así como algunos corrientes sobre gestión de recursos humanos y estándares internacionales de tipo de ocupaciones. En el mismo sentido, se retoman aportaciones desde la psicología que permiten clasificar a las habilidades de los trabajadores por el tipo de tareas que son capaces de realizar en cada tipo de trabajo, así como por el tipo de habilidades que se desarrollan a diferentes niveles de educación.

Los categorías analíticas principales que se retoman en este proyecto de investigación son: Industria 4.0, empleo, ocupaciones y habilidades. La hipótesis que orienta esta investigación consiste en que la introducción de nuevas tecnologías de la industria 4.0 en el sector automotriz ha generado distintos efectos en las ocupaciones y las habilidades requeridas, pero no ha provocado desempleo ya que existe un desfase y pocas motivaciones para la adopción de tecnologías de la industria 4.0 por sus altos costos, sobre todo si se toma en cuenta el contexto de bajos salarios como ventaja competitiva principal que tiene México.

A lo largo del documento se presentan 6 capítulos los cuales pertenecen a las secciones estipuladas para un protocolo de investigación. La problemática principal que dirige esta investigación es que en un contexto de revoluciones tecnológicas, como el que se vive actualmente con la introducción de tecnologías de la Industria 4.0 a diversas industrias, ha traído cambios sustanciales en diferentes ámbitos de la vida humana que no se han estudiado a profundidad por la velocidad con la que se están dando estos fenómenos.

En el marco teórico se realiza una revisión exhaustiva del estado del arte sobre el tema por lo que se presentan las diferentes perspectivas teóricas de diversas escuelas de pensamiento. Cabe destacar que en esta investigación se retoman diversas áreas del conocimiento con la finalidad de aproximarse a conocer la problemática presentada; se analiza desde el punto de vista de la economía evolutiva, pero también desde la administración (puestos de trabajo) y la psicología (habilidades). En el marco conceptual se plantean las categorías analíticas que permiten conectar la teoría revisada con el trabajo empírico de tipo cualitativo. En el capítulo de diseño de investigación y metodología se plantean una estrategia de investigación para recolectar información así como para su análisis siendo la principal el estudio de caso simple de tipo exploratorio por lo novedoso del tema y la poca evidencia previa que existe a la fecha. En el último capítulo, se plantean los principales resultados esperados que se basan en una estimación proveniente de la literatura revisada, así como del contexto social, tecnológico y económico que tiene México.

2 Marco Contextual

La relación (efecto) entre el surgimiento de nuevas tecnologías y el empleo ha estado en el centro de la reflexión de los economistas clásicos, como David Ricardo, seguido del enfoque marxista, neoclásico, keynesiano y otros alternativos, dentro de los cuales se categoriza a la economía evolutiva. Este trabajo se inscribe dentro de este último enfoque teórico, que plantea al cambio tecnológico como un factor que explica la dinámica evolutiva del sistema económico.

Schumpeter fue uno de los primeros autores que propiciaron la construcción de la visión evolutiva y planteó que el desarrollo de las sociedades y el crecimiento económico se da a través de olas de crecimiento económico que son provocados por el surgimiento de innovaciones radicales que cambian y revolucionan las formas de hacer las cosas. Estos periodos de crecimiento son momentáneos y les preceden periodos de crisis y saturación del mercado (Schumpeter, 1939).

2.1 El nacimiento de la Industria 4.0

Este fenómeno de olas de crecimiento se desarrolla en sincronía con los cambios de paradigmas tecnológicos o revoluciones tecnológicas, como lo aborda Carlota Pérez (2002). Esta autora propone el concepto de paradigma tecno-económico como “un modelo de práctica óptima constituido por un conjunto de principios tecnológicos y organizativos, genéricos y ubicuos”, junto con el concepto de revolución tecnológica que se refiere a “un poderoso y visible conjunto de tecnologías, productos e industrias nuevas y dinámicas, capaces de sacudir los cimientos de la economía y de impulsar una oleada de desarrollo de largo plazo”. Estos cambios en las tecnologías y sus prácticas hacen que las sociedades evolucionen, crezcan y se desarrollen desde este punto de vista, es decir, desde el punto de vista de la economía evolutiva, es a través de este tipo de procesos, del cambio de una tecnología hegemónica a otra lo que potencia el desarrollo de nuevas industrias, mercados y formas de colaboración en las sociedades.

Pérez (2002) argumenta también que hasta la fecha, la humanidad ha pasado por cinco revoluciones industriales las cuales son: la era de la mecanización, la energía de vapor, la electricidad, producción en masa/ automóvil y las TIC (tecnologías de información y comunicación). Dentro de esta última se encuentra el desarrollo de las tecnologías de la industria 4.0. Sin embargo, otros autores hablan únicamente de cuatro revoluciones (Gorecky et al., 2014), las cuales se inician con la revolución industrial donde la tecnología hegemónica era la máquina de vapor, seguida de la electricidad, la producción en masa y la actuales tecnologías de información y comunicación (TICs). Aun no hay un consenso si las tecnologías de la industria 4.0 siguen siendo parte de esta última revolución tecnológica (las TICs) o si una nueva revolución tecnológica se está formando

hoy en día, con el desarrollo y la implementación de este tipo de tecnologías 4.0 en diversas industrias a nivel mundial.

Para aclarar este punto, es necesario primero abordar lo que son las tecnologías englobadas en la Industria 4.0 y las tecnologías de la era de la digitalización.

La era de la digitalización, o la era de la informática y las telecomunicaciones como comenta Pérez (2002), se caracteriza por: uso intensivo de la información (con base en la microelectrónica TIC); la integración descentralizada/estructuras en red; el conocimiento como capital/valor añadido intangible; heterogeneidad, diversidad y adaptabilidad; globalización/interacción entre lo global y lo local; cooperación hacia adentro y hacia afuera (clúster); contacto y acción instantáneas/comunicación global instantánea; y segmentación de mercados/proliferación de nichos y economías de cobertura y de especialización combinadas con escala.

Ahora bien, las tecnologías de la industria 4.0 se refieren a un conjunto de tecnologías, entre las que se incluyen: inteligencia artificial que incluye sistema de *machine learning* y *deep learning*; internet de las cosas (IDC); fabricación digital que permite hacer prototipos a un bajo costo; *cloud-computing* que ayuda a manejar grandes bases de datos en la “nube”; *Big Data analytics*, la cual permite procesar y analizar grandes volúmenes de información; Robots autónomos; y Realidad virtual y aumentada, así como comunicación inalámbrica y conectividad de sistemas de banda ancha. (Brixner et al, 2019). Este tipo de tecnologías estarán desarrolladas puntualmente en la sección 3.2.1 y su importancia radica en que fusionan los mundos físico, digital y biológico, e integran la digitalización y la conectividad de sistemas.

Cada vez con mayor intensidad, la automatización de tareas está formando una nueva tendencia. Si bien aún los analistas tiene puntos de vista diferentes, se aglutinan en dos principales perspectivas. El primer grupo lo conforman los que utilizan una perspectiva histórica extendida y consideran que la industria 4.0 y sus tecnologías no rompen el curso de las tecnologías relacionadas con la digitalización o la era de las computadoras, por lo que no consideran que estemos viviendo un cambio de paradigma, ni una revolución industrial, como lo fue la introducción de la electricidad o la máquina de vapor. En este grupo se encuentran autores como (Cowen, 2011) y Pérez (2002).

En el segundo grupo, se ubican los autores que en oposición a los primeros, se caracterizan por resaltar la importancia de esta etapa y la clasifican como una evolución "disruptiva", en donde las nuevas tecnologías sí representan una ruptura con los modos de organización y producción precedentes. Destacan autores como (Manyika, 2013) y (Frey & Osborne, 2013). A este grupo,

Degryse (2016) les llama "tecno-optimistas" ya que su visión es que estas innovaciones representan un progreso que transformará la vida cotidiana, empresarial y la economía a nivel mundial.

Desde mi punto de vista, algunas tecnologías como *cloud-computing* o *internet de las cosas* están muy relacionadas con las TICs, por lo que se podría decir que si están relacionadas con la revolución de las TICs. Sin embargo, algunas otras como la inteligencia artificial, el diseño y fabricación digital y la realidad virtual, hacen uso de otras tecnologías que no necesariamente pertenecen a esta revolución. Tal parece que el debate sigue abierto y probablemente se resuelva en la próxima década. Para el caso de esta investigación se planteará que las tecnologías de la industria 4.0 sí están creando una nueva revolución tecnológica, más allá de simplemente una actualización de la revolución digital. Retomando la definición de Pérez (2002) vista previamente, se entiende que las revoluciones tecnológicas son: “un poderoso y visible conjunto de tecnologías, productos e industrias nuevas y dinámicas, capaces de sacudir los cimientos de la economía y de impulsar una oleada de desarrollo de largo plazo”. Desde mi punto de vista, las tecnologías relacionadas a la Industria 4.0 y el concepto de Industria 4.0 como tal, sí cumplen con esta definición propuesta por Pérez (2002) puesto que están creando productos e industrias nuevas así como transformando la forma en la que se organizan las naciones, organizaciones internacionales, empresas y sociedades; algunos ejemplos de esto es la creación de nuevos modelos de negocio, de nuevas monedas (criptomonedas) así como organizaciones internacionales de minería de datos y de ciberseguridad que están cambiando la forma en la que los países y las personas se comportan.

Retomando el texto de Martínez et al. (2020), la industria 4.0 puede ser considerada como una industria que permite producir en masa pequeñas series personalizadas sobre una fragmentación mundial de las cadenas de valor. Para los autores, esta nueva industria borra las fronteras entre productor y el vendedor/consumidor, de forma que crea el prosumidor. En este sentido, considero que el nuevo papel central que coloca esta industria al consumidor es algo nunca antes visto y digno de posicionarlo como un cambio de paradigma tecno-económico retomando el concepto de (Pérez, 2002). Esta nueva forma que muchos llaman customización crea cambios fundamentales en términos de logística y producción en la mayoría de las industrias, lo cual sólo es posible por medio de la instauración de tecnologías inteligentes que permiten gestionar y programar de forma simultánea y automática diversos procesos con alta precisión y velocidad. Por tanto, desde esta perspectiva en esta investigación se sostiene que la industria 4.0 es un nuevo paradigma tecno-económico que impactará de forma significativa la forma en la que se hacen las cosas en los próximos años a nivel global.

Ahora bien, en el contexto del capitalismo y la globalización, las innovaciones tecnológicas son

vistas como una fuente de crecimiento económico y social a nivel micro y macro. Tanto empresas como países buscan gestar e implementar nuevos cambios tecnológicos que potencialicen su productividad y desarrollo. Uno de los temas de discusión es el impacto del cambio tecnológico en el empleo y las ocupaciones. Existe la percepción y un conjunto de evidencia empírica que muestra que la industria 4.0 tiene impacto en el empleo. Pero la naturaleza de este impacto es aún poco conocida. Según (Martínez, 2020) la extensión y la profundización de la automatización en sus distintas expresiones alterará los mercados de trabajo, las formas de trabajar y las garantías asociadas al empleo. El reto de la academia en este momento no sólo consiste en pronosticar el tipo de empleos con mayores riesgos, sino también comparar las diferencias de este riesgo en diferentes tipos de economías. El avance de las tecnologías de la industria 4.0 es mucho más rápido en países desarrollados que en países en vías de desarrollo. Este trabajo se ubica en esta problemática.

2.2 Industria automotriz en México y la introducción de tecnologías de la I4.0

La industria automotriz se encarga del diseño, desarrollo, fabricación, ensamblaje, comercialización y venta de automóviles. Los sectores que la componen son la industria terminal y la industria de autopartes. Según Ruiz Durán (2016), la industria automotriz se ha convertido en el paradigma del proceso de industrialización en México, por lo que se seleccionó a esta industria como icónica para seleccionar un estudio de caso ejemplar. El desarrollo de esta industria no sólo ha sido en sus capacidades de producción, sino que ha dado lugar a un proceso de adaptación institucional, conjugando diversos instrumentos de política industrial a lo largo de varias décadas. La industria automotriz en México deriva de un fuerte proceso de inversión extranjera en la industria terminal, la cual ha abierto la puerta al desarrollo de una amplia red de proveedores, atraídos por la alta capacitación de la mano de obra y los bajos salarios. Este desarrollo ha logrado escalar su nivel tecnológico impulsado por el establecimiento de centros de diseño, lo que ha contribuido a una red de producción más sofisticada, que va desde el ensamblaje hasta la construcción de prototipos.

Según Casalet (2018), los clústeres que agrupa al sector automotriz en México son: i) Clúster Automotriz de Nuevo León, ii) Clúster Automotriz de Guanajuato, iii) Clúster Automotriz Estado de México, y iv) Automotriz de Chihuahua. Donde se agregan más de treinta centros de diseño en distintos estados del país que apoyan el desarrollo y crecimiento de la industria.

Actualmente México figura como el cuarto exportador de coches más grande del mundo y el sexto mayor productor, mientras que, a nivel local, el sector automotriz (incluyendo autopartes) tiene un papel fundamental, contribuyendo con casi 20% de la producción manufacturera nacional y generando alrededor de 83 mil millones de dólares netos en divisas (Vicencio, 2007). Sin embargo, el valor agregado que otorga México es trabajo poco calificado y mal remunerado, así como un sistema de relaciones laborales precarizado, por tanto, existe una creciente dependencia exportadora a Estados Unidos.

El sector automotor en México genera alrededor de dos millones de empleos directos e indirectos, es el sexto productor mundial de vehículos, el cuarto exportador global de vehículos automotores, el quinto en autopartes y el primero en tractocamiones; representa una tercera parte de las exportaciones de manufacturas y su impacto se extiende a 165 actividades económicas de industria, comercio y servicios. En cuanto al empleo, el sector automotriz ha generado altas tasas de ocupación en México. En 2019 ocupaba alrededor de 900 mil personas para el armado de vehículos, fabricación de carrocerías y producción de autopartes, según datos del Instituto Nacional de Estadística y Geografía (Inegi). La industria automotriz ha estado avanzando hacia la I4.0, a través de la introducción de nuevas tecnologías relativas a la industria 4.0 en su sistema de producción, en el mundo y en México. En el estudio realizado por Carrillo (2020) se afirma que si bien las empresas automotrices en México cuentan con personal altamente especializado y cada día más informado sobre la Industria 4.0, sin embargo, existen diferencias importantes entre los tipos de empresas, es decir, las empresas de tipo corporativos, subsidiarias, filiales o empresas independientes tienen niveles distintos de adaptación a la Industria 4.0 y, consecuentemente, tienen necesidades diversas de “Talento 4.0”. Pero, si en algo está de acuerdo el autor es que todas las empresas requieren elevar sus capacidades humanas y tecnológicas en torno a la I4.0.

Es importante apuntar que el fenómeno de la industria 4.0 cobra importancia en México no sólo por lo que conlleva la adopción de las nuevas tecnologías desde el punto de vista tecnológico, sino por los efectos que esta adopción tiene en la estructura organizacional de las empresas así como en la influencia que tiene el estado y diversas organizaciones intra e inter organizacionales para desacelerar o incrementar la velocidad de adopción de estas nuevas tecnologías. Según Martínez et al. (2020), la existencia de mano de obra flexible, productiva, con una larga tradición en el sector exportador y con jornadas de trabajos más largas en comparación con el resto de los países, son suficientes ventajas para detener la ola masiva de automatización o para considerar estrategias menos agresivas y más paulatinas de robotización en el contexto nacional.

Específicamente en el sector automotriz, la implementación de tecnologías de la Industria 4.0 ha

conllevado a un progreso debido a la incorporación de tecnologías como la inteligencia artificial, el sensado y colección digital de datos, el reconocimiento de voz, la visión computacional, el control automatizado de traducción de idiomas y la realidad aumentada, entre otras (Martínez, 2020). Carrillo et al. (2020) realizaron una encuesta en este año en Baja California acerca del nivel de conocimientos de las tecnologías asociadas a la Industria 4.0 en el sector, en donde se presentan 18 distintas tecnologías de las cuales el conocimiento de los ingenieros mexicanos es limitado, y entre más intangibles dichas tecnologías menor es tanto el conocimiento como la aplicación dentro de las empresas.

Tras lo anterior, el escenario de la introducción de tecnologías de la industria 4.0 es sumamente complejo ya que al abrirse nuevas oportunidades también se generan incertidumbres y nuevos retos, no solo a nivel tecnológico, sino a nivel política pública. Como lo menciona Carrillo (2020), el nuevo tratado comercial, el T-MEC en el 2020, y la reforma laboral aprobada en el 2019, son ejemplos de grandes cambios que proponen desafíos a futuro que tendrán que enfrentar las empresas del sector en un corto y mediano plazo en el país.

3 Marco teórico y conceptual

Este contexto previamente descrito permite conceptualizar y entender el desarrollo de la industria 4.0 en el sector automotriz que está aconteciendo hoy en día, así como ubicar este proceso dentro de la historia de los paradigmas tecno-económicos, y analizar sus efectos y sus relaciones con otros factores como el empleo, las ocupaciones y las habilidades.

El marco teórico de este trabajo se centra principalmente en dos cuerpos de literatura: (i) la relación entre el cambio tecnológico, el empleo y el tipo de ocupaciones, y (ii) el concepto de Industria 4.0 y su relación con el cambio en las habilidades humanas que se requieren para hacer uso de las tecnologías 4.0 a nivel industrial.

3.1 Cambio tecnológico, empleo y ocupaciones

3.1.1 Cambio tecnológico

Según la teoría evolutiva, el cambio tecnológico es el motor de las sociedades y del desarrollo económico. A través de oleadas de innovaciones (Pérez, 2002) que pertenecen a un mismo paradigma tecno-económico evolucionan las sociedades en esferas tanto económicas como de tipo social, cultural y psicológico. Estas innovaciones se presentan en racimos, es decir, en conjunto, por lo que crean una revolución tecnológica y el establecimiento de un nuevo paradigma tecno-económico a nivel mundial. Cuando una tecnología evoluciona y prueba ser mejor que las precedentes ocurre un proceso paulatino de difusión de la innovación el cual viene de la mano de un proceso de adaptación de los mercados e industrias preexistentes y da cabida al surgimiento de nuevas industrias, procesos, productos y mercados (Pérez, 2002). Los cambios a nivel paradigma tecno-económico no solo transforman la economía mundial, sino la forma en la que las personas se relacionan, por ejemplo, con la última revolución tecnológica que se conoce, las tecnologías de la información y la comunicación se transformó a nivel global la forma en la que las personas interactúan, permitiendo conectar a personas de todas partes del mundo de forma inmediata y remota lo que trajo grandes cambios tanto en la vida social como en la vida individual de las personas.

Ahora bien, una primera definición de cambio tecnológico que se considera útil se retoma de Katz

(1987), quien lo define como cualquier modificación en la técnica de producción de un producto dado, puesto en práctica por una planta específica dada, con el objetivo de reducir el costo de producción de sus unidades. En esta primera visión se puede observar que el autor se centra únicamente en los beneficios económicos de la implementación de un cambio tecnológico en una empresa o industria, sin tomar en cuenta que existen una variedad de factores y beneficios que pueden ver involucrados, más allá del económico cuando se introduce una nueva tecnología. Del mismo modo, esta definición abarca únicamente a las modificación en la técnica de productos y no en la de procesos o servicios lo cual también es importante analizar cuando se introduce una nueva tecnología en la producción.

Ahora bien, el cambio tecnológico, según Roitter (2019) es definido como un proceso en el que intervienen diferentes elementos más o menos vinculados con la producción de tecnología y en el que la tracción de la demanda y el empuje de la oferta para la generación de nuevos conocimientos tecnológicos desempeñan un rol central ante la aparición constante de nuevos problemas. Esta definición es contraria a la de Katz vista previamente, puesto que es demasiado amplia en el sentido que no considera a la innovación tecnológica de producto, proceso o servicio específicamente, sino que señala que es un proceso con diferentes elementos vinculados a la tecnología, por lo que no tiene un carácter tan útil para nuestro interés puesto que según Roitter el cambio tecnológico podría ser cualquier cosa relacionada con nuevos conocimientos tecnológicos pero no necesariamente una innovación. Un punto rescatable de esta definición es la parte en la que se le atañe un rol central a la generación de nuevos conocimientos tecnológicos para la resolución de problemas, lo cual sí está ligado con un cambio de paradigma tecno-económico y una revolución tecnológica, por lo que me parece importante enfatizar esta notable aportación del autor.

Por su parte, Nübler (2016) explica el cambio tecnológico desde una visión mucho más holística y destaca el impacto de la introducción de nuevas tecnologías en diversas esferas sociales, por lo que posee una visión de tipo sistémica, a diferencia de la de Katz (1987), que es esencialmente económica. Nübler (2016) define al cambio tecnológico como un proceso no lineal y complejo que viene en oleadas y fases diferentes, y las fuerzas políticas, sociales y de mercado impulsan la dinámica de la destrucción de empleo y la creación de empleo. En esta definición se contempla al cambio tecnológico como un proceso complejo y por fases, lo cual se alinea perfectamente con el proceso de difusión de la innovación que acontece cuando hay un cambio de paradigma tecno-económico, puesto que no es un proceso automático, sino paulatino en donde están involucrados multitud de actores lo cual lo hace complejo y no necesariamente lineal. En algunos casos son los seguidores tardíos de las innovaciones los que realizan a la larga cambios que modifican a las

innovaciones iniciales y que desembocan en nuevas innovaciones. Asimismo, esta definición pone énfasis en el impacto político, social y económico que tiene el cambio tecnológico, lo cual resulta útil a nivel de esta investigación puesto que el efecto en el empleo, las ocupaciones y las habilidades se necesita estudiar dentro las tres esferas y no únicamente en la económica.

Un punto de vista central en la definición de Nübler sobre cambio tecnológico es su especial enfoque sobre las dinámicas de creación y destrucción de empleo por lo que, para fines de este trabajo, se retomará esta definición ya que es la más pertinente para abordar los objetivos de esta investigación.

3.1.2 Empleo y ocupaciones

Empleo

Tras lo anterior, es necesario definir el concepto de empleo y de ocupaciones para tener claridad en las diferencias y similitudes entre cada uno. Si bien hay varias formas de puntualizar el concepto de empleo, la Organización Internacional del Trabajo (1990) lo define como un conjunto de tareas y deberes, realizados o destinados a ser realizados por una persona, incluso para un empleador o por cuenta propia. Esta definición permite describir un empleo por el alcance, la naturaleza y los perfiles de las tareas, y analizar el impacto de las innovaciones en la pérdida de empleos, la creación de empleos y los cambios en los perfiles de las tareas.

En una primera instancia el alcance del empleo se puede ver en el número de tareas y deberes que se realizan. La naturaleza se puede distinguir al determinar el tipo de empleo que se realiza, el cual según esta definición puede ser en dos categorías: la de autoempleo y la de si se posee un empleador.

Para Nübler (2016) la definición de empleo tiene el carácter de distinguir un conjunto de tareas de otras, lo que permite describir un empleo por la naturaleza de sus tareas y evaluar el impacto de la automatización en las tareas en lugar de las ocupaciones, lo cual resulta interesante para en este tipo de análisis. Desde esta perspectiva, se pone hincapié ya no en el número de tareas, sino en el tipo de tareas que forman ese conjunto y sus diferencias que tienen a su vez con otro conjunto de tareas. Dependiendo del tipo de tareas, según Nübler, es como se puede analizar el impacto de la automatización, lo cual puede ser horizontal entre diversas ocupaciones. De ahí la importancia de su aportación, la que al analizar el tipo de tareas y no las ocupaciones, se puede alcanzar un análisis más amplio y objetivo que si se enfocara únicamente en las ocupaciones.

Para Neffa (2014), existe una clara distinción entre el trabajo realizado y el empleo. Existe una diferencia fundamental entre los dos, en el caso del empleo es un trabajo que busca una remuneración salarial, mientras que el trabajo puede ser entendido como una actividad realizada por personas, orientada hacia una finalidad, la producción de un bien, o la prestación de un servicio, que da lugar a una realidad objetiva, exterior e independiente del sujeto, y socialmente útil para la satisfacción de una necesidad. El trabajo involucra a todo el ser humano, y no solamente sus dimensiones fisiológicas y biológicas, dado que al mismo tiempo moviliza las dimensiones psíquicas y mentales. Neffa retoma a Marx (1975) que a su vez afirma que el trabajo tiene un impacto en la naturaleza exterior y que la modifica, por lo que el trabajo tiene una cualidad de mediación entre el hombre y la realidad, puede ser visto como una actividad transitiva, pues necesita de la naturaleza (la materia) para concretarse a través de ella, en forma de dominación. Para Marx (1975), el trabajo parte de la esencia del hombre, pues por medio de este, el hombre se afirma y desenvuelve en libertad en una actividad física e intelectual.

Es interesante, que dentro del análisis que realiza Neffa (1999) se plantea también el impacto de las nuevas tecnologías en el empleo y cómo a través de la modernización de algunas industrias como la agricultura, se desplaza el empleo de personas, puesto que las máquinas pueden realizar el trabajo de cierto número de hombres. Un ejemplo clave de esto lo proporciona el autor cuando se refiere a que el empleo en las zonas rurales inició su descenso en los años 50's, producto de políticas de modernización de la agricultura y de la atracción ejercida por la existencia de oferta de empleos en el sector industrial urbano. Posteriormente, desde los años 70's, en parte por el progreso tecnológico, hubo un aumento en el volumen de producción industrial, y en su variedad, sin embargo disminuyó sensiblemente el empleo en la industria, mientras creció rápidamente en las actividades terciarias y de servicios. En este ejemplo que plantea el autor, se puede ver cómo efectivamente las nuevas tecnologías tienen impacto en el empleo a nivel macro, meso y micro, lo cual ha sido estudiado muy poco en el nivel micro, por lo que es el objeto de esta investigación.

Tras lo anterior, la definición de empleo que propone Neffa (1999) es la siguiente: el empleo puede ser entendido como una relación que vincula el trabajo de una persona con una organización dentro de un marco institucional y jurídico que está definido independientemente de aquella. En otras palabras, puede ser visto también como un trabajo abstracto, que es susceptible de ser dividido en unidades elementales y de reagruparlas alrededor de un puesto de trabajo, que es reconocido como socialmente útil. Asimismo, el empleo es una relación laboral que permanece en el tiempo y tiene un carácter mercantil, pues se intercambia por un salario asignado individualmente. Como se puede apreciar, en esta definición de empleo se pueden distinguir tres dimensiones, la primera es en la

relación de una persona con una organización reguladas por un marco jurídico; la segunda, es que un empleo puede ser dividido en unidades (o tareas) que se agrupan a un puesto de trabajo; y la tercera es que es una relación mercantil puesto que se intercambia por un salario o retribución monetaria.

Desde mi punto de vista, esta última es la definición que es más clara y que permite realizar un análisis micro del empleo como se pretende en esta investigación, ya que plantea tres dimensiones que pueden ser analizadas entre un trabajador y una empresa, como es el caso de esta investigación.

Ahora bien, es importante también abordar los tipos de empleos que existen. Según Neffa, et. al (2014), una primera división que se puede hacer entre las personas que cuentan con un empleo y las que no es entre la población económicamente activa (PEA) y la población inactiva. Este segundo grupo no está presente en el mundo del trabajo remunerado, y comprende todas las personas que, por su edad, su situación y/o su decisión están fuera del mercado de trabajo. Ahora bien, entre las personas económicamente activas surge una segunda división y se da entre la población ocupada y la desocupada.

La población se puede dividir según Neffa et. al (2014) entre los que tienen un empleo y no. Los que tienen un empleo pueden a su vez subdividirse en ocupados, sub-ocupados y desocupados (los que no cuentan con un empleo pero que lo están buscando). Los ocupados son las personas que realizan al menos 1 hora de trabajo a la semana en alguna actividad laboral, no necesariamente tienen que tener un empleo asalariado para considerarse. Los sub-ocupados son personas que si realizan actividad laboral pero que no están conformes con el tiempo que la ejercen, en otras palabras, desearían realizar actividad por más tiempo u otro conjunto de tareas, dependiendo de sus habilidades. Asimismo, Neffa et. al (2014) comentan que el empleo puede desenvolverse en el ámbito mercantil o en actividades sin fines de lucro, y llevarse a cabo sin relación de dependencia o como asalariado. Las cuales serían algunas de las distinciones entre tipos de empleo que se proponen.

Otra distinción importante sobre el empleo consiste en dividirlo en dos dimensiones, según Hernández (2000):

- Las horas de trabajo, las cuales muestran la intensidad del empleo de las personas que han decidido trabajar. Por ejemplo, el número de horas al día/semana que se labora.
- El contexto del tipo de empleo que las personas desempeñan que a su vez se subdivide en asalariado, patrón, cuenta propia y trabajador familiar sin pago. El tipo de empleo que las

personas poseen determina también su comportamiento e influye a su vez en el número de horas en las que laboran, en la mayoría de los casos.

Ocupaciones

El concepto de ocupación es definido por Autor y Handel (2013) como un conjunto indivisible de demandas de tareas, todas las cuales son realizadas simultáneamente por cada trabajador en la ocupación. Los autores asumen que los trabajadores maximizan los ingresos y que se auto-seleccionan en las ocupaciones que ofrecen el mayor salario, en general, la mayor utilidad para el conjunto de tareas que pueden producir dadas sus habilidades. En esta definición se le otorga un carácter selectivo a los trabajadores, así como un sentido de la racionalidad al poder distinguir la mayor utilidad para ellos según sus habilidades. Esto es una visión más ligada a la economía neoclásica que a la evolutiva, puesto que dentro de la evolutiva, como ya se había planteado, no se acepta el principio de racionalidad perfecta, por lo que la mayor utilidad de una persona está en función de muchas variables y la toma de decisiones es por demás compleja. Por lo tanto, esta definición es algo limitada pero sirve de base para entender de forma general como ha ido evolucionando el concepto.

Según Emmel y Cosca (2010) una ocupación se entiende como un conjunto de tareas que se desarrollan, con ligeras diferencias, en múltiples establecimientos y no necesariamente en la misma industria. Esta definición es pertinente puesto que permite la comparación de ocupaciones en diferentes industrias por la afinidad de los empleos que se realizan en ellas. Más adelante se abordará este tema con los diferentes tipos de clasificación de ocupaciones generalmente afectados que existan.

Por su parte, la Organización Internacional del Trabajo (1990) define ocupación como una serie de trabajos cuyas tareas y deberes principales son caracterizados por un alto tipo de similitud. Una persona puede ser asociada a una ocupación a través de su empleo principal actual, su segundo empleo, su futuro empleo o su empleo anterior. Esta definición de ocupación es semejante a la de Emmel y Cosca (2010) puesto que cataloga a las tareas por su similitud y resulta también bastante útil para el análisis. Diversos autores (Calvino y Virgillito 2016), (Autor, Levy y Murnane, 2003), (Bessen, 2016) y (Frey & Osborne, 2013) utilizan este tipo de categorías de tipo de tareas para distinguir entre tipos de ocupaciones.

En este aspecto, existe una gran variedad de formas en las que se pueden categorizar a las ocupaciones. Desde el punto de vista de la remuneración o salario, como lo maneja Bessen (2016)

existen las ocupaciones con remuneración alta, media y baja. Bessen (2016) clasifica y vincula el uso de las computadoras con remuneraciones altas, mientras que las personas que no tienen conocimiento sobre el uso de la computadora tienden a tener menos oportunidades de conseguir un empleo con remuneración media o alta. Según este autor, este último tipo de personas son las que se pueden ver más afectadas por el desempleo tecnológico, en específico por la automatización.

Autor, Levy y Murnane (2003) clasifican a las ocupaciones por el tipo de tareas que realiza el trabajador, ya sean rutinarias o no rutinarias, entre otras. Al igual que Bessen (2016), los autores analizan el tipo de ocupaciones que tienden a verse más afectadas por el desempleo tecnológico, las cuales aseguran que son las tareas de tipo rutinario y las no cognitivas, es decir de tipo manual. Este último tipo de tareas, según Autor, Levy y Murnane (2003), son más factibles de automatizar que las tareas que son de tipo cognitivo y requieren pensamiento crítico y/o capacidad de adaptación, puesto que éstas son más complejas de programar. Estas aportaciones tienen mucho sentido puesto que existen algunas capacidades del ser humano como lo es la capacidad de adaptación que no puede ser igualada por ninguna máquina hasta la fecha, por tanto, el futuro del trabajo está orientado hacia el desarrollo y el perfeccionamiento de este tipo de habilidades y a la suplantación de las tareas rutinarias y manuales.

Por su parte, Rivière (2009) arguye que una ocupación puede ser definida como un paquete de tareas que conforman el ámbito de una determinada actividad laboral. Las diferencias entre un tipo de ocupación de otra son básicamente de carácter cualitativo. Según este autor existen numerosos tipos de distinciones entre ocupaciones, algunas de ellas son: las ocupaciones manuales y las no manuales. Esto no es más que una delimitación cualitativa que a su vez hace referencia a diferencias sustanciales en relación con el tipo de trabajo que se ejecuta. Para Rivière (2009) el análisis de las ocupaciones por medio de las clasificaciones al uso constituye una estrategia natural para enfrentarse con este tipo de diferencias internas en las ocupaciones. Pero plantea que existe una estrategia alternativa que consiste en tratar a las ocupaciones según las características de su contenido en tareas, como veremos más adelante. Para fines de este protocolo se utilizará la definición de ocupaciones de Rivière (2016) por ser la más clara y delimitada.

Rivière (2009) realiza una revisión de diversos tipos de clasificación y concluye que el criterio básico de clasificación es la aclaración del objeto principal de las tareas propias de la ocupación, que a su vez se clasifica en tres tipos:

1. Operaciones sobre objetos, cosas o materiales

2. Tratamiento de información
3. Trato de personas

Sin embargo, es importante aclarar que estas distintas clasificaciones a su vez se pueden encontrar en una misma ocupación, y esto es en realidad lo que ocurre en la mayoría de los casos. Como se verá más adelante en el apartado de habilidades, este tipo de tareas requieren habilidades de diferentes tipos, por lo que algunas de ellas son más susceptibles a la automatización que otras.

Ahora bien, según Osino (2018), existen dos grandes sistemas de clasificación de las ocupaciones a nivel mundial:

- Clasificación Internacional Uniforme de Ocupaciones (CIUO-08), desarrollada por la Organización Internacional del Trabajo (OIT) la cual, ordena las ocupaciones tomando en cuenta las competencias necesarias para la realización del empleo. Es decir, el grado o nivel educativo requerido para poder realizar las actividades requeridas de determinada ocupación.
- Clasificación Estándar de Ocupaciones (SOC-2018), desarrollada por el Departamento de Estadísticas Laborales de Estados Unidos (BLS), la cual clasifica las ocupaciones por la similitud de las tareas realizadas en una ocupación independientemente del nivel educativo requerido para ello. En otras palabras, dentro de esta clasificación se toman en cuenta el tipo de tareas que se realizan en la ocupación y su similitud con otras ocupaciones, independientemente del sector o industria que se estudie.

En la Tabla 1 se exponen las principales características y diferencias entre los dos tipos de clasificación presentados.

Tabla 1 Sistemas de clasificación de ocupaciones

Característica principal	Basada en niveles de competencias (Educación) requeridos para desarrollar la ocupación	Basada en tareas y actividades desarrolladas por lo trabajadores en una ocupación
--------------------------	--	---

Ejemplo	Clasificación internacional uniforme de ocupaciones	Standard Occupations Classifications
Versión más reciente	2008	2018
País	Internacional	Estados Unidos
Desarrollador	Organización Internacional del Trabajo	Bureau of Labor Statistics
Número de ocupaciones al nivel más detallado	436	867
Número de ocupaciones al nivel más agregado	10	23
Puede haber diferentes niveles educativos para una misma ocupación	No	Sí
Jerárquica (los niveles superiores contienen a los inferiores)	Sí	Sí
Incluye trabajo que se hace sin ánimo de lucro	Sí	No
Busca generar información estadística a nivel de la ocupación	No	Sí
Años que ha sido actualizada	1968, 1988, 2008	2000, 2010, 2018

Fuente: Tomado de Osino (2018) Tabla 1 , pág.3

Como se ve en la tabla, una de las principales diferencias entre las dos clasificaciones expuestas es que la Clasificación Estándar de Ocupaciones incluye un mayor detalle al analizar el tipo de tareas que se realizan, puesto que el número de ocupaciones es casi del doble que de la clasificación propuesta por la OIT.

Asimismo, es importante resaltar que este tipo de detalle es importante si se desea generar información estadística, pero para un análisis cualitativo, considero que la Clasificación

Internacional Uniforme de Ocupaciones es una opción bastante viable porque su clasificación está más acotada a los niveles de ocupación, lo que simplifica el análisis y el procesamiento de la información.

La Tabla 2 presenta la Clasificación Internacional Uniforme de Ocupaciones (CIUO-08) por nivel de competencia que corresponden al nivel educativo, y diferencian en función de:

1. Educación primaria
2. Educación secundaria
3. Primer ciclo de educación terciaria con duración corta o media
4. Primer ciclo de educación terciaria con duración corta o media. Primer título duración media y segundo ciclo de educación terciaria (cualificación avanzada en investigación).

Tabla 2 Clasificación Internacional Uniforme de Ocupaciones (CIUO-08) por nivel de competencia

Codificación	CIUO-08 Grandes grupos	Nivel de competencias			
		1	2	3	4
1	Directores y gerentes			x	x
2	Profesionales científicos e intelectuales				x
3	Técnicos y profesionales de nivel medio			x	
4	Personal de apoyo administrativo		x		
5	Trabajadores de los servicios y vendedores de comercios y mercados		x		
6	Agricultores y trabajadores calificados agropecuarios, forestales y pesqueros		x		
7	Oficiales, operarios y artesanos de artes mecánicas y de otros oficios		x		
8	Operadores de instalaciones y máquinas y ensambladores		x		
9	Ocupaciones elementales	x			
0	Ocupaciones militares	x	x		x

Tomado de Osino (2018) tabla 2, pág. 4

Según Rivière (2009) en la mayoría de los análisis de los mercados de trabajo se ha considerado la cualificación como el elemento explicativo central de las dinámicas laboral, puesto que la

cualificación está ligada a la dificultad y a la especificidad de las tareas que se realizan. Este es uno de los argumentos más fuertes que respaldan a este tipo de clasificación, sin embargo, en la realidad son muy difíciles de medir puesto que la complejidad de una tarea tiene varios aspectos. Como explica el autor, la complejidad atañe al tipo y cantidad de habilidades necesarias para desempeñar un trabajo, por lo que la cualificación requerida es sólo un aspecto de la complejidad de la tarea.

“Por si misma, la complejidad de tarea es extremadamente difícil de medir: está ligada a la toma de decisiones en el desempeño de una tarea, a la cantidad, precisión y certidumbre necesarias para la toma de decisiones; a la propia complejidad cognitiva de la concepción de la tarea, al tiempo de entrenamiento necesario para desarrollar un desempeño adecuado y, en fin, al margen de acción en su realización.” Rivière (2009, p.95)

Rivière (2009), por tanto, propone que existen 4 niveles diferentes de complejidad de una tarea dependiendo de su modo de adquisición, el cual no necesariamente se debe a un ámbito educativo. Sino que pueden ser de tipo natural o resultado de entrenamiento; de adquisición por tiempo y curva de aprendizaje; de adquisición por experiencia o formación experta; y de adquisición por resultados y contraste.

En la tabla 3 se muestra la propuesta completa del autor, vinculada con los niveles de complejidad.

Tabla 3 La complejidad de las tareas según el modo de adquisición

Tipo de complejidad	Modo de adquisición	Ejemplos
<i>Primer nivel</i>		
Desarrollo de habilidades físicas y/o implícitas	Natural, entrenable	El oído musical, la atención, capacidades cognitivas
Habilidades sociales	Natural, entrenable	Vender
<i>Segundo Nivel</i>		
Adquisición de habilidades mecánicas	Por tiempo y curva de aprendizaje	Tocar un instrumento
Manipulación simbólica	Por tiempo y curva de aprendizaje	Lectoescritura
<i>Tercer nivel</i>		
Capacidad para evaluar una situación con información escasa	Por experiencia	Encontrar una avería

Reconocimiento de patrones	Por experiencia (formación experta)	Leer el tiempo
<i>Cuarto nivel</i>		
Capacidad para generar una estructura o una forma a partir de elementos diferenciados	Por resultados y contraste	Diseñar una pieza

Tomado de Rivière (2009) cuadro 1, pág.96

La Clasificación Internacional Uniforme de Ocupaciones (CIUO-08) por nivel de competencia se puede relacionar con la propuesta de Rivière (2009), puesto que los diferentes niveles de complejidad pueden corresponder en muchos casos con los niveles de tipos de competencias. Por ejemplo, el nivel 4 de competencia corresponde a un nivel educativo de primer ciclo de educación terciaria con duración corta o media; o bien, al primer título con duración media y segundo ciclo de educación terciaria (cualificación avanzada en investigación). Las ocupaciones que se asocian según la CIUO-08 con este tipo de competencias son directivos y gerentes, profesionales científicos e intelectuales, así como ocupaciones militares estratégicas o de alto rango. Estas ocupaciones cuentan a su vez con el nivel de complejidad de nivel cuatro según la escala que propone Rivière (2009), puesto que requieren una capacidad para generar una estructura o crear una forma (producto, estrategia, plan, proceso) a partir de elementos diferenciados. Tanto un militar como un directivo o científico tienen que tener la capacidad para resolver problemas, improvisar y crear.

Ahora bien, la Clasificación Estándar de Ocupaciones (SOC 2018) tiene por su parte una manera muy diferente de clasificar a las ocupaciones que la CIUO-08. La SOC 2018 plantea la clasificación por medio del tipo de tareas que realizan, lo cual funciona cuando se busca comparar tipos de ocupaciones entre diferentes industrias, independientemente de su nivel de competencia, educación o experiencia, sino basándose en el tipo específico de tareas que se realizan dentro de cada ocupación. Por ejemplo, procesamiento textos, escritura o la capacidad de realizar operaciones matemáticas, etc.

La tabla 4 muestra la clasificación en una agregación con funcionalidad estadística, es decir en un nivel medio de agregación, que consta de 13 niveles. Dependiendo del nivel de agregación que se presente es el número de grupos de ocupaciones que se conjuntan. En un nivel de agregación nulo las ocupaciones no se agrupan por lo que se contemplan las 867 que propone el Departamento de Estadísticas Laborales de Estados Unidos (BLS).

Tabla 4 Clasificación Estándar de Ocupaciones (SOC 2018)

Agregación intermedia	Grupos principales incluidos	Título de agregación intermedia
1	nov-13	Administración, negocios y ocupaciones financieras
2	15-19	Ocupaciones informáticas, de ingeniería y de Ciencias
3	21-27	Educación, legal, servicio comunitario, artes y ocupaciones de los medios
4	29	Profesionales de la salud y ocupaciones técnicas
5	31-39	Ocupaciones de los servicios
6	41	Ventas y profesiones afines
7	43	Ocupaciones de la oficina y de la ayuda administrativa
8	45	Ocupaciones agropecuarias, pesqueras y forestales
9	47	Ocupaciones de la construcción y de la extracción
10	49	Ocupaciones de la instalación, del mantenimiento, y de la reparación
11	51	Ocupaciones de la producción
12	53	Transporte y ocupaciones de transporte de materiales
13	55	Ocupaciones específicas militares

Tomado de Osino (2018), tabla 3, pág.5

Como se puede apreciar en la tabla 4, todas las categorías pueden ser aplicadas a industrias indistintas, por lo que esta clasificación sería la idónea para realizar estudios a nivel meso y macro. Sin embargo, dado el objeto de esta investigación, se retomará este concepto de OIT sobre ocupaciones, así como la conceptualización propuesta por Rivière. Se buscará crear una nueva conceptualización retomando estas dos previas. En cuanto al tipo de ocupaciones se retomará la Clasificación Internacional Uniforme de Ocupaciones (CIUO-08), la cual distingue a las ocupaciones por su nivel de competencia con la finalidad de agruparlas y clasificarlas basándonos en los requerimientos para realizar el tipo de tareas que se ejecutan en cada ocupación, así como las aportaciones sobre niveles de complejidad que propone Rivière, los cuales como ya se abordó con anterioridad pueden alienarse con la Clasificación Internacional Uniforme de Ocupaciones (CIUO-08).

3.1.3 El impacto del cambio tecnológico en el empleo

Ahora bien, una vez definido estos conceptos básicos se puede abordar la relación que existe entre el cambio tecnológico, el empleo y las ocupaciones dentro de la literatura económica y de innovación.

Existen tres grupos principales de autores que analizan la relación entre el cambio tecnológico y su impacto en el empleo. Un primer grupo está conformado por (Ford, 2015), (McAfee & Brynjolfsson, 2014) y (Hawking, 2016), quienes comparten una visión determinista y pesimista sobre el impacto de las innovaciones tecnológicas con respecto al empleo. Ellos aseguran que la nueva ola de cambios tecnológicos provocará una pérdida de empleos a gran escala por lo que éstos no podrán ser subsanados o absorbidos por otras industrias, ni por la creación de nuevos empleos o mercados. Por lo anterior, este grupo de autores sugieren que en un futuro habrá un problema fuerte de desempleo a nivel global. A este tipo de autores los podemos denominar como “pesimistas”.

El segundo grupo mantiene una postura opuesta al anterior, es decir son “optimistas”, ya que consideran que las nuevas tecnologías lograrán el surgimiento de todo tipo de empleos nuevos, una vez que se terminen los procesos de ajuste y transformación. Algunos de estos autores hablan de "edades doradas" de creación de empleo (Vivarelli, 2007). Para estos autores, el cambio tecnológico en el largo plazo es el responsable del surgimiento de nuevas industrias y de la evolución positiva y la creación de empleo.

El tercer grupo está formado por una corriente con respaldo histórico, donde se plantea que los cambios en los paradigmas tecno-económicos han creado más empleos que los que han “destruido”, pero este grupo pone énfasis en la creación de nuevas industrias y mercados, así como en el nuevo tipo de ocupaciones, muchas veces mejor retribuidas, como sugiere Bessen (2015), Mokyr, Vickers y Ziebarth (2015) y Autor, Levy y Murnane (2003). A estos autores se les puede denominar como “neutrales”. Esta postura, tiene un punto fuerte de legitimidad, puesto que está basada en la revisión del acontecer económico de las revoluciones tecnológicas previas a la cuarta revolución industrial, por lo que plantea que se repetirán los mismos patrones que han acontecido hasta la fecha: creación de nuevas industrias, ocupaciones y aumento de salarios. Esto a su vez también lleva a una polarización de la sociedad a nivel económico como se ha comprobado que ha ido incrementando en los últimos años.

Desde la visión evolutiva, el análisis schumpeteriano del desempleo surge como resultado de la innovación tecnológica, cuya difusión lleva un tiempo considerable y afecta asimétricamente a

diferentes sectores. La innovación se conceptualiza como un proceso doloroso, que destruye creativamente lo viejo y abre el camino para lo nuevo (Calvino y Virgillito, 2016). De esta forma, se crean nuevos empleos y se destruyen viejos empleos para dar lugar a nuevas industrias y ocupaciones.

3.1.3.1 Cambios tecnológicos en diferentes esferas sociales

Si bien la mayoría de los estudios señalan que estos cambios tecnológicos tendrán un gran impacto en todas esferas sociales, Degryse (2016) propone una descripción general de las diversas áreas de impacto:

- Creación de empleo: nuevos sectores, nuevos productos, nuevos servicios;
- Cambio de tipo trabajo: digitalización, interfaz humano / máquina inteligente, nuevas formas de gestión;
- Destrucción del trabajo: automatización, robotización;
- Movimiento del trabajo: plataformas digitales, crowdsourcing, economía de "intercambio".

Estas cuatro áreas de impacto por la introducción de nuevas tecnologías resultan muy útiles para el análisis realizado en este trabajo, puesto que el analizar el efecto que tiene en el empleo y en las ocupaciones requiere de un trabajo de operacionalización de conceptos como creación de empleo, cambio de tipo de trabajo, y destrucción de trabajo por lo que la propuesta de Degryse (2016) podría resultar ser un punto base para esta investigación.

Dicho autor también señala que estos cuatro impactos de la digitalización se ven afectados por la remuneración económica, la desigualdad social, así como por riesgos derivados de la evolución de los mercados laborales, la calidad de los trabajos recién creados, modificados o "desplazados", entre otros. En este trabajo, el punto de enfoque sólo estará en los estudios que analizan el efecto de la industria 4.0 en el empleo y ocupaciones.

Tras lo anterior, sobre la relación entre cambio tecnológico y empleo, Calvino y Virgillito (2016) revisan críticamente el papel del cambio técnico en la configuración de la dinámica del empleo en diferentes niveles de agregación: a nivel de las firmas y a nivel sectorial, a manera de meta-análisis.

3.1.3.2 Nexo innovación y empleo

El nexo innovación-empleo según los autores mencionados está determinado no solo por los efectos directos, sino también por los "tipos" de mecanismos de compensación en el empleo (y

por los canales a través de los cuales operan dichos mecanismos). En esta parte, al hablar de mecanismos de compensación utilizan el concepto de empleo en un contexto macro.

Calvino y Virgillito (2016) apuntan que el principal desacuerdo entre la visión neoclásica que asegura que las relaciones económicas tienden al equilibrio, con respecto a las otras perspectivas que se les podría llamar “desequilibrantes”, se basa principalmente en la posibilidad de que existan procesos de autoajuste que comienzan tan pronto como se introduce una innovación. Según el enfoque neoclásico, una mayor innovación induce aumentos en la productividad, por lo tanto, en la tasa de crecimiento. Bajo esta lógica neoclásica, el efecto causal va de una mayor innovación a un mayor empleo, a través del aumento de la producción total y la reducción de los salarios. Es decir, desde esta perspectiva el desempleo no es una posibilidad real, puesto que el mercado buscará ajustarse con el incremento de la producción, lo que lleva a un abaratamiento de los costos y un incremento del consumo que a su vez se relaciona directamente con un incremento en el empleo.

3.1.3.3 Cambio tecnológico y empleo desde otras perspectivas económicas

Desde otras perspectivas de la teoría económica, como la evolutiva o la keynesiana, el efecto de la innovación en el empleo no es inequívoco ni unidireccional, por el contrario, estas perspectivas alternativas a la hegemónica enmarcan el progreso tecnológico dentro de un fenómeno complejo. Por tanto, siguiendo estas corrientes de literatura, se puede distinguir con claridad entre los mecanismos clásico-neoclásico y keynesiano-schumpeteriano. En el primero, los mecanismos de compensación se dan en automático por fuerzas del mercado, mientras que en los segundos estos mecanismos de compensación son generados interna pero también externamente al mercado por otros agentes como el Estado u otras instituciones.

Dentro de los estudios contemporáneos que revisan Calvino y Virgillito (2016) se destaca el de Vivarelli (2014), quien propone una clasificación de diferentes mecanismos de compensación en términos de los canales alternativos por medio de los cuales se desencadenan las series de transmisión de los efectos económicos. Estos mecanismos son: nuevas máquinas, descenso de precios, nuevas inversiones y descenso en los salarios (Vivarelli 2014). En este caso, nos enfocaremos en cómo el primer mecanismo (nuevas máquinas) se relaciona con todos los demás mecanismos subsecuentes como: descenso de precios de bienes, nuevas inversiones o empresas y descenso en los salarios, así como algunos otros del tipo de las nuevas habilidades y las nuevas ocupaciones.

Históricamente, el patrón de crecimiento económico que se lleva a cabo por medio de innovaciones tienen un proceso de transición en forma de “S”, que a la larga conduce a un proceso de reasignación de empleo en todos los sectores. Desde este punto de vista, la tasa de progreso tecnológico desigual (inestable) se extiende en el tiempo y en el espacio: por un lado, los períodos de fuertes innovaciones son seguidos por períodos de leve difusión de derramas; por otro lado, los sectores altamente productivos coexisten con los muy improductivos por lo que se crean escenarios de gran polarización social y laboral. (fuente?)

Calvino y Virgillito (2016) concluyen que los análisis recientes a nivel de empresa (micro) sugieren una asociación generalmente positiva de la innovación tecnológica con el crecimiento del empleo, mientras que también afirman que es importante diferenciar entre el impacto de innovaciones de producto o proceso, puesto que este papel positivo de la innovación de procesos a nivel de empresa podría generar diferentes grados de desplazamiento de trabajo a nivel de la industria, mientras que se estima que tales efectos son positivos en el empleo para innovaciones de producto. En otras palabras, en algunos casos, las innovaciones de proceso pueden provocar desplazamiento de trabajo a un nivel meso, mientras que las innovaciones de producto tienden a no generar ese efecto, sino por el contrario, crean más empleo.

Según los autores, este fenómeno puede tener su explicación en que las innovaciones de producto promueven el aumento de la demanda, lo que a su vez promueve la creación de nuevos empleos. A pesar que Calvino y Virgillito (2016) argumentan seguir un enfoque económico alternativo, este tipo de explicaciones siguen estando alineadas con el pensamiento neoclásico, al intentar explicar de forma lineal como el aumento de la demanda tiene un impacto positivo directo en el empleo.

3.1.3.4 Cambio tecnológico, empleo y automatización

Autor, Levy y Murnane (2003) pertenecen al tercer grupo de autores que analizan el impacto del cambio tecnológico en el empleo y sugieren específicamente que la tecnología sí es capaz de reemplazar a humanos en tareas rutinarias, ya sean estas manuales o cognitivas, pero no en tareas no-rutinarias. Sin embargo con nuevas tecnologías como la inteligencia artificial, (Frey & Osborne, 2013) argumentan que, hoy en día, algunas tecnologías si tienen la capacidad de sustituir empleos que requieren la realización de tareas cognitivas no rutinarias, generalmente ejercidas por personas altamente calificadas. Este es uno de los debates más acalorados en nuestra era.

Asimismo, diversos estudios realizados por el Banco Mundial en la década de 2010 han observado una polarización de la estructura ocupacional en los últimos años, es decir se ha incrementado la

brecha entre salarios y tipo de ocupaciones (estructura ocupacional), concentrándose los nuevos empleos en las ocupaciones de cualificaciones relativamente bajas (intensivas en tareas manuales no rutinarias) y los que requieren una cualificación alta (Banco Mundial , 2016). Esto concuerda con las propuestas del tercer grupo de autores de la corriente con respaldo histórico como (Frey & Osborne, 2013) y (Autor & Handel, 2013).

Por el contrario, un estudio realizado por el Foro Económico Mundial (2018) estima que existen dos grandes tendencias en el futuro del trabajo: “1. el declive a gran escala en algunos roles a medida que las tareas dentro de estos roles se automatizan o son redundantes, 2. el crecimiento a gran escala de nuevos productos y servicios, y las nuevas tareas y empleos asociados, generados por la adopción de nuevas tecnologías y otros desarrollos socioeconómicos, como el aumento de las clases medias en las economías emergentes y los cambios demográficos.” Este estudio prevé que puede haber un cambio en las ocupaciones y que las ocupaciones nuevas que surjan funcionarán de base para una clase media emergente. Este estudio está mucho más relacionado con el segundo grupo de autores “optimistas” como (Vivarelli, 2007).

Según este estudio, el cambio en el empleo, específicamente el fenómeno de la automatización, es el principal impulsor del desplazamiento laboral y la interrupción del trabajo. Esto afecta toda la cadena de valor en todas las geografías, aunque los grupos geográficos donde los trabajadores son más vulnerables al desplazamiento de la automatización son Asia meridional y las economías en desarrollo, como México. Este desplazamiento se ve en mayor o menor medida en todos los países. No obstante, según este informe, si existen algunas tendencias preocupantes como que el 23% de los trabajadores de producción en el sur de Asia podrían estar en riesgo y el 27% en otras economías en desarrollo. Según el Foro Económico Mundial (2018) la mayor parte de este desplazamiento laboral se sentirá entre los trabajadores de habilidades medias, lo cual también concuerda con lo que planteaban Autor y Handel (2013) sobre la polarización de las ocupaciones por el tipo de tareas, al igual que Bessen (2016) como se explicará a continuación.

James Bessen, investigador dentro de la corriente de autores que consideran que categorizar al cambio tecnológico como promotor del desempleo es una visión muy determinista, realiza un estudio sobre la introducción del uso de la computadora en la industria para determinar cómo esto afecta al empleo y a las ocupaciones (Bessen, 2016). Específicamente, lo que se busca explorar en este estudio es si el uso de computadoras se relaciona con la disminución de empleo o algún otro tipo de inequidad salarial.

La principal aportación del autor consiste en sugerir que la introducción del uso de la computadora y su capacidad de suplantar las tareas rutinarias que previamente desempeñaban empleados con remuneraciones medias provoca una polarización en las ocupaciones y en los salarios. Asimismo, menciona que el uso de computadoras en una ocupación tiende a aumentar la demanda de empleo y parcialmente sustituye la necesidad de otras ocupaciones; es decir, la demanda de un empleo y la sustitución de otro tiende a cancelar la concepción de desempleo en promedio. En otras palabras, Bessen (2016) argumenta que no existe un desempleo tecnológico en realidad a nivel macroeconómico, puesto que las personas desplazadas de una industria son absorbidas por otras industrias, las que a su vez son creadas por el proceso de la revolución tecnológica.

En cuanto al salario, Bessen (2016) señala que el uso de computadoras está asociado a disparidades salariales entre empleos del mismo tipo, por la demanda en aumento de trabajadores con ciertas capacidades que resultan costosas de adquirir. Por esto, los trabajadores que tengan la habilidad relacionada con el uso de la computadora serán mejor pagados que los trabajadores que no la tengan, mismo que serán desplazados. Bessen (2016) concluye que el uso de computadoras sí tiende a sustituir ciertas ocupaciones, y a su vez provoca un aumento en la desigualdad social puesto que el uso de las computadoras implica que cierta clase de trabajadores (remuneraciones medias) sean desplazados por trabajadores con remuneraciones altas y alto nivel educativo. Los primeros se ven obligados a buscar nuevos empleos que a su vez requieren nuevas habilidades y que son costosas de adquirir. En este sentido, un estudio realizado por Calderón Villareal et al. (2017) presenta que como resultado del Tratado de Libre Comercio entre Estados Unidos de Norteamérica, Canadá y México, la disparidad salarial entre ambos países se vio afectada en el sentido de que las nuevas tecnologías tienen un sesgo a favor de los trabajadores calificados e incrementan la demanda y los salarios de éstos. Lo anterior causa el incremento de la desigualdad salarial entre trabajadores calificados y no calificados no sólo dentro de cada país, sino por regiones. Como ya se abordó en el marco contextual, los bajos salarios de México funcionan como una ventaja competitiva dentro del sector automotriz, lo cual afecta la capacidad adquisitiva de los trabajadores en México y beneficia a los trabajadores de Estados Unidos, que con la misma cantidad de trabajo obtienen remuneraciones mayores.

Ahora bien, dentro de la propuesta de Bessen (2016) también es importante destacar la importancia que le atribuye al costo de la capacitación o de la competencia requerida para el uso de la computadora. Este punto no lo tocan otros autores y es fundamental, puesto que el nivel educativo está estrechamente ligado al nivel de competencia y ambos requieren una alta inversión que no es

únicamente económica. De hecho, ésta es la única que se aborda en este caso, pero que al menos se reconoce, a diferencia de la mayoría que se han revisado para esta investigación.

Al analizar los efectos en el empleo producidos por el cambio tecnológico también es importante distinguir el tipo de cambio tecnológico que se está abordando, el cual es la Industria 4.0, puesto que esta revolución tiene características específicas de velocidad e interconectividad global que carecían las revoluciones tecnológicas precedentes. En este sentido, el Foro Económico Mundial (2018), afirma que las industrias de producción están en el corazón de la Cuarta Revolución Industrial, lo que implica el uso generalizado de tecnologías digitales, de conectividad de sistemas y modificaciones en los segmentos de la cadena de valor en toda la fabricación, como son:

- Automatización de producción. El impacto más severo recaerá en trabajos de fábrica, sin embargo, cada vez se extiende hacia otros puestos, como destacan (Frey & Osborne, 2013), (Autor & Handel, 2013) y (Bessen, 2015).
- La Inteligencia Artificial. Se utiliza para automatizar tareas en todas las compañías de producción, incluido el trabajo en I + D, marketing, finanzas y servicio al cliente.
- Simplificación de la producción. Se habilita mediante avances en materiales, así como nuevos métodos de producción, como por ejemplo la fabricación aditiva (impresión 3D).
- Demanda de productos personalizados. En las economías en desarrollo también se prevé que se trasladará la demanda de trabajadores de diferentes niveles de habilidades a diferentes lugares del mundo.
- Aumento de los servicios. Según una encuesta, el 82% de las empresas manufactureras europeas planean expandir la oferta de servicios como parte de su agenda de competitividad.
- Virtualización del trabajo. Puede conducir a que se incluyan trabajadores independientes, que son contratados de forma temporal para un proyecto, ofrecen sus servicios a través de plataformas de talento en línea.

Para el Foro Económico Mundial (2018), éstas serán las tendencias y los cambios en el empleo y las ocupaciones a nivel global, de producción y en general de mercados.

Según un estudio realizado por Weller, Gontero y Campbell (2019), sobre el cambio tecnológico y el empleo desde la perspectiva latinoamericana se concluye que gran parte de los empleos que no se sustituirán serán los de peor calidad. El riesgo de sustitución tecnológica está relacionado con un acceso desigual a las oportunidades de nuevas fuentes de ingreso laborales que surgen en el contexto de la transformación tecnológica. Entre las aplicaciones de estas tecnologías que transforman los mercados laborales destacan robots y vehículos con crecientes capacidades de aprendizaje y de ubicación (por medio de sensores) y plataformas digitales conectadas con smartphones cada vez más potentes. Por lo tanto, tanto los riesgos de destrucción como los desafíos de transformación y generación de empleos requieren el desarrollo de políticas orientadas a un desarrollo tecnológico-productivo inclusivo. Según los autores el impacto directo de sustitución tecnológica del trabajo humano en Latinoamérica se daría de manera rezagada como producto de las condiciones laborales y capacidades de adopción tecnológica que existen en Latinoamérica.

A nivel global, si bien ya se han observado procesos de destrucción y transformación de empleo en el contexto de la introducción de nuevas tecnologías, hasta ahora estos procesos no han incidido en una caída de los niveles de empleo. Más bien, en los países más avanzados tecnológicamente han aumentado las tasas de ocupación y, en algunos casos, las tasas de desocupación se ubican en niveles bajos en la comparación histórica (Weller, Gontero, & Campbell, 2019).

Por lo anterior, al revisar el estado del arte de los estudios realizados en torno al efecto del cambio tecnológico en el empleo y las ocupaciones se puede observar que existen diferentes metodologías para medir y estimar el efecto de procesos de automatización sobre el empleo y que proponen resultados tanto positivos como negativos en las tasas de desocupación como en las de generación de empleo. No hay una versión hegemónica o datos concluyentes que demuestren el efecto en el empleo y el tipo de ocupaciones que se verán afectadas o beneficiadas. Por lo anterior, son necesarios más estudios empíricos que ayuden a encontrar patrones de comportamiento a nivel micro, para conocer el efecto macro, como es el objetivo de esta investigación.

3.2 Industria 4.0 y las habilidades requeridas

Como se abordó previamente, en la actualidad está aconteciendo una revolución tecnológica. El cambio tecnológico y su implementación a nivel industrial está ocasionando diversos impactos en el empleo, tipo de ocupaciones y habilidades. La llamada Cuarta Revolución Industrial está

transformando las cadenas globales de valor en el sector industrial con una velocidad y escala sin precedentes. Se observan impactos significativos en las ocupaciones y los tipos de habilidades necesarias en industrias que van desde textiles hasta productos químicos y automotriz según el Foro Económico Mundial (2018). Como se abordó en el apartado anterior, las ocupaciones se están transformando en diferentes niveles, lo cual está estrechamente ligado con el tipo de tareas que ahora poseen más valor o son más valorizadas dentro del mercado, y que a su vez se vinculan directamente con el tipo de habilidades que poseen los trabajadores. En la actualidad se plantea que las habilidades máspreciadas en las diferentes industrias están enfocadas en la capacidad de adaptación y de interacción con las máquinas.

Los trabajadores del mundo cada vez se ven más obligados a desarrollar habilidades que antes no eran necesarias. También ha impactado las preocupaciones de los estudiantes actuales, los que buscan estar preparados para un panorama de incertidumbre laboral, pues hasta la fecha no hay claridad en cuáles serán los empleos del futuro. Como en cada revolución tecnológica, estamos en una época en la que se está rompiendo con los estereotipos y las formas organizativas de hacer las cosas, por lo que existe una gran incertidumbre sobre las nuevas industrias y mercados que se abrirán cuando se logre cambiar el paradigma tecno-económico al de la cuarta revolución industrial.

Si bien se han detectado en la literatura y en estudios recientes de organismos especializados algunas tendencias de polarización del empleo, no existen datos empíricos concluyentes que demuestren el rumbo hacia donde tenderán los empleos, las ocupaciones y las habilidades de los trabajadores, por lo que es pertinente analizar con mayor profundidad este fenómeno y aportar información para futuros análisis.

3.2.1 Definiciones básicas de Industria 4.0

En este contexto, es importante definir en primera instancia lo que se entiende por Cuarta Revolución Industrial y/o Industria 4.0, así como cuál es el panorama sobre la transformación de habilidades que se está gestando en estos días, puesto que dentro de esta investigación, este cambio tecnológico (Industria 4.0) es el punto central para entender las transformaciones en el empleo, las ocupaciones y las habilidades que está induciendo.

Antes de comenzar, es necesario explicar que los conceptos de Industria 4.0 y de Cuarta Revolución Industrial están en un proceso de desarrollo en la actualidad, por lo que diversos autores tienen diferentes aproximaciones que varían según su contexto y objetivo teórico. Por lo anterior, lo que se puede concluir es que no hay definiciones generalmente aceptadas ni definitivas sobre el término, de ahí la importancia de revisar su origen y las diversas aproximaciones que se han construido hasta

la fecha con la finalidad de poder aportar al entendimiento holístico de un fenómeno contemporáneo de tal complejidad. Como ya se planteó en la introducción, desde este trabajo se retomará el término industria 4.0 como un concepto y un nuevo paradigma tecno-económico, más allá de un constructo meramente conceptual puesto que si bien no existe un consenso en el tema, sí hay diferentes aproximaciones teóricas que lo definen, las cuales se presentarán a continuación.

Según un estudio realizado por la Secretaria de Economía de México, el término de la cuarta revolución industrial y el de Industria 4.0 o I4.0 son sinónimos y se refieren al impacto transversal que poseen las tecnologías de la información y la comunicación en varios sectores industriales (Economía S. d., 2016). En un estudio realizado por Marjanovic et al. (2017), sobre el origen del término de Industria 4.0, llegan a la conclusión de que fue desarrollado por el gobierno alemán para promover una estrategia nacional de alta tecnología. Es interesante como un término acuñado en un gobierno europeo haya cobrado tal relevancia a nivel mundial y haya logrado extenderse en la mayoría de las industrias y de los sectores sociales, lo cual se explica por el potencial que se encontró en la conceptualización del fenómeno de uso de nuevas tecnologías bajo un mismo nombre, que engloba todas las tendencias que se han visto en diferentes países sobretodo desarrollados en los últimos años.

La industria 4.0 está basada en el desarrollo de sistemas que transfieren los beneficios del Internet y la información a sistemas físicos, es decir la digitalización y automatización del ecosistema de manufactura y la creación de una cadena de valor digital que posibilita la comunicación entre productos y socios comerciales (Marjanovic U. , Lalic, Delić, & Tasic, 2017). El uso de nuevas tecnología dentro de las cadenas globales de valor ha significado una disminución de costos, tanto de prototipado como de comunicación. Las tecnologías inteligentes facilitan la automatización de ciertos procesos dentro de la manufactura lo que, como veremos más adelante a profundidad, tiene un impacto en las habilidades y la remuneración de los trabajadores.

Para Schwab (2016), la cuarta revolución industrial está caracterizada por “una gama de nuevas tecnologías que fusionan los mundos físico, digital y biológico, impactando a todas las disciplinas, economías e industrias, e incluso desafiando las ideas sobre lo que significa ser humano. Este concepto plantea una naturaleza disruptiva de la tecnología que puede afectar o impactar a diversos subconjuntos del sistema, desde la dimensión de las cosas, lo digital y los seres vivos. La aportación de Schwab está cargada de un carácter crítico sobre la ontología del ser humano y se entiende por las nuevas capacidades de procesamiento de datos y de toma de decisiones que se han desarrollado a través de las tecnologías de la cuarta revolución como la inteligencia artificial y el machine

learning, por mencionar algunas. Este tipo de tecnologías, en efecto y como se verá más adelante, hacen replantearse algunas características únicas del ser humano, como el pensamiento crítico y la creatividad. Para fines de este trabajo, ésta es la definición que se propone retomar al ser la más completa y hacer un vínculo entre las dimensiones física, digital y biológica.

Por su parte, Brixner et al. (2019) definen a la Industria 4.0 como un sistema de tecnologías integradas por un conjunto de dispositivos que tienen como componentes relevantes el software, el hardware y el uso de internet. Esta definición es mucho más acotada que la de Schwab, puesto que no contiene la relación específica entre tecnología con la biología. Esta aproximación es parecida a la de Ivanov et al. (2016), que definen a la industria 4.0 como un concepto de red de fabricación inteligente donde las máquinas y los productos interactúan entre sí sin control humano. Contrariamente a lo que muchos autores dicen, Ivanov et al. (2016) sugieren que la fabricación inteligente no requiere de control humano, lo cual apunta directamente a un desplazamiento de una gran parte de la mano de obra humana en los procesos de producción industrial.

Otros autores como Lasi et al. (2014) consideran que el concepto de Industria 4.0 (I4.0) es un término que se está socializando con la finalidad de impulsar una revolución industrial que ha sido planeada con anterioridad y que se caracteriza por el uso combinado de tecnologías basadas en internet y “tecnologías orientadas al futuro”, aplicadas a la manufactura modular, infraestructura y energía. Sobre esta misma línea, Pfeiffer (2017) destaca que los argumentos del surgimiento de I4.0 están estrechamente ligados a las necesidades de grandes corporaciones económicas de establecer la agenda para un futuro régimen de producción global, más allá que en el desarrollo de nuevas tecnologías. La visión de Lasi et al. (2014) y Pfeiffer (2017) es interesante y bastante crítica puesto que catalogan a la Industria 4.0 como una propuesta teórica premeditada y con fines comerciales claros ex ante al desarrollo y puesta en práctica de ciertas tecnologías en la industria, lo cual no resulta tan descabellado si tomamos en cuenta que las tecnologías desarrolladas de Industria 4.0 tienen un costo bastante elevado y se ubican en los países que geopolíticamente resultan ser los más poderosos del mundo.

Albrieu y Rapetti (2018), consideran que existen un cúmulo de autores que conceptualizan a la I4.0 como una tecnología de propósito general, capaz de redefinir los esquemas capital-trabajo en un futuro cercano a través de cambios tecnológicos que permitan reemplazar el trabajo humano obsoleto o incrementar la productividad de aquellas labores humanas que sean aún requeridas. Esta visión está ligada al potencial a futuro que tiene la introducción de este tipo de tecnologías en la industria, así como su impacto directo en el empleo y la productividad del ser humano. Por tanto, desde esta perspectiva, se plantea que los empleos que se creen a partir de tecnologías de la I4.0

tenderán a ubicarse en estructuras flexibles, independientes e intermitentes (Albrieu & Rapetti, 2018). Esta definición es muy valiosa puesto que plantea que las tecnologías de la I4.0 no sólo tendrían un impacto a nivel de empleo o productividad, sino que afectarán las estructuras organizacionales transformando también los procesos y modos de organización pre-establecidos a la fecha. Por su parte, Reischauer (2018) argumenta que la Industria 4.0 proporciona un marco de referencia que permite un entendimiento compartido entre las empresas, la política y la academia, y que representa una fuerza impulsora de las innovaciones más que un resultado de éstas. Esta última postura, alude a la importancia de la triple hélice para la creación de innovaciones en el marco del cambio tecnológico contemporáneo, la cuarta revolución industrial, al igual que pone de relieve la importancia de los gobiernos (la política) en el desarrollo de estrategias que permitan impulsar innovaciones.

Dentro de las tecnologías que se engloban en el nuevo paradigma de la Industria 4.0, tampoco existe una versión única y definitiva puesto que no hay un consenso absoluto entre los diversos autores que se han dedicado a estudiarlas. Sin embargo, la mayoría coincide en que las tecnologías englobadas en la Industria 4.0 son: la inteligencia artificial que incluye el sistema de *machine learning* y *deep learning*; internet de las cosas (IDC); fabricación digital que permite hacer prototipos a un bajo costo; *cloud-computing* que ayuda a manejar grandes bases de datos en la “nube”; *Big Data analytics*; Robots autónomos; Realidad virtual y aumentada, así como comunicación inalámbrica y de banda ancha (Brixner et al, 2019). La tabla 5 contiene una caracterización de estas tecnologías.

Tabla 5 Tecnologías de la Industria 4.0

Tecnologías de la I4.0	
Internet de la cosas (IDC o IOT)	IoT representa la próxima iteración de Internet, donde la información y los datos ya no son generados y procesados predominantemente por humanos, que ha sido el caso de la mayoría de los datos creados hasta ahora, sino por una red de objetos inteligentes interconectados, integrados en sensores y computadoras en miniatura que son capaces de 'detectar' su entorno, procesar datos y participar en la comunicación de máquina a máquina. El término se refiere a la interconexión de la red de dispositivos, maquinaria y objetos de Internet.
Big Data analytics	El Big data se caracteriza por un mayor volumen (una gran cantidad de datos), mayor velocidad (velocidad de generación de datos disponibles y cambiantes con el tiempo), mayor variedad (diferentes fuentes y formatos de datos complejos, ya sean estructurados o no estructurados), y una granularidad nunca antes disponible (capacidad de fragmentar los datos). La naturaleza de estos grandes datos requiere nuevas formas de procesamiento para permitir su uso para mejorar la

Tecnologías de la I4.0	
	toma de decisiones y la optimización de procesos. Esto generalmente se define como análisis de Big Data, que se refiere a un conjunto de técnicas y tecnologías que permiten generar, almacenar, acceder, procesar y analizar grandes cantidades de datos legibles por máquina, con el fin de descubrir información valiosa (patrones, correlaciones, tendencias y preferencias) que pueden ayudar a las organizaciones a tomar decisiones informadas.
Robots y Cobots	Los robots son máquinas programadas por computadoras que son capaces de llevar a cabo automáticamente una serie de acciones más o menos complejas. Se pueden diferenciar en robots industriales y robots de servicio. Los robots industriales son manipuladores multipropósito reprogramables y controlados automáticamente en tres o más ejes; se pueden usar en aplicaciones de automatización industrial como procesos de fabricación (soldadura, pintura y corte) o procesos de manipulación (depósito, ensamblaje, clasificación, procesos de embalaje). Los robots de servicio son máquinas que tienen cierto grado de autonomía y pueden operar en entornos complejos y dinámicos que requieren interacción y coordinación con individuos, objetos y otros dispositivos (se usan comúnmente para transporte, vigilancia, limpieza). Los Cobots, en cambio, son robots destinados a interactuar físicamente con los humanos. Están diseñados para aprender y adaptarse a nuevas tareas. Están contruidos con funciones de cumplimiento pasivo y sensores integrados para adaptarse a fuerzas externas. Tienden a ser rentables, seguros, fáciles de usar y son adecuados para la producción a pequeña escala y los ciclos de producción reducidos. También son portátiles y fáciles de configurar / reconfigurar para realizar diferentes tareas.
Machine learning	El aprendizaje automático es una aplicación de inteligencia artificial. Los sistemas de aprendizaje automático usan algoritmos generales para determinar por sí mismos cómo mapear entradas o salidas, típicamente alimentados por conjuntos de datos de muestra muy grandes. Estos sistemas pueden mejorar su rendimiento en una tarea determinada a lo largo del tiempo mediante la recopilación de experiencias y grandes volúmenes de datos, como Big Data.
Cloud computing	La nube permite el acceso a la red ubicuo, conveniente y bajo demanda a un grupo compartido de recursos informáticos configurables (por ejemplo, redes, servidores, almacenamiento, aplicaciones y servicios) que se pueden limitar y liberar rápidamente con un mínimo esfuerzo de gestión o interacción del proveedor de servicios. Se refiere a los servicios de TICs que se utilizan en Internet para acceder a software, potencia informática, capacidad de almacenamiento, etc., donde los servicios tienen todas las siguientes características: i) se entregan desde los servidores de los proveedores de servicios; ii) se pueden ampliar o reducirse; iii) se pueden usar bajo demanda; iv) se pagan por la capacidad utilizada o se pagan por adelantado.
Inteligencia	La inteligencia artificial es una rama de la informática que busca desarrollar dispositivos que estimulen la capacidad humana de razonar y tomar decisiones.

Tecnologías de la I4.0	
Artificial	El término generalmente se refiere al empleo de técnicas de IA (como aprendizaje automático, aprendizaje profundo, visión por computadora, procesamiento del lenguaje natural, redes neuronales, lógica difusa y mapas autoorganizados) para proporcionar máquinas y sistemas con capacidades cognitivas similares a las que poseen los humanos, como aprender, adaptarse, resolver problemas y también en términos de percepción. Se puede definir como la capacidad de hacer que las computadoras sean inteligentes y capaces de imitar y predecir el comportamiento humano y de resolver problemas con la misma efectividad que los humanos o incluso mejor.
Manufactura aditiva (Impresión 3D)	La fabricación aditiva, comúnmente conocida como impresión 3D, se refiere al uso de impresoras especiales para crear objetos físicos tridimensionales a partir de datos del modelo 3D mediante la adición de capa sobre capa a través de extrusión de material, deposición de energía dirigida, inyección de material, inyección de aglomerante, laminación de láminas, polimerización en tina y fusión en lecho de polvo.
Diseño digital (CAD) y manufactura digital (CAM)	El término CAD-CAM se refiere a sistemas informáticos (aplicaciones de hardware y software) utilizados para diseñar y redactar dibujos y modelos técnicos, así como para controlar y proporcionar instrucciones a máquinas, herramientas y equipos para fabricar prototipos, productos terminados y series de producción. Los sistemas CAD permiten construir y ver un diseño en un espacio tridimensional y facilitan los procesos de fabricación al transmitir información sobre materiales, procesos y dimensiones. CAD se puede usar de forma aislada o se puede integrar y proporcionar entradas a otro software asistido por computadora como CAM, que controla la máquina o herramienta que crea y/o ensambla los productos físicos.

Tomado de (United Nations Industrial Development Organization, 2019), traducción propia.

Degryse (2016) por su parte argumenta que la Cuarta Revolución Industrial consiste en el desarrollo de tecnologías de información combinados con robotización, automatización de tareas, internet de las cosas, impresión 3D, automóviles sin conductor y, en el campo de la defensa y la lucha contra el terrorismo, drones, armas cibernéticas, vigilancia, etc. Como se puede apreciar, no contempla *cloud-computing* o *Big Data analytics* directamente en la definición, pero a la vez, este tipo de tecnologías están inmersas en la industria de vigilancia de tipo militar, por lo que de una u otra manera se incluyen en esta definición.

Marjanovic et al. (2017) proponen una categorización técnica aplicada a la industria y resaltan la importancia del concepto de “fabricación inteligente”, que se asocia al uso de tecnologías inteligentes como:

- Software para la planificación y programación de la producción.
- Sistemas de automatización y gestión de logística interna.
- Nuevos sistemas en el desarrollo de productos y servicios.
- Sistemas de gestión del ciclo de vida del producto.
- Dispositivos móviles / inalámbricos para la programación y operación de equipos y maquinaria.
- Soluciones digitales en producción (por ejemplo, tabletas, teléfonos inteligentes).

Este tipo de tecnologías inteligentes son resultados de la aplicación de las tecnologías de la Industria 4.0. En otras palabras, son la materialización de los usos que tienen las tecnologías 4.0 en un nivel tangible y comercial.

Para Lorenz et al. (2019), las tecnologías de la I4.0 incluyen la robótica (robots industriales y cobots), impresión 3D, inteligencia artificial y aprendizaje automático, análisis de big data, realidad virtual y aumentada e Internet de las cosas. En esta definición no se incluye la tecnología de *cloud-computing* ni la fabricación digital, por lo que no se considerará como un punto de referencia significativo para este análisis.

Desde la investigación de Brixner et al. (2019), el rasgo predominante y distintivo de la Industria 4.0 son los sistemas ciberfísicos (SCF), que se definen como tecnologías informáticas, electrónicas y de comunicaciones incorporadas en todo tipo de dispositivos físicos, que permiten dotarlos de inteligencia y dan lugar a la interconexión e interacción online de diferentes elementos. Éste tipo de sistemas representan un avance en relación con el desarrollo separado de los distintos elementos de la I4.0, ya que integran las mejoras en conectividad de la red, capacidad de procesamiento y velocidad así como Inteligencia Artificial. A nivel de la manufactura, según los autores, esta integración permite tener procesos autónomos basados en algoritmos que “aprenden” y “deciden” sobre la base de una retroalimentación constante.

Esta parte es esencial puesto que al hablar de Industria 4.0, no sería correcto referirnos a la implementación de una tecnología por sí sola, sino por el contrario, en la mayoría de las empresas e industrias se utilizan diferentes tipos de tecnologías 4.0, las que interactúan entre sí y que potencializan nuevas experiencias en la producción y en la comercialización de los bienes y servicios.

Ahora bien, ¿cuál es la relación entre la introducción de estas tecnologías 4.0 con respecto a las habilidades requeridas en las ocupaciones? Diversos autores han estudiado esta relación. Sin embargo es prioritario definir lo que entendemos por habilidades para clarificar las siguientes aproximaciones.

3.2.2 Habilidades, revisión conceptual

Para Davenport (2000), capacidad significa pericia en una serie de actividades o formas de trabajo y esta capacidad a su vez consta de tres subcomponentes:

- Conocimiento: dominio de un cuerpo de hechos requeridos para desempeñar un puesto. El conocimiento es más amplio que la habilidad; representa el contexto intelectual dentro del cual actúa una persona.
- Habilidad: familiaridad con los medios y los métodos para realizar determinada tarea. Las habilidades pueden abarcar desde la fuerza y la habilidad físicas a un aprendizaje especializado.
- Talento: facultad innata para realizar una tarea específica. El talento es aproximadamente sinónimo de aptitud.

La OECD (2017) define a las habilidades como la competencia manual, la manipulación verbal o mental de datos o cosas. Según esta publicación, las habilidades se pueden medir mediante una prueba de rendimiento donde se evalúa la cantidad y la calidad del rendimiento, generalmente dentro de un límite de tiempo establecido. Algunos ejemplos que mencionan sobre las habilidades son: la habilidad para escribir o la habilidad para operar un vehículo, la habilidad en el cálculo utilizando decimales, la habilidad en la edición de números transpuestos, etc. Esta definición está ligada a los niveles de complejidad de una tarea que propone Rivière (2009) y que se abordaron en la sección 2.1.2. Los tipos de complejidad de una tarea varían, según Rivière, dependiendo de su modo de adquisición, el cual no necesariamente se debe a un ámbito educativo. Sino que pueden ser de tipo natural o entrenable; de adquisición por tiempo y curva de aprendizaje; de adquisición por experiencia o formación experta; y de adquisición por resultados y contraste. Estos tipos de adquisición de competencias pueden vincularse perfectamente con los procesos mediante los cuales las personas adquieren las habilidades.

Según la OECD (2017), las habilidades se adquieren a través de la experiencia y la capacitación y representan el poder de un individuo para hacer que esa inversión de conocimiento sea productiva en el trabajo o en la vida real. Como se puede ver, esta definición no se alinea con lo propuesto

anteriormente por Rivière, puesto que limita los tipos de adquisición de las habilidades a sólo a dos: por experiencia y capacitación, cuando se ha presentado que pueden existir al menos cuatro tipos.

Es importante recalcar que las habilidades son generalmente difíciles de cuantificar, por lo que los ejercicios que intentan medir las necesidades de habilidades en el mercado laboral generalmente se aproximan a ellos volviendo a ocupaciones, calificaciones o campos de estudio, como se planteó en las clasificaciones de tipos de ocupaciones en la sección 3.1.2.

Según la Clasificación Internacional Uniforme de Ocupaciones, también conocida por sus siglas en inglés como ISCO-08, la habilidad se puede definir como la capacidad de llevar a cabo las tareas y deberes de un trabajo determinado (International Labour Office, 2012). Para los fines de ISCO-08, se utilizan dos dimensiones de habilidad para organizar las ocupaciones en grupos: el nivel de habilidad y la especialización de habilidad. El nivel de habilidad se define como una función de la complejidad y el rango de tareas y deberes que se realizarán en una ocupación. El nivel de habilidad se mide operacionalmente considerando uno o más de las siguientes características:

- La naturaleza del trabajo realizado en una ocupación en relación con las tareas y deberes característicos definidos para cada nivel de habilidad ISCO-08.
- El nivel de educación formal requerida para el desempeño competente de las tareas y deberes involucrados.
- La cantidad de capacitación informal en el trabajo o experiencia previa en una ocupación relacionada requerida para el desempeño competente de estas tareas y deberes.

La especialización de la habilidad se considera en términos de cuatro conceptos: (International Labour Office, 2012)

- Campo de conocimiento requerido.
- Herramientas y maquinaria usada.
- Materiales de trabajo y con los que se labora.
- Tipos de bienes y servicios producidos.

Como se puede apreciar, existen dos principales distinciones en cuanto a las clasificaciones de las habilidades, la primera se basa en cómo las habilidades pueden ser adquiridas, de las que destacan: educación, capacitación o experiencia previa; y el tipo de habilidades que se clasifican por su interacción con el exterior, es decir por la interacción y/o manejo de objetos, personas o

información (datos). Considero que ambas dimensiones son importantes para poder operacionalizar el concepto de habilidades y distinguir entre sus diversos tipos.

Asimismo, es importante destacar que la metodología que se usa para distinguir entre una ocupación y otra se basa en la selección de tareas que se realizan dentro de ella y muchas veces estas tareas están ligadas al tipo de habilidades que se requieren. Las aportaciones de (Acemoglu & Autor, 2011) serán claves para entender estas sinergias. En la siguiente sección se explicarán a detalle.

3.2.3 Clasificación de habilidades

Dentro del ISCO-08 se clasifican a las habilidades en cuatro niveles que a su vez evalúan cuatro dimensiones a tomar en cuenta: (International Labour Office, 2012)

- Las características de las tareas que se realizan en cada nivel.
- Los tipos de habilidades requeridas
- El nivel educativo requerido
- Los tipos de ocupaciones clasificadas en el tipo de habilidades.

La tabla 6 lista la clasificación de las habilidades dentro de sus cuatro niveles, sus características.

Tabla 6 Niveles de habilidades ISCO-08

Niveles de habilidad (<i>skills</i>)	Tipo de tareas	Habilidades requeridas	Nivel educativo requerido	Ocupaciones
Nivel 1	Tareas simples y rutinarias físicas o manuales	<ul style="list-style-type: none"> • Requieren fuerza física o resistencia 	Educación Básica / Primaria	Limpiadores de oficinas, manipuladores de carga, trabajadores de jardinería y asistentes de cocina.
Nivel 2	Operación de maquinaria y equipo electrónico. Manipulación de información (guardar y	<ul style="list-style-type: none"> • leer información, • escribir bitácoras, • cálculos aritméticos simples, • alfabetización avanzada y habilidades numéricas, • buena habilidad de comunicación 	Educación secundaria / media superior / educación técnica	Carniceros, conductores de autobuses, secretarías, empleados de cuentas, maquinistas de coser, modistas, asistentes de ventas, policías, peluqueros, electricistas

Niveles de habilidad (<i>skills</i>)	Tipo de tareas	Habilidades requeridas	Nivel educativo requerido	Ocupaciones
	ordenar)	interpersonal		de edificios y mecánicos de vehículos motorizados.
Nivel 3	Tareas complejas técnicas y prácticas. Requiere un cuerpo de conocimiento procedimental, técnico y especializado	<ul style="list-style-type: none"> • Alto nivel de alfabetización y habilidades matemáticas, • alto desarrollo de habilidades de comunicación interpersonal. • puede comprender material complejo escrito, comunicarse verbalmente ante circunstancias difíciles y preparar reportes objetivos. 	Educación Superior de 1-3 años	Gerentes de tiendas, técnicos de laboratorio médico, secretarios legales, representantes de ventas comerciales, radiólogos médicos de diagnóstico, técnicos de soporte informático y técnicos de radiodifusión y grabación.
Nivel 4	Resolución de conflictos complejos, toma de decisiones y creatividad basada en un extenso cuerpo de conocimientos teóricos y de conocimiento objetivo y especializado en un campo.	<ul style="list-style-type: none"> • Niveles extensos de alfabetización y matemáticas, • excelentes habilidades de comunicación interpersonal- Entender y comunicar ideas complejas en medios como libros, presentaciones, reportes. 	Educación superior de 3-6 años, especialidades, posgrados.	Gerentes de ventas y marketing, ingenieros civiles, profesores de secundaria, médicos, músicos, enfermeras de quirófanos y analistas de sistemas informáticos.

Fuente: Elaboración propia, basada en ISCO-08 (International Labour Office, 2012)

Desde la literatura reciente se ha intentado construir un aparato conceptual mediante el uso de un "marco de tareas" para analizar los requisitos de habilidades laborales (Autor, Levy, & Murnane, 2003). Desde este enfoque, se busca clasificar los empleos de acuerdo con los requisitos de sus tareas centrales, es decir, las actividades principales que los trabajadores deben realizar en su trabajo, y luego considerar el conjunto de habilidades formales e informales requeridas para

llevarlas a cabo. Por tanto, desde un punto de vista teórico, la clasificación de habilidades que propone ISCO-08 es compatible con los trabajos previos en la materia como el de (Autor, Levy, & Murnane, 2003), (Rivière, 2009) y (Bessen, 2015). Por lo tanto, se utilizará esta clasificación para operacionalizar la categoría de habilidades dentro de este proyecto.

Autor et al.(2003) utilizan una distinción de tareas de tipo: manuales, cognitivas, rutinarias y no rutinarias, que es retomada por Acemoglu & Autor (2011), pero se vincula directamente con las habilidades requeridas para poder realizar dichas tareas. Los estudios que utilizan esta clasificación muestran que la automatización inicialmente ha reemplazado las tareas rutinarias manuales (nivel 1 de ISCO-08), luego las tareas manuales no rutinarias (nivel 2 de ISCO-08), y cada vez más también las rutinarias cognitivas (nivel 2 de ISCO-08) y las tareas no rutinarias (nivel 4 de ISCO-08). Como se puede ver entre paréntesis, dependiendo del tipo de tareas que desempeñan, se pueden comparar las categorías de Autor et al.(2003) con los diferentes niveles de habilidades del ISCO-08. La tabla 7 compara las clasificaciones de Autor et al.(2003) y de ISCO-08.

Tabla 7 Comparación de las clasificaciones de habilidades de Autor, Levy y Murnane y los niveles de ISCO-08.

Tipos de tareas según Autor, Levy y Murnane (2003)	Nivel de habilidades según ISCO-08
Tareas rutinarias manuales	Nivel 1 Tareas simples y rutinarias físicas o manuales
Tareas manuales no rutinarias	Nivel 2 Operación de maquinaria y equipo electrónico. Manipulación de información (guardar y ordenar).
Tareas rutinarias cognitivas	Nivel 3 Tareas complejas técnicas y prácticas. Requiere un cuerpo de conocimiento procedimental, técnico y especializado.
Tareas no rutinarias	Nivel 4 Resolución de conflictos complejos, toma de decisiones y creatividad basada en un extenso cuerpo de conocimientos teóricos y de conocimiento objetivo y especializado en un campo.

Fuente: Elaboración propia.

Según Autor et al. (2003), los empleos con perfiles de tareas estrechos y baja complejidad tienden a ser reemplazados por completo. Por el contrario, los empleos que abarcan una gama más amplia de

tareas diferentes y una mayor complejidad son más resistentes. Las máquinas y los robots tienden a complementar parte de estas tareas, y aumentan el rendimiento de aquellas tareas que no estaban automatizadas.

Para Acemoglu & Autor (2011), una tarea es una unidad de actividad laboral que produce resultados (bienes y servicios). Mientras que, una habilidad es la dotación de capacidades que posee un trabajador para realizar diversas tareas. Los trabajadores aplican sus dotaciones de habilidades a las tareas a cambio de salarios, y las habilidades aplicadas a las tareas producen resultados. Los autores destacan que la relevancia de la distinción entre habilidades y tareas se centra en que los trabajadores de un nivel de habilidad dado pueden realizar una variedad de tareas y cambiar el conjunto de tareas que realizan en respuesta a los cambios en las condiciones y la tecnología del mercado laboral. En otras palabras, los trabajadores con un nivel de habilidad alto (resolución de conflictos) pueden elegir qué tipo de tareas realizan por sí mismos y cuales pueden realizar a través de softwares especializados o bien, mediante la automatización de ciertos procesos a través del uso de diferentes tipos de tecnologías. Sin embargo, los trabajadores con bajo nivel de habilidades no pueden realizar tareas que les exijan habilidades que no poseen, como la lecto-escritura o la resolución de conflictos. A este cambio en las tareas dentro de las ocupaciones es a lo que en este trabajo le llamamos impacto del cambio tecnológico en las ocupaciones, el cual va ligado con el cambio en las habilidades requeridas como lo hemos descrito previamente. Las ocupaciones del futuro se verán afectadas al requerir el uso de nuevas tecnologías y por tanto habilidades específicas como la comprensión de lenguaje matemático, de programación o la lengua inglesa, lo cual para trabajadores con un nivel bajo de habilidades será complicado que logren cumplir con el perfil requerido para acceder a este tipo de ocupaciones.

La distinción entre tareas y habilidades que proponen Acemoglu & Autor (2011) es esencial puesto que los trabajadores no están condicionados por las tareas que tienen o pueden realizar sino por sus habilidades, por ejemplo, según lo que explican los autores se podría dar el caso de que trabajadores con habilidades de un nivel 4 desempeñen habilidades de niveles inferiores para realizar una tarea laboral si estas últimas son mejores pagadas o le retribuyen más que las habilidades de mayor complejidad.

Acemoglu & Autor (2011) proponen, por tanto, la clasificación de las habilidades por tres tipos: baja, media y alta, en donde, cada trabajador está dotado de uno de estos tipos de habilidades. En el modelo que proponen los autores, dados los precios de diferentes tareas y los salarios para diferentes tipos de habilidades en el mercado, las empresas eligen la asignación óptima de

habilidades para las tareas. El cambio técnico en este marco puede cambiar tanto la productividad de los diferentes tipos de trabajadores en todas las tareas como también en tareas específicas (cambiando así su ventaja comparativa). Las categorías que proponen los autores son: (i) tareas cognitivas rutinarias, (ii) tareas manuales rutinarias, (iii) tareas manuales no rutinarias, y (iv) tareas cognitivas no rutinarias, las cuales fueron retomadas de la propuesta previa de Autor et al. (2003) y que se explican con mayor profundidad a continuación.

Las tareas no rutinarias pueden subdividirse aproximadamente en dos categorías principales: tareas abstractas y tareas manuales. Las tareas abstractas son actividades que requieren resolución de problemas, intuición, persuasión y creatividad. Estas tareas son características de ocupaciones profesionales, gerenciales, técnicas y creativas, tales como derecho, medicina, ciencia, ingeniería, diseño y administración, entre muchas otras. (Acemoglu & Autor, 2011)

Las tareas manuales no rutinarias son actividades que requieren adaptabilidad situacional, reconocimiento visual y de lenguaje e interacciones en persona. Conducir un camión por el tráfico de la ciudad, preparar una comida, instalar una alfombra o cortar el césped son actividades intensivas en tareas manuales no rutinarias.

En términos generales, las ocupaciones gerenciales, profesionales y técnicas están especializadas en tareas cognitivas abstractas, no rutinarias; las ocupaciones administrativas y de ventas están especializadas en tareas cognitivas de rutina; las ocupaciones productivas y operativas están especializadas en tareas manuales de rutina; y las ocupaciones de servicio están especializadas en tareas manuales no rutinarias. (Acemoglu & Autor, 2011)

Los resultados que encuentran los autores en su estudio son que las tareas cognitivas de rutina se usan con mayor intensidad en las ocupaciones de oficina y ventas mientras que las tareas manuales de rutina son más frecuentes en puestos de producción y operativos. Por su parte, las tareas manuales no rutinarias, aquellas que requieren flexibilidad y adaptabilidad física, se usan más intensamente en puestos de producción, operativos y de servicio. A este último tipo de tareas será al que nos enfocaremos en este trabajo.

Ahora bien, según Autor & Handel (2013) las habilidades laborales difieren de la educación en dos aspectos clave: las tareas no son bienes de inversión duraderos, como la educación, puesto que deben obtener una tasa de rendimiento del mercado bien definida; y segundo, las tareas son un conjunto de actividades cuyos elementos deben realizarse conjuntamente para producir resultados, es decir en un empleo los trabajadores realizan un conjunto de habilidades y tareas de tipo físico y

cognitivo que no se pueden separar, mientras que los tipos de educación sí. Las tareas que realizan los trabajadores son predictores significativos de sus salarios por hora, tanto entre los grupos ocupacionales, demográficos y educativos como dentro de ellos. Por ejemplo, los autores encuentran dentro de su estudio que las mujeres realizan sustancialmente menos tareas analíticas y sustancialmente más tareas interpersonales y rutinarias que los hombres con educación igual. Existen tareas que son mejor remuneradas que otras, por lo general las tareas peor pagadas son las que requieren menos habilidades, o las que las habilidades que se requieren para realizarlas son de fácil adquisición y de costo bajo, aunque también la oferta y la demanda tiene un papel importante aquí puesto que las habilidades que poca gente tiene suelen ser las más costosas y las que requieren más tiempo de capacitación o experiencia.

La literatura brinda conocimiento sobre las diferentes aproximaciones que se han hecho entorno a los cambios en el empleo, las ocupaciones y las habilidades requeridas en los empleos con la introducción de cambios tecnológicos, así como el tipo de ocupaciones y habilidades que son mejor remuneradas y de difícil acceso. No hay acuerdo respecto al tipo de ocupaciones que serán automatizadas, pero sí se sabe que las tareas que son rutinarias y manuales tiene mucha más probabilidad de programarse, lo que las hace más susceptibles a ser afectadas por el desempleo tecnológico. Aun se sabe poco sobre el futuro de las ocupaciones en el mundo pero se tiene claro que habrá grandes transformaciones como efecto de la introducción de tecnologías de la industria 4.0, así como que estos cambios serán mucho más veloces que las revoluciones precedentes. Éste proyecto se inserta en este vacío de la literatura.

4 Marco conceptual

Esta sección contiene la definición de los conceptos y presenta el diagrama del marco conceptual.

4.1 Los conceptos

Este documento se estructura en torno a cuatro conceptos, los que se definen a continuación. Se seleccionaron estas definiciones bajo la premisa de que son los óptimos para operacionalizar los conceptos y comprobar los supuestos de este investigación.

- **Industria 4.0**

El concepto de I4.0 que se retomará es el que propone Schwab (2016), el cual define a la Industria 4.0 como: “una gama de nuevas tecnologías que fusionan los mundos físico, digital y biológico, impactando a todas las disciplinas, economías e industrias, e incluso desafiando las ideas sobre lo que significa ser humano”. Este concepto plantea una naturaleza disruptiva de la tecnología que puede afectar o impactar a diversos subconjuntos del sistema, desde la dimensión de las cosas, lo digital y de los seres vivos. La aportación de Schwab está cargada de un carácter crítico sobre la ontología del ser humano y se entiende por las nuevas capacidades de procesamiento de datos y de toma de decisiones que se han desarrollado a través de las tecnologías de la cuarta revolución. Para fines de este trabajo, esta es la definición que se propone retomar al ser la más completa y hacer un vínculo entre las dimensiones física, digital y biológica.

Se puede detectar el uso de tecnologías 4.0 dentro de la industria a través de los sistemas ciberfísicos, que como Brixner et al. (2019) abordan, son tecnologías informáticas, electrónicas y de comunicaciones incorporadas en todo tipo de dispositivos físicos, que permiten dotarlos de inteligencia y dan lugar a la interconexión e interacción online de diferentes elementos. A nivel de la manufactura, según los autores, esta integración permite tener procesos autónomos basados en algoritmos que “aprenden” y “deciden” sobre la base de una retroalimentación constante. Por lo que se utilizará también esta condición para operacionalizar este concepto.

- **Empleo**

La definición de empleo que se retomará es la que propone Neffa (1999) y que a su vez cuenta con tres dimensiones:

- Una relación que vincula el trabajo de una persona con una organización dentro de un marco institucional y jurídico que está definido independientemente de aquella.
- Un trabajo abstracto, que es susceptible de ser dividido en unidades elementales (o tareas) que se reagrupan alrededor de un puesto de trabajo, que es reconocido como socialmente útil.
- Una relación laboral que permanece en el tiempo y tiene un carácter mercantil, pues se intercambia por un salario asignado individualmente.

Al contener estas tres dimensiones considero que esta definición es la más clara y permite realizar un análisis micro del empleo como se pretende en esta investigación.

- **Ocupación**

La Organización Internacional del Trabajo (OIT) (1990) define ocupación como una serie de trabajos cuyas tareas y deberes principales son caracterizados por un alto tipo de similitud. Mientras que Rivière (2009) arguye que una ocupación puede ser definida como un paquete de tareas que conforman el ámbito de una determinada actividad laboral. Las diferencias entre un tipo de ocupación de otra son básicamente de carácter cualitativo.

La definición con la que se trabajará en este protocolo es una híbrida entre la definición de Rivière y la de la OIT. Para este proyecto, una ocupación es una serie de trabajos cuyas tareas y deberes principales son caracterizados por un alto tipo de similitud y conforman el ámbito de una determinada actividad laboral.

En cuanto al tipo de ocupaciones se retomarán las aportaciones de Rivière (2009), quien concluye que el criterio básico de clasificación de las ocupaciones es la aclaración del objeto principal de las tareas propias de la ocupación, que a su vez se clasifica en tres tipos:

- Operaciones sobre objetos, cosas o materiales
- Tratamiento de información
- Trato de personas

Asimismo, para Rivière (2009) la cualificación es un elemento explicativo central de las dinámicas laborales, puesto que está ligada a la dificultad y la especificidad de las tareas que se realizan. Por lo anterior, la complejidad atañe al tipo y cantidad de habilidades necesarias para desempeñar un trabajo, por lo que la cualificación requerida es sólo un aspecto de la complejidad de la tarea.

Se retomará la clasificación que propone Rivière (2009) para medir los niveles de complejidad de una tarea y así poder clasificar a las ocupaciones, que a su vez van de la mano con el tipo de habilidades que se requieren para realizar las tareas. Existen 4 niveles diferentes de complejidad de una tarea dependiendo de su modo de adquisición, el cual no necesariamente se debe a un ámbito educativo, sino que pueden ser de tipo natural o entrenable; de adquisición por tiempo y curva de aprendizaje; de adquisición por experiencia o formación experta; y de adquisición por resultados y contraste. Esta clasificación de los grados de adquisición va de la mano con los niveles de

competencias que propone la Clasificación Internacional Uniforme de Ocupaciones (CIUO-08) propuesta por la OIT, la cual distingue a las ocupaciones por su nivel de competencia con la finalidad de agruparlas y clasificarlas basándose en los requerimientos para realizar el tipo de tareas que se ejecutan en cada ocupación.

En este protocolo se propone la realización de un híbrido de las clasificaciones sobre el nivel educativo requerido para una ocupación y el tipo de complejidad de las tareas que corresponden a determinado nivel educativo, el cual se presenta en la tabla 8.

Tabla 8 Clasificación de las habilidades requeridas con base en el nivel educativo donde se desarrollan.

Nivel educativo	Habilidades requeridas
Educación primaria	Desarrollo de habilidades físicas y/o implícitas Desarrollo de habilidades sociales
Educación secundaria	Adquisición de habilidades mecánicas Manipulación simbólica
Primer ciclo de educación terciaria con duración corta o media	Capacidad para evaluar una situación con información escasa Reconocimiento de patrones
Primer ciclo de educación terciaria con duración corta o media. Primer título duración media y segundo ciclo de educación terciaria (cualificación avanzada en investigación)	Capacidad para generar una estructura o una forma a partir de elementos no explícitos

Fuente: Elaboración propia

En la tabla 8 se relaciona el nivel educativo con el desarrollo de las habilidades correspondientes al mismo.

- **Habilidades de los trabajadores**

La OECD (2017) define a las habilidades como la competencia manual, la manipulación verbal o la manipulación mental de datos o cosas. Las habilidades se adquieren a través de la experiencia y la capacitación y representan el poder de un individuo para hacer que esa inversión de conocimiento sea productiva en el trabajo o en la vida real. Esta definición aporta dos dimensiones: de competencia y de adquisición.

Según el ISCO-08, la habilidad se puede definir como la capacidad de llevar a cabo las tareas y deberes de un trabajo determinado (International Labour Office, 2012). Para los fines de ISCO-08, se utilizan dos dimensiones de habilidad para organizar las ocupaciones en grupos: el nivel de habilidad y la especialización de habilidad. El nivel de habilidad se define como una función de la complejidad y el rango de tareas y deberes que se realizarán en una ocupación.

En este protocolo se trabajará con una definición de habilidad híbrida entre la que plantea OECD y la que propone ISCO-08: la habilidad es la capacidad de llevar a cabo las tareas y deberes de un trabajo determinado que requieren el ejercicio de competencias manuales, manipulación verbal o mental de datos o cosas.

En cuanto a la clasificación de tipo de habilidades, se generará una clasificación también híbrida que se aprecia en al tabla 9, retomando las clasificaciones que proponen Autor et al. (2003) junto con las de nivel ISCO-08, que como se abordó en los apartados anteriores se pueden vincular. Asimismo, se integrará las aportaciones que propone Rivière (2009) sobre la categorización de la complejidad de las tareas, este último punto servirá de puente para vincular el tipo de capacidades con su tipo de adquisición y ocupación. La tabla 9 sintetiza las categorías de habilidades que se buscará detectar en la empresa a estudiar.

Tabla 9 Habilidades ISCO-08, con tipos de tareas y tipos de complejidad

Tipos de tareas según Autor, Levy y Murnane (2003)	Nivel de habilidades según ISCO-08	Tipo de complejidad Rivière (2009)
---	---	---

Tareas rutinarias manuales	Nivel 1 Tareas simples y rutinarias físicas o manuales	Desarrollo de habilidades físicas y/o implícitas Habilidades sociales
Tareas manuales no rutinarias	Nivel 2 Operación de maquinaria y equipo electrónico. Manipulación de información (guardar y ordenar).	Adquisición de habilidades mecánicas Manipulación simbólica
Tareas rutinarias cognitivas	Nivel 3 Tareas complejas técnicas y prácticas. Requiere un cuerpo de conocimiento procedimental, técnico y especializado.	Capacidad para evaluar una situación con información escasa Reconocimiento de patrones
Tareas no rutinarias cognitivas	Nivel 4 Resolución de conflictos complejos, toma de decisiones y creatividad basada en un extenso cuerpo de conocimientos teóricos y de conocimiento objetivo y especializado en un campo.	Capacidad para generar una estructura o una forma a partir de elementos indiferenciados

Fuente: Elaboración propia

4.2 Diagrama del marco conceptual

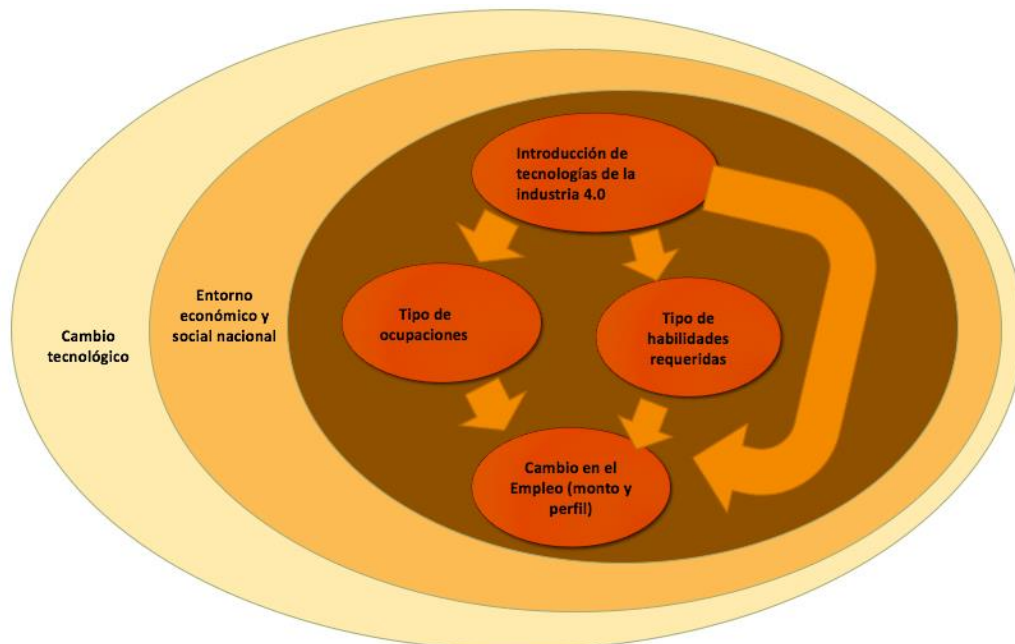
Basado en la revisión de la literatura que se hizo en la sección anterior y en las preguntas que dirigen este protocolo, se propone una relación entre los cuatro conceptos centrales que se ilustrará en el diagrama que se expone a continuación (véase diagrama 1). Este modelo plantea que existe una relación causal entre la introducción de tecnologías de la industria 4.0 y los cambios en los tipos de ocupaciones y en el tipo de habilidades que se requieren dentro de la empresa del sector automotriz. Se piensa que la introducción de este tipo de tecnologías modifica las ocupaciones y habilidades de los trabajadores de forma significativa, priorizando las habilidades no rutinarias y cognitivas, sobre las rutinarias y manuales.

Asimismo, el cambio en el tipo de ocupaciones y de habilidades genera un efecto en el empleo de forma general mediante la pérdida o creación de nuevos puestos de trabajo. Algunos puestos de trabajo pueden ser sustituidos por las tecnologías ya sea a través de la introducción de nuevos robots o de nuevas tecnologías como la inteligencia artificial o el machine learning, mientras que otros puestos de trabajo también son creados y/o modificados en sus funciones y actividades.

Otra de las relaciones que se pretende encontrar es la relación causal entre la introducción de tecnologías de la industria 4.0 y la modificación entre el número y tipo de trabajadores que se requieren dentro de la empresa, así como cambios en las modalidades de empleo dentro de la empresa. La introducción de nuevas tecnologías puede requerir menor o mayor personal en la empresa así como la creación o modificación del tipo de empleos, es decir, empleos de tiempo completo y formales por empleos de medio tiempo e informales, o viceversa.

Las relaciones antes descritas, entran dentro del entorno económico y social mexicano el cual se caracteriza por bajos salarios y amplia mano de obra disponible tanto calificada como no-calificada. El entorno que posee el país, puede determinar y/o incidir el tipo de relaciones entre las variables de introducción de tecnologías de la industria 4.0, cambios en el empleo, las ocupaciones y las habilidades requeridas. Al ser los bajos salarios una de las ventajas competitivas en México, se plantea como hipótesis que la velocidad de incorporación de tecnología 4.0 en la industria sea menor en México, que en países con esquemas salariales mejor remunerados. Asimismo, dentro de esta investigación se supone que en México no existen los suficientes incentivos para propiciar la capacitación de la mano de obra para la construcción de habilidades que permitan a su vez el desarrollo y operación de tecnologías relacionadas a la industria 4.0. Este tipo de situaciones están dentro de una marco de cambio tecnológico, específicamente del cambio de tecnologías de las interiores revoluciones tecnológica, como las TICs, hacia tecnologías pertenecientes a la industria 4.0.

Diagrama 1 Relación entre los conceptos



Fuente: Elaboración propia

5 Diseño de la investigación

El propósito de esta sección es explicar cómo se planea desarrollar la metodología de esta investigación. Dado las problemáticas a estudiar que se revisaron en la literatura abordada, esta investigación se ubicará a nivel de empresa, a través de un estudio de caso de una empresa mexicana del sector automotriz que haya introducido tecnologías de la industria 4.0 de forma satisfactoria.

5.1 Estrategia de la investigación

Como se desarrolló en la introducción, esta investigación busca entender cuáles son los efectos de la introducción de nuevas tecnologías de la I4.0 en el empleo de forma general, y en particular en el tipo de ocupaciones que son demandadas y en las habilidades requeridas de los trabajadores, por ello se requiere un tipo de análisis a nivel de empresa donde se pueda obtener la información necesaria sobre los cambios efectuados en las categorías a analizar.

La pregunta de investigación principal es:

- ¿Cómo está afectando la introducción de nuevas tecnologías de la industria 4.0 en el empleo, las ocupaciones y las habilidades requeridas en el sector automotriz en México?

Las preguntas subsidiarias son:

- ¿Cómo están cambiando las ocupaciones (puestos de trabajo requeridos) dentro de las empresas?
- ¿Qué tipo de mejoras o nuevas habilidades individuales se requieren en las ocupaciones existentes por la introducción de tecnologías de la industria 4.0?

Como se puede observar, el tipo de preguntas de investigación que dirigen este trabajo requieren un abordaje de tipo cualitativo, capaz de capturar información de tal detalle que permita al investigador

conocer los efectos, mejoras y cambios en una empresa, lo que resulta muy complicado de cuantificar si se optara por una metodología cuantitativa. Es por ello que se opta por realizar una investigación cualitativa y de tipo descriptivo, ya que se busca el cómo y el por qué más allá del cuánto o qué.

Según Kumar (2011) se puede clasificar a los tipos de investigación existentes por objetivos, por perspectiva de aplicación o por perspectiva de consulta de la información. En este caso, el tipo de investigación descriptiva pertenece a la clasificación de tipos de investigación por objetivos. Este tipo de investigación busca describir sistemáticamente una situación, problema, fenómeno, servicio o programa, y provee información sobre el lenguaje, las condiciones de vida de una comunidad, o describe actitudes hacia un problema (Kumar, 2001). Como lo que se busca es conocer la situación y describirla para posteriormente poder analizarla, esta investigación se limitará a ser descriptiva, aunque también de tipo exploratorio, ya que se explorará un área poco conocida en particular. Los estudios exploratorios, según Kumar (2011), también se utilizan para desarrollar, refinar o poner a prueba diversas herramientas de medición o procedimientos. Esta investigación, por tanto, también es de tipo exploratorio puesto que al estar centrados en un fenómeno contemporáneo, no hay suficientes estudios empíricos en esta materia que brinden información cualitativa sobre el tema, de ahí la importancia de esta investigación para esta área del conocimiento y el desarrollo de la ciencia en México y en el mundo.

Por último, el diseño de esta investigación es transversal puesto que se implementará en un periodo de tiempo en específico, sin comparación con otros periodos. Se busca conocer los cambios que suceden en el $t+1$ por la introducción de tecnologías de la i4.0 en el t . Se planea que se realice la recolección de la información a través del estudio de caso abordando las acciones de la empresa (introducción de I4.0) en los últimos 2/3 año.

5.2 Estudio de caso

5.2.1 Justificación

La metodología que se utilizará en esta investigación será el estudio de caso simple.

Un estudio de caso, según Yin (2003), puede ser definido como “una investigación empírica que investiga un fenómeno contemporáneo dentro de su contexto de la vida real, especialmente cuando los límites entre el fenómeno y el contexto no son claramente evidentes.” Para Kumar (2011) el

caso de estudio seleccionado se convierte en la base de una exploración profunda y holística sobre los aspectos que interesan conocer. Para poder denominar un caso de estudio, éste tiene que ser un sistema limitado o bien una entidad en sí misma. Para esta investigación, la entidad será una empresa del sector automotriz.

En esta investigación se cumplen las tres condiciones que propone Yin (2003) como elementales para hacer uso del estudio de caso como metodología, las cuales son:

1. El tipo de pregunta de investigación planteada.
2. El grado de control que un investigador tiene sobre los eventos de comportamientos reales.
3. El grado de enfoque en los eventos.

Como se explicó anteriormente, las preguntas de esta investigación están dirigidas a saber el cómo de un fenómeno. Asimismo, el grado de control que se tiene del mismo es muy bajo puesto que es un fenómeno que acontece en este mismo momento, es decir, es contemporáneo, por lo que no se podría realizar un estudio de tipo histórico en este tema. Respecto al grado de enfoque de los eventos, cumple con ser cualitativo.

La metodología seleccionada para esta investigación representa la mejor opción para poder recabar los datos necesarios y será útil para analizar las relaciones que puedan existir entre los conceptos de esta tesis:

- Industria 4.0
- Empleo
- Ocupaciones
- Habilidades de los trabajadores

5.2.2 Tipos de estudio de caso

Según Yin (2003) existe una distinción primaria entre en el diseño de los estudios de caso: estudio de caso simple, o bien, estudios de caso múltiple.

Los diseños de caso múltiple tienen distintas ventajas y desventajas comparados con los diseños de caso simple. La evidencia de los casos múltiples es considerada a menudo más pertinente, y el estudio global se considera por consiguiente como más robusto. Al mismo tiempo, la racionalidad de los diseños de caso simple normalmente no puede satisfacerse para los casos múltiples. El caso inusual o raro, el caso crítico, y el caso revelatorio están todos, por definición, probablemente

involucrados solo en casos simples. Es más, la conducta de un estudio de caso múltiple puede requerir extensos recursos y tiempo más allá de los medios de un solo estudiante o investigador independiente (Yin, 2003).

El estudio de caso simple, que es el que se seleccionó para este trabajo, debe de cumplir con ciertas circunstancias según Yin (2003) para ser un diseño apropiado a aplicar en una investigación:

1. Representa el caso crítico para probar si una teoría está bien formulada. En otras palabras, permite confirmar, desafiar o extender una teoría.
2. El caso representa un caso extremo o único. Sirve como un estudio de caso exploratorio para conocer el nuevo fenómeno que está ocurriendo.
3. El caso es revelador. Esta situación existe cuando un investigador tiene una oportunidad para observar y analizar un fenómeno previamente inaccesible a la investigación científica.

Siguiendo a Yin (2003), el diseño de un caso simple exige la investigación cuidadosa del caso potencial para minimizar las oportunidades de falsedad y aumentar al máximo el acceso a recolectar la evidencia del estudio de caso.

Por su parte, Kumar (2011) comenta que para seleccionar un caso, comúnmente se utiliza información juiciosa y con un propósito. Este tipo de diseño es muy útil según el autor, cuando se busca explorar un área donde hay muy poco conocimiento o cuando se quiere tener un entendimiento holístico de la situación, fenómeno, episodio, grupo o comunidad.

5.3 Unidad de observación y unidad de análisis

En esta investigación, se busca analizar los efectos de la industria 4.0 en el empleo, las ocupaciones y habilidades requeridas en el sector automotriz. La unidad de observación es una empresa del sector automotriz. La unidad de análisis será la introducción de tecnologías de la industria 4.0 y su efecto en el empleo, las ocupaciones y las habilidades.

Por tanto para seleccionar una empresa dentro de la industria, ésta debe de contar con los siguientes requisitos, o bien, cumpla con el perfil:

1. Que pertenezca a la industria automotriz mexicana
2. Que lleve al menos 5 años operando en el país

3. Que haya introducido nuevas tecnologías relativas a la industria 4.0 en su sistema de producción
4. Que sea un caso ejemplar, en el sentido de que la introducción de las tecnologías haya sido implementada en la empresa y que haya tenido beneficios (ej. incremento de la productividad, disminución de los costos de producción)

5.4 Fuentes de información

Ahora bien, la metodología de estudio de caso comparte muchas de las técnicas que utiliza la Historia, pero su fuerza particular reside en su capacidad para incluir información de múltiples fuentes de información. Según Kumar (2011) es recomendable que se usen múltiples fuentes de información, como por ejemplo entrevistas a profundidad, observación directa, información documental, grupos focales, y entrevistas grupales. Las entrevistas constituyen la fuente principal, sin embargo, en este trabajo se plantea recopilar la información documental sobre la empresa a seleccionar, así como utilizar técnicas como la observación con la finalidad de contar con información suficiente que permita triangular la información recopilada en las entrevistas con la información proveniente de otras fuentes.

Empero, las entrevistas serán la fuente principal de información. Según Hernández et. al. (2003) existen tres tipos de entrevistas: estructuradas, semiestructuradas y abiertas. Las entrevistas estructuradas se caracterizan porque el entrevistador se sujeta a un instrumento, es decir, una guía de preguntas específicas. En las entrevistas semiestructuradas el entrevistador usa una guía de preguntas, pero a su vez tiene un formato mucho más flexible y tiene la libertad de introducir preguntas para profundizar en un concepto. Mientras que en las entrevistas abiertas el entrevistador tiene total flexibilidad para formular las preguntas al momento con base en la información previa con la que cuenta y con la información que recibe al momento. El tipo de entrevistas que se realizarán son de tipo semiestructuradas.

Se plantea entrevistar a personal en tres niveles diferentes de la organización:

- Directivo/ gerente
- Jefes de Recursos humanos y de Ingeniería de Producción
- Encargado de piso de producción

Lo anterior tiene la finalidad de tener una visión más integral sobre las perspectivas de los diferentes niveles sobre los efectos de la introducción de I4.0 en el empleo, el tipo de ocupaciones y la habilidades requeridas de los trabajadores.

5.5 Análisis de la información

El análisis de la información que se recolectará por medio del estudio de caso simple consistirá en la transcripción de las entrevistas que serán grabadas, su procesamiento a través de categorías de análisis vinculadas al marco analítico que se presentó en la sección 4, así como en la sistematización de la información obtenida de fuentes secundarias.

Para Yin (2003) el desarrollo de la teoría como parte de la fase del diseño de los estudios de caso es esencial, si el propósito del estudio de caso es desarrollar o probar la teoría. En este sentido, el diseño de la investigación completo incluye una " teoría " que es estudiada, la cual sirve como cianotipo suficiente para su estudio. A través de la revisión de la literatura que se ha hecho hasta ahora se podrá determinar las categorías de análisis de la información que se recolecte, así como qué datos se van recopilar. Según Yin (2003), el desarrollo de la teoría prioriza la recolección de cualquier información como un paso esencial en la realización del estudio de caso.

Para procesar las entrevistas se hará uso del análisis cualitativo asistido por computadoras que se ha convertido en una herramienta facilitadores para la sistematización y procesamiento de datos cualitativos en los últimos años. Se plantea introducir las entrevistas en el software para categorizar su contenido y poder encontrar relaciones entre las categorías de análisis propuesta a nivel teórico en el marco conceptual de esta investigación.

El software que se utilizará será Atlas.ti, que es un potente banco de trabajo para el análisis cualitativo de grandes cuerpos de datos de texto, gráficos, audio y video. Este software ofrece una variedad de herramientas para realizar las tareas asociadas con cualquier enfoque sistemático a los datos no estructurados. Atlas.ti brinda herramientas para administrar, extraer, comparar, explorar y volver a ensamblar piezas significativas de grandes cantidades de datos de manera creativa, flexible y sistemática.

5.6 Validación del diseño

Para validar el diseño de esta investigación se retoman las cuatro pruebas que propone Yin (2003) para juzgar la calidad de un diseño de investigación que son: la validez del constructo (inferencias de la investigación), la validez interna, la validez externa y la confiabilidad.

La validez del constructo consiste, según el autor, en establecer las medidas operacionales correctas para los conceptos a ser de estudiados, es decir, ver si una prueba o experimento está a la altura de sus pretensiones o no. Según Yin (2003), para encontrar la prueba de validez de la inferencia que se desea probar, es importante operacionalizar una variable de forma que refleje realmente el significado teórico verdadero de un concepto. Para ello, todo el investigador debe estar seguro cubrir dos pasos:

1. Seleccione los tipos específicos de cambios que serán estudiados (respecto a los objetivos originales del estudio)
2. Demuestre que las medidas seleccionadas de estos cambios reflejan de hecho los tipos específicos de cambio que han sido seleccionados.

Para satisfacer la prueba de validez del constructo, los tipos específicos de cambios que se estudiarán se alinean con los objetivos de la investigación:

Objetivo general:

- Analizar los efectos derivados de la introducción de tecnologías de la industria 4.0 en el empleo, el tipo de ocupaciones y nuevas habilidades requeridas dentro del sector automotriz en México.

Objetivos específicos:

- Identificar cuáles son los cambios generados en el tipo de ocupaciones (puestos de trabajo requeridos) dentro de las empresas por la introducción de tecnologías de la industria 4.0
- Ubicar si las habilidades de los trabajadores dentro de las ocupaciones actuales requieren mejoras o si han surgido nuevas habilidades que son requeridas como resultado de introducción de tecnologías de la industria 4.0

Como medidas para recolectar la información necesaria para satisfacer los objetivos, se realizarán tres entrevistas semi-estructuradas a tres diferentes personas que laboran en la organización y que tienen diferentes puestos, por lo que la información recibida podrá ser contrastada y verificada. El uso de fuentes múltiples de evidencia es según Yin (2003) una manera que aumenta la construcción de la validez, al igual que tener el borrador del reporte del estudio de caso revisado por los informadores clave, lo cual también se planea hacer con la finalidad de que haya congruencia con las observaciones realizadas y las apreciaciones de los entrevistados.

Para Yin (2003) también es importante la validez interna que es una preocupación para estudios de caso causal (o explicativo), en el que un investigador está intentando determinar si el evento X llevó al evento Y. Si el investigador concluye incorrectamente que hay una relación causal entre X e Y sin saber que un tercer factor -Z - puede realmente haber causado Y, el plan de investigación no ha tratado con alguna amenaza a la validez interior. En el caso de este estudio de caso, esta lógica no aplica puesto que es un estudio de caso descriptivo y exploratorio por lo que no se enfoca en hacer las declaraciones causales.

La validez externa, según Yin (2003) trata con el problema de saber si los resultados de un estudio son generalizables más allá del estudio de caso inmediato. Los críticos manifiestan típicamente que los casos simples son una base pobre para generalizar. La investigación del estudio confía en la generalización estadística, considerando que los estudios de caso (como con los experimentos) confían en la generalización analítica. En la generalización analítica, el investigador está esforzándose por generalizar un conjunto particular de resultados a alguna teoría más amplia. En el caso de esta investigación, el estudio de caso no busca ser generalizado, sino más bien describir la situación que está ocurriendo entorno a las tecnologías de la industria 4.0 y su efecto en el empleo, las ocupaciones y habilidades. Si bien, si esta investigación es replicada en otro caso y encuentra los mismos resultados, sí se podrá generalizar tomando en cuenta el proceso de generalización analítica como comenta Yin (2003).

El supuesto de fiabilidad, según Yin (2003) tiene como objetivo estar seguro que, si un investigador posterior siguió los mismos procedimientos exactamente descritos por un investigador anterior y dirigió el mismo estudio de caso de nuevo, el investigador posterior debe llegar a los mismos resultados y conclusiones. La meta de la fiabilidad es minimizar los errores y prejuicios en un estudio. Un requisito previo para permitirle a este otro investigador repetir un estudio de caso anterior es la necesidad de documentar los procedimientos seguidos en el caso anterior. En el caso de esta investigación se retomaron los resultados de los estudios de caso de

Lorenz, et al (2019) en Sudáfrica con el objetivo de analizar los efectos en el empleo, ocupaciones y habilidades de la introducción de tecnologías de la industria 4.0 en el sector automotriz, una vez terminada la recolección de datos y el análisis de la información se plantea comparar los resultados de ambos estudios de caso con la finalidad de cumplir con este supuesto y poder pasar a la generalización de los resultados, si fuera el caso.

5.7 Operacionalización de las variables

Una vez definido el marco conceptual en la sección 4 de este documento es necesario pasar a la operacionalización de las variables con la finalidad de poder elaborar instrumentos de medida, convirtiendo los indicadores en elementos de observación empírica.

El instrumento de medición que se elabore a través de este proceso ha de permitir recoger información relevante para dar respuesta a las preguntas formuladas en el problema de investigación de modo que se puedan probar las hipótesis. Igualmente, como plantea Grajales (1996), citado en (Reguant & Martínez-Olmo, 2014), esta actividad además de conducir a la elaboración del instrumento, también permite hallar las condiciones para determinar el nivel de medición de las variables y las técnicas estadísticas apropiadas para el análisis de los datos.

La operacionalización de conceptos o variables es un proceso lógico de desagregación de los elementos más abstractos (los conceptos teóricos), hasta llegar al nivel más concreto, los hechos producidos en la realidad y que representan indicios del concepto, pero que podemos observar, recoger, valorar, es decir, sus indicadores. Este proceso consiste en sustituir unas variables por otras más concretas que sean representativas de aquellas (Reguant & Martínez-Olmo, 2014).

El marco conceptual de este trabajo se compone por 4 conceptos básicos, los cuales se operacionalizarán en la tabla 10.

Por ejemplo, la definición de empleo que se rescata en este protocolo es la de Neffa (1999), quien lo define como:

Una relación que vincula el trabajo de una persona con una organización dentro de un marco institucional y jurídico que está definido independientemente de aquella. Asimismo es un trabajo abstracto, que es susceptible de ser dividido en unidades elementales (o tareas) que se reagrupan

alrededor de un puesto de trabajo, que es reconocido como socialmente útil. O bien, se puede entender como una relación laboral que permanece en el tiempo y tiene un carácter mercantil, pues se intercambia por un salario asignado individualmente.

Como se puede observar, este concepto cuenta con tres dimensiones: relación institucional y jurídica, dimensión de tareas asociadas a un puesto de trabajo y relación mercantil.

A su vez, la relación institucional se puede medir con la variable de contrato de trabajo, la segunda dimensión con la variable de puesto de trabajo y la relación mercantil con la variable de salario. En la siguiente tabla vienen los indicadores y las preguntas que surgen de cada variable, organizadas por conceptos.

Tabla 10 Operacionalización de los conceptos y variables

Concepto	Dimensión	Variable	Indicador	Preguntas
Industria 4.0	Sistemas ciberfísicos	Introducción de robots inteligentes	Cantidad de robots introducido en un periodo de tiempo	¿Qué tipo de tecnologías híbridas entre lo físico y lo digital (ej. internet de las cosas) han implementado en la empresa?
				¿Tienen robots inteligentes? ¿cuándo los adquirieron? ¿por qué los adquirieron?
			¿Cuántos robots inteligentes tienen en la empresa?	
		Uso de robots inteligentes	Tipos de uso de robots inteligentes	¿Para qué tipos de procesos en la empresa se usan los robots inteligentes?
	Tecnologías físicas	Uso de robots o máquinas de impresión en 3D		¿Qué tipo de tecnologías físicas de la Industria 4.0 han implementado en la empresa?
		Tecnologías digitales	Introducción y uso de tecnologías digitales	Cantidad de tecnologías digitales y tipos de uso
		¿Para qué tipos de procesos en la empresa se usa tecnologías digitales?		
	Biotechnología	Uso de biotechnología	Uso de biotechnología	¿Utilizan algún tipo de biotechnología, de ser así cuál? ¿cómo la conectan con los procesos productivos?
Empleo	Relación institucional y	Contrato de trabajo	Cantidad de empleo bajo contrato de trabajo	¿Cuántas personas laboran formalmente en la empresa?

Concepto	Dimensión	Variable	Indicador	Preguntas
	jurídica		Variación de la cantidad de personas con empleo bajo contrato	¿Ha cambiado la cantidad de personas que laboran en la empresa a raíz de la introducción de las tecnologías de la I4.0? ¿la introducción de estas tecnologías ha conducido a reducir o incrementar la cantidad de personas empleadas?
			Variación de tipo de contrato de trabajo	¿Han cambiado el tipo de empleo que se ofrece (contrato) de las personas que laboran en la empresa a raíz de la introducción de las tecnologías de la I4.0?
	Tareas asociadas a un puesto de trabajo	Puestos de trabajo	Tipos de puestos de trabajo	¿Cuántos puestos de trabajo se manejan?
				¿Cuántas personas pertenecen a cada puesto de trabajo?
			Variación de los tipos de puestos de trabajo	¿Han cambiado la cantidad de personas que ocupan ciertos puestos de trabajo a raíz de la introducción de las tecnologías de la I4.0?
				¿Han cambiado los puestos de trabajo a raíz de la introducción de las tecnologías de la I4.0? ¿qué nuevos puestos han surgido y qué puestos han desaparecido?
	Relación mercantil	Salario	Montos de salarios por puesto de trabajo	¿Cuál es el salario por cada puesto de trabajo dentro de la empresa?
			Variación de montos de salario por tipo de puestos de trabajo	¿Han cambiado los salarios a raíz de la introducción de las tecnologías de la I4.0? ¿Para qué puestos de trabajo se han reducido y para cuáles ha aumentado el salario?

Concepto	Dimensión	Variable	Indicador	Preguntas
Ocupación	Tareas con similitud	Tipos de tareas por similitud por cada nivel de competencia	Tipo de competencias por puesto de trabajo, competencias por puesto de trabajo	¿Cuáles son las competencias de cada puesto de trabajo?
			Tipo de tareas similares que se realizan por puesto de trabajo	¿Qué tipo de tareas se realizan en cada puesto de trabajo?
			Variación de tipo de tareas para los mismos puesto de trabajo	¿Se ha modificado el tipo de tareas que se realizan en los puestos de trabajo a raíz de la introducción de nuevas tecnologías de la I4.0?
			Variación de competencias por puesto de trabajo	¿Han cambiado las competencias deseables de los puestos de trabajo a raíz de la introducción de las tecnologías de la I4.0?
		Tipo de formación por puesto de trabajo	Formación escolar por tipo de puesto de trabajo	¿Cuál es el grado de formación escolar/nivel educativo de las diferentes ocupaciones de la empresa? ¿ha cambiado por la introducción de la I4.0? ¿en qué dirección? ¿ha cambiado en todos los puestos de trabajo?
Habilidad	Complejidad de las tareas	Tipos de complejidad de habilidades por ocupación	Cantidad de ocupaciones por tipo de complejidad de habilidades	¿En cuáles ocupaciones se requieren las habilidades físicas ?
				¿En cuáles ocupaciones se requieren las habilidades verbales ?
				¿En cuáles ocupaciones se requieren las habilidades de

Concepto	Dimensión	Variable	Indicador	Preguntas
				pensamiento crítico y resolución de conflictos?
				¿En cuáles ocupaciones se requiere creatividad y planeación?
			Variación del nivel de habilidades en puestos de trabajo	¿Han cambiado las habilidades que se requieren en los puestos de trabajo a raíz de la introducción de tecnologías de la I4.0?
			Variación de tipos de habilidades por salario	¿Han cambiado las habilidades que son mejor remuneradas o peor remuneradas a raíz de la introducción de tecnologías de la I4.0?
		Tipos de habilidades según ocupación	Tipo de tareas por introducción de tecnologías 4.0	¿Qué tipo de tareas realizan los trabajadores que operan las tecnologías 4.0 (Rutinarias, no rutinarias, manuales, cognitivas)?
			Variación de tareas por la introducción de tecnologías 4.0	¿Cómo han cambiado el tipo de tareas a raíz de la introducción de las tecnologías 4.0 (Rutinarias, no rutinarias, manuales, cognitivas)?
		Mercado de trabajo y nuevas habilidades requeridas	Capacidad del sistema educativo para formar las habilidades requeridas	¿Cuáles son los principales centros educativos donde se forman los trabajadores que laboran en la empresa? ¿Podría catalogar como suficiente la educación recibida en los centros educativos? ¿Los trabajadores cuentan con las habilidades necesarias para el uso de tecnologías de la industria 4.0? ¿Existen algunas habilidades que se requieran en la operación de actividades relacionadas con la tecnología 4.0 con las que no cuenten los trabajadores?

Fuente: Elaboración propia.

6 Principales resultados esperados

Para poder abordar los resultados esperados, consideramos necesario recordar que el objetivo de esta investigación es analizar los efectos derivados de la introducción de tecnologías de la industria 4.0 en el empleo y en el tipo de ocupaciones y habilidades requeridas dentro del sector automotriz en México. Los objetivos específicos son:

- Identificar cómo han cambiado las ocupaciones (puestos de trabajo requeridos) dentro de las empresas por la introducción de tecnologías de la industria 4.0
- Detectar si las habilidades de los trabajadores dentro de las ocupaciones actuales requieren mejoras o si han surgido nuevas habilidades que son requeridas como resultado de introducción de tecnologías de la industria 4.0

La hipótesis que orienta esta investigación y los resultados que se esperan encontrar es: la introducción de nuevas tecnologías de la industria 4.0 en el sector automotriz generará un cambio en las ocupaciones y las habilidades requeridas, pero no propiciará desempleo debido a que el contexto de bajos salarios en México es una ventaja competitiva suficientemente fuerte para detener, al menos momentáneamente, la introducción de tecnologías de la I4.0 en el sector automotriz del país.

Ahora bien, a partir de la revisión de la literatura presentada en el capítulo 3, se puede suponer que algunos de los resultados esperados en esta investigación, tendrán similitudes con estudios contemporáneos en la materia. Algunas de las tendencias que se encontraron en la literatura y que se esperan encontrar en el sector automotriz en México son:

1. Se espera que la introducción de tecnologías de la I4.0 cambie profundamente la combinación de habilidades de diferentes ocupaciones a medida que se automatiza una gama cada vez mayor de tareas rutinarias cognitivas y manuales.
2. Se espera que en el futuro se requieran empleados para desarrollar habilidades y competencias transversales, adaptadas a la digitalización de la producción y el uso de big data como complemento de sus habilidades técnicas más específicas del dominio.
3. Basados en el estudio realizado por Lorenz et al. (2019) en Sudáfrica, se espera encontrar en la industria automotriz mexicana que las empresas hagan algún uso de sistemas de

recogida de datos internos para el seguimiento de la actuación de la máquinas equipadas con sensores.

4. Se espera que la tecnología de impresión en 3D no se utilice para fines de lotes de producción en el sector automotriz, pero sí para su uso en centros de investigación y desarrollo, y en unidades encargadas del prototipado rápido.
5. Se espera encontrar que las automotoras hagan uso de los sistemas ERP (planificación de recursos empresariales) y, que a su vez, éstos estén integrados en sistemas globales operados por las empresas matrices, con la finalidad de permitir comparar su desempeño con las plantas de ensamblaje de la misma multinacional ubicada en otros países.
6. Se espera encontrar el uso de software de reconocimiento de imagen para propósitos de identificación del vehículo con sus proveedores en la industria automotriz mexicana.
7. Algunos de los obstáculos más importantes que se esperan detectar para las empresas del sector automotriz es la falta de personal calificado necesario para el uso de las tecnologías de la industria 4.0, así como la falta de habilidades “híbridas” dentro de su personal contratado actualmente.
8. En cuanto a los cambios en el tipo de ocupaciones, se prevé que afecten a todos los niveles ocupacionales, particularmente, las ocupaciones que requieren análisis de datos, aprendizaje automático y programación avanzada para sistemas de control automáticos se verán en aumento.
9. Se espera encontrar que en los niveles más bajos en la escala del tipo de ocupaciones propuesta, las habilidades de comunicación son débiles, mismas que cada vez se requieren más para trabajar con sistemas de comunicación digital y el uso de internet.
10. Con respecto a los operadores de máquinas de nivel inferior y los trabajadores manuales, se prevé encontrar que las habilidades básicas en términos de aritmética sean débiles.
11. Dada la brecha tecnológica entre las naciones industriales avanzadas en la frontera tecnológica y los países en desarrollo con niveles más bajos de producción y capacidades tecnológicas como México, se prevé encontrar un desfase en el proceso de introducción de tecnologías de la industria 4.0. Si bien este no es un resultado central de este proyecto de investigación, es un resultado que se puede obtener al comparar el caso ejemplar con fuentes secundarias en la literatura mundial.
12. En el caso ejemplar que se analizará, se espera encontrar evidencia de que la tecnología puede sustituir a trabajadores en tareas rutinarias fáciles de automatizar y asistir a los trabajadores en tareas que requieran creatividad, resolución de problemas o habilidades cognitivas. También se espera encontrar evidencia de que, con el avance del aprendizaje de

las máquinas y la inteligencia artificial en el sector, cada vez más trabajadores necesitarán la transición entre ocupaciones en declive (con una gran intensidad de tareas rutinarias de baja capacitación) a otras al alza (caracterizadas por habilidades cognitivas de alto nivel, no rutinarias).

13. Se espera encontrar que las fortalezas humanas como la resolución de problemas, el liderazgo y la creatividad serán más importantes para los empleadores que la destreza manual o la capacidad de administrar hojas de cálculo presupuestarias, a raíz de la introducción de tecnologías de la I4.0 en el sector.
14. También se esperan encontrar resultados parecidos a los de Nübler (2016) y Gorecky et al. (2014), quienes encontraron tendencias a que la difusión de sistemas de producción altamente integrados destruya los empleos en logística, coordinación y comunicación, pero también en tareas de producción, y mejore la complejidad de los perfiles de tareas en particular de técnicos, gerentes y profesionales. Se espera que se creen nuevas ocupaciones, particularmente en la intersección de profesiones, software y máquinas, es decir, ocupaciones "híbridas" que combinan habilidades y competencias de diferentes dominios. Las tareas del trabajador bajo I4.0 se espera que se orienten a la resolución de problemas complejos, establecer la estrategia de producción y supervisar la auto-organización de los procesos, in situ o remotamente.

Por lo anterior, se concluye que los efectos derivados de la introducción de tecnologías de la industria 4.0 en el empleo y en el tipo de ocupaciones y habilidades requeridas dentro del sector automotriz en México serán congruentes con los estudios previos realizados, como se presentó en esta sección, aunque también se espera aportar a la literatura existente si se encuentran resultados diferentes, lo cual se verá una vez que se lleve a cabo esta investigación.

7 Anexo 1: Guía de entrevista

Guía de entrevista

Proyecto: Industria 4.0, empleo, ocupaciones y habilidades: estudio de caso de una empresa en el sector automotriz en México

Objetivo general: El objetivo general de esta investigación es: analizar los efectos derivados de la introducción de tecnologías de la industria 4.0 en el empleo y en el tipo de ocupaciones y habilidades requeridas dentro del sector automotriz en México.

Fecha de entrevista: _____

I. Datos de identificación

- **Nombre del entrevistado(a):**
- **Edad**
- **Último grado de estudios/especialidad:**
- **Puesto:**
- **Antigüedad en el puesto:**
- **Dirección:**
- **Teléfono:**
- **Email:**

II. Preguntas

Las tecnologías de la I4.0 incluyen la robótica (robots industriales y cobots), impresión 3D, inteligencia artificial y aprendizaje automático, análisis de big data, realidad virtual y aumentada, Internet de las cosas, cloud-computing y fabricación digital.

Tecnologías industria 4.0: son tecnologías informáticas, electrónicas y de comunicaciones incorporadas en todo tipo de dispositivos físicos, que permiten dotarlos de inteligencia y dan lugar a la interconexión e interacción online de diferentes elementos.

Tecnología

1. ¿Qué actividades productivas realiza la empresa?

2. ¿Qué tipo de tecnologías físicas de la Industria 4.0 han implementado en la empresa?
3. ¿Qué tipo de tecnologías híbridas entre lo físico y lo digital (ej. internet de las cosas) han implementado en la empresa?
4. ¿Tienen robots inteligentes? ¿cuándo los adquirieron? ¿por qué los adquirieron?
5. ¿Cuántos robots inteligentes tienen en la empresa?
6. ¿Qué tecnologías digitales han implementado en la empresa?
7. ¿Para qué tipos de procesos en la empresa se usa tecnologías digitales?
8. ¿Utilizan algún tipo de biotecnología, de ser así cuál? ¿cómo la conectan con los procesos productivos?

Estructura organizacional

1. ¿Cuántas personas laboran formalmente en la empresa?
2. ¿Cuántos puestos de trabajo se manejan?
3. ¿Cuántas personas pertenecen a cada puesto de trabajo?
4. ¿Cuál es el salario por cada puesto de trabajo dentro de la empresa?
5. ¿Para qué tipos de procesos en la empresa se usan los robots inteligentes?
6. ¿Cuáles son las competencias de cada puesto de trabajo?
7. ¿Qué tipo de tareas se realizan en cada puesto de trabajo?
8. ¿Ha cambiado la cantidad de personas que laboran en la empresa a raíz de la introducción de las tecnologías de la I4.0? ¿la introducción de estas tecnologías ha conducido a reducir o incrementar la cantidad de personas empleadas?
9. ¿Han cambiado el tipo de empleo que se ofrece (contrato) de las personas que laboran en la empresa a raíz de la introducción de las tecnologías de la I4.0?
10. ¿Han cambiado la cantidad de personas que ocupan ciertos puestos de trabajo a raíz de la introducción de las tecnologías de la I4.0?
11. ¿Han cambiado los puestos de trabajo a raíz de la introducción de las tecnologías de la I4.0? ¿qué nuevos puestos han surgido y qué puestos han desaparecido?
12. ¿Han cambiado los salarios a raíz de la introducción de las tecnologías de la I4.0? ¿Para qué puestos de trabajo se han reducido y para cuáles ha aumentado el salario?
13. ¿Se ha modificado el tipo de tareas que se realizan en los puestos de trabajo a raíz de la introducción de nuevas tecnologías de la I4.0?
14. ¿Han cambiado las competencias deseables de los puestos de trabajo a raíz de la introducción de las tecnologías de la I4.0?
15. ¿Cuál es el grado de formación escolar/nivel educativo de las diferentes ocupaciones de la empresa? ¿ha cambiado por la introducción de la I4.0? ¿en qué dirección? ¿ha cambiado en todos los puestos de trabajo?

Habilidades de los trabajadores

1. ¿En cuáles ocupaciones se requieren las habilidades físicas ?

2. ¿En cuáles ocupaciones se requieren las habilidades verbales ?
3. ¿En cuáles ocupaciones se requieren las habilidades de pensamiento crítico y resolución de conflictos?
4. ¿En cuáles ocupaciones se requiere creatividad y planeación?
5. ¿Han cambiado las habilidades que se requieren en los puestos de trabajo a raíz de la introducción de tecnologías de la I4.0?
6. ¿Han cambiado las habilidades que son mejor remuneradas o peor remuneradas a raíz de la introducción de tecnologías de la I4.0?
7. ¿Qué tipo de tareas realizan los trabajadores que operan las tecnologías 4.0 (Rutinarias, no rutinarias, manuales, cognitivas)?
8. ¿Cómo han cambiado el tipo de tareas a raíz de la introducción de las tecnologías 4.0 (Rutinarias, no rutinarias, manuales, cognitivas)?
9. ¿Cuáles son los principales centros educativos donde se forman los trabajadores que laboran en la empresa?
10. ¿Qué percepción tiene de la educación recibida en los centros educativos con respecto a las actividades que se realizan en la empresa?
11. ¿Los trabajadores cuentan con las habilidades necesarias para el uso de tecnologías de la industria 4.0?
12. ¿Existen algunas habilidades que se requieran en la operación de actividades

Bibliografía

- Acemoglu, D., & Autor, D. (2011). *Skills, Tasks and Technologies: Implications for Employment and Earnings* (Vol. Volume 4b). Handbook of Labor Economics, Elsevier B.V.
- Aldea, L. (30 de 03 de 2017). Los robots, no México, causa del desempleo en EU. *Milenio* .
- Albrieu, R., & Rapetti, M. (2018). *¿Robots en las pampas? Futuros alternativos para el mercado de trabajo argentino en la Cuarta Revolución Industrial*. Documento de Políticas Públicas, Recomendación No 210. Buenos Aires,: CIPPEC.
- Autor, D., Levy, F., & Murnane, R. (2003). The skill content of recent technological change: An empirical exploration. *The Quarterly Journal of Economics*, Volume 118, Issue 4, November, 1279-1333.
- Autor, D., & Handel, M. (2013). Putting Tasks to the Test: Human Capital, Job Tasks, and Wages. *Journal of Labor Economics* , 32 (2), S59-S96.
- Banco Mundial (2016). “*Digital Dividends*”, *World Development Report 2016* . Washington D.C.
- Bessen, J. (2015). *How Computer Automation Affects Occupations: Technology, Jobs, and Skills*. *Boston* (15-49), 39.
- Brixner, C., Isaak, P., Mochi, S., Ozono, M., & Yoguel, G. (2019). *Industria 4.0 : ¿intensificación del paradigma TIC o nuevo paradigma tecnoorganizacional?*, Ciudad Autónoma de Buenos Aires: Centro Interdisciplinario de Estudios en Ciencia, Tecnología e Innovación.
- Calderón Villarreal, Cuauhtémoc, Huesca Reynoso, Luis, & Ochoa Adame, Gloria Lizeth. (2017). Análisis comparativo de la desigualdad salarial entre México y Estados Unidos. *Investigación económica*, 76(300), 3-31. Recuperado en 26 de octubre de 2020, de http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0185-16672017000200003&lng=es&tlng=es.
- Calvino, F., & Enrica Virgillito, M. (2016). *The Innovation-Employment nexus: a critical survey of theory and empirics*. (P. S.–U. Paris, Ed.) Paris: ISI Growth, Innovation-Fuelled, Sustainable, Inclusive Growth.

- Carrillo, J., Gomis, R., de los Santos, S., Covarrubias, L y Matus, M. (junio, 2020). Are engineers able to transit to Industry 4.0 in the automotive sector? The case of Baja California in México. En Pardi, T. y De ontaines, G. (Presiden- cia) *28th International Gerpisa Colloquium “Going digital transforming the automotive industry” Virtual Conference*.
- Casalet, M. (2018). *La digitalización industrial. Un camino hacia la gobernanza colaborativa. Estudios de casos*. Santiago, Chile: Comisión Económica para América Latina y el Caribe (Cepal). Recuperado de https://repositorio.cepal.org/bitstream/handle/11362/44266/1/S1800941_es.pdf
- Cohen, W., & Levinthal, D. (1990). *Absorptive Capacity: a New Perspective on Learning and Innovation* (Vols. , Vol. 35, no. 1). Administrative Sciences Quaterly.
- Cosca, T., & Emmel, A. (August de 2010). Revising the Standard Occupational Classi- cation system for 2010. *Monthly Labor Review*.
- Cowen, T. (2011). *The great stagnation: how America ate all the low-hanging fruit of modern history, got sick, and will (eventually) feel better*. New York:Dutton, USA.
- Davenport, T. O. (2000). *Capital Humano, Creando ventajas competitivas a través de las personas*. Barcelona , España: Ediciones Gestión .
- Degryse, C. (2016). *Digitalisation of the economy and its impact on labour markets* . European Trade Union Institute, Working Paper 2016.02, Brussels.
- Dosi, G. (1982). *Technological paradigms and technological trajectories: the determinants and directions of technical change and the transformation of the economy*. Research Policy,.
- Economía, S. d. (2016). *Crafting the Future: A Roadmap for Industry 4.0 in Mexico*. Ciudad de México.
- Ford, M. (2015). *Rise of the robots: technology and the threat of a jobless future*. New York: Basic Book.
- Freeman, C. (1994). The economics of technical change. *Cambridge Journal of economics* , 463-514.

- Frey, C., & Osborne, M. (2013). The future of employment: how susceptible are jobs to computerization? *University of Oxford* .
- Gorecky, D., Schmitt, M., Loskyll, M., & Zühlke, D. (2014). Human-machine-interaction in the industry 4.0 era, 2014: *International Conference on Industrial Informatics. 12th IEEE International Conference on Industrial Informatics (INDIN)*, Porto Alegre, pp. 289-294
- Hawking, S. (December de 2016). This is the most dangerous time for our planet. *The Guardian* .
- Hernández Licona, G. (2000). El empleo en México en el siglo XXI . *El Cotidiano* , vol. 16 (100), 117-128.
- International Labour Office. (2012). *International Standard Classification of Occupations: ISCO-08, Structure, group definitions and correspondences tables*. Geneva:ILO.
- Ivanov, D., Dolgui., A., Sokolov, B., & Werner, F. (2016). A dynamic model and an algorithm for short- term supply chain scheduling in the smart factory industry 4 . 0. *International Journal of Production Research* , 1–17.
- Katz, J. (1987). *Technology Generation in Latin American Manufacturing Industries*. London: Macmillan.
- Kumar, R. (2011). *Research Methodology, A step-by-step guide for beginners*. London: SAGE publications.
- Lasi, H., Fettke, P., Kemper, H., Feld, T., & Hoffmann,, M. (2014). Industry 4.0. *Business & Information Systems Engineering* , 6, 239-242.
- Lorenz, E., Tessarin, M., & Morceiro, P. (2019). *Informe sobre la adopción de tecnologías de la 4ta revolución industrial en la industria sudafricana*. Sudáfrica.
- McAfee, A., & Brynjolfsson,, E. (2014). *The second machine Age: Work, progress and prosperity in a time of brilliant technologies*. New York, W.W.
- Manyika, J. (2013). *Disruptives technologies: advances that will transform life, business, and the global economy*. Washington, DC: McKinsey Global Institute.
- Marjanovic, U., Lalic, B., Delić, M., & Tasic , N. (2017). Industry 4.0: Evidence from Transitional Economy. *International Journal of Global Business* , 26-36.

- Marjanovic, U., Lalic, B., Delić, M., & Tasic, N. (Junio de 2017). Industry 4.0: Evidence from Transitional Economy. (F. o. University of Novi Sad, Ed.) *International Journal of Global Business* , 36.
- Martínez Martínez, Álvarez Medina, García Garnica, (junio, 2020) *Industria 4.0 en México. Elementos diagnósticos y puesta en práctica en sectores y empresas*, Universidad Nacional Autónoma de México, Plaza y Valdés Editores, México.
- Marx, K. (1975). *El Capital* (Vol. 3). México: Fondo de Cultura Económica.
- Nübler, I. (2016). *New technologies: A jobless future or golden age of job creation?* . International Labour Office, Research Department. Geneva: ILO.
- Neffa, J. C. (1999). *Actividad, trabajo y empleo: algunas reflexiones sobre un tema en debate [En línea]*. Universidad Nacional de La Plata, Facultad de Humanidades y Ciencias de la Educación. Argentina: Orientación y Sociedad.
- Neffa, J. C., Panigo, D. T., Pérez, P. E., & Persia, J. (2014). *Actividad, empleo y desempleo : conceptos y definiciones* (1a ed. ed.). Ciudad Autónoma de Buenos Aires: Centro de Estudios e Investigaciones Laborales - CEIL-CONICET.
- OECD . (2017). *Getting Skills Right: Skills for Jobs Indicators*. Paris: OECD Publishing.
- OECD . (2019). *OECD Skills Outlook 2019: Thriving in a Digital World*. OECD Publishing.
- Organización Internacional del Trabajo (OIT). (1990). *Clasificación Internacional Estándar de las Ocupaciones: ISCO-88*. Geneva.
- Ospino, C. (2018). *Ocupaciones laborales: clasificaciones, taxonomías y ontologías para los mercados laborales del siglo XXI*. División de Mercados Laborales, Banco Interamericano de Desarrollo.
- Pérez, C. (2002). *Technological revolutions and techno-economic paradigms* (Vol. 34). Cambridge Journal of Economics.
- Pfeiffer, S. (2017). The Vision of “Industrie 4.0” in the Making—a Case of Future Told, Tamed, and Traded. *Nanoethics* **11**, 107–121 <https://doi.org/10.1007/s11569-016-0280-3>
- Reguant, M., & Martínez-Olmo, F. (2014). *Operacionalización de conceptos/variables*. Barcelona: Dipòsit Digital de la UB.

- Reischauer, G. (2018). Industry 4.0 as policy-driven discourse to institutionalize systemic innovation in manufacturing. *Academy of Management Proceedings*.
- Rifkin, J. (2003). El fin del trabajo. Nuevas tecnologías contra puestos de trabajo: el nacimiento de una nueva era. *Revista Chilena de Derecho Informático* .
- Rivière, J. (2009). La complejidad de tarea de las ocupaciones. *Revista de Metodología de las Ciencias Sociales*, 91-121.
- Roitter, S. (2019). *Cambio tecnológico y empleo: aportes conceptuales y evidencia frente a la dinámica en curso*. Ciudad Autónoma de Buenos Aires: CIECTI.
- Schumpeter, J. (1962). *Capitalism, Socialism and Democracy*. New York: Harper Torchbooks.
- Schumpeter, J. A. (1939). *Business Cycles a Theoretical, Historical and Statistical Analysis of the Capitalist Process*. New York Toronto London : McGraw-Hill Book Company.
- Schwab, K. (2016). *The Fourth Industrial Revolution*. World Economic Forum.
- Saldaña, I. (01 de 09 de 2019). Robots e inteligencia artificial, una amenaza para los trabajadores de México. *El universal Online* .
- Shook, E., & Knickrehm, M. (2017). *Reworking the revolution*. Accenture strategy.
- United Nations Industrial Development Organization. (2019). *Absorbing Advanced Digital Production Technologies to Foster Industrialization Evidence from Case Studies in Developing Countries. Background document prepared for the Industrial Development Report 2020*. Vienna: United Nations Industrial Development Organization.
- Vivarelli, Marco (2007). *Innovation and Employment: A Survey*. IZA Discussion Paper No. 2621, Germany.
- Vivarelli, M. (2014). *Innovation, employment and skills in advanced and developing countries: A survey of economic literature* (Vol. 48). Journal of Economic Issues.
- Weller, J., Gontero , S., & Campbell, S. (2019). *Cambio tecnológico y empleo: una perspectiva latinoamericana. Riesgos de la sustitución tecnológica del trabajo humano y desafíos de la generación de nuevos puestos de trabajo*. Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL). Santiago: serie Macroeconomía del Desarrollo.

- World Economic Forum. (2018). *The Future of Jobs Report 2018*. Cologny/Geneva.
- World Economic Forum. (2018). *The New Production Workforce: Responding to Shifting Labour Demands*. White paper.
- Yin, R. (2003). *Case Study Research. Design and Methods* (Third ed,1st edition 1994 ed.). (Applied Social Research Methods Series, Ed.) California: Sage Publications.