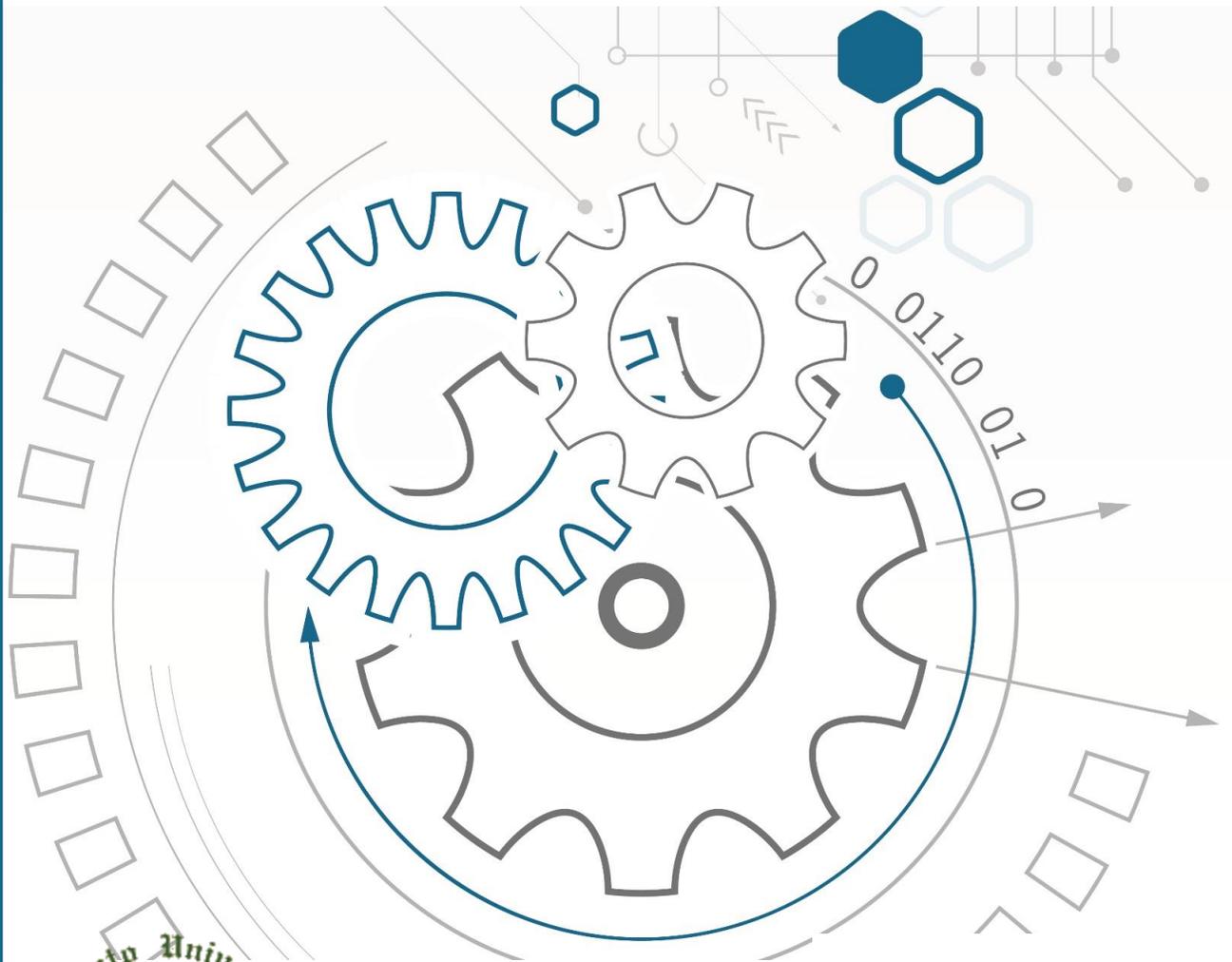


Enrique Barajas Montes
Dora Luz González Bañales
Adla Jaik Dipp

POWER SKILLS EN LA INDUSTRIA 4.0 Y LA INVESTIGACIÓN PROSPECTIVA

Aplicación del Método Delphi



ISBN: 978-607-9003-56-2



9 786079 003562

POWER SKILLS EN LA INDUSTRIA 4.0 Y LA INVESTIGACIÓN PROSPECTIVA

Aplicación del Método Delphi

Enrique Barajas Montes

IUNAES – ReDIE

Dora Luz González Bañales

Instituto Tecnológico de Durango

Tecnológico Nacional de México

IUNAES – ReDIE

Adla Jaik Dipp

IUNAES – ReDIE

Primera edición: **Enero 2022**

Editado en **Durango, Dgo., México**

ISBN: **978-607-9003-56-2**

Editor: **Instituto Universitario Anglo Español**

Línea Editorial: Tesis Doctorales

Diseño de portada:

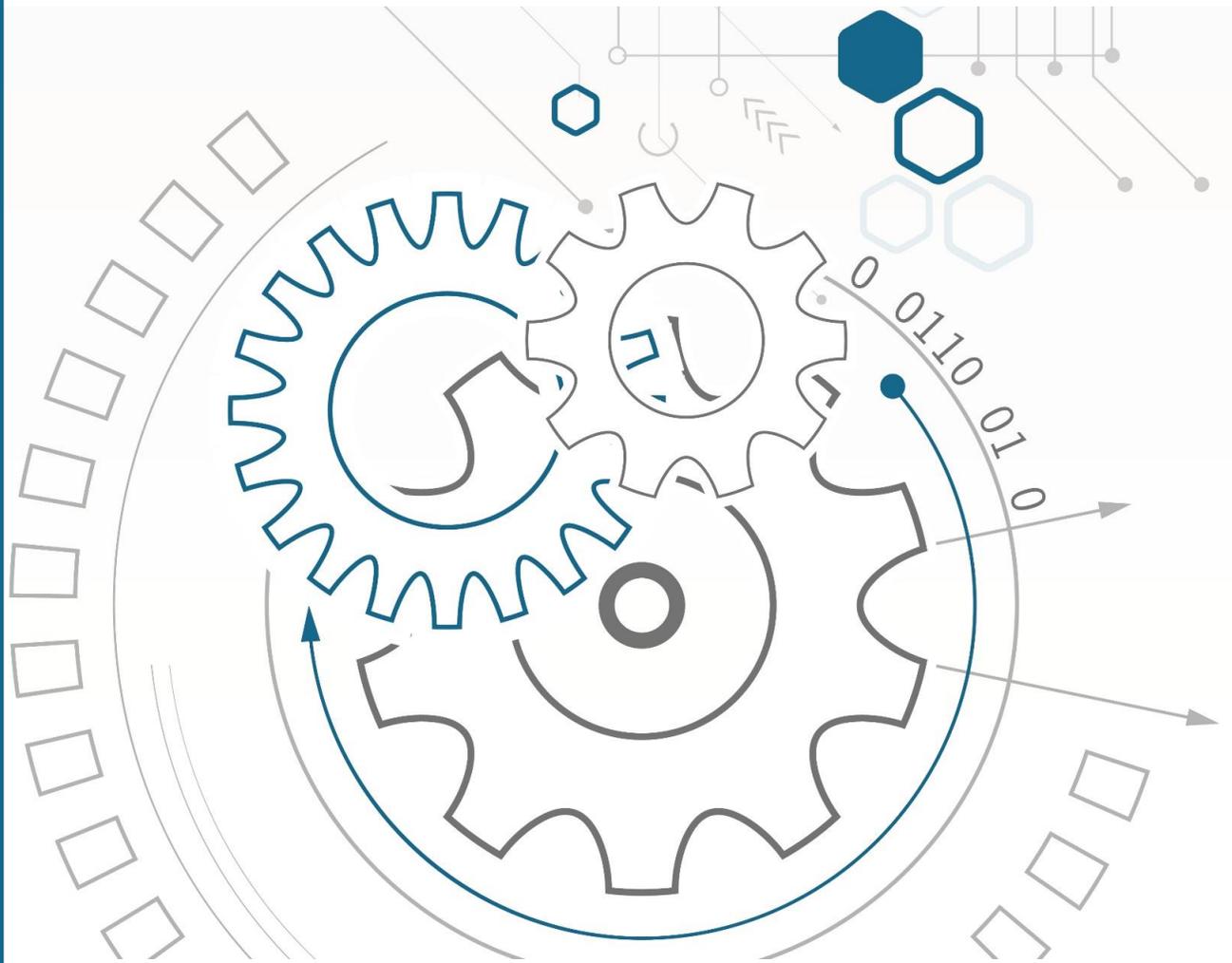
Enrique Barajas Montes

Derechos reservados conforme a la ley:

Este libro no puede ser impreso, ni reproducido total o parcialmente por ningún otro medio sin la autorización por escrito de los editores.



Power Skills en la Industria 4.0 | la Investigación Prospectiva
Enrique Barajas Montes, Dora Luz González Bañales y Adla Jaik Dipp



ÍNDICE

ÍNDICE	ii
PRÓLOGO	vi
INTRODUCCIÓN	xi
CAPÍTULO I CONSTRUCCIÓN DEL OBJETO DE INVESTIGACIÓN	1
Antecedentes.....	2
Identificación de habilidades futuras e investigación prospectiva.	4
Descripción y caracterización del campo de estudio	6
Antecedentes históricos de la industria y su relación con la educación.	7
La educación antes y durante el Renacimiento y Primera Revolución Escolar.	8
Segunda Revolución Educativa.	10
Primera Revolución Industrial.	12
Tercera Revolución Escolar.	14
Segunda Revolución Industrial.....	16
La educación durante la Segunda Revolución Industrial.	23
La educación en el siglo XX.	24
Tercera Revolución Industrial.....	25
El conocimiento y la educación durante la Tercera Revolución Industrial.....	31



Cuarta Revolución Industrial.	32
La educación en la Industria 4.0.	35
Los retos para la educación en la Industria 4.0.....	37
Evolución de la educación tradicional hacia la Educación 4.0.	40
Habilidades para la Industria 4.0.....	42
Planteamiento del problema	49
Panorama de la problemática generada en cada revolución industrial.	49
La problemática con y en la fuerza laboral actual.	52
Los retos de la Educación en la era 4.0.	54
Un panorama para las IES ante la Industria 4.0.....	57
Preguntas de investigación.....	60
Pregunta de Investigación general.....	60
Preguntas de investigación específicas.	60
Objetivos de Investigación	61
Objetivo general.	61
Objetivos específicos.	61
Justificación	62
CAPÍTULO II MARCO REFERENCIAL	64
Principales tecnologías que integran la Industria 4.0.....	65



Pilares tecnológicos de la industria 4.0.....	66
Los pilares tecnológicos de la Industria 4.0, desglosados	67
Las habilidades para la era de la cuarta revolución industrial.....	85
CAPÍTULO III DISEÑO METODOLÓGICO	93
Bases conceptuales de la investigación prospectiva	96
Métodos para la investigación prospectiva	98
Investigación prospectiva estratégica.	99
Método Delphi	108
Técnica, instrumento y participantes seleccionados.	130
CAPÍTULO IV RESULTADOS.....	135
Categorización de habilidades.....	136
Sondeo exploratorio en la región	139
Identificación de expertos y primera ronda Delphi	141
Tratamiento estadístico de datos.....	144
Descripción estadística de ítems.....	146
Segunda ronda Delphi	149
Entrevista a expertos.	152
Dimensiones e ítems identificados por los expertos	158
Discusión de resultados.....	159



CONCLUSIONES.....	171
REFERENCIAS.....	182



PRÓLOGO

Tras una larga investigación, Yuval Noah Harari llegó a una conclusión que, por decir lo menos, resulta muy inquietante: para 2050 “No tenemos idea alguna de cómo será el mercado laboral”, debido a que “La fusión de la infotecnología y biotecnología puede hacer que muy pronto miles de millones de humanos queden fuera del mercado de trabajo y socavar tanto la libertad como la igualdad. Los algoritmos de macrodatos pueden crear dictaduras digitales en los que todo el poder esté concentrado en las manos de una élite minúscula al tiempo que la mayor parte de la gente padezca no ya explotación, sino algo muchísimo peor: irrelevancia” (Harari, 2018).

La afirmación de Harari no es una historia de ciencia ficción. La revolución emprendida por científicos, inventores y empresarios durante la década de los cincuenta del siglo pasado ha reconfigurado nuestra forma de estar en el mundo, especialmente en lo que se refiere al contexto laboral.

Dada la relevancia que reviste la noción convendría detenernos un poco a recordar sus orígenes, con el propósito de identificar otros retos que van más allá del arriba expuesto y, sobre todo, contextualizar la importancia del libro que usted tiene frente a sí.

En 2016, Klaus Schwab, fundador del Foro Económico Mundial, publicó “La cuarta revolución industrial”, un libro que, a pesar de su sencillez y aparente obviedad, se ha convertido en un texto muy influyente, debido a lo oportuno de su invitación: “reflexionar sobre quiénes somos y cómo nos vemos en el mundo”,

especialmente en un momento donde crece la incertidumbre ante la velocidad y profundidad de los procesos de transformación por los que atraviesan todas las industrias, esquemas de gobierno, organizaciones sociales y el entorno ecológico.

La magnitud y profundidad de la transformación aludida es tan determinante, que Schwab la entiende como un claro signo de la emergencia de la cuarta revolución industrial, misma que, a diferencia de las anteriores, “está evolucionando a un ritmo exponencial, más que lineal” (Schwab, 2016) debido al rol que juega en ella la tecnología.

¿Hasta dónde la advertencia de Schwab es más un ardid mercadotécnico para darle un toque dramático a la agenda internacional que año con año se desprende del Foro en Davos o, efectivamente, hay razones y señales inequívocas para creer que estamos frente a una cuarta revolución industrial?

Siguiendo el planteamiento de Schwab, “la palabra revolución indica un cambio abrupto y radical. Las revoluciones se han producido a lo largo de la historia cuando nuevas tecnologías y formas novedosas de percibir el mundo desencadenan un cambio profundo en los sistemas económicos y estructuras sociales” (Schwab, 2016, p. 11). La manera en que se han venido suscitando las distintas revoluciones industriales en la humanidad, dan para creer que Schwab tiene razón.

La domesticación de los animales posibilitó el advenimiento de “la revolución agrícola combinando los esfuerzos de los animales con los de los seres humanos con vistas a la producción, el transporte y la comunicación. [...] La revolución



agrícola fue seguida por una serie de revoluciones industriales que comenzaron en la segunda mitad del siglo XVIII. Estas marcaron la transición de la energía muscular a la mecánica y evolucionaron hasta lo que conocemos hoy, con la cuarta revolución industrial: un mayor poder cognitivo que aumenta la producción humana. [...] comenzó a principios de este siglo y se basa en la revolución digital. Se caracteriza por un internet más ubicuo y móvil, por sensores más pequeños y potentes que son cada vez más baratos, y por la inteligencia artificial y el aprendizaje de la máquina” (Schwab, 2016, pp-13-15).

El diagnóstico de Klaus Schwab está a la distancia de la ingenuidad. La velocidad, amplitud, profundidad e impacto de los avances derivados de la era digital en los sistemas económico, político, social y naturales, son señales inequívocas que nos permiten asegurar que somos parte de una cuarta revolución industrial, donde la inteligencia artificial tiene un papel clave.

Sobre esta, como bien nos advierte Harari, deberíamos tener en cuenta que “no solo está a punto de suplantar a los humanos y de superarlos en lo que hasta ahora eran habilidades únicamente humanas. También posee capacidades exclusivamente no humanas, lo que hace la diferencia entre una inteligencia artificial y un trabajador humano sea también de tipo, no simplemente de grado” (Schwab, 2016, p. 41) ¿Debemos entender tal diferencia como nuestra última oportunidad para detener el influjo de esta cuarta revolución industrial? ¿Tal pregunta tiene sentido en el contexto laboral?



Considerando los muchos beneficios que puede traer consigo la robotización y la incorporación de la inteligencia artificial al mundo del trabajo, como dice Harari, sería una locura intentar bloquearles con el propósito de salvaguardar los empleos humanos. En todo caso, “lo que deberíamos proteger en último término es a los humanos, no los puestos de trabajo. Los conductores y médicos que sean innecesarios tendrán que encontrar otra cosa que hacer” (Schwab, 2016, p. 43).

La cara amable de este discurso futurista, que algunos ven como uno de terror, es que “al menos en el corto plazo, es improbable que la inteligencia artificial y la robótica acaben con industrias enteras. Los empleos que requieran especialización en una estrecha gama de actividades rutinizadas se automatizarán. Pero, será mucho más difícil sustituir a los humanos por máquinas en tareas menos rutinarias que exijan el uso simultáneo de un amplio espectro de habilidades, y que impliquen tener que enfrentar situaciones imprevistas” (Schwab, 2016, p. 44).

¿Hay alternativas para contrarrestar los riesgos que esta cuarta revolución supone para nuestra libertad, la igualdad en el acceso a los beneficios derivados de esta, la preservación de nuestra dignidad, relevancia como humanos y el impacto medioambiental?

A diferencia del páramo que encuentro en el terreno de la política, las salidas las veo en el de la educación, específicamente en el desarrollo de esa serie de competencias profesionales que podrían servir a modo de contrapeso al rostro menos amable de la denominada Industria 4.0. El andamiaje de dichos contrapesos, como bien señalan en su análisis Enrique Barajas, Dora González y Adla Jaik,



autores de este libro, tiene su punto de partida en los niveles medio superior y superior. Y en eso, pienso, consiste la oportunidad coyuntural del presente texto. No hay revolución posible si esta no se realiza desde los afanes humanísticos de la educación.

La tarea de los autores de ponernos frente a un rico escenario reflexivo producto de una cuidadosa investigación de carácter prospectivo sobre las habilidades requeridas por los egresados universitarios para enfrentar de manera exitosa los desafíos que se desprenden a partir de la Industria 4.0, pienso, ha sido realizada. Con todo quedan algunas tareas pendientes que deberán asumir los gobiernos, las instituciones educativas, centros de investigación, sectores empresariales y, sin ser los últimos actores concernidos, los sindicatos. La tarea de usted será la de arribar a sus propias conclusiones y tomar las medidas que considere oportunas.

Dr. Pablo Ayala Enríquez
*Decano Asociado de Formación Ética y Ciudadana
Instituto Tecnológico y de Estudios Superiores de Monterrey (ITESM),
Campus Monterrey*



INTRODUCCIÓN

La Industria 4.0 es un término relativo a la denominada Cuarta Revolución Industrial, las tecnologías sobre las que esta nueva industria se edifica vienen a disrumpir todos los sectores de la humanidad, desde aspectos sociales, económicos, hasta laborales y educativos, son estos dos últimos aspectos y la relación que los une de manera natural lo que aborda el presente trabajo.

El área de oportunidad sobre la que gira esta investigación es la generada por los retos que supone la llegada de la Industria 4.0 y sus impactos sociales, laborales, económicos y educativos, aunque abordar las variables que rondan esta problemática sería imposible desde una sola investigación, en la presente, se aborda desde una perspectiva educativa prospectiva. Algunas de estas variables son las pérdidas y desplazamientos de empleos, sobre todo de aquellos que en los que pueden ser sustituidos los humanos por máquinas, las brechas económicas que las nuevas tecnologías de la Industria 4.0 generarán, la curva de aprendizaje para estas nuevas tecnologías, e incluso el hecho de que aún existen países que no han adoptado completamente las tecnologías de la tercera revolución industrial.

La organización del presente trabajo está dada en cuatro capítulos. El primero describe la construcción del objeto de investigación, abordando los antecedentes en la identificación de habilidades futuras y la investigación prospectiva, para después atender los antecedentes históricos de la industria y su relación con la educación, se incluye una descripción de las cuatro revoluciones



industriales y las tres revoluciones escolares, el contexto histórico de las mismas y los nexos tecnológicos y sociales en dichas revoluciones. Asimismo, se aborda el futuro de los empleos y se plantea el problema sobre el que se centra este trabajo, se plantea el panorama de la problemática generada en cada revolución industrial con la fuerza laboral y los impactos en la educación, así como el panorama y los retos que enfrenta la propia educación ante la Industria 4.0. En este primer capítulo se presentan los objetivos, preguntas de investigación y la justificación del presente trabajo de investigación.

En el segundo capítulo, se expone el marco referencial de la presente investigación, en él se abordan los conceptos generales de la Industria 4.0: *Big-Data*, *Block-Chain*, Internet de las cosas (IoT), Inteligencia Artificial (AI), *Machine Learning*, *Ubiquitous Internet*, Ciberseguridad, *Cloud-Technology* o *Cloud Computing*, *Net-Working*, Realidad Virtual y Realidad Aumentada, *Plug and Produce*, Manufactura Aditiva, Digitalización y Virtualización, Computación Cuántica y Biomédica y Biotecnología.

En el tercer capítulo se presenta el diseño metodológico, las bases conceptuales de la investigación prospectiva, los métodos empleados para esta, y se aborda en específico el método Delphi, además se exponen la técnica, el instrumento y los participantes.

El cuarto capítulo describe los resultados de investigación obtenidos, en éste se presenta el análisis de las habilidades para que los estudiantes de nivel medio superior y superior se incorporen al entorno laboral de la Industria 4.0, también se



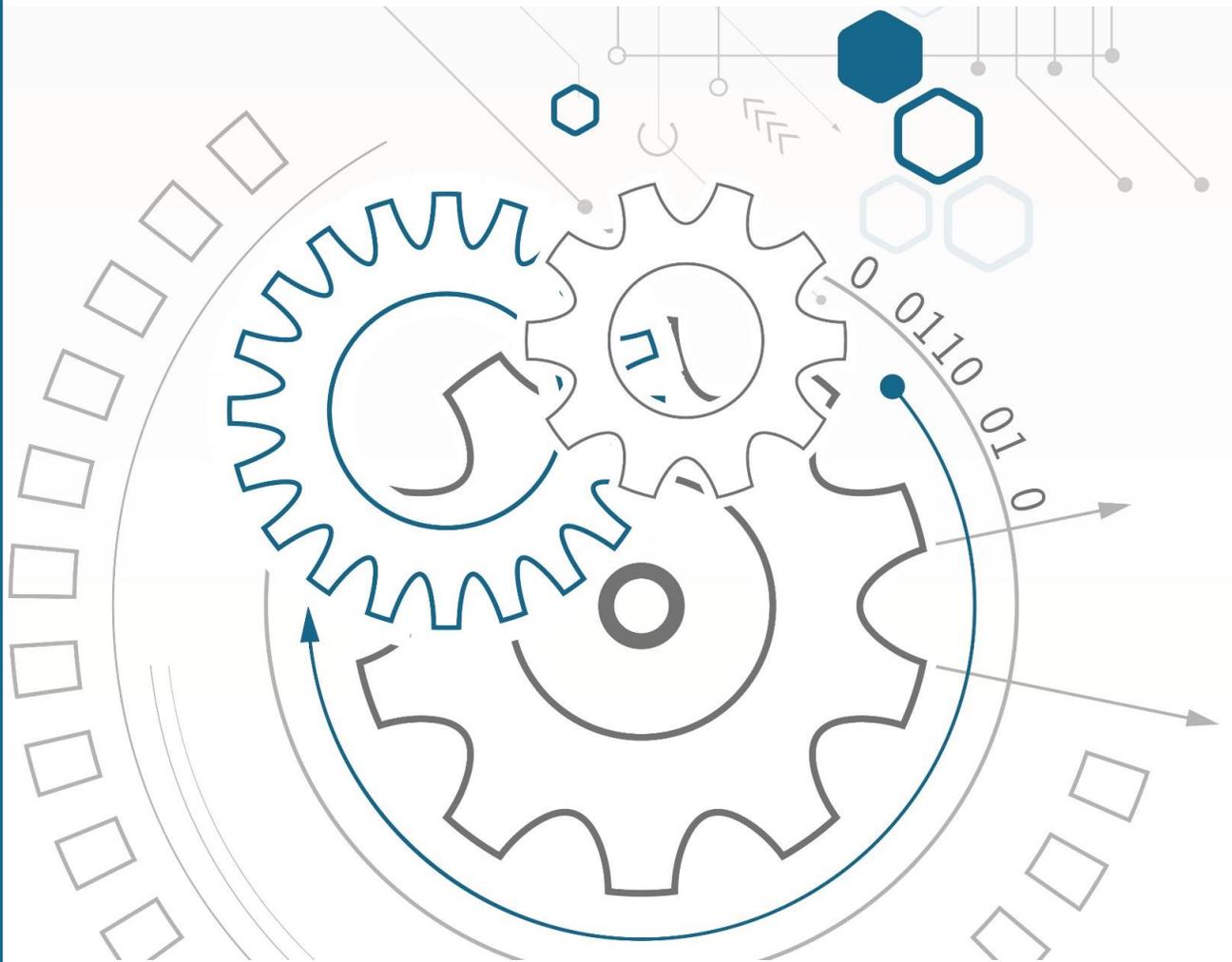
presentan los resultados del sondeo exploratorio sobre el conocimiento relativo a la Industria 4.0 y la identificación de los expertos que participaron con base al uso de la técnica Delphi y los resultados del mismo, posteriormente se plasman las entrevistas a los expertos y su opinión sobre la importancia de las habilidades requeridas para incorporarse en la Industria 4.0, después se discuten los resultados.

Para finalizar se presentan las conclusiones de este trabajo de investigación, donde se realiza un contraste con otras investigaciones similares consultadas, resaltando diferencias y similitudes.



CAPÍTULO I

CONSTRUCCIÓN DEL OBJETO DE INVESTIGACIÓN



En el presente capítulo se describen los antecedentes que llevan al desarrollo de este trabajo de investigación, se describe y caracteriza el campo de estudio, mostrando la relación entre la industria y la educación a lo largo de la historia, desde una panorámica general, iniciando con la educación antes y durante el Renacimiento, para pasar por la Primera Revolución Escolar y la Primera Revolución Industrial, para proseguir con la Segunda, Tercera y Cuarta Revolución tanto escolar como Industrial. Además, se introduce a los retos que enfrenta la educación ante la Cuarta Revolución Industrial o también llamada Industria 4.0. Finaliza este capítulo con la exposición del futuro de las habilidades para los empleos en la Cuarta Revolución Industrial.

Antecedentes

La Cuarta Revolución Industrial que arroja el término Industria 4.0 está en boga, pero de qué trata, en síntesis, es la incorporación sinérgica de la robótica, la automatización, el internet de las cosas y el Big-Data, y otros pilares que la sustentan (Portella, 2018).

La denominación “4.0” se utiliza para identificar la relación entre un sustantivo y la cuarta revolución industrial o Industria 4.0. Dentro de la literatura consultada es poca la información que se encuentra sobre los conceptos Escuela 4.0, Educación 4.0 y Talento 4.0 en español, en el idioma inglés se pueden localizar cantidades diferentes del término como *School 4.0*, *Education 4.0* o *Talent 4.0*, aunque las



investigaciones lo enlazan a la formación de capital humano, son pocos los ejemplos equiparables a los objetivos de la presente investigación.

Entre los autores que manejan el adjetivo “4.0” está Buasuwan (2018) en su artículo *Rethinking Thai higher education for Thailand 4.0*, donde se abordan las necesidades de las universidades para formar capital humano en la política de desarrollo actual de Tailandia, que lleva por nombre *Thailand 4.0* y aunque no maneja el término de educación, escuela o talento 4.0, sí aborda sobre cómo se debe de preparar a los futuros profesionistas para la actual revolución industrial.

En su libro *La segunda era de la máquina*, Brynjolfsson y McAfee (2014) describen una segunda era de la máquina, la del computador, tomando como primera era la de la máquina de vapor. En esta nueva era, la de la Industria 4.0, los empleos con tareas rutinarias desaparecerán, ya que los empleados serán reemplazados por máquinas, por otra parte, los empleos no rutinarios, aquellos que exigen trabajo mental o manual como lo son los analistas financieros o estilistas, tenderán a perdurar. La mejor manera de utilizar la nueva tecnología no es el remplazo de humanos por máquinas, sino reestructurar los procesos. La creatividad y la innovación son dos habilidades que las máquinas no pueden alcanzar, así que estas dos competencias serán necesarias para todos los futuros trabajadores. Por tanto, la educación será decisiva, no solo el qué se enseña sino el cómo se enseña, el emprendedurismo, la innovación y la investigación (en ciencias) requerirán ser habilidades para enseñar (Brynjolfsson y McAfee, 2014).



Identificación de habilidades futuras e investigación prospectiva.

Existen ya investigaciones referentes a la búsqueda de las habilidades requeridas para los egresados de las Instituciones de Educación Superior (IES) conforme a las exigencias de la Industria 4.0, tal es el caso del rediseño del currículo alineado a la misma industria por parte de Matloob Ellahi, Ali Khan, y Shah (2019) en la Segunda Conferencia Internacional sobre *Emerging Data* e Industria 4.0. En esta investigación se aborda la relación del currículo y la práctica docente. Como resultados propone una matriz curricular en la que las universidades pueden basar sus futuros diseños curriculares, con el fin de incorporar a las nuevas generaciones a esta nueva industria.

La pregunta que aborda la presente investigación es: ¿Cuáles habilidades futuras serán requeridas para alinear los recursos humanos con la industria 4.0? para contestarla hace una revisión bibliográfica de setenta y cuatro artículos académicos con el tema de Industria 4.0 desde el año 2013 al 2020, se centra en encontrar las palabras clave de las tecnologías y habilidades de esta cuarta revolución industrial y analiza la frecuencia de las mismas encontrando algunos de los pilares mencionados posteriormente en el presente trabajo, lo interesante es que va acotando cuales tecnologías regirán a esta nueva industria y por ello es en las que las universidades deben de centrar sus esfuerzos para preparar a los alumnos en ellas (Matloob et al., 2019). Esta investigación es bibliográfica y exploratoria, su aporte a la presente es en el establecimiento de las tecnologías pilares de la



Industria 4.0 más para las habilidades necesarias para la misma queda corta de aporte.

Para encontrar antecedentes sobre la búsqueda prospectiva de habilidades, Thompson (2009) presenta un diseño axiomático del currículo en el proceso educativo desde una base científica. El diseño axiomático, es un método de investigación utilizado para problemas complejos con distintas variables, la aplicación de este en el proceso educativo es porque es complejo, se requiere de flexibilidad en todos los aspectos, las variables de este proceso arrojan robustez de información, repetición y redundancia de esta, por lo que es necesario integrar todos estos datos de forma adecuada y sistemática. El diseño axiomático fue diseñado para atender problemas mecánicos desde un enfoque científico, utilizando herramientas y bases teóricas para tomar decisiones.

Continuando con la investigación de Thompson (2009) es el educador (docente) como el aplicador del método y diseñador de la clase por medio del diseño axiomático. Presenta una estrategia innovadora en el ámbito educativo, que arroja de resultado una matriz compleja con las habilidades requeridas específicamente para clases de matemáticas y lengua, es una forma de categorizar las necesidades de habilidades y plantear cuáles requieren ser reforzadas y/o enseñadas, por ello colocadas en un currículo académico nuevo, que surge de este análisis (Thompson, 2009).

En lo referente a antecedentes de investigación prospectiva, uno de los usos comunes para este tipo de investigaciones es la de predecir enfermedades, tal es



el caso de la *American Psychiatric Association* que para anticiparse ante los desórdenes creados por el *Internet Gaming Disorder (IGD)*, y poder agregarla en el *Manual Diagnóstico y Estadístico de Trastornos Mentales Quinta Edición* de la *American Psychiatric Association (DSM-5)* como enfermedad, generó una investigación por medio de un estudio longitudinal prospectivo, con más de cinco mil adultos como agentes de estudio o informantes, en sí la investigación se centró en encontrar las afecciones futuras motivacionales y emocionales causadas por el IGD (Weinstein, Przybylski, y Murayama, 2017). Los resultados de la investigación antes mencionada no tienen importancia para el presente trabajo, solo el método de investigación utilizado.

Descripción y caracterización del campo de estudio

Con el fin de identificar las características del campo de investigación en torno al objeto de investigación: las habilidades requeridas de los estudiantes de nivel medio superior y superior para incorporarse al entorno laboral de la Industria 4.0, se revisaron en el presente documento reportes de investigación, noticias de actualidad, libros y artículos científicos y de divulgación con los temas: Educación 4.0, Industria 4.0, Talento 4.0, Habilidades para el siglo XIX, Educación para el futuro. En este apartado se abordan los antecedentes recopilados, así como la definición del problema, las preguntas y objetivos de la presente investigación.



Antecedentes históricos de la industria y su relación con la educación.

En este apartado se presentan los antecedentes de la Industria 4.0 y las revoluciones industriales que la precedieron, este contexto histórico se centra en la relación de la industria y la educación. Además, se detalla el campo de estudio y los antecedentes teóricos que lo preceden, asimismo se plantea el problema que atiende esta investigación y los objetivos de ésta junto con su justificación.

En dirección a comprender el término *Industria 4.0* es necesario describir que precede a este término. Con el fin de poder comprender el impacto de la Cuarta Revolución Industrial y su relación con la educación, se presentan aspectos históricos y su impacto en la educación.

Paralelas a la transformación de la industria, se puede encontrar una evolución de la escuela similar a la de la industria, bibliográficamente se identifican textos que mencionan la existencia de una Cuarta Revolución en la Educación, por ende, existen una Tercera, Segunda y Primera Revolución Educativa o Escolar, que van cronológicamente enlazadas con eras industriales.

Brunner (2002) menciona que existe una Cuarta Revolución Escolar, señalando que la primera fue pasar de la instrucción informal a la creación de la institución académica, la segunda fue el hacer público la educación, la tercera fue dar educación a las masas y la cuarta es la actual.

Para iniciar se describe el periodo histórico del Renacimiento y sus modelos educativos preponderantes, para luego llegar a Primera Revolución Industrial, sus principales aportes sociales y sobre todo educativos, sucesivamente se presenta de



forma similar la Segunda y Tercera Revolución Industrial, para luego dar introducción a la revolución en que se centra el presente trabajo de investigación.

La educación antes y durante el Renacimiento y Primera Revolución Escolar.

La educación forma parte de todas las agrupaciones sociales, por lo tanto, es parte de todas las sociedades. Toynbee (1947, como se citó en Brunner, 2002) menciona que: La humanidad trasmite y adquiere su cultura de forma libre al igual que la lengua, este proceso ya es un hecho de educación.

Previo al Renacimiento, se pueden sintetizar tres grandes culturas que educaban a sus ciudadanos:

- Egipto tenía una escuela basada en la oratoria y la milicia, en el “decir y hacer”, la familia y los escribas eran los educadores;
- Grecia por su parte enseñaba por medio de los homéridas su cultura de manera oral de una forma épica, a la vez formaba a su pueblo de forma aristocrática y en oficios;
- Roma, en cambio mantenía una postura de aculturación griega y presentaba ya los esbozos de una educación pública.

Las tres culturas, a su manera, otorgaban una educación integral a su sociedad: incluía música, matemáticas, poesía, filosofía y educación física, no todos los ciudadanos tenían acceso a esta educación, ni eran instruidos en todos estos



campos, pero de forma general la sociedad contaba con personas instruidas o educadas en estas áreas (Alonso, 2012).

Siguiendo la línea de tiempo de la historia humana, tras la caída del Imperio romano de Occidente en el siglo V, inicia una etapa que dura casi mil años en Europa, conocida como la Edad Media, esta etapa se divide históricamente en la Alta Edad Media, donde inicia la decadencia de la cultura clásica, se fundan monasterios en el mundo conocido y se concibe la escritura y lectura de textos sagrados, en esta etapa se imparte la moral cristiana como pilar de la educación. La secuela de ésta fue la Baja Edad Media, que abarca del siglo XI hasta el Renacimiento, siglo XVI, en esta etapa surgen las universidades y la escolástica, inicia el apogeo de la educación de la elite, la educación caballeresca (Alonso Salas, 2012).

En Europa, con el auge del cristianismo, las primeras escuelas tenían como principal objetivo introducir en el dogma al individuo en el cristianismo (la escolástica). La formación práctica estaba en el hogar y en la comunidad, si se quería ser carpintero, bastaba con formarse en el taller familiar o acudir como ayudante a uno y de esta manera convertirse en aprendiz de algún maestro carpintero. A pesar de que las primeras universidades fueron fundadas desde el siglo XI, la educación para la población en general no era en aulas como tal, sólo la elite podía acudir a dichas instituciones, para el resto de la población, no existía un sistema a seguir, una locación física para aprender ni un programa establecido para



la alfabetización. Ante estas desventajas surge lo que se puede definir como la Primer Revolución Escolar (Brunner, 2002).

Segunda Revolución Educativa.

La Segunda Revolución Escolar surge en la Edad Moderna, final del renacimiento e inicios de la Primera Revolución Industrial, lo que la caracteriza es la creación del sistema de educación público. Los estados crearon las primeras instituciones para la formación. El gobierno regía las estructuras educativas. La imprenta y los primeros pasos en la cultura científica impulsaron la trasmisión de información y la importancia de ésta. Se da el brinco de la trasmisión oral generalizada del conocimiento a la impresa (Brunner, 2002).

En la Edad Moderna, comprendida del siglo XVI al XVII se resalta en la sociedad la importancia de la lectura y la educación en general, el pensamiento social se ve afectado por los movimientos políticos de la Iglesia Católica: la Reforma y Contrarreforma, la imprenta ayuda a propagar las ideas de una forma tan rápida ante la cual no existía precedente, los pensadores comienzan a difundir sus pensamientos, se generan críticas a la educación, la literatura y la filosofía predominante de la época. La Reforma Católica, iniciada por Lutero y sus 95 tesis, fomentaba la libre interpretación de la biblia, eliminaba aspectos como el clero regular, (sacerdotes, obispos, cardenales, etcétera), el celibato, entre otros cambios.



Los países del norte de Europa, alejados de Roma y afectados por la corrupción del catolicismo, fueron los primeros en aceptar esta nueva vertiente de la religión. En el área del pensamiento, la libertad de interpretar libremente la biblia permitió el desarrollo de un criterio crítico, no solo a la religión, sino a toda la sociedad, lo que arrojó a la larga un desarrollo intelectual superior en estos países (Alemania, Inglaterra y otros países nórdicos), y a su vez, el catolicismo con su imposición reprimió el libre pensamiento en los países más cercanos al Papa, como lo fueron Italia, Francia y España. Para evitar que los reyes y príncipes de la Europa Católica, aun dominada por parte por el Papa, se separan o Roma siguiendo las enseñanzas luteranas se crearon ordenes como la de los jesuitas, que se dedicarían a la enseñanza superior y de esta forma frenar el impacto del protestantismo. Además, se crearon instituciones como la Inquisición para castigar con dureza a los protestantes y otros pensadores considerados herejes (Alonso, 2012).

En la Edad Moderna se realizaron cambios sociales, tecnológicos, económicos geográficos que afectaron directamente dogmas y creencias, un ejemplo es el descubrimiento de América en 1492, que motivó a las potencias europeas a ambicionar nuevos territorios. Los pensadores de esta época ya visualizaban la importancia de la educación. Otro de los cambios en la educación en esta época fue la generación de información escrita en las lenguas vernáculas de cada país, que anteriormente se escribía solo en latín, este cambio significativo, democratizó a la educación (Alonso, 2012).



Para esta etapa se crea una nueva escuela, se genera una estructura académica, además de que se establecen parámetros para los contenidos de las materias. El papel de ésta es formar al individuo para la sociedad. Los maestros comienzan a profesionalizarse y se categorizan a los alumnos por edad, impartiendo la enseñanza ya en un área destinada sólo a este fin. Pasa de formar sólo a “buenos cristianos” a alfabetizar a los ciudadanos de las naciones, instruyéndolos con las lenguas de cada nación, sus dogmas y cultura (Brunner, 2002).

Primera Revolución Industrial.

Se puede considerar que la Revolución Industrial inició en 1765 con la invención de la máquina de vapor, que trajo grandes cambios sociales, económicos y tecnológicos a la humanidad, otorgando la posibilidad de producir cantidades enormes de poder mecánico en los procesos de producción de la época (Brynjolfsson y McAfee, 2014).

Esta primera Revolución Industrial repercutió en la historia de la humanidad de manera drástica, es situada históricamente en la Edad Contemporánea, que abarca desde la Revolución Francesa a finales del siglo XVIII hasta lo que va del siglo XXI. Las etapas de esta son conocidas como Segunda Revolución Industrial, Tercera y Cuarta, aunque realmente son etapas o evoluciones de la primera.

El sistema feudal cae en esta etapa histórica, llega el capitalismo, las personas que solían trabajar la tierra migran a las ciudades para trabajar en las fábricas, las invenciones tecnológicas y médicas permiten elevar el nivel de vida y



con ello se extiende el promedio de vida. Los terratenientes y la aristocracia dejan de ser predominantes en la sociedad, nace una especie social nueva: los burgueses, los cuales eran dueños de industrias y compañías. Los campesinos mudados a la ciudad se convierten en proletarios que trabajan el capital de los burgueses (Alonso, 2012).

En esta revolución, la ciencia y la tecnología avanzaron a pasos gigantes generando grandes cambios en todas las áreas del saber y de la sociedad. En geopolítica, se instauraron democracias parlamentarias en la mayoría de los países. Las máquinas comenzaron a sustituir al hombre, al utilizar uno de los inventos más importantes de la misma, la máquina de vapor de James Watt en la mayoría de los procesos industriales, se redujeron costos de producción y se aumentó la calidad de los productos. El comercio dejó de ser fundamentalmente local e inició la globalización, los mercados se abrieron a la comercialización tanto de materias primas como productos procesados a partir de las mismas procedentes de países lejanos a los de su consumo final. Se comercializaba ya no sólo entre regiones aledañas, sino entre países y continentes, a diferencia de otras épocas, la velocidad de dichos intercambios era más rápida además de que la diversidad de productos a comercializar era mayor (Alonso, 2012).

En cuanto a educación, las repercusiones en economía y tecnología irían de la mano en los aspectos social y cultural. Sin duda las máquinas eran más eficientes que los trabajadores. Por ello los países industrializados invirtieron en ciencia y tecnología para mejorar su industria y su producción.



Tercera Revolución Escolar.

La Tercera Revolución Escolar es la educación masiva, llega a finalizar algunos de los problemas que aun presentaban las anteriores revoluciones escolares. Aunque en la segunda ya existía la educación pública, ésta no era para todos y aspectos como la geografía y posición económica aun marginaban a gran parte de la población, ante esta problemática, la Tercer Revolución Escolar masifica la alfabetización con la premisa de que será para todos. Esta revolución va de la mano de la Primer revolución industrial, con el claro fin de formar una fuerza laboral que asista a las fábricas, formando al individuo no solo en saberes, sino también en el modo de vida, adaptándolo a los tiempos, economías y tecnologías de la industria en sí (Brunner, 2002).

En este periodo las ciudades comenzaron a tener horarios marcados por las fábricas, esto orilló a que la misma escuela colocara tiempos paralelos a los de la sociedad, los cuales rigen aun la actualidad. En esa etapa las clases ya eran formalmente en la escuela, donde se formaba principalmente a la población joven. Los establecimientos académicos eran coordinados y regulados por una autoridad, centrándose en una formación de mente y cuerpo para los trabajos y horarios de las fábricas. Se establecen cuerpos de docentes, incorporados al cuadro de funcionarios del estado. Los alumnos son calificados por medio de exámenes para su clasificación. También es fundamentada la educación por medio de sustentos filosóficos. Y se constituye un concepto de que el conocimiento sólo se adquiere en



la escuela, misma que por ser parte del gobierno, encuentra apoyo de éste, de la iglesia y de la familia (Harari, 2014).

La educación fue regulada, se creó el primer escalón en la educación, el Kindergarten, que prevalece hasta hoy en día, anteriormente las guarderías eran espacios donde los niños eran sentados por horas con sillas horadadas y la única función de estas instituciones era la de vigilar a los niños. Pensadores como Rousseau, Robert Owen, Friedrich Froebel y Pestalozzi crearon instrumentos educativos y didácticos, así como la base teórica para la educación infantil (Alonso, 2012).

En los siguientes escalones académicos, la primaria y la secundaria se impartían como temas base la lengua predominante de cada país y las matemáticas, además de las ciencias, en sintonía con el pensamiento de la revolución industrial. También se crea un nivel de enseñanza intermedio entre la secundaria y la universidad, destinado a instruir en conocimientos técnicos necesarios para laborar en el sector industrial (Alonso, 2012).

La Revolución Industrial transformó de fondo la sociedad y la forma de vida de la mayoría de las naciones, desde economía hasta educación. Para poder acomodarse a estos cambios, la educación dejó los viejos estatutos religiosos que en su momento fueron necesarios para la vida de la población de las distintas naciones, ahora se requería formación técnica. Se comenzó a enseñar información que serviría para conseguir un empleo, para sobrevivir en esta nueva era.



Segunda Revolución Industrial.

A finales del siglo XIX, en el último tercio de éste, se realizaron una variedad de inventos, que comparados con los de la primera eran más “pequeños” pero igual de importantes, las ciencias y la tecnología consiguieron una sinergia que otorgó avances en distintas áreas del conocimiento, tanto teórico como práctico, estos “micro inventos” en conjunto otorgaron nuevas tecnologías y mejoraron las existentes, generando de nuevo cambios sociales, económicos y educativos en la humanidad.

Esta segunda revolución comprende de finales del siglo XIX y parte del XX. Los desarrollos tecnológicos fueron tantos y tan variados que no pueden ser colocados específicamente como un solo conjunto de eventos en un instante exacto. Por ello precisar años exactos en los que una revolución industrial inició y otra terminó, sería erróneo.

Los “macro inventos”, por así llamarlos, fueron esenciales tanto en la Primera como en la segunda Revolución industrial. Pero los micro inventos fueron los que marcaron esta última. El conjunto de inventos de las distintas ciencias como en química, energía, materiales y medicina, entre otras ciencias, aplicados a los inventos ya existentes, generaron una expulsión tecnológica nunca antes vista en por la humanidad (Harari, 2014).

En sí, la tecnología es conocimiento. Generalmente el conocimiento es obtenido de la investigación. El conocimiento obtenido es utilizado para dos fines, el primero, obtener más conocimiento, lo que hacen las ciencias duras. Y el segundo



fin es crear recetas, técnicas, instrucciones, planos y/o herramientas que mejoren o solucionen algún problema existente, en una palabra: tecnología. De forma natural, la creación de nuevo conocimiento generó nueva tecnología, y esta a su vez generó más conocimiento, lo que refleja una retroalimentación entre ciencia y tecnología capaz de potencializar ambas ramas de forma conjunta, y dicha explosión fue más visible durante la Segunda Revolución Industrial.

La tecnología y la ciencia avanzaron más de la mano que separadas, durante la Primer Revolución industrial existió un desperdicio generalizado de material y energía, al no tener los conocimientos científicos específicos en cada invento. No fue hasta que se realizaron investigaciones científicas en ingeniería, química, metalurgia y termo dinámica (entre otras ciencias), que se logró dar un avance en el uso de los recursos. Las invenciones de fines del siglo XIX fueron diferentes a las que le precedieron, en el sentido de que estos nuevos avances fueron fruto de la retroalimentación entre ciencia y tecnología. Ejemplo de estos frutos fueron los inventos de Edison y Tesla, basados en los nuevos descubrimientos científicos de la época (Harari, 2014).

Otra de las características de esta segunda etapa de la Revolución Industrial es que sus alcances fueron más extensos en todas las áreas de la ciencia y la sociedad. Llegaron a la clase media y a los trabajadores ordinarios. Tres grandes aportes de esta Segunda Revolución Industrial fueron: La sinergia entre ciencia y tecnología, el alcance global y social de los desarrollos de la época y el cambio en la organización de la producción (Brynjolfsson y McAfee, 2014).



Los cambios en los sistemas de producción arrojaron mejores rendimientos, tanto en calidad, costo, rentabilidad, uso de la energía y materiales. Emergieron potencias económicas gracias a la implementación de procesos de manufactura modernos, los costos de producción se redujeron, bajando por ello los precios de los productos, facilitando la adquisición de estos (Gopal , 1990).

Sucesos históricos en la industria, generaron cambios comerciales y sociales en esta etapa. Los avances tecnológicos en la producción de contenedores y la reducción del costo de estos propiciaron que distintos productos se pudieran comerciar a escalas mayores. Se inició con la producción en masa, la tecnología de piezas intercambiables, que permitía vender un producto con distintas configuraciones, realizando solo pequeños ajustes en las líneas de producción. Nacieron grandes corporaciones que terminaron siendo monopolios, como la Carnegie Steel, Dupont, Ford Motors y la General Electric en EUA y sus equivalentes en Europa. Las consecuencias de los cambios tecnológicos en la producción fueron sucesivas para los siguientes avances tanto científicos como técnicos (Mokyr y Strotz, 1998).

En la Primera Revolución Industrial ya existían servicios en las ciudades de drenaje, agua potable, líneas de gas, alumbrado público, ferrocarriles y redes de telégrafo; pero en la segunda revolución se extendieron enormemente estos servicios y nacieron nuevos como el de la energía eléctrica y el teléfono. El desarrollo tecnológico arrojó inventos que requirió por parte del gobierno y organismos regular su uso y establecer estándares. Ejemplo de esto fue la



estandarización de los calibres de las vías del ferrocarril, voltajes y tipos de corriente eléctrica, configuración de teclados en máquinas de escribir, reglamentos de tránsito y de más normas (Harari, 2014).

Industrias como la del acero ya eran estables para finales de la primera revolución, pero el acero producido en esta época era costoso y los procesos para producirlo no eran óptimos en el aprovechamiento de materia prima y energía. Estos problemas fueron resueltos por Henry Bessemer y su invento el convertidor Bessemer, que redujo el costo de producción del acero. Otros científicos aportaron descubrimientos en el proceso de fundición de este metal, mejorando sus propiedades y aprovechamiento de los recursos, como Rober Mushet, Percy Gilchrist y Sidney Thomas. La producción de un acero más económico incrementó su uso en la industria ferroviaria, de la construcción, naval, de herramientas, de maquinaria y de bélica (Mokyr y Strotz, 1998).

En cuanto a la química, los avances previos en la química orgánica y sus aplicaciones fueron los aportes previos de la segunda mitad del siglo en esta rama, de los inventos y descubrimientos que destacan está el ácido sulfúrico, la dinamita y los fertilizantes. La vulcanización fue otro gran descubrimiento de la era que permitió utilizar el caucho en la industria. Los primeros plásticos sintéticos fueron patentados por John Wesley en 1869. La baquelita es un ejemplo notable, ya que su uso fue muy diverso en la industria (Mokyr y Strotz, 1998).

La complejidad de la química en el área de la agricultura era mayor que en la de la industria de la manufactura. Los conocimientos sobre compuestos orgánicos



e inorgánicos para el mejor aprovechamiento del campo requerían de mayor investigación (para la época) y deberían de ser más precisos. La química también dio pasos enormes en la farmacéutica, a ejemplo los analgésicos, desinfectantes, antisépticos y el ácido salicílico, siendo este último ejemplo un aporte de esta ciencia para los futuros cambios demográficos, impactando en la salud, calidad de vida y promedio de vida de las naciones industrializadas (Harari, 2014).

Un cambio muy importante en esta segunda revolución fue el uso de fuentes de energía eléctrica para distintos procesos, en la primera fue el vapor el principal poder de la industria, pero en esta etapa lo fue la electricidad. Los principales motivos para la utilización de ésta fue el beneficio económico de utilizarla. Los primeros aportes de la electricidad en la Segunda Revolución Industrial y en la sociedad fue su implementación en el alumbrado público, cambiando del gas a las primeras lámparas eléctricas, lo que generó ambientes de seguridad en las ciudades, que junto a otros factores serían aspectos importantes en el desarrollo demográfico (Mokyr y Strotz, 1998).

Dentro de las ciudades se instalaron redes de electricidad, tranvías eléctricos, se comenzó a utilizar el bulbo eléctrico inventado en el último quinto del siglo XIX. Se inventó el motor eléctrico de corriente alterna por parte de Tesla. Este tipo de corriente, la alterna se debió principalmente por los inventos del mismo Tesla, cabe mencionar que, de la batalla tecnológica librada por Edison, que defendía el uso de la corriente directa y Tesla, que defendía la corriente alterna, surgió victoriosa esta segunda, principalmente por su rentabilidad, y hasta hoy en



día es la que prevalece en la mayoría de los hogares y la industria. De esta forma la electricidad se convirtió, en la nueva fuente de poder de la industria (Mokyr y Strotz, 1998).

Los micro inventos de la segunda revolución modificaron en eficiencia y rentabilidad a gran parte de los macro inventos de la primera. A ejemplo el uso del motor a Diesel en los trenes, que mejoró la velocidad y capacidad de carga de estos. También aplicó a los barcos, mejorando de igual manera sus velocidades y capacidades de carga, además de que las mejoras en el acero también generaron ventajas en ambos transportes.

Algunos transportes como la bicicleta, que surgió como un juguete más que como un medio de transporte, ejemplifican claramente que la adquisición de conocimiento por parte de la industria por medio de la experimentación y el rediseño era (es) redituable. Las primeras bicicletas eran muy diferentes a las que hoy tenemos como referente, cuyo modelo surgió en 1885. Es un ejemplo de cómo se “aprendió haciendo” por parte de la industria (Mokyr y H. Strotz, 1998).

Los micro inventos aportaron gran parte de los avances de esta era industrial La invención del motor de combustión interna es otro micro invento de real importancia, ya que revolucionó tanto a la segunda como a la tercera revolución. El neumático, que fue inventado en un principio para la bicicleta, fue adaptado por la industria automotriz. Los inventos y desarrollos tecnológicos de esta era no solo fueron físicos, uno de los más importantes fue la implementación de la producción



en masa, la fabricación de piezas intercambiables y las líneas de producción, por Henry Ford (Harari, 2014).

El aprendizaje en el área de la ingeniería, la investigación y el desarrollo de nuevas ideas no fueron celosas del aula, a modo de ejemplo, un invento que marcó crucialmente a la humanidad fue la invención del aeroplano, que realizó su primer vuelo en 1903, fue desarrollado por los hermanos Wright y fue el inicio de la conquista de los cielos. Los hermanos Wright tenían conocimientos básicos de ingeniería y aerodinámica, aprendidos de manera informal de parte de científicos. En su taller de bicicletas pusieron en práctica esos conocimientos y lograron desarrollar, a base de prueba y error, la primera nave aérea, que en ingeniería es uno de los inventos más importantes en la actualidad (Harari, 2014).

Pese a que todos los inventos anteriormente mencionados generaron grandes cambios sociales, el que más impacto tuvo en la economía fue la invención de un proceso: El sistema americano de producción y manufactura en masa y ensamblaje o producción en serie. Constaba en producir en masa los componentes menores de productos más grandes y complejos, para luego realizar el ensamblaje en líneas de producción. La capacitación del personal era menos compleja y por lo tanto más rápida y económica, lo que permitió que la mano de obra se redujera en costos. Esto generó más empleo en las fábricas, por ende, se generaron migraciones masivas del campo a la ciudad (Gopal, 1990; Mokyr y Strotz, 1998).

Pese a que las poblaciones rurales se vieron disminuidas en las potencias industriales, en el campo también se obtuvieron avances tecnológicos, la



producción de alimentos y productos del campo se vieron beneficiadas por la implementación de nuevas tecnologías, el uso de fertilizantes, implementación de sistemas de riego y tuberías para este fin y la facilidad de traslado de los productos generaron beneficios tanto en la producción como en la calidad.

En sí misma la Segunda Revolución industrial fue una continuación de la primera, en la mayoría de las áreas. Sus efectos fueron la modificación de los estilos de vida de las masas, se crearon estándares a nivel mundial para las distintas tecnologías desarrolladas y mejoradas, el liderazgo industrial se descentralizó de Inglaterra, nacieron monopolios familiares que lideraron el mercado por décadas y se creó un lazo fuerte entre ciencia y tecnología (Mokyr y Strotz, 1998).

La educación durante la Segunda Revolución Industrial.

Durante el siglo XIX la educación se divide en dos grandes pensamientos, el burgués capitalista y el marxismo (Alonso, 2012), el primero aporta aspectos en la educación como la universalidad, el laicismo, el estatismo y la gratuidad, el segundo pensamiento acepta y acoge estos estatutos, pero critica que el sistema capitalista es ambicioso y elitista y por ello no logrará conseguir de forma óptima los estatutos antes mencionados.

El aprender técnica en los niveles educativos estaba orientado claramente para formar mano de obra para la industria. El concepto de “aprender haciendo” se hizo notar en la educación de países industrializados como lo fue Estados Unidos. Las investigaciones en aspectos de psicología, medicina y sociología fueron las



bases para la pedagogía, la mayoría de éstas se iniciaron en el siglo XIX, por ello se puede argumentar que durante este siglo surgieron los principios fundamentales para la educación moderna (Alonso, 2012). Esta nueva educación debería de incluir a todos los ciudadanos, desde burgués hasta proletarios, todas las edades, desde niños hasta adultos y ambos géneros.

La educación en el siglo XX.

Durante el siglo XX se suscitaron movimientos bélicos decisivos para la geopolítica actual, en primera instancia la Primer Guerra mundial, en el primer quinto del siglo, después la Segunda Guerra mundial en el segundo quinto del siglo, en estas dos guerras murieron más de cincuenta millones de personas en todo el globo terrestre, el continente más afectado fue Europa, las potencias de esa época decayeron, dando lugar a dos superpotencias que dominaron el resto del siglo: Estados Unidos de América (EUA) y la Unión de Repúblicas Soviéticas Socialistas (URSS). Estas dos superpotencias rivalizaron hasta finales del siglo XX. Los cambios en educación no se hicieron esperar ante tanto ajetreo social, económico, de político y de pensamiento.

La escuela que tradicionalmente autoritaria, memorizante y tradicional comenzó a cambiar. Los castigos físicos que fueron práctica habitual previo al siglo XX fueron considerados como un grave error. Personajes como John Dewey, teórico de la escuela activa, donde se fomentaba el “aprender haciendo” lograron imprimir su pensamiento en sistemas de enseñanza completos, el de Estados Unidos, por



ejemplo. Por su parte el pensador británico Bertrand Russell, postuló la necesidad de una educación adecuada para un mundo globalizado, preparada para la interdependencia e interconexión entre naciones, es decir una educación mundial estandarizada (Alonso, 2012).

En este siglo también se consolida la dependencia de la pedagogía con la psicología, la segunda sustentaba los avances teóricos de la primera, por ende, era necesario adoptar los aportes teóricos de la psicología para la praxis de la educación. A modo de ejemplo, los aportes de Jean Piaget (1991), psicólogo, son de los más atendidos por parte de la pedagogía actual. Piaget clasificó las etapas del desarrollo del niño por edades, dependiendo su desenvolvimiento psicológico y sus habilidades. Piaget realizó cambios en el pensamiento pedagógico de la era, los cuales perduran hasta la actualidad.

Parafraseando a Piaget, El objetivo final de la educación es crear personas que sean capaces de hacer cosas nuevas, no simplemente repetir lo que otros realizaron, personas creativas, que inventen y descubran; un segundo fin de la educación es que se forme un pensamiento crítico en las personas, que puedan verificar y aceptar o negar lo que se les ofrece (Piaget, 1991).

Tercera Revolución Industrial.

La Tercera Revolución Industrial comprende aproximadamente de la mitad del siglo XX a comienzos del XXI. Al igual que la anterior, esta tercera revolución es una continuación de la anterior. Los macro y micro inventos y los desarrollos en ciencias



y técnicas de cada una de las anteriores revoluciones fueron mejoradas por la tecnología desarrollada en esta tercera etapa. Las grandes guerras del siglo XX impulsaron el desarrollo tecnológico, en un inicio con fines bélicos, estos desarrollos se mudaron rápidamente a la industria en años posteriores. Los inventos desarrollados en este siglo no fueron difundidos en los momentos próximos a su creación, la mayoría de ellos fueron difundidos a la población en general cuando la industria tuvo la capacidad de comprenderlos, adaptarlos y producirlos (Schwab, 2016).

Esta revolución es conocida como la era de la información, ya que fue precisamente la invención del computador y el uso de la micro electrónica, lo que impulsó el desarrollo de las tecnologías de la información y comunicación. La información se expandió exponencialmente, comenzó a viajar más rápido gracias a las telecomunicaciones.

El impacto de la microelectrónica fue uno de los detonantes de esta revolución, un invento que otorgó la presea del nobel a tres físicos y que revolucionó la trasmisión de información de forma que hoy en día, ocho décadas después, aún sigue siendo utilizado y su impacto está presente en todos los campos de la tecnología humana, este invento es el transistor que fue desarrollado por Bardeen, Brattain y Shockley en 1947 en los laboratorios Bell, tecnológicamente sustituyó al bulbo, que era utilizado en los primeros computadores, la ventaja de este invento era que podía procesar información binaria a velocidades nunca antes vistas y su tamaño y uso de energía eran relativamente pequeños, si se comparaban con las



tecnologías existentes. Posteriormente la tecnología avanzó, generando transistores cada vez más pequeños y los comenzó a insertar en espacios más pequeños e interconectados entre sí, a estos nuevos dispositivos se les llamó circuitos integrados coloquialmente conocidos como microchips, los precios de los circuitos integrados bajaron rápidamente en su mercado, lo que facilitó su utilización en toda la industria, además de que su producción aumento rápidamente. Los microchips fueron utilizados en computadores para procesar información (Castells, 2004).

El gran salto en microelectrónica y que generó uno de los impactos que trascienden hasta en la Cuarta Revolución Industrial, fue la invención del microprocesador en 1971 por Ted Hoff, que es una computadora dentro de un chip. De manera que la información podía ser procesada en espacios muy pequeños y con una diferencia positiva de consumo energético muy significativa, lo que permitió insertar la habilidad de procesar datos en espacios pequeños y prácticamente en cualquier parte. En las décadas posteriores, la meta de la microelectrónica fue insertar más transistores en espacios más pequeños con consumos energéticos cada vez más pequeños, esta meta ha sido cumplida y sigue avanzando hasta hoy en día, de manera que actualmente existen microprocesadores con más de mil millones de transistores en una pulgada cuadrada (Intel, 2019). La capacidad de procesar más información y de almacenarla otorgó a las computadoras mayor poder y más aplicaciones en prácticamente todos los aspectos de la vida humana.



En 1973 se produjo la crisis del petróleo, inicio por cuestiones geopolíticas, la Organización de los Países Exportadores de Petróleo (OPEP) aumentó paulatinamente los costos del barril de petróleo. Al experimentar el costo tan elevado en el combustible, las potencias industriales reorientaron su tecnología buscando los siguientes objetivos: primero, la nueva tecnología debería de usar la menor cantidad de energía posible y la menor mano de obra; segundo debería de ser tecnología con impacto social y efectos directos en la vida cotidiana de las personas; tercero, los productos generados deberían de emplear menos recursos y materiales más económicos. Para cumplir estos objetivos se desarrollaron tres tecnologías perfectamente embonadas a las necesidades de la industria: la robótica y automatización, la ingeniería genética y las telecomunicaciones masivas (Castells, 2004).

En cuanto a robótica, el primer robot industrial fue construido en 1961, a un ordenador se le conectó un brazo mecánico. Esto generó inmediatamente un cambio en la industria. El progreso en microelectrónica ayudó a mejorar los robots rápidamente, de tal manera que para 1970 ya se utilizaban en fábricas japonesas de automóviles, pronto se empezó a utilizar en toda la industria. El uso del robot se generalizó por los siguientes motivos: resulta mucho más barato que la mano de obra humana (no inmediatamente, sino a conforme se amortiza la inversión); no comete errores y puede trabajar sin interrupciones ni descansos; no requiere calefacción, luz ni condiciones que un humano necesita para realizar cómodamente su trabajo (Roel, 1998).



Un ejemplo de las ventajas industriales y comerciales del uso del robot en la industria, es la industria automotriz japonesa, sus coches rápidamente se comercializaron en mercados extranjeros, para 1982 el 27% de los coches que circulaban en EUA y el 30% en Alemania ya eran nipones, estos países que para ese entonces eran potencias en la producción de vehículos, se vieron amenazados claramente por los vehículos japoneses y parte de la amenaza era la poca adaptabilidad de la industria local a los costos de y velocidades de producción de los nipones, puesto que diez años antes el país asiático había optado por la automatización y robotización de sus fábricas, lo que le permitía producir más unidades en menores tiempos, reduciendo los costos de producción gracias a la tecnología. Éste y otros eventos económicos causados por la modernización de la industria y sobre todo el uso de robots, desató una batalla tecnológica para la producción e implementación de, para entonces, estos nuevos aparatos. En 1982 Japón produjo 3000 robots industriales y EUA sólo 1300, tres años después, en 1985 Japón produjo 30,000 unidades y EUA menos de 15000. A causa de la competencia comercial iniciada, la industria misma tomó la iniciativa de investigación y desarrollo de nuevos robots, para satisfacer sus propias necesidades, de manera que compañías que tenían como principal rubro el automotriz, como General Motors y Volkswagen, entre otras, comenzaron a fabricar robots con aplicaciones industriales específicas para la industria automotriz (Roel Pineda, 1998).



En cuanto a bioingeniería, se dieron pasos gigantescos desde el siglo XIX, con la pasteurización y otros descubrimientos, pero en la segunda mitad del siglo XX se comenzó a identificar el uso de los microorganismos dentro de la industria, sobre todo en áreas nunca imaginadas, como la minería y la agricultura. En 1953 Watson y Crick descubrieron la estructura del ADN, que contiene el código genético y encripta la clave de la vida. En 1973 Doger y Cohen concibieron y ejecutaron la hazaña de trasladar los genes de un organismo a otro, transfiriendo las propiedades de los primeros a los segundos, con lo que iniciaron la Ingeniería Genética. Esta nueva ciencia permitió la manipulación de genes dando la posibilidad de “construir” bacterias y cultivarlas a un precio reducido para sintetizar procesos naturales y aprovechar mejor los recursos o aumentar la calidad de estos (Roel Pineda, 1998).

La telecomunicación es un factor más que se desarrolló de manera significativa en esta revolución industrial. El uso de las computadoras en la vida cotidiana otorgó eficiencia en el trabajo. De ejemplo, en parte la burocratización del trabajo se redujo, a medida que la información se comenzó a compartir de manera digital, inclusive a finales del siglo XIX y principios del XX se redujo el uso de papel de manera considerable en las oficinas. Los teléfonos móviles, las tabletas digitales y los ordenadores portátiles se observaron de forma regular en los países industrializados, el internet los interconectó y tecnologías que en su momento eran innovadoras como el fax, dejaron de ser útiles en cuestión de lustros. La evolución de los inventos de este siglo fue tan grande que en esta misma revolución industrial se permitió, gracias a los avances en microelectrónica, se generaran cada vez



dispositivos más pequeños y eficientes, de manera que la manera de compartir información evolucionó de forma extraordinaria, de ejemplo podemos poner el teléfono móvil (1973), que evolucionó rápidamente a teléfono inteligente (*smartphone*, en 1992 con el IBM *Simon Personal Communicator*) en menos de veinte años. En esta tercera revolución se inventó la primera computadora que ocupaba una habitación completa, para después evolucionar a la computadora personal, evolucionó para convertirse en computador portátil, también se inventó el teléfono móvil, las tabletas digitales y el teléfono inteligente. Gracias a la automatización y robotización de la industria la producción de estos nuevos dispositivos se facilitó y sus costos de producción se redujeron (Roel Pineda, 1998).

En síntesis, la Tercer Revolución Industrial se vio marcada por la invención de la computadora y el uso de transistores, los avances en microelectrónica, telecomunicaciones y biotecnología. Y el avance en esta revolución se ve marcado por la sinergia entre economía, tecnología y ciencia.

El conocimiento y la educación durante la Tercera Revolución Industrial.

Para 1973, Daniel Bell (1973, como se citó en Roel Pineda, 1998) en su libro “el advenimiento de la sociedad post industrial” señaló que la nueva estructura social estaba regida por las siguientes consignas: 1) la preeminencia de la producción de servicios estará sobre la de los bienes; 2) la clase social de profesionistas y técnicos tendrá más relevancia; 3) el entorno teórico será primordial; 4) la planificación del



conocimiento tecnológico será clave para el progreso social; 5) el control de la tecnología será la fuente más importante de poder. Bell ya predecía algo que hoy en día es una obviedad: “la unión de ciencia, tecnología y técnicas económicas rigen el desarrollo de la industria”. De aquí que las empresas enfocadas a la tecnología, ciencia y economía predominaran tanto y que rijan el mercado a nivel internacional. En esta tercera revolución se concreta la secuela de la fórmula de éxito de la Segunda Revolución Industrial: la ciencia más el desarrollo tecnológico y ahora el económico tendrían que ir siempre de la mano (Roel Pineda, 1998).

En esta revolución industrial se exaltaron los problemas originados en la primera y aumentados en la segunda, uno de ellos: los empleos, las máquinas estaban desplazando la mano de obra humana. Aunque los empleos fueron reemplazados por máquinas, aun algunas industrias requerían mano de obra humana. En la primera y segunda revolución se requerían siempre más manos de obra para muchas de las nuevas tecnologías, de ejemplo la instalación de las vías ferroviarias y las fábricas con líneas de producción de finales del siglo XIX y principios del XX. Pero en la tercera revolución la mayoría de estas operaciones monótonas o repetitivas comenzaron a ser realizadas por autómatas y robots (Roel Pineda, 1998).

Cuarta Revolución Industrial.

La Cuarta Revolución Industrial, es por lógica la evolución de la tercera, las tecnologías desarrolladas durante el periodo del siglo XX e inicios del XIX crean un



paradigma tecnológico más complejo, con necesidades distintas para la sociedad y la misma tecnología, la economía se ve fuertemente impactada por los pilares que sustentan esta cuarta revolución. A esta cuarta revolución también se le conoce como Industria 4.0. El término Industria 4.0 se mencionó por primera vez en 2011 en la Feria de Hannover-Messe por parte de la Academia Nacional de Ciencia e Ingeniería de Alemania (*Acatech*) (Free University of Bolzano, 2019; Schwab, 2016).

El paradigma abarca el hecho de compartir información que ha cambiado en las últimas décadas, la información se transmite más por medios digitales que en físico, de esta forma los objetos y productos ligados a la producción tradicional pasan a tomar un lugar digital, ya sea por aplicaciones o conexiones de estos a un entorno virtual (Wilkesmann y Wikesmann, 2018). Esto es solo un ejemplo de muchos que se pueden hacer mención acerca del cambio en la industria y como afecta en la interacción no solo de los objetos sino también de la información, por ello, los métodos tradicionales de interactuar con los objetos y sobre todo de compartir información pasan a ser insuficientes en esta etapa industrial. ¿Qué es la cuarta revolución industrial? ¿De dónde viene el término? ¿Cuál es su impacto en la educación?, para responder estas preguntas, se analizaron contribuciones bibliográficas que han dado los primeros pasos para plantear una descripción de esta e identificar los aspectos educativos involucrados en ella.

La Industria 4.0 es el futuro en el proceso de producción, es La Fábrica Inteligente (Smart Factory). La industria se encuentra de nuevo en un gran cambio, después de la mecanización, luego la industrialización y después la automatización,



ahora está en una nueva etapa: *Digitalización y Networking*. La industria del futuro será más inteligente, más controlable, más productiva y transparente. Todos los procesos industriales estarán interconectados entre sí, incorporando tecnologías de la comunicación y conexiones modernas, mejorando los procesos. De esta forma las compañías podrán gestionar su producción y ajustarla a las necesidades reales y actuales de sus clientes. Inclusive podrán adaptar sus procesos a peticiones individualizadas de forma rápida, nunca imaginada por la industria anterior (FESTO, 2019).

Los avances en la tecnología dentro de la Industria 4.0 son solo algunos de los impactos generados por ella, como lo postula FESTO (2019), en su informe sobre habilidades para la Industria 4.0, los cambios sociales y educativos son aspectos para contemplar en los contextos que deseen incorporarse en la Industria 4.0 de forma exitosa.

El propósito general de la Industria 4.0 es la producción del mañana, ésta se basará en la inteligencia descentralizada, autónoma y funcional, principalmente por módulos mecatrónicos, que desplacen a la mano de obra. Esto se logrará gracias a la digitalización y el uso de redes. Es necesario resaltar el impacto social que este cambio generará, ya que los empleos rutinarios serán desplazados por máquinas. Pese a la paulatina pérdida de empleos, por sustitución de las máquinas, habrá mayor conexión entre personas, de manera complementaria en aspectos laborales y personales.



La educación en la Industria 4.0.

Las habilidades requeridas para el futuro tendrán que evolucionar y adaptarse según el lugar de trabajo. Estos nuevos trabajos requerirán personas con habilidades 4.0, especialistas con habilidades interdisciplinarias, con habilidades mecatrónicas clásicas y alto conocimiento en competencias sociales (FESTO, 2019).

Con base en lo anterior, surgirán dilemas para la formación de los futuros empleados en la Industria. Por ello, los cambios en la educación no pueden hacerse esperar, pese a los retos actuales en el eterno educativo, se debe de tener una visión prospectiva hacia los cambios tecnológicos y sus impactos en la sociedad, esto de manera inherente conlleva tarde o temprano a tocar el tema de educación. ¿Cómo se está preparando la educación para este nuevo entorno? Las perspectivas de expertos y el uso actual de tecnología en la enseñanza otorgan un panorama entendible como un contexto educativo que gira alrededor de la Industria 4.0.

Según la Fundación Innovación Bankinter (2019), Tamara Erickson considerada una de las 50 mentes vivas más influyentes de la actualidad en el área empresarial y de gestión de organizaciones, autora de distintas publicaciones sobre liderazgo, fuerza laboral, colaboración e innovación, predice, entre varias cosas, que los nuevos o futuros trabajadores y las empresas (nuevas y existentes) van a evolucionar en una sinergia donde las tareas serán orientadas a proyectos y el trabajo se organizará en torno a resultados y tiempos; la comunicación entre personas y equipos de trabajo deberá de ser económica y veloz; para agilizar la

coordinación de los empleados de las empresas ya no serán de tiempo completo, la variedad de habilidades necesarias serán tan amplias que requerirá de una cartera de flexible de trabajadores disponibles para funciones específicas; las empresas deberán de crear entornos llamativos en los cuales las personas se vean interesadas en participar y contribuir a los retos planteados; en cuanto a liderazgo, los líderes requerirán aptitudes para estimular la innovación y la colaboración, comprometer a todas las partes a un trabajo significativo (Fundación Innovación Bankinter, 2019).

Para conseguir el éxito en la implementación de la Industria 4.0 el entrenamiento y preparación de los empleados deberá de adaptarse a los nuevos requerimientos de la producción digital, que conllevará: el uso de terminales móviles, como tabletas digitales y teléfonos inteligentes en las líneas de producción; planeación y organización de las redes de componentes inteligentes (Internet de las cosas – *Internet of things*: IoT, también conocido como *Internet of Everything*; IoE); integración o preparación para sistemas *Enterprise Resource Planning* (ERP- Planificación de recursos empresariales); redes verticales de producción a través del valor agregado en la cadena de producción vía internet (FESTO, 2019).

Junto con los aspectos anteriores, los empleados tomarán un rol de solucionadores de problemas, expertos experimentados, tomadores de decisiones en las líneas de producción en tiempo real. Serán irremplazables en la generación de ideas y desarrollo de nuevos productos y procesos (FESTO, 2019), todas estas habilidades deben de ser otorgadas por la nueva escuela, la Escuela 4.0.



Los retos para la educación en la Industria 4.0.

El sector educativo, se enfrenta a retos realmente complejos en esta cuarta revolución de la industria. La educación debe de trabajar para preparar la mano de obra del futuro. El sistema actual educativo actual no satisface del todo las necesidades surgidas por las innovaciones del siglo XXI, requiere capacitar en las habilidades requeridas para las nuevas tecnologías. No todas las instituciones de educación superior están trabajando en el desarrollo de estas habilidades en sus alumnos, existe una brecha entre las habilidades enseñadas y las requeridas en la industria. Esta brecha siempre ha existido, pero la distancia entre ambas partes se incrementa de forma exponencial en esta etapa de la humanidad, ya no sólo lineal (Moreno, 2019).

Según el Foro Económico Mundial (*World Economic Forum*, WEF por sus siglas en inglés) en el informe El Futuro de los empleos (*The Future Jobs*) muchas de las habilidades básicas para los empleos del futuro no se consideran fundamentales. Los empleos tienen una naturaleza cambiante, pero el cambio surgido a partir de la Cuarta Revolución Industrial es vertiginoso, sobre todo por el avance en aspectos tecnológicos (D2L, 2019).

Desire To Learn (D2L del juego de palabras en inglés Desire 2 Learn) sugiere, basándose en el Informe del Futuro del trabajo y del Aprendizaje del WEF, crear nuevos modelos de aprendizaje, que sean híbridos, en búsqueda de que la economía prospere en los países. Postula la necesidad de pensar en las estrategias



de aprendizaje y desarrollo de capacidades y habilidades para el futuro, las que se requieran por parte de la sociedad, la industria y el gobierno.

Los sectores educativo, productivo y gobierno tienen que adaptarse para superar los retos del presente. La educación debe de evolucionar para atender las necesidades de la nueva fuerza laboral y la existente. Los empleadores deben de asumir su parte de responsabilidad en la capacitación al menos de sus empleados actuales, deben de entrar junto con el sector educativo en el proceso de adquisición de habilidades de los empleados actuales y de los que están iniciando su etapa laboral y que las habilidades adquiridas. El gobierno por su parte debe de respaldar a los estudiantes y empleados, verificando que los programas desarrollados por los otros dos sectores antes mencionados sean actuales y vigentes, que las habilidades enseñadas no tengan duración efímera y que les permita mantenerse vigentes en el área laboral, además de que los programas de capacitación sean de calidad. En este nuevo paradigma laboral es necesario estar un paso adelante en la capacitación antes de que las habilidades caduquen y es necesario señalar que se debe de evitar enseñar habilidades obsoletas para sólo satisfacer necesidades propias de la emisión de títulos académicos, diplomas o certificaciones (también conocidas como credenciales académicas).

La educación básica toma un papel importante en la adquisición de habilidades primarias, como lo son el pensamiento crítico, resolución de problemas y el trabajo en equipo, entre otras habilidades blandas, llamadas también *Soft Skills*, ahora toman el nombre de *Power Skills*, en alusión de su importancia general y



relevancia en la vida laboral actual (World Economic Forum, 2018; Desire2Learn, 2018)

Entonces, el reto para la educación ahora es el trabajar de forma continua con el gobierno y la industria, crear estudiantes que se desarrollen de forma permanente, de forma que un egresado sea siempre estudiante y continúe con su adquisición de habilidades a lo largo de su vida profesional. Estos tres sectores deben de estar comprometidos con el proceso educativo de los individuos, se debe de priorizar la capacitación a la hora de invertir, ser receptivos, flexibles y adaptativos a la hora de tomar decisiones que afecten la adquisición de habilidades por parte de los estudiantes y trabajadores, se deben de alinear programas que satisfagan la demanda de personal capacitado con dichas habilidades y ver siempre en la industria un socio para actualizar títulos o certificaciones otorgadas (“credenciales” como las denomina el WEF) y el gobierno debe de revalidar las políticas que impidan u obstaculicen dicho proceso.

A su vez, el sistema educativo debe volverse más receptivo a los cambios en el mercado laboral, e incluir un modelo de educación continua que satisfaga las necesidades del sector industrial, para esto requiere realizarse una evaluación y valoración periódica de las credenciales ofertadas, se debe de reconocer que existe un mercado de habilidades y el conocimiento actual una “materia prima”, que como analogía, debe de ser transaccionada o mercada con el fin de mantener equilibrio en los aspectos económicos que conlleva una actualización constante por parte de la escuela. Para poder trabajar en dicho mercado de habilidades y credenciales



específicas, la educación debe de trabajar de una forma flexible y con la posibilidad de aplicar modelos híbridos o duales (D2L, 2019).

Evolución de la educación tradicional hacia la Educación 4.0.

José Luis Moreno Álvarez, experto en el tema, expone los tres desafíos de las IES ante la transformación digital, una de las ramas de la Industria 4.0, este experto, expone que la educación está sufriendo un gran cambio hacia la digitalización, esto por la llegada de nuevas tecnologías, las tecnologías de la información (TIC) se actualizan a una velocidad exponencial, ahora estas TIC son un factor estratégico en todos los sectores de la sociedad, por ende en la educación también tienen un impacto de valor. A nivel global, la demanda de educación superior supera la oferta, a su vez la calidad ofrecida es un factor importante al momento de elegir las mejores opciones, por parte de los alumnos, esto genera una competencia por parte de las IES para captar a los mejores alumnos. La escuela a su vez tiene que lidiar con los costos de su servicio y los presupuestos asignados, ya sean IES públicas o privadas, el factor económico es clave para el éxito, por ende se entra en un proceso de ofrecer la mayor cantidad de plazas a estudiantes, buscando tener calidad en los programas para poder egresar alumnos a bajo costo y con perfiles adecuados (Moreno, 2019).

Un cambio actual, surgido por parte de las TIC, es que los alumnos que están ingresando en este momento a las IES nacieron existiendo ya el internet, son nativos del internet, esta tecnología rodea su entorno desde la infancia, por ellos les



parece una herramienta natural fundamental, es cómo si a los adultos mayores de 25 años les plantearan un mundo sin electricidad, simplemente impensable, pese a que no es una tecnología vital, en el estricto sentido de la palabra. Por ello, a la generación actual de estudiantes universitarios, les resulta natural trabajar durante clase con esta tecnología (Moreno, 2019).

Esto lleva a todo el sistema educativo tradicional a adentrarse en la era digital, de ejemplo: las plataformas digitales de *e-learning*, *Massive Online Open Courses* (MOOCS), campus virtuales de distintas IES, entre otras estrategias digitales. Esto también arrojó una ventaja, los *learning analytics*, estadísticas surgidas por el uso de las plataformas virtuales que retroalimentan el proceso de enseñanza en tiempo real, dan datos del uso de las plataformas, detectando obstáculos formativos, permitiendo que se corrijan los errores para disminuir los riesgos de reprobación o abandono (Virtual Educa, 2019).

Los desafíos antes mencionados se reducen de la siguiente manera, primero el poco conocimiento digital por parte de las organizaciones educativas, que puede generar el estancamiento o aumentar la brecha entre habilidades enseñadas y las requeridas en el entorno laboral actual, el segundo es que la transformación digital es costosa, el factor económico es otro problema en la transición de la educación clásica a la digital, sobre todo porque la inversión en tecnología suele quedar obsoleta rápidamente y este echo genera que la educación decida quedarse en su posición actual.



Habilidades para la Industria 4.0.

Existen propuestas, surgidas en su mayoría del área industrial, sobre las habilidades que se requieren de parte de los empleados en la Industria 4.0. FESTO una empresa germana internacional, puntera en la automatización, robótica e Industria 4.0, propone un programa que sirve de base para tomar un criterio sobre estas habilidades, su encuadre postula el requerimiento en habilidades técnicas por parte del empleado de la Industria 4.0 en:

- Sistemas ciberfísicos.
- Tecnologías *RFID (Radio Frequency Identification)* y *NFC (Near Field Communication)*.
- Redes verticales y horizontales inteligentes.
- *Plug & Produce*.
- Monitoreo de estados y consumo de energía.
- *Mobile Robots*.

Estas habilidades son técnicas, de conocimientos específicos en el área de ingeniería, y son la visión de una empresa puntera en esta revolución industrial (FESTO, 2019). Aun así, existe la postura humanística más general por parte de institutos y organizaciones internacionales involucradas en esta cuarta revolución industrial cómo la *American University*, que postula las siguientes:

- Comunicación: oral y escrita.
- Colaboración/Trabajo en equipo.



- Pensamiento Crítico/Razonamiento analítico.
- Toma de decisiones/Juicio ético.
- Aplicación de tecnologías de forma cuantitativa.
- Flexibilidad cognitiva. (American University, Washington DC, 2019)

En el reporte generado por el *World Economic Forum* (WEF) titulado *The Future of Jobs 2018*, se presentan las habilidades necesarias para poder laborar o incorporarse a un entorno de la Industria 4.0 en el año 2022. Este reporte surge de una investigación realizada a más de veinte países entre ellos México, en él se señalan las siguientes habilidades (World Economic Forum, 2018):

- Análisis y evaluación de sistemas.
- Aprendizaje activo y estrategias de aprendizaje.
- Creatividad, originalidad e iniciativa.
- Diseño de tecnología y programación.
- Inteligencia emocional.
- Liderazgo e influencia social.
- Pensamiento analítico e innovador.
- Pensamiento crítico y capacidad de análisis.
- Raciocinio, resolución de problemas e ideación.
- Resolución de problemas difíciles.

Existe ya a nivel global una preocupación generalizada ante los embates sociales que generará la Industria 4.0 y sus respectivas tecnologías, por ello se



pueden encontrar investigaciones formales acerca de los problemas que se están presentando y los que posiblemente se pueden generar, así como investigaciones e informes por parte de organismos internacionales acerca de cómo capacitar a la sociedad para poder laborar en este entorno. A continuación, se presentan algunos de las más relevantes.

El futuro de las habilidades para la cuarta revolución industrial.

En un el informe técnico de la empresa *Desire to Learn* titulado “el futuro de las habilidades en la era de la cuarta revolución industrial” informa que las habilidades blandas (en inglés *Soft Skills* ahora llamadas *Power Skills*) que conocemos, o que manejamos con ese término, serán las habilidades duraderas en el futuro, y por ello, las máspreciadas. De forma general el sistema educativo actual no está abordando estas habilidades, ya que precisamente se consideraban “blandas” o con menos valor, y se priorizaban las habilidades “duras” (las de ciencias básicas) y las “técnicas” (las referentes al corte profesional). Este informe sugiere poner mayor énfasis en las habilidades duraderas del *continuum educativo*. También que es necesario facilitar alternativas para que la fuerza laboral continúe su formación educativa, aumentar el acceso a oportunidades de capacitación en el ámbito laboral, incrementar la relación entre industria y educación, priorizar desde gobierno las inversiones en desarrollo de la fuerza laboral, crear asociaciones de tres vías: gobierno + educación + industria (Virtual Educa, 2019) el reporte de D2L se ve respaldado por el informe del Foro Económico Mundial sobre el futuro del trabajo (World Economic Forum, 2018).

El futuro de los empleos.

El WEF realizó una investigación en más de veinte países de alrededor del mundo, en donde México está incluido entre los países analizados, esta investigación fue reportada por primera vez en el reporte *Future of Jobs 2016* y posteriormente actualizado en una segunda etapa en el reporte *Future of Jobs 2018*.

El WEF o Foro Económico Mundial, tiene gran participación en el desarrollo de la Industria 4.0 a nivel global, ejemplo de esto es el Centro para la Cuarta Revolución Industrial, que se especializará en las tecnologías de Internet de las Cosas (IoT por sus siglas en inglés, *Internet of Things*), la Inteligencia Artificial (AI también por sus siglas en inglés Artificial Intelligence) y el *Block-Chain* en abril de 2019 en la ciudad de Medellín, Colombia, siendo el quinto a nivel global, convirtiéndose tanto al centro como a la ciudad latinoamericana como un referente tecnológico, económico y social, es un centro que trabaja de forma sinérgica con la industria, la sociedad, la educación y el gobierno, los otros centros en donde participó el WEF en su fundación están en Japón, Estados Unidos, India y China (Virtual Educa, 2019).

Los hallazgos del WEF en su investigación son acerca de las habilidades necesarias para incorporarse en un entorno laboral para 2022, año muy cercano en el que contempla que ya estará inmersa la sociedad aún más en la Industria 4.0, también desglosa cuáles habilidades perderán fuerza y valor en ámbito laboral para el mismo año, éstas son:

- Control de calidad y concientización de medidas de seguridad.



- Coordinación y gestión del tiempo.
- Destrezas manuales, de resistencia y precisión.
- Gestión de personal.
- Gestión financiera y de recursos materiales.
- Habilidades del discurso.
- Instalación de tecnología y mantenimiento.
- Lectura, escritura, matemáticas y escucha activa.
- Memoria, habilidades verbales, auditoras y espaciales.
- Uso de tecnología de monitoreo y control.

El decremento en la necesidad de estas habilidades conlleva al decremento de trabajadores con estas habilidades, se estima que serán alrededor de 75 millones de empleos, algunos de ellos son:

- Contadores y auditores.
- Empleados de contabilidad y pago de nómina.
- Empleados de entrada de datos.
- Empleados de registro de materiales y control de almacén.
- Gestores administrativos y de negocios de servicios.
- Secretarías, administrativos con funciones rutinarias y ejecutivos de bajo nivel.
- Trabajadores de asistencia al cliente.
- Trabajadores de ensambladoras y fábricas.
- Trabajadores de servicios postales.

Pero esto no significa que se debe de temer a la cuarta revolución industrial, ya que, pese al panorama de la pérdida de empleos en los sectores antes mencionados, se tiene un pronóstico contrastante que afirma la generación de 131 millones de nuevos empleos para los trabajadores con las habilidades requeridas para los nuevos tiempos como lo son:

- Científicos y analistas de datos.
- Especialistas de *Big-Data*.
- Especialistas de desarrollo organizacional.
- Especialistas de nueva tecnología.
- Especialistas de transformación digital.
- Especialistas en AI y *Machine Learning*.
- Gerentes generales y de operaciones.
- Operadores y analistas de software y aplicaciones móviles.
- Profesionistas de ventas y marketing.
- Servicios de tecnologías de la información.

En esta misma investigación el WEF informa que en 2018 el 71% de los trabajos son realizados por humanos y el 29% por máquinas, que para 2022 el 58% serán realizados por humanos y el 42% restante por máquinas y que para 2025 el 48% será realizado por humanos y el 52% por máquinas, y que este movimiento porcentual continuará a futuro de forma exponencial y no lineal. Una de las caras de esta revolución industrial es la robótica, que adoptará tecnologías como los robots humanoides, los industriales, aéreos, submarinos y terrestres para realizar

los trabajos que actualmente se consideran solo realizables por humanos (World Economic Forum, 2018).

Todos los cambios que giran en torno a la Industria 4.0 pueden llevar a la humanidad por dos caminos generales, con sabiduría mejorarán los empleos existentes, la seguridad laboral y calidad de vida, pero de otra manera puede llegar a aumentar la inequidad social y polarizar los estratos económicos actuales (World Economic Forum, 2018). El trabajo del WEF otorga también la siguiente información: los nativos digitales son ya la mayoría de la población global, se requiere tener una adopción acelerada de tecnología si se desea prevalecer o continuar siendo competitivo.

El WEF señala que el 38% de las empresas, encuestadas para generar el reporte *The Future of Jobs 2018*, automatizarán la mayoría de sus puestos de trabajo actuales, pero creará nuevos puestos de trabajo con funciones más específicas. Entonces las empresas actuales requerirán someterse a un *reskilling* (adquisición de habilidades nuevas o actualizar las actuales). Se estima que el 52% de los empleados actuales requerirán entrar a este proceso, ya sea adquiriendo nuevas habilidades o actualizando las actuales, de este porcentaje el 35% se estima que requerirán capacitación con duración de al menos seis meses, 9% de seis a doce meses y 10% de más de un año. Esto es una prueba de que se requiere adquirir el conocimiento de una forma más rápida, ya no con la idea de una adquisición lineal sino de forma acelerada (exponencial).



Por otra parte, el WEF señala que la Industria 4.0 tenderá a hacer más “humano” el empleo, ya que las habilidades no técnicas, las blandas, tomarán un peso más significativo, cómo lo son la creatividad, la innovación, el pensamiento crítico, persuasión, iniciativa, originalidad, atención al detalle, resiliencia, negociación, flexibilidad cognitiva, resolución de problemas complejos, inteligencia emocional, influencia social y liderazgo. Además, señala que un sector que tomará mayor peso en el panorama laboral, precisamente por contar con las habilidades antes mencionadas, será el de los *freelancers*.

Planteamiento del problema

En este apartado se desglosa la problemática que ocupa la presente investigación. En primera instancia se plasma el panorama generado por cada revolución industrial, y específicamente el de la cuarta, después se ahonda en la dificultad laboral y educativa para la era de la Industria 4.0 y por último se plantean los retos a los que se enfrentan las Instituciones de Educación Superior (IES) en México.

Panorama de la problemática generada en cada revolución industrial.

La pérdida de empleos, en el siglo XVIII se plasmó este factor, al utilizar más máquinas se requería menos mano de obra, en la segunda revolución industrial al final del siglo XIX y principios del XX pasó algo similar, y a mediados del siglo XX llegó la tercera revolución industrial que volvió a generar la pérdida de trabajos, al menos de empleos que requerían de obreros con cualidades básicas, las máquinas



tomaron su lugar. Ahora la Industria 4.0 vuelve a irrumpir en la sociedad, al utilizar aún más tecnologías, máquinas digitales que carecen de cuerpo físico pero que realizan funciones que solían ser humanas.

¿Cómo repercutieron las revoluciones industriales en la educación? La tecnología baja de precio con el tiempo, por lo que los empleados requieren reeducarse (Michael Chui, como se citó en Forbes, México, 2018). El desarrollo en la tecnología ha generado máquinas capaces de superar al ser humano en una gran cantidad de tareas, incluidas las cognitivas, desde robots que realizan trabajos con mayor eficacia, eficiencia y calidad, hasta máquinas digitales con inteligencia artificial.

Las tecnologías surgidas en esta revolución desplazarán muchos empleos actuales, en el sector de las naciones pertenecientes a la OCDE aproximadamente 9% para 2030 de los empleos actuales serán desplazados por tecnología, esto generará movilizaciones sociales en un contexto general. Actualmente seis de cada diez empleos son completamente automatizables (McKinsey, 2019, como se citó en D2L, 2019) como lo son los relacionados con contabilidad, paralegal y administración básica, entre otros (D2L, 2019).

En el caso específico de México el 32% de los empleos pueden ser automatizados (*RossIntelligence, 2019*, como se citó en D2L, 2019). Otro ejemplo del impacto de las nuevas tecnologías en el sector laboral es el de los vehículos autónomos, en el caso de Estados Unidos, existen actualmente 3.1 millones de conductores que podrían perder sus empleos al ser desplazados por esta



tecnología, esto incluye tanto conductores clásicos como los de empresas modernas como Uber y repartidores (D2L, 2019). Aquí queda claro que inclusive las empresas tan nuevas como Uber, fundada en 2009 y que es vigente y novedosa, se ve afectada por tecnologías aún más modernas e innovadoras. Prueba de esto es el camión que lanzó la compañía Tesla Motors en 2017, que cuenta con un modo de piloto automático y asistencia para dirigir una sección de vehículos con la misma tecnología en una autopista.

Las estimaciones sugieren tomar las riendas en el asunto, en México para el 2030 se contempla que hasta siete millones de personas perderán su empleo por la automatización de sus puestos de trabajo. Además, el 44% de los jóvenes entre 16 y 17 años no poseen las habilidades digitales básicas para incorporarse a un entorno laboral actual (D2L, 2019).

Según el WEF, el 65% de los niños de que hoy estudian en educación básica, se graduarán en su momento para empleos que aún no existen y de los actuales estudiantes de nivel superior el 50% de lo aprendido en el primer año, de una carrera técnica de cuatro años, será obsoleto para cuando se gradué. También sus investigaciones pronostican que para el año 2030 alrededor de 375 millones de personas deberán de cambiar de empleo debido al desplazamiento laboral causado por la automatización, no solo los empleos manuales y monótonos se verán afectados, también aquellos que requieran de soluciones a decisiones simples, esto por el desarrollo tanto de la automatización, los robots y la inteligencia artificial.



Todos los países se están viendo afectados por los impactos de esta revolución industrial, en China y Taiwán ya se están tomando cartas en el asunto, China por su parte lanzó el programa “China 2025” que es una iniciativa gubernamental para automatizar y usar más robots en su industria. En Taiwán, cómo ejemplo, la empresa *Foxconn* planea automatizar un tercio de su fabricación electrónica para 2020 (D2L, 2019), considerando lo anterior, se observa que el desarrollo en capital humano es esencial para que los países sean competitivos, los que invierten en educación y capacitación superan en muchos aspectos a aquellos que no.

La problemática con y en la fuerza laboral actual.

Continuando con los cambios en el campo laboral, la cuarta revolución industrial trae consigo el apogeo de una forma de trabajo diferente, la del *Freelancer* o trabajador independiente, actualmente la OCDE calcula que un 25% de los trabajadores (contemplando los países que conforman la OCDE) trabajan de esta manera. Una ventaja de estos trabajadores es la flexibilidad en sus horarios, capacidades y contrataciones. Pero a su vez conlleva contras como lo es la seguridad social, con la cual no cuentan la mayoría de ellos; otro problema es la capacitación, el *Freelancer* es responsable de su propia actualización y adquisición de habilidades, por ende, él absorbe los costos de ésta. Las habilidades son el bien máspreciado para este mercado laboral (D2L, 2019).



Un reto más al que se afronta la sociedad actual es el envejecimiento de la fuerza laboral de forma global y el nacimiento de nuevos pensamientos colectivos y culturales disruptivos a la concepción clásica del trabajo. La población nacida de 1946 a 1968 actualmente se está jubilando, a esta generación se le conoce con el término popular de *Baby Boomers*, esto por ser considerada la generación nacida después del fin de la Segunda Guerra Mundial y que tienen pensamientos generacionales similares hacia la forma de trabajo. La generación nacida en el lapso de 1980 al año 2000 está iniciando su etapa laboral, esta generación es conocida como *Millennial*, porque le tocó vivir el cambio de milenio. Esta generación no tiene los mismos conceptos o percepciones sobre el trabajo, es considerada como una generación que concibe sus estancias laborales de forma más temporal, el 50% de trabajadores pertenecientes a esta generación quiere cambiar de trabajo en los próximos 12 a 36 meses (Bersin, 2014).

Considerando lo anterior, a los empleados promedio les toma de tres a cinco años conseguir un expertise notable en un puesto de trabajo. Los programas de capacitación son costosos para la industria y capacitar a los empleados ya por retirarse les resulta una inversión difícil a afrontar, mientras que capacitar a empleados que no duren en un puesto el tiempo suficiente como para amortizar su capacitación, desalienta también a la industria (D2L, 2019). Es por ello por lo que uno de los retos de la industria es conseguir lealtad por parte de sus empleados y conocimiento institucional.



La idea anterior de estudiar veinte años (tomando los cinco niveles educativos que van desde preescolar hasta universidad) y trabajar cuarenta años, para retirarse alrededor de los sesenta y cinco años queda ya obsoleta. Las nuevas tecnologías y entornos laborales arrojan nuevas oportunidades laborales y estilos de vida, la educación por tiempo se enfrenta a la educación por adquisición de habilidades.

Los retos de la Educación en la era 4.0.

En lo respectivo a educación, en un estudio realizado por el WEF en más de veinte países, se encontró que 88% de las Instituciones de Educación Superior (IES) no conocen de forma general las implicaciones de la Industria 4.0 tanto en el entorno educativo como laboral y 64% de las IES no tienen programas ni procedimientos diseñados para poder satisfacer las necesidades de la industria en cuanto a habilidades adquiridas durante esta etapa educativa por los alumnos (Virtual Educa, 2019).

Una discrepancia por parte del sector educativo es que el 96% de los directivos académicos de las IES consideran que sus egresados sí tienen las habilidades para laborar de forma efectiva en la actualidad, mientras que sólo 11% de los líderes comerciales piensan lo mismo (D2L, 2019). El desafío es claro, las brechas entre las habilidades enseñadas y las necesarias es ya visible, hay una desconexión entre lo que la industria requiere y lo que la escuela está enseñando.



Aunque preparar para el trabajo no es el único objetivo de la educación, si es uno de los más fundamentales a nivel superior, pero la carga y compromiso del reto ante la actual revolución industrial y las anteriores no recae en sólo en ésta, se comparte también con la sección legislativa (gobierno), la empresarial e incluso la individual (del futuro trabajador).

A una escala masiva, las habilidades de los trabajadores no se mantienen al día, por la rapidez de los cambios generados por la Industria 4.0, no se puede hablar mucho de un “futuro” ya que los cambios están surgiendo en el presente y no son paulatinos, tan rápidos que no se observan inmediatamente en sí. Las empresas modernas ya están solicitando habilidades que antes no eran consideradas como fundamentales. Se ha pasado el umbral de la obsolescencia programada de las habilidades enseñadas en el presente, y la vigencia de las nuevas habilidades enseñadas es más corta inclusive que la carrera laboral de la mayoría de los estudiantes actuales y egresados (World Economic Forum, 2018).

Sobre esas bases de argumentos se construye una conclusión acerca de la problemática en cuestión educativa y laboral causada por la Industria 4.0: las habilidades adquiridas pasan a ser obsoletas rápidamente, esto genera la necesidad de adquisición de nuevas habilidades por parte de los empleados actuales y de los estudiantes a egresar de las IES. Ante esta necesidad cambiante, los modelos actuales educativos no se logran emparejar con las exigencias del mercado laboral, por ello deben de evolucionar y ofrecer programas que otorguen estas habilidades de forma rápida en comparación de la actual.



Agregando retos para la educación del presente, se vislumbra el nacimiento de una nueva clase de estudiante, el no tradicional, el que no asiste a un aula, por no cerrar el concepto a escuela o centro de capacitación, este nuevo tipo de estudiante busca su capacitación constante, ya sea por su actividad laboral en el entorno de *freelancer* o por su desarrollo profesional y personal constante. El estudiante no convencional no busca horas de entrenamiento o constancias que acrediten tiempo determinado en un área de estudio, buscará acreditaciones y certificaciones sobre el dominio de habilidades específicas. Para ellos los programas de cuatro años de estudios no serán llamativos. Por ello la educación debe de ofrecer programas llamativos, con objetivos específicos dirigidos a la obtención de credenciales o habilidades, deberán ser mixtos y variables además de flexibles (D2L, 2019). A forma de ejemplo, un desarrollador de *apps* móviles buscará aparte del conocimiento en software y hardware las habilidades en *marketing* para poder comercial sus productos.

Por esto, la escuela debe de romper el molde de “sentarse a aprender” por determinado lapso, con horarios estrictos y mapas curriculares preestablecidos y genéricos, y debe adaptarse a las necesidades del alumno, además de que la educación debe de ser eficiente. Los modelos basados en competencias son modelos educativos donde el alumno aprende las competencias que le faltan y demuestra dominarlas en conjunto para realizar trabajos específicos, y no se centran en lapsos específicos, sino en la comprobación de habilidades adquiridas.



Otros modelos que se adaptan a estas nuevas necesidades son el modelo mixto, el modelo dual y la educación en línea.

El panorama es complejo para la educación, el cómo enseñar es una cuestión de décadas, pero ahora se hace más fuerte la necesidad de saber qué enseñar. Una propuesta general es la de dividir la enseñanza en certificaciones o diplomas (*microcredenciales*) acumulables, para permitir al alumno que adquiera las que requiere específicamente para satisfacer sus necesidades laborales y sólo las necesarias, para no invertir tiempo en aquellas que no utilizará (D2L, 2019). Esto aplica tanto para nuevos estudiantes como para los actuales trabajadores, es una posibilidad económicamente atractiva tanto para gobierno como para la industria, inclusive para el sector educativo, este sistema es conocido como educación continua. Por ello, crear una institución de aprendizaje moderno ofrece una ventaja estratégica en la capacidad de atraer, retener y desarrollar mejor el talento.

Un panorama para las IES ante la Industria 4.0

Una acción responsable de parte de la educación es anticiparse a las necesidades futuras de los estudiantes y realizar los ajustes necesarios en el presente, John Dewey en 1916 (como se citó en *The Conversation*, 2019) afirmó, que si se continua enseñando a los estudiantes de igual que en el pasado, esto les despojará el futuro (*The Conversation*, 2019).

La llegada de la Industria 4.0 y tecnologías que la componen como la AI y la automatización, generarán en México un pronóstico de que en los próximos años



se perderán alrededor de 9 millones de empleos (The Conversation, 2019). Las IES se enfrentan a un enorme reto, lograr prever cuáles serán las habilidades requeridas por los futuros egresados para no pertenecer a las estadísticas antes señaladas.

Se cree que para el año 2030 las IES ya no tendrán el monopolio de la credencialización (generación de documentos que avalen el conocimiento a distintos niveles educativos), el esquema actual es que las IES otorgan un título con el que se acredita a un estudiante con las capacidades necesarias para desempeñarse en una profesión, con carreras universitarias de tres, cuatro o hasta cinco años de duración, lapsos normales hasta ahora, pero muy largos para inicios de esta cuarta década del milenio actual. Se contempla que la credencialización de habilidades específicas por medio de educación híbrida será más activa para este futuro. Acreditar a menor costo y en menor tiempo será un reto. El título universitario no será el más buscado, ni por alumnos ni por empresas (The Conversation, 2019). El mercado laboral valorará más las competencias específicas y los portafolios de evidencias que acrediten a éstas.

Ejemplos de lo anterior no son pronósticos ni profecías, en 2017 la empresa Price Waterhouse Coopers empezó a contratar a egresados de bachillerato para formarlos como analistas de riesgo, en 2018 Facebook, Amazon y Google hicieron algo similar, pero en sus áreas de mercado (The Conversation, 2019).

Las nuevas tecnologías vislumbran un horizonte donde, gracias a componentes de esta cuarta revolución industrial como la AI y la realidad aumentada, el aprendizaje será personalizado. El aprendizaje con práctica directa



será más solicitado, además de que la institución educadora buscará al aprendiz y no de la manera tradicional, donde el alumno se adaptaba a la institución. Las habilidades blandas o *Soft Skills* o *Power Skills* serán más solicitadas, ya que no se pueden automatizar.

Algunas IES ya se están adentrando en este cambio educativo, ejemplo de ello en México es la iniciativa Tec21 del Tecnológico de Monterrey, que está siendo trabajada por profesores, especialistas de la industria, ONGs y el gobierno, en esta iniciativa que inicia en agosto del 2019. Tec21 a grandes rasgos es un modelo educativo que fomenta el liderazgo, el espíritu emprendedor, el sentido humano, la competitividad internacional, el aprendizaje basado en retos, la flexibilidad del alumno acerca de cómo, cuándo y dónde aprender (todas ellas *Power Skills*), se promueve la inspiración por parte de los profesores para crear comunidades académicas, que innoven de materia educativa y promuevan la vinculación del alumno no solo con el entorno educativo, sino con un entorno global y real (The Conversation, 2019).

La brecha, que se acrecienta, entre habilidades enseñadas actualmente y las necesarias para un futuro cercano es un tema de preocupación. Las empresas prefieren automatizar los puestos de trabajo o contratar empleados con habilidades deseadas ya dominadas en vez de recapacitar a sus empleados actuales. Un cuarto de las empresas no desean participar en un programa de actualización de sus empleados, por el costo que esto implica, dos tercios de estas empresas consideran que la responsabilidad en adquirir estas habilidades o actualizarlas recae en los



propios empleados, mientras que más de la mitad de las empresas optan por alternativas de trabajadores temporales o *freelancers* en vez de actualizar o re-capacitar a sus empleados actuales (The Conversation, 2019).

La revolución tecnológica actual presenta dos panoramas muy marcados, el primero es que requiere de nuevos empleados con habilidades nuevas y específicas, ofrece nuevos puestos de trabajo que antes eran inimaginables, requiere de especialistas en temas tecnológicos, pero por otra parte vuelve obsoletas habilidades actuales o las automatiza.

Preguntas de investigación

En este apartado se presentan las preguntas de investigación general y específicas de la presente investigación.

Pregunta de Investigación general.

¿Cuáles son las habilidades y competencias futuras requeridas por la Industria 4.0 en la formación de estudiantes de nivel de educación media y superior en el Estado de Durango?

Preguntas de investigación específicas.

- ¿Qué conocimiento tienen, acerca de la Industria 4.0 y las habilidades para incorporarse a la Industria 4.0, los actores educativos de educación media y superior del estado de Durango?



- ¿Qué tipo de habilidades serán necesarias desarrollar en la formación de estudiantes de nivel de educación media y superior para el entorno laboral de la Industria 4.0?

Objetivos de Investigación

En este apartado se presentan tanto el objetivo general y los específicos de la investigación.

Objetivo general.

Identificar las habilidades y competencias requeridas de los estudiantes de nivel de educación media y superior para incorporarse al entorno laboral de la Industria 4.0 a través de un estudio prospectivo.

Objetivos específicos.

- Identificar el conocimiento, acerca de la Industria 4.0 y las habilidades para incorporarse a la Industria 4.0, por parte de actores educativos de educación media y superior de Durango.
- Determinar las habilidades a desarrollar en la formación de estudiantes de educación media superior y superior para el entorno laboral de la Industria 4.0.



Justificación

La cuarta revolución industrial llega en este siglo con varios cambios sociales, uno de ellos y de los más importantes, es la realización de tareas cotidianas y monótonas por parte de las máquinas y robots, haciendo que los humanos empleados en estas tareas pasen a ser prescindibles para la industria, por ello no sean requeridas sus habilidades en la misma. Pero ¿Qué impacto tendrá en la sociedad el desempleo masivo de trabajadores que cumplen estas tareas actualmente? Para poder esbozar una respuesta a esta pregunta es necesario estudiar todo el contexto actual de la sociedad y de los individuos, identificar sus habilidades actuales e identificar si estas coinciden con las requeridas en esta etapa histórica.

Los movimientos sociales por parte de las revoluciones industriales estallan tarde o temprano, la mayoría de ellos en el sector laboral, sobre todo al momento en el que el gremio laboral se ve remplazado por las máquinas o nuevas tecnologías, el desplazamiento en sí no es el problema, sino lo impactos económicos, sociales y emocionales que esto conlleva, son impactos al trabajador en su moral y su bolsillo, la gran adaptación del ser humano para subsistir le permite buscar nuevas fuentes de ingresos pero esta transición, entre el momento del desplazamiento laboral al de encontrar una nueva función social redituable, es tortuosa. Aunque las revoluciones industriales en su momento desplazaron, ya que realmente no quitaron trabajos, a los empleados a otros sectores, estos se reacomodaron en nuevos gremios, pero muchas veces con menor remuneración o

con una autocapacitación que generó curvas de *expertise* duraderas y por naturaleza incómodas además de que solían y suelen derrumbar los estatus económicos de dichos *ex-trabajadores*, polarizando las clases sociales de forma económica, aumentando la brecha entre los más acaudalados y los menos.

Es necesario, para disminuir la brecha antes mencionada, analizar la situación actual y diagnosticar las necesidades conformadas por el contexto holístico del impacto de la cuarta revolución industrial y con base en los resultados, identificar, diseñar y poner en marcha estrategias que ayuden a mitigar los impactos negativos desde una perspectiva educativa. El sector educativo tiene el compromiso moral de mantener la pertinencia y actualidad de las habilidades, certificaciones académicas y competencias que ofrece, para asegurar la incorporación del futuro trabajador al sector laboral pero también de ofrecer la rehabilitación las aptitudes de los trabajadores actuales.



CAPÍTULO II

MARCO REFERENCIAL



En el presente capítulo se plasman los conceptos generales utilizados a lo largo de este documento, se desglosan los componentes de la Industria 4.0 y las habilidades necesarias para incorporarse a la misma.

Las generaciones actuales, crecen en un entorno nunca visto por la humanidad, se puede decir que la máquina y la humanidad son una sola, incluso en algunos casos existe más sintonía e interacción humano-máquina que humano-humano (Goleman, 2018). Por este motivo, identificar las tecnologías actuales, que involucran directamente a las máquinas (desde distintas perspectivas), es primordial para ahondar comprender mejor a la Industria 4.0.

La Industria 4.0, también nombrada Cuarta Revolución Industrial, es un conjunto de tecnologías con un contexto histórico ya abordado anteriormente, en este apartado se entrega una conceptualización general de las tecnologías pilares identificadas en la presente investigación. Es importante señalar que cada una de las tecnologías a continuación presentadas es abordada de forma general, ya que en si cada una es una disciplina, y por ende no sería justo encasillar en tan pequeños textos su envergadura.

Principales tecnologías que integran la Industria 4.0

El espectro de tecnologías que integran la Industria 4.0 es muy diverso y está en continua evolución, algunas de estas tecnologías se presentan en la Figura 1.





Figura 1. Principales tecnologías de la Industria 4.0
Fuente: elaboración propia.

Pilares tecnológicos de la industria 4.0

Para complementar la conceptualización de la Industria 4.0 es necesario desglosar algunos de los constructos propios de la misma, aunque estos no fueron o son propia o estrictamente de Industria 4.0, sí son componentes que entran en sinergia con las tecnologías de ésta, por ello hacer una breve descripción de los mismos ayuda a entender mejor la importancia de los estos.



Los pilares tecnológicos de la Industria 4.0, desglosados

Las generaciones actuales, crecen en un entorno nunca antes visto por la humanidad, se puede decir que la máquina y la humanidad son una sola, incluso en algunos casos existe más sintonía e interacción humano-máquina que humano-humano (Goleman, 2018). Por este motivo, identificar las tecnologías actuales que involucran directamente a las máquinas, desde distintas perspectivas, es primordial para ahondar comprender mejor a la Industria 4.0.

La Industria 4.0, también nombrada Cuarta Revolución Industrial, es un conjunto de tecnologías con un contexto histórico ya abordado anteriormente, en este apartado se entrega una conceptualización general de las tecnologías pilares identificadas en la presente investigación. Es importante señalar que cada una de las tecnologías a continuación presentadas es abordada de forma general, ya que en si cada una es una disciplina, y por ende no sería justo encasillar en tan pequeños textos su envergadura.

Big-Data.

El término Big-Data (otros nombres para esta tecnología son: *Macro datos* o *Datos masivos*) se refiere a los datos que, por su tamaño, volumen, velocidad, formato o variedad, no se pueden almacenar, manipular o analizar con métodos tradicionales, como hojas de cálculo relacionales. El Big-Data se relaciona con campos como la Estadística, la Programación y el Conocimiento de Datos. Se ha aplicado en campos como el *Marketing* y la Investigación Científica. De esta tecnología surgen varias



sub áreas tecnológicas como la Minería de Datos y el Análisis Predictivo (Pulson, 2019; López y Walsh, 2020).

El Big-Data tiene tres principales características, las cuales lo definen. La primera el volumen, la ley de Moore dice que cada dos años se duplica la capacidad de los computadores, por lo que la definición de Big-Data no puede definirse por medios numéricos, lo que hoy es una cantidad masiva de datos, dentro de unos años puede ser una cantidad ínfima, un ejemplo es el software Excel de Microsoft Office, que para 2003 ofrecía en una hoja de cálculo 65 mil filas y 256 columnas, para su versión 2007 permitía más de un millón de filas y más de 16 mil columnas, y aun así ambos ejemplos son considerados como pocos datos como para considerarse Big-Data, por ello la cantidad de datos o volumen enorme de los mismos es una característica de esta tecnología (Pulson, 2019).

La segunda característica es la velocidad, los datos “entran” de manera rápida. De ejemplo: en una investigación científica convencional de 100 casos, los datos tomarían meses en ser recopilados, analizarlos semanas, y publicarlos podría tomar años; pero el Big-Data trabaja con números muy diferentes, a ejemplo de la velocidad de esta tecnología, la red social *Twitter*, que publica 6 mil *twits* por segundo, 500 millones al día y 200 000 millones al año y además los cuenta y registra en tiempo real. Puesto que estos datos aumentan de forma imparable, el conjunto de datos a medir y analizar suele conocerse como objetivo móvil (Pulson, 2019).



La tercera es la variedad, los datos no están ordenados como en una hoja de cálculo. Los datos pueden llegar en formatos estructurados de texto o no, pueden ser libros, notas, artículos, blogs, fotografías, audios, videos, y cualquier otro formato. Esta característica es para muchas empresas la más abrumadora (Pulson, 2019).

A los datos que, teniendo al menos estas tres características, se le puede considerar Big-Data. Las aplicaciones de esta tecnología van desde el ámbito empresarial, para la recolección de datos de los consumidores, hasta las investigaciones científicas. La privacidad de los datos que maneja el Big-Data es uno de los puntos clave en cuestión de ciberseguridad y bajo la lupa ética de distintas organizaciones. Ya que la cantidad de datos es inmensa, su almacenamiento suele estar distribuido en distintas locaciones físicas, propiamente en la nube (*Cloud Technology*). Estas características aumentan la complejidad de esta tecnología, por ello la curación de los datos, el mantenimiento de estos, de detección y seguimiento forman nuevas áreas laborales que requieren de expertos altamente capacitados en esta tecnología (López y Walsh, 2020).

Block-Chain.

Esta tecnología digital, se puede describir como “un libro de contabilidad distribuido”, es un protocolo seguro por el cual un conjunto de computadores, conectadas en red, verifican colectivamente transacciones de datos previo a que se concreten y registren. Esta tecnología genera confianza al permitir que los usuarios de dicho protocolo, puedan realizar transacción de datos aun sin conocerse de manera física



o digital. Este protocolo permite que los usuarios colaboren entre sí, compartiendo datos, sin tener que pasar por una autoridad o gestor central. La información transferida por esta tecnología es encriptada y autenticada por más de un usuario, en varios protocolos es verificada por todos los usuarios de la red, por lo que se puede considerar segura y fiable, todos los usuarios del protocolo pueden inspeccionar las transacciones, y por ello ningún usuario individual puede manipular la información sin que dichas alteraciones no sean visibles por el conjunto universal de usuarios. Un ejemplo del uso de esta tecnología es la criptomoneda *Bitcoin*, esta es una de las más conocidas, más no la única. Usos posibles y ya propuestos para esta tecnología son certificados de nacimiento y defunción, títulos académicos, reclamaciones de seguros, procedimientos médicos, votos electorales y cualquier otra transacción que pueda digitalizarse (Schwab, 2016).

Internet de las cosas.

El Internet de las Cosas (IoT, del inglés Internet of Things), también conocido como Internet del Todo, puede describirse como una relación entre las cosas (definiendo cosas como: productos, servicios, lugares, máquinas, dispositivos y cualquier otro elemento físico o virtual) y las personas, esta conexión es posible mediante tecnologías conectadas y plataformas de interacción. La manera en que las “cosas” se conectan e interactúan entre sí es mediante el conjunto de sensores, microprocesadores y conexiones que permiten que los objetos interactúen de forma digital en redes virtuales. El avance en la tecnología ha permitido el desarrollo de sensores, microprocesadores y componentes electrónicos cada vez más pequeños,



por ello la implementación de estos elementos en objetos cotidianos es posible, ya que a la vez de la reducción de su tamaño se reduce cada vez más el precio de producción de los mismos. Dentro de los objetos comerciales actuales que ya cuentan con esta tecnología se pueden encontrar relojes, pulseras, chamarras, zapatos, refrigeradores, estufas, autos, en los hogares como sistemas de iluminación, de mantenimiento y entretenimiento, por otra parte en las ciudades también ya comienzan a utilizarse para detectar polución, tráfico, radiación solar, estos son solo ejemplos de los miles que se encuentran en la actualidad en el mercado (Schwab, 2016). Esta tecnología permite que se mejoren las interacciones con los objetos cotidianos, pero también en los procesos industriales como las cadenas de suministro, arrojando a su vez cantidades enormes de datos o Big-Data.

Inteligencia Artificial (AI por sus siglas en inglés).

Definir el concepto de Inteligencia Artificial es difícil, ya que definir simplemente lo que significa inteligencia puede generar un debate interminable que distintos autores han tratado a lo largo de la historia, pero basándonos en la definición que el padre de esta disciplina, John McCarthy, podríamos decir que es la capacidad de una máquina de comportarse de la manera a lo que llamaríamos “inteligentemente” si un humano se comportara igual (Kaplan, 2016).

La Inteligencia Artificial (con IA como acrónimo en español y *Artificial Intelligence con acrónimo AI*) se encuentra presente ya en mucha de la tecnología que podríamos considerar cómo normal, una versión muy común de esta tecnología son los asistentes personales inteligentes, los más comerciales y posiblemente



conocidas son Siri de la compañía Apple, Alexa de Amazon y Cortana de Microsoft. La IA también está presente en vehículos que se conducen solos, drones, software de traducción, simuladores virtuales para la generación de nuevos fármacos o creación de vacunas, e incluso en algoritmos que predicen nuestro comportamiento (Schwab, 2016). En esencia la AI es la capacidad de una máquina para tomar decisiones, las mejores según sus datos e información disponible; estos datos o información puede ser recolectada por sí misma o por interacción humana. Los datos son ordenados e interconectarlos entre sí para fabricar información, después son almacenados para su futura consulta o utilización en la toma de decisiones (Lirio, 2020). Esta tecnología va ligada de otra que es de los pilares de la Industria 4.0 el Machine Learning (aprendizaje máquina) incrementando el potencial de ambas tecnologías tras su combinación.

Machine Learning.

El Machine Learning (Aprendizaje Automático de Máquinas o Aprendizaje Máquina) es una tecnología que intenta emular los procesos cognitivos del humano y transferirlos a la Inteligencia Artificial (AI). En la actualidad esta tecnología permite realizar predicciones o crear conocimiento a partir de un conocimiento previo existente. El cerebro humano en sus primeros años de vida recoge datos, estos datos los almacena y después realiza acciones con base en ellos, es decir aprendizaje, de esta forma se intenta proceder con la AI, dotándole de datos y que ésta “aprenda” a tomar decisiones tras almacenarlos y analizarlos. Aunque esta explicación es muy simplista, es una visión general de lo que pretende el Machine



Learning, la diferencia es que los procesos biológicos propios del humano no afectan o interfieren en el desarrollo del aprendizaje de la máquina (Lirio, 2020).

Esta tecnología también propicia los fundamentos teóricos y prácticos para que la IA pueda generar información faltante, por medio de algoritmos, aprendiendo de manera constante sobre sus errores y las mejores maneras de rellenar esos “huecos” de información. Para realizar estas funciones, el Machine Learning emula los procesos del pensamiento y aprendizaje humano pero adaptados a la estructura arquitectónica de un computador. Al agregar al Machine Learning la AI y bases de datos de Big-Data se impulsan las tres tecnologías superando por mucho las habilidades humanas para el tratamiento de información, tanto en velocidad, volumen y variedad, además de que como las tres tecnologías hacen uso de estadística en su máximo esplendor, los procesos en conjunto de estas tres tecnologías están fuera del alcance de la mente humana ordinaria. Algunos de los usos de esta tecnología en la actualidad son en el manejo de vehículos no tripulados o autoconducidos, chat *bots* y otros *bots* digitales, generación de vacunas (simulación), modificación genética y muchas más aplicaciones (Lirio, 2020).

Ubiquitous Internet.

En las últimas dos décadas el computador se ha enraizado en nuestras vidas, hasta el punto en el que la mayoría de las personas contamos con uno pequeño, que nos permite navegar en internet, realizar llamadas, tomar fotografías y video, viajar a realidades digitales o aumentar la actual. Estos pequeños computadores son capaces de enlazarse con nuestros relojes, zapatos, automóviles, aparatos de



cocina, con la iluminación de nuestros hogares, incluso con nuestro corazón, informándonos el estado del mismo en tiempo real. El dispositivo descrito anteriormente es un dispositivo móvil, o smartphone de gama media o alta, este es en sí solo un componente de varios dispositivos que cuentan con un enlace a una red digital, el IOT, pero para que toda esta red pueda funcionar de forma adecuada, es necesario contar con un ancho de banda amplio además de que la red debe de tener la característica de ser veloz y estar en todos lados, a la tecnología que permite esto se le conoce como el Internet en todos lados o Ubiquitous Internet (Internet Ubicuo) (Bechmann y Lomborg, 2015).

Aunque en la actualidad no existe una definición académica sobre lo que es el Internet Ubicuo, ya que es un término relativamente nuevo y multidimensional, se puede sintetizar y englobar de la siguiente manera: El Internet Ubicuo es la tecnología a través de la cual distintos elementos del mundo real y digital se relacionan para interactuar entre sí y con los usuarios, para ser considerado ubicuo debe de ser accesible por múltiples plataformas y por medio de distintos estándares y protocolos de comunicación, debe de prestar movilidad entre dispositivos, servicios y usuarios, debe de ser interoperable, que más de un dispositivo pueda acceder a él y a varios servicios a la vez, con ancho de banda amplio, debe de ser capaz de albergar a cuantos dispositivos estén en su momento interactuando entre sí, debe de ser abierto (con regulaciones de seguridad) para que los dispositivos, usuarios y servicios accedan y naveguen en él (Bechmann y Lomborg, 2015).



Ciberseguridad.

Para cada tecnología existe cuando menos una posible aplicación positiva y una negativa. De ejemplo las *neuro-prótesis* (prótesis controladas por neurotransmisores en tiempo real), su lado positivo es que ayudan a un humano con alguna discapacidad, ya sea con una mano biónica o una pierna, pero existe también su uso bélico, una mano biónica con armas incorporadas. Por ello conforme avanza cada una de las tecnologías, es necesario prepararse (protegerse) ante ellas, en caso de que sean utilizadas para realizar daño, ya sea físico, biológico, económico, social o de cualquier índole. Esta tecnología avanza en aras prospectivas, generando sistemas de seguridad para tecnologías que incluso aún no se sabe de su existencia, el secretismo propio del desarrollo bélico-tecnológico de las naciones genera una evolución estratégica en esta tecnología de ir “un paso adelante” (Harari, 2016; Schwab, 2016).

Ejemplos de los desarrollos tecnológicos que actualmente se encuentran en proceso de investigación creación y mejora (o que al menos se sabe de ellos), con fines bélicos o de seguridad, son: implantes cerebrales para la modificación de la memoria en los soldados, drones bélicos, militarización del espacio exterior, dispositivos portátiles (*wearables*), manufactura aditiva en el campo de batalla, Nanotecnología con fines armamentísticos, armas biológicas y bioquímicas, Inteligencia Artificial en redes sociales. Aunque actualmente existe como motivo (excusa) el desarrollo de estas tecnologías con el fin de salvaguardar la seguridad de las naciones, se realiza la producción de este tipo de armas, la cual propicia un



nuevo tipo de guerra, la guerra automática, donde las potencias económicas pueden prescindir del elemento humano en el campo de batalla, pero las que no cuentan con los recursos económicos y tecnológicos se ven abrumadas ante estas amenazas. No todas las batallas se pretenden librar de forma física, por ello la ciberseguridad tiene actualmente su mayor desarrollo en las tecnologías digitales y de computación, en lo que se denomina guerra cibernética, ejemplo de ella son los ataques a sitios web oficiales, ordenadores y servidores de instituciones financieras y gubernamentales, además del terrorismo por parte de la generación de noticias falsas en las redes sociales, robo o secuestro de identidad digital, ciber extorsión y muchas más actividades ilegales que se realizan por esta vía (Schwab, 2016).

Cloud-Technology.

Previo a la tecnología Cloud-Technology (Tecnología en la Nube o Cloud Computing) el esquema computacional de la industria y las organizaciones, incluso del hogar, era (y lo es aún para 2020 en muchas partes) un conjunto de hardware para tareas específicas, como almacenamiento, procesamiento, distribución de redes, digitalización de información, entre otras tareas, y la adquisición de licencias de software, este proceso de adquisición además de ser costoso requiere de conocimientos técnicos específicos por parte de los usuarios. Pero la Tecnología en la Nube revoluciona este esquema, permitiendo a este “alquilar” los servicios a través de internet, de manera de que ya no requiere comprar un software o una licencia por periodos de tiempo, ahora solo “renta” el uso del mismo, de forma similar con el hardware, no es necesario tener ya las instalaciones para servidores, discos



duros físicos con enormes capacidades, cuartos de cómputo y redes, ahora solo renta estos servicios, contando con una conexión de internet estable, y dependiendo de las necesidades, con el ancho de banda suficiente, el usuario puede trabajar directamente en la Nube. Para el National Institute of Standards and Technology (NIST) la definición de Computación en la Nube es: un modelo que permite obtener, desde cualquier lugar y bajo demanda un cómodo acceso a través de una red o un conjunto de recursos informáticos configurables, el cual se puede conformar y suministrar rápidamente con un esfuerzo de gestión mínimo o con interacción mínima con el proveedor. Las características que debe tener un servicio para ser considerado como Cloud Computing son: 1) debe de ser un autoservicio bajo demanda, el cliente puede adquirir el servicio de forma unilateral sin relación con el proveedor. 2) el acceso al servicio es desde la red. 3) El usuario puede acceder de forma remota a un conjunto de recursos informáticos. 4) Elasticidad: se puede escalar o liberar rápidamente las capacidades del servicio, de manera que el usuario no note/identifique reducción en la calidad del servicio en caso de que a este se le esté exigiendo de más o por varios usuarios a la vez. 5) Servicio medido: debe de poderse administrar y controlar el uso de los recursos aprovechando la capacidad de medir dicho uso (Lunar Guevara, 2018).

Net-Working.

El Net-Working es una tecnología socio-digital, está orientada a la construcción de redes estratégicas para el trabajo. Generando sinergia entre distintos actores de una red en específico o en internet, con el fin de conseguir objetivos en común o



para ayudarse en que cada actor consiga su objetivo. La finalidad del Net-Working es formar estrategias para la generación de oportunidades por medio de las relaciones sociales, no solo contactar a las personas, sino mantener dichas relaciones. El Net-Working tiene como objetivo dar a conocer a los usuarios de esta tecnología, sus objetivos, áreas de interés, fortalezas laborales, conocimientos y experiencia, enlazándolos con otros usuarios y de esta manera formar redes de contactos con el fin de abrir oportunidades para estos (Díaz Quijano, 2017).

Realidad Virtual y Realidad Aumentada.

Para definir estas dos tecnologías es necesario primero definir qué es la realidad. La realidad es todo aquello que podemos sentir por medio de nuestros sentidos sin ningún tipo de modificación. Cuando a través de la modificación de nuestra percepción (la información que entra a nuestros sentidos) por medio de hardware o software, estamos hablando de Realidad Aumentada (RA), esta realidad es sintética. En pocas palabras se crea o agrega información al mundo real. Los dispositivos comunes para aumentar la realidad son gafas de realidad aumentada, cascos de pilotos de aviación, tabletas electrónicas y dispositivos móviles. Su uso es desde la simulación y prototipado, pasando por la visualización de elementos en 3D para mantenimiento o en museos, hasta el apoyo de pilotos de combate con información sobre sus objetivos en tiempo real. Resumiendo, la Realidad Aumentada es agregar información en tiempo real al usuario de la misma, esta información debe de estar disponible en todo momento para el usuario, para que este pueda hacer uso de la misma. Aunque no existe una definición única y



específica para la Realidad Aumentada la más aceptada en términos generales es la que dice que para que sea considerada como tal debe de incluir elementos reales y virtuales interactuando entre sí (Solís, 2018).

Por otra parte, una tecnología que en ocasiones es confundida con la anterior es la Realidad Virtual (RV) esta realidad es una inmersión completa o parcialmente del usuario en una realidad establecida por el hardware y software, donde parte de los sentidos (aún no se llega al total de los mismos) del usuario captan información virtual y las sensaciones son independientes del entorno real. Ejemplos de elementos que permiten esta inmersión son las gafas virtuales, algunas incluyen mandos de control y auriculares que permiten que los sentidos de la vista y el oído y hasta cierto punto el del tacto (por medio de vibradores motorizados) capten información de esta RV (Carratalá, 2019).

Plug and Produce.

La tecnología Plug and Produce está enfocada en optimizar la adaptabilidad de la industria, por ello de la gestión de sus componentes y de otras tecnologías de la Industria 4.0. Por medio de esta tecnología una fábrica puede reconfigurarse de manera rápida para adaptarse a la producción. Anteriormente la producción en línea de un solo producto reducirá tiempos y costos, al mantener siempre un proceso y una configuración de las instalaciones de una fábrica, pero hoy, la tendencia es que el cliente personalice su producto, incluso antes de pagarlo, por ello la industria, en específico las fábricas, deben de adaptarse de manera ágil y rápida a las peticiones del cliente, a la vez de no perder su capacidad de reconfigurarse cuantas veces sea

necesario. La tecnología Plug and Produce busca que estas reconfiguraciones tengan la mínima o nula interacción humana, por lo que integra en sus procesos a otras tecnologías como IOT, Internet Ubicuo, IA y Big-Data con el fin de aumentar la flexibilidad de la producción, preservando todos los estatutos de calidad y seguridad, a la vez de que permite escalar o reducir la producción de ser necesario (Plataform Industrie 4.0, 2017).

Manufactura Aditiva.

La manufactura aditiva trae uno de los impactos más relevantes en las tecnologías de la Industria 4.0. Esta tecnología se divide en diversas técnicas como la estereolitografía, el sinterizado selectivo por láser, la balística de partículas, la deposición fundida, y la impresión 3D, esta última variante de la Manufactura Aditiva suele ser confundida como sinónimo del término Manufactura Aditiva puesto que es la más comercial y popular, pero en realidad es una rama de esta tecnología. Algunas de las áreas donde se emplea esta tecnología es en el modelado, validación y montaje, evaluación cinemática, estudios de mercado, fabricación de prototipos y piezas finales (Gómez González, 2016, 767-782).

Esta tecnología se emplea en campos muy diversos, desde los científicos, los comerciales y hasta los lúdicos o recreativos, a manera de ejemplo, se utiliza en la paleontología para imprimir modelos tomados con rayos x, en la medicina de forma similar, también para imprimir comida o incluso tejido humano vivo. Los materiales que se utilizan para impresión son muy variados, desde plásticos (de



origen orgánico o inorgánico), hueso, cerámica, arena, metal, tejido orgánico, concreto (Gómez González, 2016; Carratalá, 2019).

Digitalización / Virtualización.

Estas tecnologías suelen confundirse entre sí, más son diferentes. La digitalización es el proceso de convertir la información analógica en digital, como sonidos, textos, imágenes, mediciones de cualquier tipo. Y aunque esta tecnología no es nueva, su importancia en la industria 4.0 es porque la cantidad de información que se captura del mundo real y analógico es mayor cada vez, además la Digitalización se alía con otras tecnologías de la Industria 4.0 cómo el IOT, la Inteligencia artificial, la Realidad Virtual y Aumentada, el Machine Learning, el Big-Data y el Cloud Computing, convergiendo al mundo real y a la digital de forma casi homogénea. Ejemplos de dispositivos que digitalizan información son cámaras fotográficas, micrófonos, sensores de voltaje y corriente, y cualquier otro sensor que sea capaz de convertir mediciones a datos eléctricos o electrónicos (World Economic Forum, 2017).

Por otra parte, está la Virtualización, ésta surge directamente de la Digitalización. La virtualización es el proceso mediante el cual se emula en un plano digital un proceso o una realidad. Para llamar a un proceso o realidad “virtual”, debe de ser posible interactuar con él por medio de dispositivos físicos. Ejemplos comerciales de virtualización son los softwares de diseño y prototipado, los videojuegos, los softwares de procesos industriales, simuladores de vuelo y conducción y otros. La Virtualización permite ahorrar costos, proporciona un crecimiento flexible, administración de espacios de forma simplificada, modernizar



instalaciones/aplicaciones antiguas, centralización de tareas de mantenimiento (World Economic Forum, 2017).

Las consecuencias de ambas tecnologías son amplias, generaron y siguen generando consecuencias y transformaciones en todos los sectores de la vida humana y sus estructuras sociales, educativas, económicas, industriales y administrativas, desplazando antiguas formas de trabajo y generando nuevas.

Automatización y Robotización.

La automatización es la sinergia entre tecnologías computacionales, mecánicas, eléctricas y electrónicas, que operan en conjunto con una intervención mínima del humano. El principal uso de esta tecnología es el optimizar procesos, proveerlos de mayor seguridad y utilizar los recursos de manera eficiente. Todo proceso puede ser automatizado, al menos de forma parcial, desde la ordeña de vacas hasta la construcción de microprocesadores. Uno de los primeros procesos automatizados de los que se tiene registro es el Telar, que funcionaba por medio de tarjetas perforadas, inventado en el siglo XVIII por Joseph Marie Jacquard. Desde entonces miles de procesos han sido automatizados. Actualmente, para la mayoría de los procesos industriales se utiliza un Controlador Lógico Programable (PLC) como dispositivo principal para la automatización (Logicbus, 2020).

Como parte de la Automatización, surge otra gran tecnología, la Robotización. Un robot es un dispositivo físico o virtual que realiza tareas de modo autónomo, por medio de la programación de rutinas y mediante la retroalimentación de los datos obtenidos de sensores propios del proceso en el que robot trabaja,



permitiendo realizar ajustes durante el mismo. Las soluciones robóticas son enormes en la actualidad, desde robots que ensamblan vehículos y aviones, hasta aquellos que construyen puentes de forma autónoma o los que exploran asteroides o incluso otros planetas. Actualmente no sustituyen del todo al humano en la mayoría de las tareas mecánicas y repetitivas, pero su eficiencia en este tipo de tareas es incuestionable. Complementando la definición, un robot, es cualquier máquina, ya sea física o virtual, que sustituye al humano en una tarea. La Robótica es la ciencia que nace de la producción, diseño, mejora y mantenimiento de los robots, toma sus cimientos en otras ciencias como la mecatrónica, la automatización, la mecánica, la física, la electrónica, la programación y la computación. La robotización es un proceso mediante el cual se sustituye de manera eficiente al humano por medio de robots dentro de un proceso (IGN, 2017).

La diferencia entre la Automatización y la Robotización es que la primera se encarga de procesos estructurados donde una máquina no va a cambiar sus funciones durante su vida útil; y la segunda puede adaptar a sus máquinas al proceso, incluso si el proceso es cambiante, generando solo nuevas programaciones y configuraciones a las máquinas (IGN, 2017; Logicbus, 2020).

Computación Cuántica.

La computación tradicional se basa en datos digitales (valores de 0 y 1 de estado lógico, bits), la combinación de estos dos valores en distintas configuraciones permite crear, almacenar y trabajar con información. Por otro lado, la Computación Cuántica aprovecha el vacío infinito que no contempla la computación tradicional, el



espacio de valores entre el 0 y el 1, permitiendo almacenar mayor información, a mayor velocidad y variedad, estos valores son conocidos como bits cuánticos o qubits. Para desarrollar esta tecnología se siguen dos líneas de investigación, una sobre los meta-materiales (materiales que cuentan con características que no se encuentran en la naturaleza, por lo general son desarrollados en laboratorios) y la nanotecnología. Los computadores cuánticos y sus procesadores superan por mucho a los tradicionales por muy avanzados que estos últimos sean, a ejemplo un computador cuántico puede procesar en 200 segundos un problema que al supercomputador tradicional más poderoso del mundo para el año 2019 le tomaría 10,000 años, así de imponente es su capacidad de procesamiento, por ello la importancia de esta tecnología, que su impacto aún no está pronosticado para las siguientes generaciones, pero sin duda será de los más drásticos (Carrasco López, 2020; Nature, 2019; Google AI Blog, 2019).

Biomédica y Biotecnología.

Las innovaciones biológicas y biomédicas surgidas en esta revolución industrial sin duda logran emparejarse con la ficción del siglo pasado. Aunque en sí esta área es muy amplia y no sería justo para las ciencias y tecnologías que la comprenden ser abordada en un solo apartado, se pueden plasmar algunos de los avances más significativos que ya están teniendo impacto como parte de la industria 4.0. Uno de los grandes avances es la reducción de costos en las investigaciones genéticas además de la reducción del tiempo que conlleva generarlas. Para completar el Proyecto Genoma Humano se invirtieron 2,7000 millones de dólares y



cerca de diez años, hoy en día existen laboratorios con la capacidad de secuenciar un genoma en horas y por costos de menos de 1000 dólares. Además, gracias al uso de computadores pueden hacer uso de la Inteligencia Artificial para simular variaciones genéticas específicas, con el fin de encontrar curas a enfermedades (Schwab, 2016).

A estas tecnologías las limita en la actualidad las cuestiones éticas y morales, que conllevan restricciones legales. Haciendo a un lado estas limitaciones (pues no es su discusión el propósito del presente trabajo), se puede decir que su potencial esta apenas por ser vislumbrado por la humanidad. Algunas de las áreas que abarcan estas tecnologías son modificaciones y manipulación al ADN, *bioimpresión* (impresión de tejido humano) y *xenotrasplantes* (trasplantes de órganos de animales en humanos), consultas médicas automatizadas por medio de Inteligencia Artificial y Big-Data, clonación, desarrollo de prótesis y prótesis, cibernéticos (humanos con mejoras tecnológicas implantadas a su organismo), digitalización de la memoria humana, y producción de biocombustibles entre muchas (Schwab, 2016; Harari, 2014).

Las habilidades para la era de la cuarta revolución industrial

Las habilidades recomendadas por la bibliografía para poder laborar en un entorno de la Industria 4.0 son varias, existe de referente el marco de la Red de Información Ocupacional (*Occupational Information Network* "O*NET", por sus siglas en inglés). La O*NET fue desarrollada por el Departamento Estadounidense del Trabajo y la



Oficina de Estadísticas Laborales por medio de su Clasificación Estándar de Ocupaciones (SOC por sus siglas en inglés). La SOC es una de las clasificaciones más completas y respetadas. La taxonomía otorgada por la O*NET-SOC incluye información detallada de 974 puestos de trabajo diferentes. La taxonomía es presentada en la Tabla 1 Clasificación de habilidades para la Industria 4.0 (World Economic Forum, 2018).

Estas habilidades (ver Tabla 1) requieren tener una caducidad a largo plazo, o de ser preferible no tenerla (las habilidades clásicas enseñadas para el trabajo suelen tener actualmente de uno a cinco años de vigencia). Dado el desconocimiento de la naturaleza de los empleos del futuro y los requerimientos para estos, las habilidades blandas (ahora llamadas *Power Skills*) son más perdurables para el futuro. Estas habilidades más duraderas están siendo más solicitadas por los empleadores, ya que permiten a la persona ser resiliente y adaptable a los cambios (Desire2Learn, 2018).



Tabla 1

Clasificación de habilidades para la Industria 4.0

Paquete de competencias	Competencias O*NET	Descripción
Aprendizaje activo y estrategias de aprendizaje	Aprendizaje activo	Comprender las implicaciones de la nueva información para la resolución de problemas y la toma de decisiones actuales y futuras.
	Estrategias de aprendizaje	Selección y uso de métodos instruccionales, o de capacitación, y procedimientos apropiados para la enseñanza o aprendizaje de nuevas cosas.
	Escucha activa	Poner completa atención en lo que la otra gente dice, tomándose el tiempo para entender los puntos expuestos, preguntando de forma apropiada y no interrumpiendo en momentos inapropiados.
Lectura, escritura, matemáticas y escucha activa	Matemáticas	Uso de las matemáticas para resolver problemas.
	Comprensión Lectora	Comprensión de oraciones escritas y párrafos en documentos.
	Ciencia	Usar reglas y métodos científicos para resolver problemas.
	Habla	Hablar a otros para transmitir la información de forma efectiva.
Pensamiento analítico e innovación	Escritura	Comunicarse efectivamente en la escritura y de forma adecuada según la audiencia.
	Pensamiento Analítico	Analizar la información y utilizar la lógica para abordar cuestiones y problemas relacionados con el trabajo.
	Innovación	Creatividad y pensamiento alternativo para desarrollar nuevas ideas para respuestas a problemas relacionados con el trabajo.
Atención a los detalles, integridad	Atención a los detalles	Ser cuidadoso con los detalles minuciosos al completar las tareas de trabajo.

Paquete de competencias	Competencias O*NET	Descripción
	Confianza	Ser confiable, responsable y cumplir con las obligaciones.
	Integridad	Ser honesto y ético.
Resolución de problemas complejos	Resolución de problemas complejos	Identificar problemas complejos y revisar información relacionada para desarrollar, evaluar e implementar opciones de solución.
Coordinación y manejo del tiempo	Manejo del tiempo	Gestionar el tiempo propio y el de otros.
	Coordinación	Ajustar acciones en relación a las acciones de otros.
	Iniciativa	Tener el deseo de tomar responsabilidades y retos.
Creatividad, originalidad e iniciativa	Creatividad	Generar sus propias ideas.
	Responsabilidad	Realizar su trabajo con poca supervisión.
	Autonomía	Tomar decisiones por su propia cuenta.
	Originalidad	La capacidad de llegar a ideas inusuales o inteligentes sobre un tema o situación dada, o desarrollar formas creativas para resolver un problema.
Pensamiento crítico y análisis	Pensamiento crítico	Usar la lógica y el raciocinio para identificar fortalezas y debilidades a soluciones alternativas, conclusiones o enfoques de problemas.
	Monitoreo	Monitorear/evaluar su desempeño y de otras personas u organizaciones para realizar mejoras o tomar medidas correctivas.
Inteligencia Emocional	Preocupación por otros	Ser sensible a las necesidades y sentimientos de otros, siendo comprensible y servicial en el trabajo.

Paquete de competencias	Competencias O*NET	Descripción
Instrucción, tutoría y enseñanza	Cooperación	Ser agradable con otros en el trabajo y mostrar una actitud cooperativa y de buen carácter.
	Orientación Social	Preferir trabajar con otros en lugar de realizar las tareas de forma individual, para estar personalmente conectado con otros en el trabajo.
	Percepción Social	Ser consciente de la reacción de otros y entender porque reaccionan de ciertas maneras.
	Instrucción	Enseñar a otros a cómo realizar algo.
	Capacitar y enseñar a otros	Identificar necesidades educativas en otros, desarrollar formalmente programas o clases para la enseñanza o entrenamiento de otros.
Liderazgo e influencia social	Liderazgo	Deseo de liderar, hacerse cargo y ofrecer opiniones y dirección.
	Influencia social	Tener impacto en otros dentro de la organización y mostrar energía y liderazgo.
Gestión financiera y de recursos materiales	Gestión de recursos financieros	Determinar cómo va a ser gastado el dinero para realizar el trabajo y realizar la contabilidad del mismo.
	Gestión de recursos materiales	Obtener y visualizar de forma apropiada el uso de equipo, instalaciones y materiales necesarias para el trabajo.
Gestión de personal	Gestión de recursos humanos	Motivar, desarrollar y dirigir a la gente como trabaja, identificar a la persona más adecuada para el trabajo.
Destreza manual, resistencia y precisión	Resistencia	Resistir físicamente a periodos largos sin perder el aliento.
	Flexibilidad, balance y coordinación	Habilidades relacionadas con la motricidad gruesa.
	Habilidades de fuerza física	Habilidades relacionadas con la capacidad de ejercer fuerza.

Paquete de competencias	Competencias O*NET	Descripción
Memoria, habilidades verbales, auditivas y espaciales	Habilidades de control del movimiento	Habilidades relacionadas con el control y manipulación de objetos en tiempo y espacio.
	Habilidades de manipulación fina	Habilidades relacionadas con la manipulación de objetos.
	Habilidades de velocidad y tiempo de reacción	Habilidades relacionadas con la velocidad de manipulación de objetos.
	Atención	Habilidades relacionadas con la aplicación de la atención.
	Memoria	Habilidades relacionadas con la retención de información.
	Habilidades perceptivas	Habilidades relacionadas con la adquisición y organización de información visual.
	Habilidades espaciales	Habilidades relacionadas con la adquisición y organización de información espacial.
Persuasión y negociación	Habilidades verbales	Habilidades que influyen en la adquisición y aplicación de la información verbal para la solución de problemas.
	Negociación	Conciliar las diferencias entre otros y generar acercamiento.
Control de calidad y conciencia de seguridad	Persuasión	Persuadir a otros para cambiar de parecer o comportamiento.
	Análisis del control de calidad	Conducir exámenes o inspección de productos, servicios o procesos para evaluar la calidad o desempeño.
Razonamiento, resolución de problemas e ideación	Habilidades para la generación de ideas y raciocinio	Habilidades que influyen en la aplicación o manipulación de la información en la solución de problemas.
	Habilidades cuantitativas	Habilidades que influyen en la solución de problemas que involucran relaciones matemáticas.

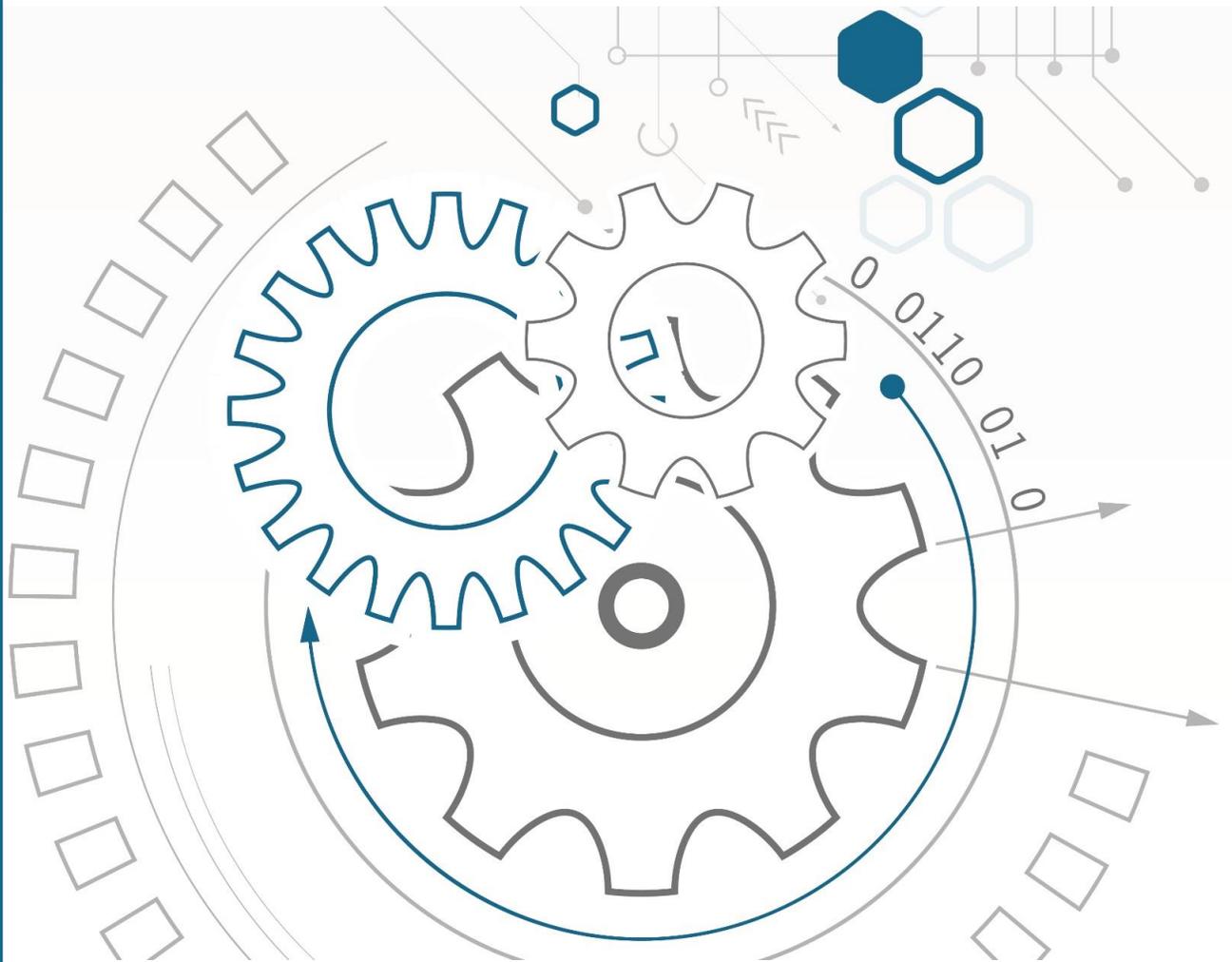
Paquete de competencias	Competencias O*NET	Descripción
Resiliencia, tolerancia al estrés y flexibilidad	Adaptabilidad/Flexibilidad	Ser abierto al cambio (positivo o negativo) y a la variación del lugar de trabajo.
	Autocontrol	Mantener la compostura, controlar las emociones, controlar la ira y evitar comportamientos agresivos, incluso en situaciones muy difíciles.
	Tolerancia al estrés	Aceptar la crítica y lidiar de manera calmada y efectivamente a situaciones de alto estrés.
Orientación de servicio	Orientación de servicio	Búsqueda activa de formas de ayudar a otros.
	Juicio y toma de decisiones	Considerar costos y beneficios de las posibles acciones y elegir la más adecuada.
Análisis y evaluación de sistemas	Análisis de sistemas	Determinar cómo deberá de trabajar un sistema y como los cambios en las condiciones, operaciones y entorno afectará los resultados.
	Evaluación de sistemas	Identificar las medidas o indicadores del desempeño de un sistema y las acciones necesarias para mejorar o corregir el desempeño, en relación a las metas del sistema.
Diseño de tecnología y programación	Programación	Escribir programas de computadora para varios propósitos.
	Diseño de tecnología	Generación o adaptación de equipamiento y tecnología para servir a las necesidades del usuario.
	Mantenimiento de equipos	Desempeñar mantenimiento rutinario en el equipamiento y determinar cuándo y que tipo de mantenimiento es necesario.
Instalación de tecnología y mantenimiento	Instalación	Instalación de equipamiento, maquinaria, cableado o programas para atender especificaciones.
	Reparación	Reparar maquinaria o sistemas utilizando las herramientas requeridas.
Selección de tecnología, monitoreo y control	Selección de equipamiento	Determinar el tipo de herramientas y equipamiento para realizar un trabajo.

Paquete de competencias	Competencias O*NET	Descripción
Solución de problemas y experiencia de usuario Habilidades visuales, auditivas y de discurso	Operación y control	Controlar las operaciones del equipamiento o sistemas.
	Monitoreo de operación	Observar indicadores, diales u otros indicadores para asegurarse de que la máquina funciona correctamente
	Análisis de operaciones	Analizar las necesidades o requerimientos del producto para crear un diseño.
	Solución de problemas	Determinar las causas de errores de operación y decidir qué hacer con ellas.
	Habilidades de discurso y audición	Habilidades relacionadas con la audición y la recepción oral.
	Habilidades visuales	Habilidades relacionadas con las recepciones visuales.

Fuente: The Future of Jobs Report 2018 (World Economic Forum, 2018) traducción propia.

CAPÍTULO III

DISEÑO METODOLÓGICO



En este capítulo se presentan las bases conceptuales de la investigación prospectiva, además de que se reseñan algunos métodos de investigación prospectiva, ahondando en dos específicamente, el de investigación prospectiva estratégica y el Método Delphi, ambos fueron en un principio contemplados para realizar esta investigación, siendo el segundo el seleccionado por las ventajas que presenta y son descritos en el apartado con este nombre.

Ya que en este trabajo se busca identificar habilidades necesarias para el futuro, el tipo de investigación planteada es prospectiva, esta permite identificar factores portadores del futuro.

Estudiar el futuro es explorarlo. La humanidad puede alterar en cierta medida el futuro, no existe un solo futuro posible, la investigación prospectiva busca los futuros alternativos al presente, por ello, para modificar dichos futuros es necesario hacer ajustes en el presente, por lo tanto, posicionados desde un momento “futuro” y viendo en retrospectiva, se está modificando el pasado para afectar el presente, entonces al estudiar, investigar y buscar llegar a un futuro específico, este mismo futuro estaría modificando el presente (Acuña y Konow, 1990).

Acuña y Konow (1990) plantean una ecuación para definir un futuro específico:

$$F = aT + bE + cP$$

Donde:

F= algún estado futuro

T= tendencia o inercia histórica

E= evento o acontecimiento inesperado

P= propósitos u objetivos individuales y/o colectivos



Según la fórmula anterior, el futuro viene determinado por lo que históricamente se había estado dando, y esta parte es la “predecible”, con cierto grado de posibilidad. Otra parte del futuro no es predecible, sino que es inesperada o sorpresiva, por lo que es imposible anticiparse a ella, no existe manera de predecirla. Por último, el deseo de que algo ocurra, y por ello la influencia del individuo o el colectivo hacia este fin, también afecta el futuro, esta parte es elegible e incluso modificable, ya que depende de la voluntad de las personas, además puede ser diseñable, por lo tanto, es posible planificarlo. En la Figura 2 se muestran los métodos y técnicas prospectivas y el periodo donde se recomienda utilizarla cada una según sea el caso.

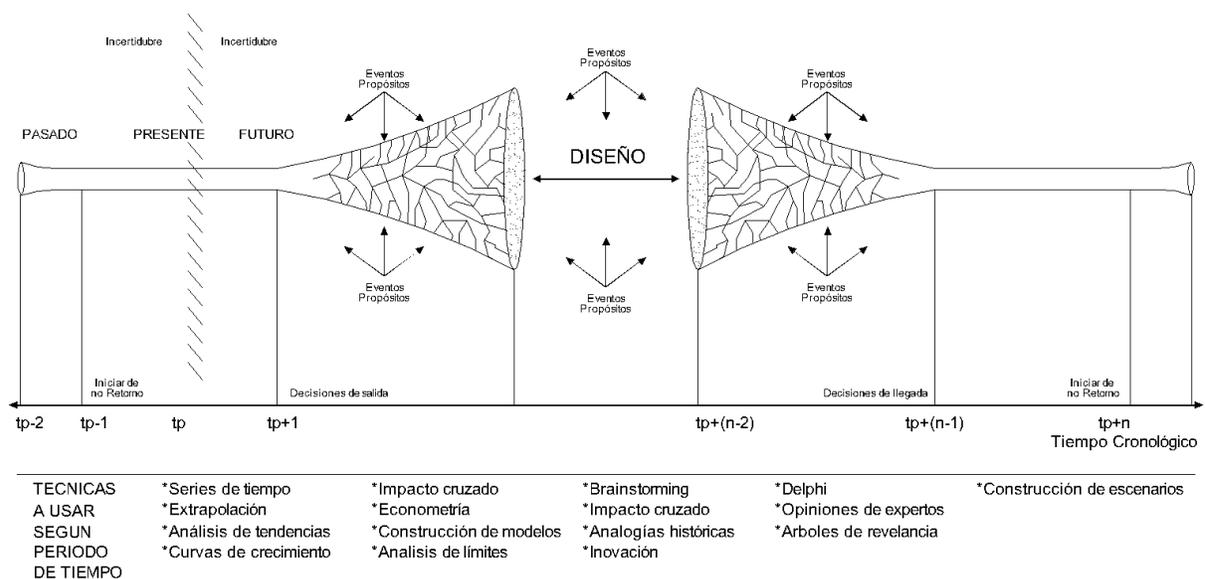


Figura 2. Técnicas a usar según periodo de tiempo.
Fuente: Acuña y Konow (1990).



Bases conceptuales de la investigación prospectiva

Estudiar formalmente el futuro no consiste en predecir la suscitación o no de un determinado evento, más bien se estudian las fuerzas que promueven el cambio, de modo que sea posible identificar las variables controlables que dirigen al presente a determinado futuro, con el fin de evitar sorpresas e incertidumbre en el transcurso de un estado actual a un próximo deseable. La prospectiva permite identificar factores, portadores del futuro, por medio de la aplicación de técnicas y métodos de análisis específicos. Esto permite evaluar de forma previa situaciones futuras deseables e indeseables, por ende, postular caminos a seguir para llegar a un futuro determinado previamente por un objetivo, que a su vez es parte de una estrategia. La base teórico-conceptual propuesta por Acuña y Konow (1990) se resume a continuación:

1. Existe una Unidad del Universo de Referencia: toda entidad simple estaría comprendida en un conjunto mayor, cuyos componentes están completamente interrelacionados. La realidad última es la única indivisible.
2. La Unidad del Universo de referencia sería la unión tiempo-espacio, de manera que el futuro se gestará en el presente y tendría sus raíces en el pasado. El presente afecta el futuro, tanto como el futuro afecta el presente.
3. El futuro no es único ni inalterable, sino múltiple e indefinido, desde un punto de vista humano y socio-económico.



4. El futuro es opcional, puesto que es múltiple. Se puede generar y estudiar ideas acerca de escenarios futuros, éstas se pueden aglutinar en conceptos, teorías y modelos aplicables a dichos escenarios.
5. Todo ente (individual o colectivo) social tiene la capacidad de influir en la gestación de su propio futuro.
6. Los anhelos y objetivos del ser humano lo hacen dirigirse hacia un futuro deseado, por ello, siempre se está trabajando para afectar el futuro, y el futuro al que se desea llegar está generando sus efectos sobre el presente.
7. Entre los objetivos y los estados previos a conseguirlos, media el tiempo, por lo tanto, éste se convierte en una variable, de modo que puede ser definido, ya sea como una medida de incertidumbre o de fricción. A mayor lejanía en relación a los objetivos, mayor será la incertidumbre y mayor es la imperfección del estado actual.
8. El tiempo suele ser considerado desde una perspectiva lineal, distinguiendo de esta manera al presente como una frontera entre el pasado y el futuro, así, el tiempo adquiere “dirección”. Para el ser humano el tiempo es percibido cuando experimenta cambios, medible en instantes perceptibles, si los cambios son rápidos y en cantidad, el tiempo es percibido como una mayor sucesión de instantes, pero en una menor cantidad de tiempo. Concluyendo de esta manera de que es más complejo que una simple línea.



Métodos para la investigación prospectiva

Existe una variedad de métodos prospectivos, como lo son el Delphi, el *QUEST*, el Método Axiomático, el Estudio Longitudinal Prospectivo, el INTERAX, las Analogías Históricas, Análisis de Actores con fines Prospectivos, Escenarios integrados, La investigación prospectiva estratégica. Cada uno de estos métodos tiene sus peculiaridades y formas, así como instrumentos, pero todos tienen por finalidad predecir fenómenos, eventos o contextos futuros, así como el estudio de las variables controlables que influyen directamente en el futuro. En esencia este tipo de investigaciones permite identificar factores portadores del futuro (Acuña y Konow, 1990).

En términos generales, algunos de los métodos analizados para realizar la presente investigación son descritos a continuación, cabe mencionar que solo se ahondará en aquellos que satisfacen de forma más completa las necesidades del presente trabajo.

En primera instancia el Método Delphi, que tiene como objeto la búsqueda de consensos o divergencias entre expertos acerca de un tema específico. Otro método de investigación prospectiva es el *Quick Enviromental Scaning Technique* (*QUEST* por sus siglas en inglés), este método es un proceso de investigación del futuro diseñado para permitir a los ejecutivos y planificadores de una organización intercambiar puntos de vista sobre tendencias y eventos del futuro que tendrán consecuencias críticas en las políticas y estrategias de la organización. Un tercer método es el INTERAX, éste es un método que permite construir escenarios



alternativos para unidades específicas, pueden ser organizaciones o empresas, dentro de contextos con cambios rápidos, de ejemplo el mercado mundial o de un país, sirve para realizar análisis de sensibilidad sobre el impacto de distintas estrategias a mediano y largo plazo (Acuña y Konow, 1990).

Otro método es el de Matriz Ideológica de Predicción (MIP), que se centra en captar los aspectos ideológicos que intervienen en la predicción del futuro. Por otra parte, existe el Método de Analogías Históricas, que consiste en realizar una comparación sistemática de dos sucesos en relación a su tiempo y momento con el fin de predecir aspectos que se desprenden de ellos. Un método prospectivo más es el de Construcción de Escenarios Integrados, útil para elaborar escenarios futuros probables. Por último, el Método de Análisis de Actores, que es utilizado para administrar de forma sistemática a los probables actores que se ven afectados por determinado tópico o problema, y permite prever cómo estos actores van a reaccionar frente a las decisiones de la empresa, cuál es el peso de sus reacciones y como podrían interactuar para afectar las probabilidades de éxito de una estrategia (Acuña y Konow, 1990).

Investigación prospectiva estratégica.

La investigación prospectiva ha sido utilizada tanto por instituciones públicas como privadas, en áreas sociales y tecnológicas, incluida la educación. Para Mera (2012, como se citó en Armijos y Gómez, 2019) define a este tipo de investigación como la ciencia que estudia el futuro para comprenderlo y poder influir en él. La metodología prospectiva es un procedimiento que permite manejar, a través del cuestionamiento



de distintas variantes futuras, basando dicho análisis en experiencias previas y presentes, las características inherentes a eventos futuros, las interrelaciones de los múltiples factores que causan dichos eventos y sus consecuencias (Armijos y Gómez, 2019).

Para este tipo de investigación existen distintos modelos, técnicas y métodos, presentados por Francisco José Mojica, uno de los representantes más importantes de la investigación prospectiva, y colaborador de uno de los grandes científicos en la investigación prospectiva Michael Godet. El primero es conocido como el modelo básico de investigación prospectiva estratégico, Mojica (2008) recomienda utilizar el modelo básico en organizaciones pequeñas, en la Figura 3 se presenta dicho modelo y sus etapas (Armijos y Gómez, 2019; Mojica, 2008):

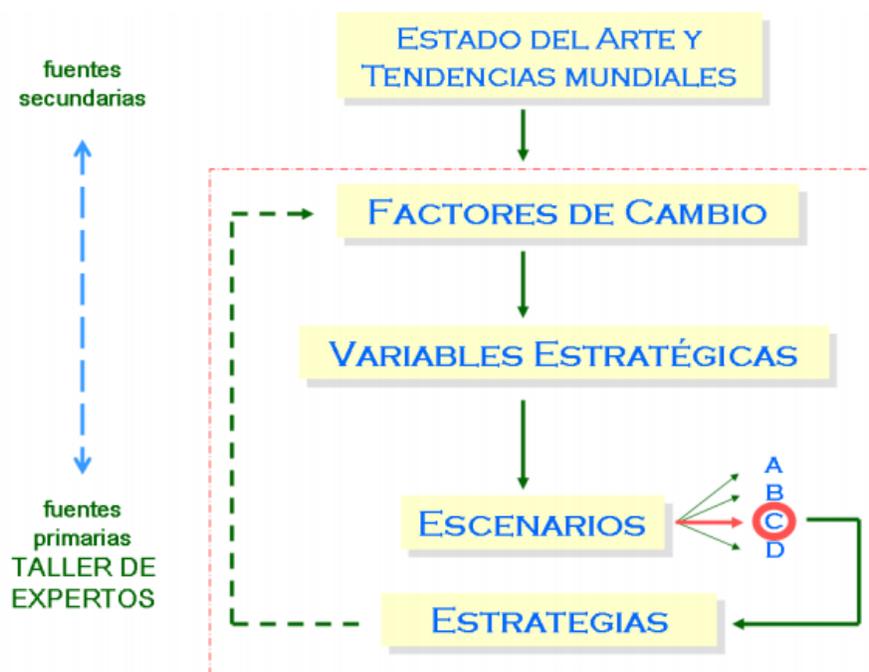


Figura 3. Modelo "básico" de investigación prospectiva estratégica.
Fuente: Mojica (2008)



Este primer modelo, Figura 3, solicita tener claros los antecedentes del tema a estudiar, su estado actual y tendencias internacionales, además de conocer los antecedentes del lugar o territorio sobre el cual se desea implementar y desarrollar la investigación, de manera general conocer el contexto holístico de la organización, empresa o institución sobre la que se desea trabajar en su futuro (Mojica, 2008).

La segunda etapa es generar los talleres de expertos, se requiere primeramente escoger actores propios de la organización sobre la que se desea trabajar, esto es a priori y va en relación con los objetivos de la investigación. Después se deben de elegir actores de cuatro aspectos sociales inmersos en el desarrollo de la organización: el estado, los sectores productivos, la academia y la sociedad civil. A este grupo de actores se les nombra “expertos”. El siguiente paso es identificar los factores de cambio, para esto se utilizan la Matriz de cambio de Michael Godet, compuesta por tres columnas (cambios presentidos, anhelados y temidos), donde se identifican los cambios esperados para el futuro en ámbitos como tecnológicos, económicos, sociales y organizacionales, Figura 6. Posterior a la implementación de la Matriz de Cambio, se utiliza una Matriz DOFA (También conocida como FODA) para precisar las fortalezas y debilidades endógenas, oportunidades y amenazas exógenas. La siguiente etapa es la priorización de factores de cambio, utilizando herramientas sencillas como el Ábaco de Régnier, que es método utilizado para consultar expertos, con el fin de interrogarlos y tratar sus respuestas en tiempo real o por vía postal a partir de escala de colores (Instituto Tecnológico de Sonora, 2019). Se prosigue con el diseño de escenarios, para ello Mojica (2008) propone el uso de la Cruz de Escenarios de Peter Schwarts. Con esta



técnica se debe de vislumbrar un posible futuro deseable, también llamado “escenario apuesta”, al cual se desea llegar desde el presente hasta el futuro (Mojica, 2008).

Por último, en este Modelo Básico (Figura 3), se debe de definir las estrategias, las cuales serán, en su conjunto, el objetivo para lograr el “escenario apuesta”. Este propio “escenario apuesta” tiene sus propias variables implícitas que lo afectan, pero a la vez tienen que ser modificadas desde el presente para poder interferir en el futuro deseado (Mojica, 2008).

En la Figura 4 se muestra una analogía gráfica de la relación permanente que existe entre el presente y el futuro, de forma que cualquier acción planeada para el futuro afectará de forma directa en el desarrollo de las acciones presentes, y las acciones presentes tenderán a afectar los eventos, escenarios y acciones futuras.

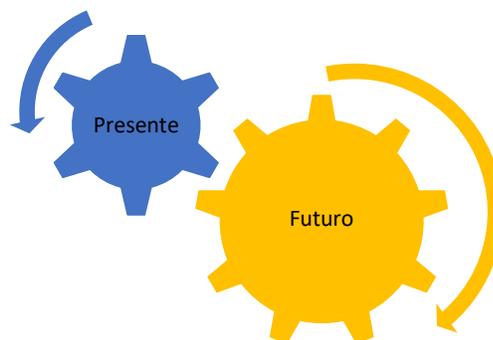


Figura 4. Relación: Presente-Futuro.
Fuente: Elaboración propia.



El segundo modelo propuesto por Mojica, (2008) es el Modelo avanzado de investigación prospectiva estratégica, sus etapas y estructura se muestran en la Figura 5, según Godet (como se citó en Armijos y Gómez, 2019) la elección entre un modelo básico o uno avanzado depende principalmente de lo siguiente: el tamaño de la organización y los actores que tengan influencia sobre el sistema a investigar. Para organizaciones o sistemas complejos se utiliza el modelo avanzado, ya que este modelo contempla el trabajo y el tratamiento con mayor detalle. Otra diferencia es que en el modelo básico no se contempla el rol de los actores, mientras que en el avanzado se da un tratamiento, se incluye su influencia, en el proceso general (Armijos y Gómez, 2019; Mojica, 2008).



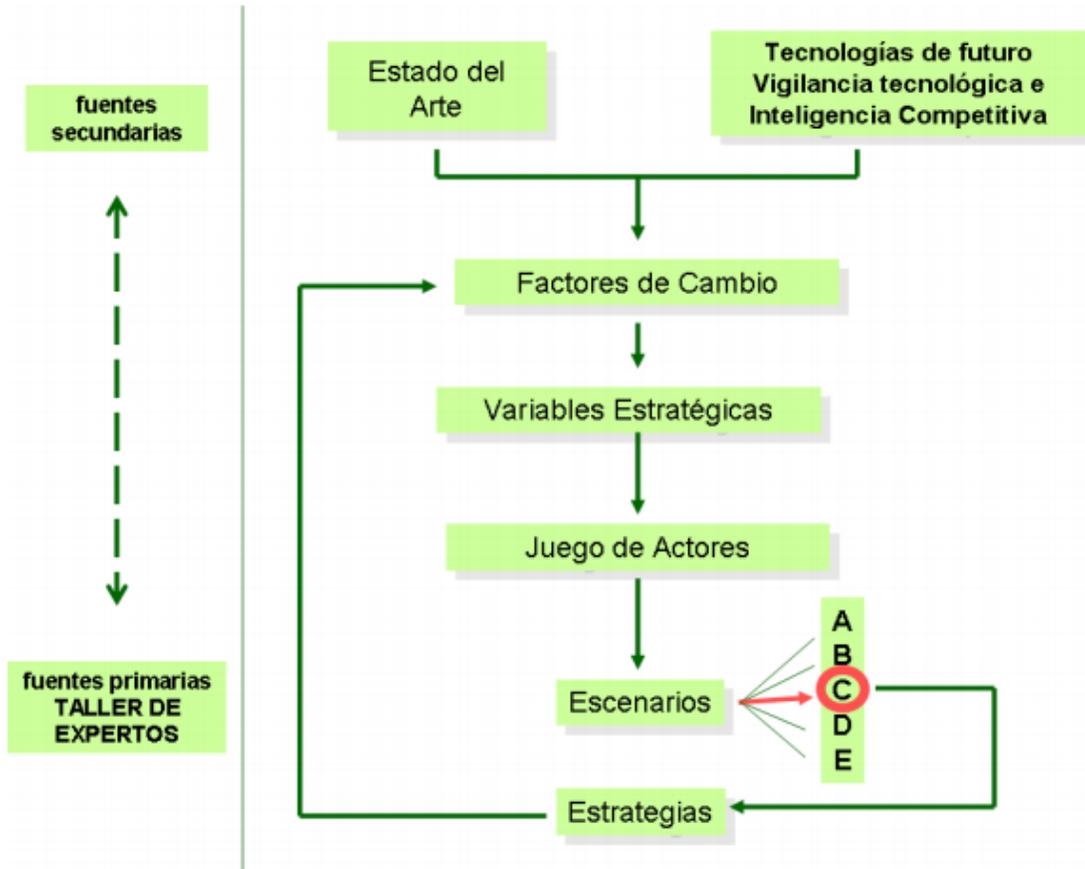


Figura 5. Modelo avanzado de investigación prospectiva.
Fuente: Mojica (2008)

El Modelo avanzado de investigación prospectiva propuesto por Mojica (2008), inicia también con el Estado del Arte, pero en esta fase en este modelo, se estudia la situación actual de la organización, su comportamiento económico, social, cultural, político y ambiental, además de conocer el estado de la organización en el presente, también se ahonda en su pasado, indagando no solo de forma cualitativa sino con mediciones e indicadores de fenómenos pasados y presentes, para respaldar con cifras las condiciones históricas pasadas y presentes de la organización (Mojica, 2008).



A la par de estudio del Estado del Arte se realiza la Vigilancia Tecnológica e Inteligencia Competitiva, este análisis es previo al estudio prospectivo, consiste en reconocer las tendencias mundiales sobre el tema que se está estudiando, especialmente las tecnológicas y las nuevas prácticas globales. Posterior a este análisis se realizan talleres para trabajar con las fuentes primarias (expertos), los propuestos son cinco, partiendo del estado del Estado del Arte y la Vigilancia Tecnológica (Mojica, 2008).

El primer taller es el de Selección de Factores de cambio. Los *factores de cambio* son aquellos sobre los cuales no existe certeza respecto a su futura evolución, son los relacionados con: económica, cultural, social, ambiental, científica y política. Por otra parte, tenemos los *factores de inercia* que son las tendencias y sugieren mayor certitud. El taller de identificación de *factores de cambio* se basa en el empleo de tres herramientas: los Árboles de competencia, la Matriz de Cambio (Figura 6) y la matriz DOFA (FODA).

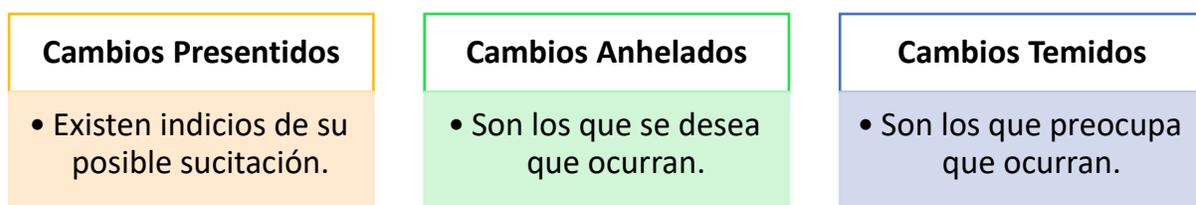


Figura 6. Matriz de cambio, M. Godet.
Fuente: Elaboración propia con base en Mojica (2008).

El segundo taller es el de la Precisión de las variables estratégicas, de los factores encontrados en el primer taller, se seleccionan aquellos considerados cómo los más importantes, para ello se emplea el análisis estructural llamado “Mic Mac”,



seguido del “Igo” y posteriormente el Ábaco de Francois Régnier. El tercer taller trata del Poder y estrategias de los actores sociales: la prospectiva estratégica no solo maneja fenómenos, sino que, en su búsqueda por interpretar verosímilmente la realidad, se lanza a reconocer los grupos humanos o actores sociales involucrados con los fenómenos estudiados. En esta etapa se estudian los posibles “movimientos” de dichos actores y fenómenos, como si se tratase de una partida de ajedrez (Mojica, 2008).

El cuarto taller de este modelo es el punto de convergencia de la información recabada y generada, es el de Diseño de Escenarios Futuros o Escenarios Apuesta, para esto se sugieren por parte de Mojica (2008, p. 8) utilizar las siguientes herramientas:

- El análisis morfológico requiere la elaboración de diferentes hipótesis de futuro para cada variable estratégica o clave, con las cuales se componen los diferentes escenarios eligiendo, para cada variable, una de las hipótesis anteriores. De esta manera se obtiene un número razonable de escenarios posibles entre los cuales se elige uno o varios “deseables” que se denominan “apuesta” porque constituyen el futuro por el cual “apuesta” la organización o la empresa.
- El Sistema y Matrices de Impactos Cruzados (SMIC) trabaja con probabilidades simples y condicionales. Permite definir el escenario más probable que no es sino el camino por donde se está orientando el negocio o el territorio que estamos analizando. Pero al mismo



tiempo nos señala otras imágenes de futuro menos probables que son también susceptibles de ser analizadas...

- La cruz de escenarios de Peter Schwartz es muy simple porque reduce las alternativas de escenarios solamente a cuatro. Algunas veces se utiliza directamente, otras veces se emplea para obtener una visión panorámica de las visiones de futuro logradas mediante los dos métodos anteriores.

El quinto taller es el de la Elección de estrategias. Una vez seleccionados los Escenarios Apuesta se comienza a construir ese futuro. Para ello se requiere emplear elegir y diseñar caminos a seguir, llamados “estrategias”. Una estrategia es la sumatoria de un objetivo y las acciones. Los objetivos provienen necesariamente de las hipótesis del escenario elegido como deseable o Escenarios Apuesta. Para esto se pueden utilizar las siguientes herramientas: el Ábaco de F. Régnier para priorizar los objetivos, el “Igo” (Importancia y gobernabilidad) para priorizar las acciones según su pertinencia con los objetivos, además de indicar el grado de dominio sobre esas acciones, los Árboles de Pertinencia, que ayudan a concretar los requerimientos de cada objetivo a varios niveles, por último el Análisis Multicriterio, el cual califica las acciones por medio de varios criterios con lo cual se obtiene una “radiografía” de las acciones y sus criterios de evaluación (Mojica, 2008).



Método Delphi.

De manera completa el método Delphi se puede definir como una estructura de comunicación con el objetivo de producir discusión y el escrutinio de la misma de forma crítica y detallada (Green, 2014). Este método es clasificado como cualitativo subjetivo (Astigarraga, 2003). El origen del nombre proviene por parte de los colaboradores de la RAND Co., que bromearon sobre el método de recolección de información anónimo para las investigaciones de esta empresa, que utilizó este método, aún sin nombre. Los investigadores Norman Dalkey y Olaf Homer (1950-1963) lo desarrollaron para evaluar los avances científicos hasta esa época, el control de población, la automatización, el progreso en el espacio, la prevención de la guerra y los sistemas de armas, también se utilizó para la planificación estratégica. Puesto que el método de recolección de información era anónimo y secreto, se hizo la alusión a un *aura Delphica* (como si se tratase del Oráculo de Delfos), alrededor de las investigaciones de este equipo, por ello su nombre. Su desarrollo en un principio fue por la cuestión económica, a que los recursos, el tiempo y los procesamientos de información eran más prudentes (Green, 2014; Acuña y Konow, 1990)

Profundizando en el método Delphi, es un método que puede ser caracterizado para estructurar el proceso de comunicación grupal, de forma que ésta sea efectiva y se pueda tratar como una sola opinión. Este método tiene un amplio uso en el área de proyección y es considerado con este fin más que con el de efecto de comunicación. Dentro de las áreas donde se utiliza están: examen de



la significación de eventos históricos, evaluación de posibles asignaciones de presupuesto, exploración de las opciones de planeación regionales y urbanas, delineación de las ventajas y desventajas asociados con opciones potenciales de la política, desarrollo de las relaciones causales en fenómenos complejos (económicos o sociales), exposición de prioridades de valores personales y metas sociales (Acuña y Konow, 1990).

Este tipo de estudios son útiles por su actualidad y la fácil diseminación de los resultados. Esta exposición de resultados suele poner bajo la lupa a otros actores e investigadores del tema de estudio, desde perspectivas diferentes lo que permite profundizar en el tema desde ángulos diversos, el Delphi establece la problemática y actúa como guía (Green, 2014).

La utilización de este método surge por la superioridad de juicio de un grupo sobre el juicio de un individuo. Los juicios individuales suelen ser ineficientes en términos de resultados. Una manera de subsanar esto es reunir un número de personas con características específicas, estas personas pueden ser: expertas en el tema, afectadas o interesadas por el objeto de estudio, de tal modo que por su nivel de información y grado de conocimiento puedan aportar ideas y puntos de vista diferentes al problema en cuestión. Para poder llegar a consenso existen varios métodos, uno de ellos es el Delphi. El método Delphi de forma general es realizar cuestionamientos específicos sobre algún tema de interés a un grupo de expertos, pero no de forma “cara a cara” ya que algunos expertos pueden influir dentro de la opinión de otros de forma directa o indirecta durante los diálogos, por ello el Delphi



plantea realizar estas cuestiones de forma anónima, de manera que los otros expertos no sesguen sus respuestas (Acuña y Konow, 1990).

Los defensores de este método postulan que con él se puede obtener información con menos sesgo por parte de expertos. Las críticas al Delphi son: Procedimiento sin contacto socio-emocional entre expertos, es mecánico y no muy motivante. Tres mal entendidos de este método son: 1) que predice el futuro y genera un consenso rápido de grupos; 2) es sólo el uso de encuestas anónimas para la recolección de datos; 3) es un método sólo para calificar el juicio grupal. Aunque estos tres argumentos son parcialmente ciertos, no reflejan el verdadero fin del método (Green, 2014).

En educación se ha usado para crear prácticas, estándares y predecir tendencias. Específicamente en educación superior se utiliza por su rentabilidad (relación de bajo costo y gran beneficio), para la planeación de currículo (Infante Moro, 2010) y área de inserción de los alumnos (prepararlos para escenarios futuros, amplitud y cobertura de objetivos educativos, además de ordenar las metas futurísticas educativas y objetivos (Green, 2014).

El investigador del método Delphi busca consensar la opinión de expertos con la literatura actual y el contexto general del tema en cuestión. El panelista (experto que da su opinión sobre el tema) contesta cuestionarios relativamente rápidos, puede ser física o digitalmente lo que permite reducir los costos en la obtención de información (Acuña y Konow, 1990; Green, 2014).

El Método Delphi es útil para la investigación exploratoria y en la generación de indicadores en la planeación. Provee hallazgos exploratorios útiles para describir



problemas complejos y usarlos para desarrollar investigación al rededor a ésta. Su utilidad y valor crece cuando no se dispone de información precisa, o que para conseguir dicha información se requieren muchos recursos, o la evaluación de los datos es subjetiva en sus principales parámetros. Actualmente es una herramienta utilizada en proyecciones tecnológicas, administración clásica y operaciones de investigación prospectiva, en áreas de salud, medio ambiente, transporte, comunicaciones, economía, sociología y por supuesto en educación (Acuña y Konow, 1990; Green, 2014).

Ventajas y desventajas del Método Delphi.

Primeramente, se presentan las ventajas del método por Mengual (2011, como se citó en Cabero Almenara e Infante Moro, 2014) las concentra en diez: 1) Es una forma rápida y fácil de obtener opiniones de expertos. 2) El procedimiento, bien diseñado, requiere de poco esfuerzo por parte de los expertos. 3) Se puede crear un ambiente motivador. 4) La retroalimentación sistemática puede ser novedosa e interesante. 5) Los procedimientos sistemáticos arrojan resultados objetivos. 6) Se genera un sentimiento de responsabilidad compartida entre los expertos. 7) La información puede ser recabada por distintos medios 8) El investigador tiene mayor posibilidad de centrar la atención del grupo en el tema de interés. 9) Aumenta el razonamiento social. 10) Es un método relativamente económico para la recogida de opiniones de grupo.

Por otra parte, las desventajas, expuestas por Mengual (2011, como se citó en Cabero Almenara e Infante Moro, 2014), son: 1) El análisis con sesgo de las



respuestas al cuestionario inicial puede generar problemas de interpretación. 2) Se puede generar desconfianza en el acuerdo consensuado de los miembros del panel. 3) La naturaleza propia del Método Delphi es indemostrable, por lo que ante eventos imprevistos puede llegar a ser de poca utilidad. 4) Es difícil mantener enganchados a los expertos durante el proceso de investigación. Y por último 5) El tiempo de inversión en la preparación y ejecución de las rondas de preguntas.

Las desventajas propias del método Delphi, se pueden reducir si el grupo monitor o el investigador no comete los siguientes errores: mala selección de expertos, sesgo de opiniones por la misma mala selección de expertos. Cuestionarios mal redactados, con falta de información, con preguntas muy complejas, demasiado simples o ambiguas. Predilección de investigador hacia la opinión de algún experto en específico, falta de parcialidad. Falta de completo anonimato de los expertos. Manipulación de datos por parte del grupo monitor durante las etapas de retroalimentación (Acuña y Konow, 1990).

Tipos del Método Delphi.

Acuña y Konow (1990) plantean tres variantes del método Delphi en su libro *Métodos Prospectivos*: a) por objetivos, b) por conducción, c) cara a cara y d) *Mini Delphi*. A continuación, se describen cada uno de ellos:

- a) Por Objetivos. Se clasifica en dos variantes:
 - I. Delphi de Proyección: diseñado para proyectar, variables, factores, eventos, tendencias que servirán de apoyo para decidir sobre problemas en específico. Se realiza un concurso entre las opiniones



de los participantes, evitando los problemas suscitados en un encuentro cara a cara.

II. Delphi de Política: es más un mecanismo de análisis de políticas alternativas, y no un mecanismo para tomar decisiones. Su principal objetivo es asegurar que las distintas opciones para solucionar un problema han sido consideradas, de manera que sea estimado el impacto y consecuencias de cualquier opción en particular. No busca consensar a los expertos, sino acentuar las divergencias.

b) Por Conducción. Igual que el anterior se puede distinguir en dos tipos:

I. Delphi Convencional: es el más común, se caracteriza por la importancia del grupo monitor inmiscuido en el diseño y en la evaluación.

II. Delphi Computador: el grupo monitor es reemplazado en gran medida por un computador programado para compilar los resultados del ejercicio.

c) Cara a cara: es una variante de los anteriores la diferencia es que los cuestionarios se llevan personalmente a cada experto, a quien se le entrevista de forma individual, lo que permite otorgar flexibilidad a las entrevistas, además que permite resolver dudas o ambigüedades a los expertos.

d) *Mini Delphi*. Es similar a los dos primeros, con la peculiaridad de que se reúne a los expertos en mesas de trabajo donde contestan los cuestionarios, el grupo monitor está al pendiente de dudas o preguntas, al terminar los



cuestionarios se tabula la información por parte del grupo monitor y entrega a la brevedad los cuestionarios subsecuentes el grupo de expertos.

e) *Delphi Modificado*. Consta de la estructura general del método Delphi, Figura 7, pero sólo se realizan dos rondas de cuestionarios a los expertos, esto por las siguientes razones (Astigarraga, 2003; Zartha et al, 2015):

- I. Entre más rondas se realicen, más costoso es el proceso, tanto para el investigador como para los expertos.
- II. Cada aplicación consume gran cantidad de tiempo, tanto en la aplicación como en el análisis de las respuestas de los cuestionarios. Además, cada vez es más difícil mantener una tasa de respuesta aceptable en las respuestas de los expertos.
- III. Con dos rondas se mantienen el interés de los expertos.
- IV. En el Método Delphi Modificado (MDM) los expertos reaccionan al tema en vez de generarlo.
- V. Con el MDM se tiene más consenso en vez de construcción del tema (Astigarraga, 2003; Zartha et al, 2015).

Fundamentos y características del Método Delphi.

El método Delphi es complejo, para poder trabajar con él es necesario conocer sus fases, etapas que lo componen, sus características, peculiaridades del mismo y su procedimiento en sí para poder implementarlo de forma correcta, a continuación, se describen cada uno de estos elementos del método Delphi.



Fundamentos del Método Delphi.

Para Listone y Turoff (1975, como se citó en Infante Moro, 2010) el método Delphi es una estructuración de un proceso de interacciones entre expertos, el cual es efectivo para tratar de manera grupal un problema complejo. Los siguientes argumentos lo sustentan:

- Para estructurar el proceso de comunicación grupal en orden de obtener resultados útiles para los objetivos de investigación.
- Aprecia más el juicio grupal, pues es más preciso que el individual.
- Se busca la variedad y complementariedad a las preguntas o proyecciones.
- El desempeño de un grupo se unifica estadísticamente por la agregación de los desempeños individuales (Acuña y Konow, 1990).

Puesto la diversidad subjetiva de opiniones en un grupo, se requiere establecer una escala de valores mutuamente medibles entre individuos y hacer un ranking grupal. Está comprobado que los panelistas suelen ser neutros en los ejercicios Delphi, puesto que no sesgan sus opiniones por parte de un grupo, para satisfacer a dicho grupo (Acuña y Konow, 1990).

Características del Método Delphi.

- Los miembros del grupo de expertos trabajan en anonimato y con absoluta reserva sobre sus repuestas en cuestionarios individuales.
- Los cuestionarios se evalúan de forma que la información recolectada permita retroalimentar los cuestionarios siguientes.



- Permite a los miembros del grupo de expertos revisar sus planteamientos, conforme se entrega nueva información.
- Participan dos grupos, el primero es el grupo monitor, encargado del diseño del método y su implementación, el segundo los expertos, que darán su opinión sobre el tema (Acuña y Konow, 1990).

El método Delphi se utiliza cuando la información tanto pasada como futura no se encuentra disponible de forma sistemática y definida.

Fases del Método Delphi.

A continuación, se describen las fases del método Delphi, en la Figura 7 se presenta un diagrama del proceso general de implementación. Las fases se sintetizan en las siguientes (Acuña y Konow, 1990; Cabero y Moro, 2014):

1. Identificación del objeto de estudio.
2. Exploración del Estado del Arte del tema en discusión.
3. Formulación del problema, identificación del objetivo para el cual se realiza la investigación.
4. Formulación del primer cuestionario que resolverán los expertos.
5. Determinación del número de rondas que se llevarán a cabo en el estudio.
6. Determinación de los criterios para la selección de los expertos.
7. Elección de los expertos.
8. Desarrollo práctico de las diferentes rondas.
9. Comprensión del tema; referente a los acuerdos y desacuerdos que existen entre los participantes respecto al tema (a la par del paso 8).



10. Explorar los acuerdos, se extraen las razones de las diferencias y se hacen una evaluación de ellas (se continua con las rondas hasta finalizar las establecidas, regresando al paso 8, este proceso es la retroalimentación).
11. Evaluación final: tras haber analizado toda la información recabada, los resultados obtenidos son enviados de nuevo a los participantes para nuevas consideraciones.
12. Exploración de resultados.
13. Elaboración de informe.

En la Figura 7 se presenta un diagrama del proceso general de implementación.

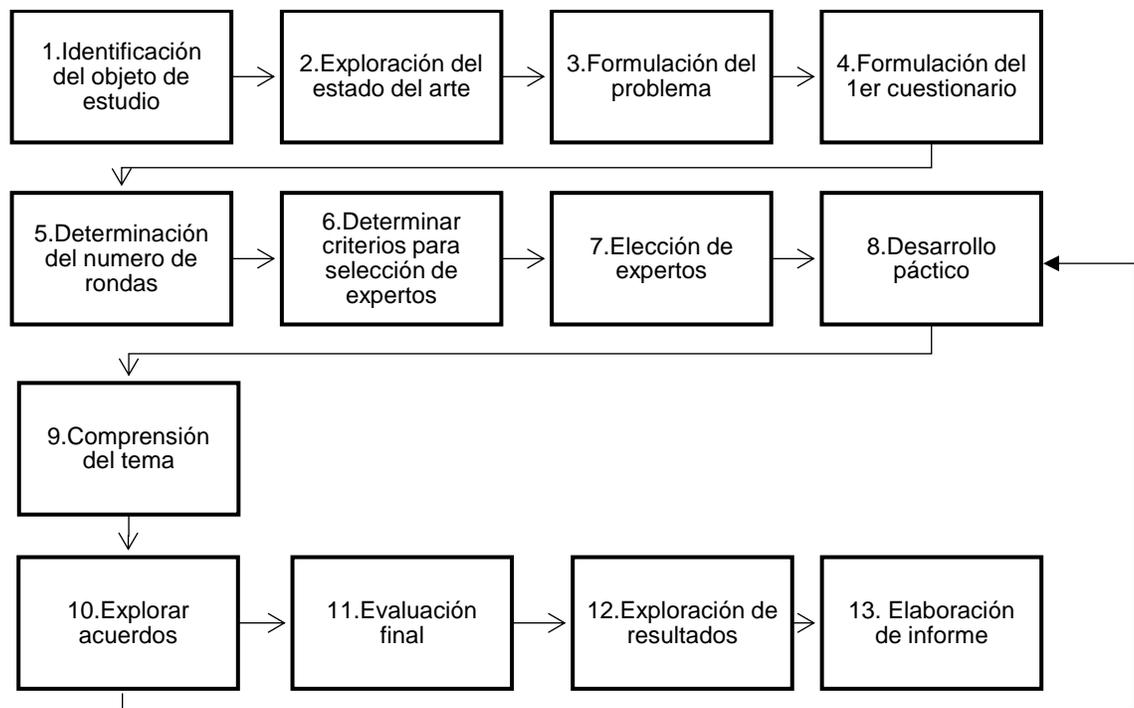


Figura 7. Método Delphi.

Fuente: Elaboración propia con base en Acuña y Konow (1990) y Cabero Almenara e Infante Moro (2014).



Proceso de implementación del Método Delphi y procedimiento.

El propósito del método Delphi es encontrar la estructura de todas las contribuciones hechas por los expertos, y obtener una visión grupal. Una visión que vaya de lo individual a lo grupal. En la Figura 8 se exponen el procedimiento general para poder implementar el Método Delphi, mientras que en la Figura 7 se desglosa cada uno de las fases a contemplar para poder desarrollarla de forma adecuada.

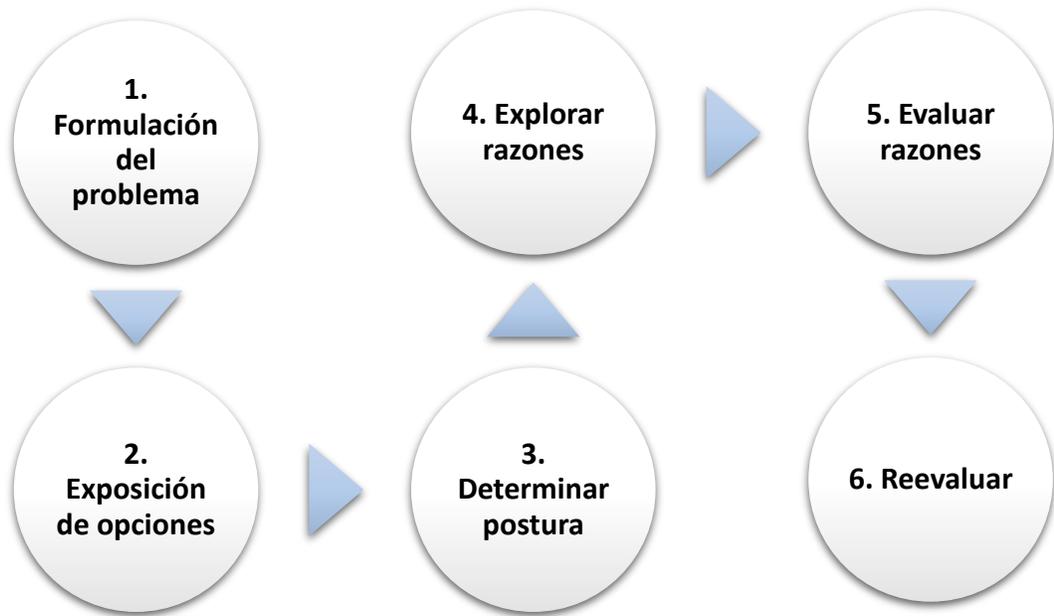


Figura 8. Procedimiento general del Método Delphi.
Fuente: Elaboración Propia.

El primer paso es el de formulación del problema. ¿cuál es el problema que en verdad debe de tratarse? ¿cómo debe de ser establecido?, también en esta parte del procedimiento para la implementación del Delphi se contemplan: la identificación del objeto de estudio y la exploración del Estado del Arte. El segundo paso es exponer las opciones, dado el problema (o los problemas) cuáles son las opciones adecuadas para abordarlo. El tercero es determinar una postura sobre el problema,



¿cuál es el problema sobre el que todos coinciden? ¿cuál es sobre el que no coinciden? El cuarto paso es explorar las razones de desacuerdo: ¿qué supuestos individuales asumidos, puntos de vistas, o hechos están siendo usados cómo soporte por parte de los panelistas para mantener sus posturas? El quinto paso es evaluar las razones subyacentes: ¿cómo ve el grupo los argumentos por separado para defender las diversas posturas y cómo lo comparan con otros argumentos? El sexto es la reevaluación, es basada en las visiones de la evidencia subyacente y la evaluación de la relevancia de cada opinión (Green, 2014).

Formulación de los cuestionarios y número de rondas.

Las preguntas plasmadas en los cuestionarios se refieren a las probabilidades de realización de hipótesis o acontecimientos relacionados al tema de estudio, son pues el segundo pilar de la investigación. Los cuestionarios generados con las preguntas son sucesivos y tienen por objetivo disminuir el espacio intercuartil entre opiniones de los expertos, buscando la mediana del grupo (Astigarraga, 2003).

Previo a entregar el primer cuestionario se debe de informar a los expertos de su anonimato en las respuestas, explicarles el funcionamiento del Delphi y el desarrollo del método. El objetivo del primer cuestionario es calcular el espacio intercuartil del grupo, el del segundo comunicar a cada experto la opinión de sus pares (con una medida central estadística) y abrir debate interdisciplinario para encontrar consensos de resultados. Cada experto argumenta sus pros y contras de las opiniones de los demás y de la suya. En las etapas posteriores o rondas de cuestionarios se busca acercar más las opiniones (Astigarraga, 2003).



Preferiblemente las respuestas a las preguntas deben de poder ser cuantificadas y ponderadas (por ejemplo: año de suceso de un evento futuro, probabilidad de realización de una hipótesis, valor que alcanzará en el futuro una variable). Las preguntas se formularán de forma relativa al grado de ocurrencia (probabilidad) y de importancia (prioridad). Se recurren a respuestas categorizadas (como: si/no; mucho, medio, poco; muy de acuerdo, de acuerdo, poco de acuerdo en desacuerdo) después se tratarán porcentualmente para ubicar a la mayoría de los consultados de forma estadística. Las preguntas no contestadas se cuentan, así como el abandono a los cuestionarios. Los principales datos que se emplearán serán los de tendencia central y dispersión: media, mediana, moda, máximo, mínimo y de variación típica. Estas medidas permitirán tener una visión grupal de las respuestas de los expertos, aunque sólo se utilice la media o mediana para el segundo cuestionario (Astigarraga, 2003).

La media, mediana y moda indica la tendencia central de la distribución de respuestas, mientras que el máximo y mínimo indican respuestas extremas, la desviación estándar. Otros valores estadísticos importantes son los cuartiles, el cuartil uno (Q1) el 25% que deja respuestas por debajo de la media y el cuartil tres (Q3) el 75% por encima de la media, ósea que entre el Q1 y Q3 se sitúa la mitad central de respuestas obtenidas. En la Figura 9 se presenta un ejemplo de esta relación a lo largo de distintas rondas de cuestionarios, y cómo la distancia intercuartil se va reduciendo y acercándose al valor central estadístico de respuestas.



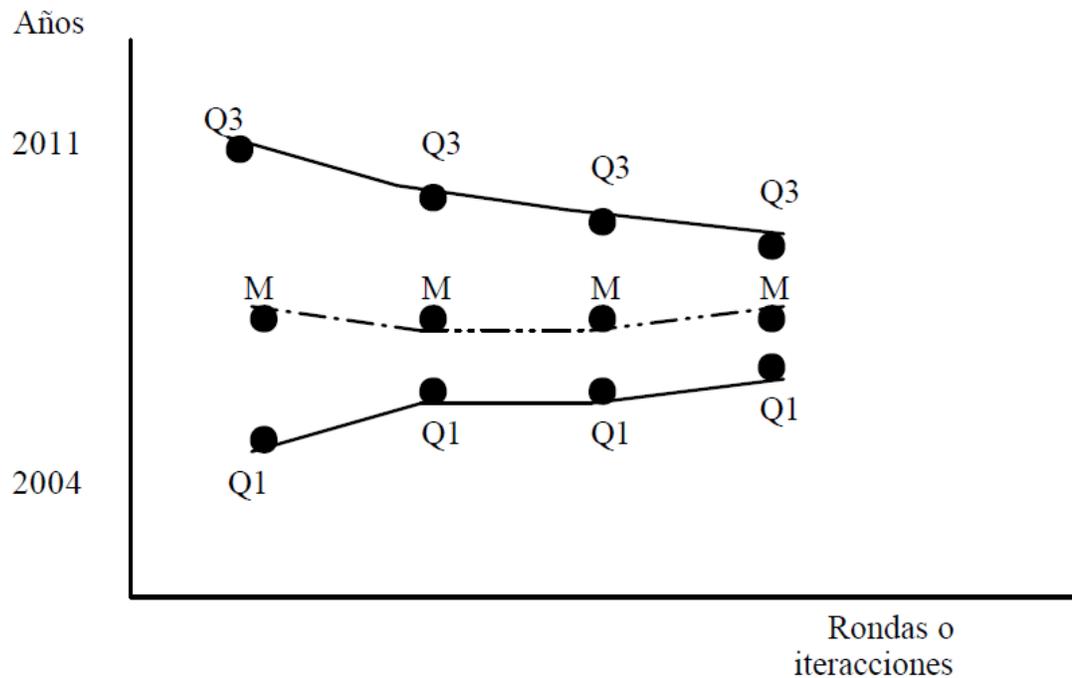


Figura 9. Relación entre cuartiles e indicador estadístico central.
Fuente: Elaboración propia.

En el segundo cuestionario, los expertos son retroalimentados con los resultados de cuestionario previo (esto se hace en cada ronda sucesiva). Deben de dar una nueva respuesta a las preguntas y sobre todo justificarla si ésta difiere de la respuesta grupal, esto se repite cuantas veces sea necesario para buscar una tendencia estadística central. El repetir este proceso en cada ronda tiene por finalidad reducir las distancias entre cuartiles. Los objetivos de la segunda ronda son remitir y hacer partícipes de la información obtenida a los expertos, y consolidar y refrendar los resultados obtenidos en la consulta inicial.

El proceso de esta segunda ronda es:

- 1) se selecciona la media (si las desviaciones típicas no son excesivas) o la mediana;



- 2) se solicita a los expertos si están de acuerdo o desacuerdo con la respuesta;
- 3) se pide argumentar porque no están de acuerdo con la respuesta. En caso de no estar de acuerdo también se solicita proponer un valor a la respuesta y argumentarlo;
- 4) se calcula la nueva media o mediana. A los que están de acuerdo se les fija en el valor de la media anterior.

Los valores propuestos y razonados por expertos que sigan teniendo valores diferentes a la media sirven para elaborar escenarios alternativos o futuros posibles (recordando que el futuro no es único ni predeterminado) estos valores diferentes eran más valiosos conforme a la “calidad” del experto (Astigarraga, 2003).

La selección de expertos.

El pilar del Método Delphi son los expertos (Acuña y Konow, 1990; Cabero Almenara y Infante Moro, 2014). Ya que la acertada selección de estos integrantes dentro del proceso arrojará los resultados de la investigación, y la calidad de dichos resultados depende directamente del conocimiento y experiencia en el tema en cuestión, y la capacidad de comunicación efectiva. Existen dos tipos de expertos, los que dominan el tema desde un punto de vista teórico y técnico, a los que se les llama especialistas. Por otra parte, tenemos a los que se ven afectados directamente por el tema en cuestión (Cabero y Infante, 2014).

Primeramente, se debe de cuidar el completo anonimato de los expertos, sobre todo de sus respuestas, a estas respuestas se les debe de tratar con método



estadísticos y de categorización previo a la retroalimentación. De igual manera la respuesta final del grupo debe de ser la que se va a presentar como resultado de la investigación, y esa debe de respaldarse de forma estadística y con el grado de acuerdo obtenido. Además, al momento de publicar los resultados se debe de resaltar las características de los expertos, respetando el anonimato (Cabero Almenara y Infante Moro, 2014; Acuña y Konow, 1990).

Para seleccionar a los expertos se contemplan dos herramientas, la primera es el biograma: la experiencia profesional, los cargos ocupados y la producción científica del experto. En segundo plano está el Coeficiente de Competencia Experta, el cual es expresado por la fórmula:

$$k = \frac{1}{2}(kc + ka)$$

Donde k es el Coeficiente de Competencia Experta (CCE), kc es el coeficiente de conocimiento, el cual es autoevaluado por el experto del 0 al 10, siendo 0 nulo conocimiento del tema y 10 pleno conocimiento, este valor es multiplicado por 0.1. Y ka es el coeficiente de argumentación obtenido a partir de la suma de puntuación alcanzada por el experto en una serie de conocimientos. Los valores se categorizan en 3: alta influencia en el tema si $k \geq 0.8$; media influencia si $0.7 \leq k \leq 0.8$; y baja influencia si $k \leq 0.7$. Todos los expertos con valores menores a 0.8 son descartados (Cabero Almenara y Infante Moro, 2014; Cabrero Almenara y Barroso Osuna, 2013).

En cuanto al número de expertos necesarios para desarrollar los talleres de cuestionarios, no se encontró algún referente bibliográfico argumentado sobre una



cantidad específica, Malla y Zabala (1978) recomiendan de 15 a 20, León y Montero (2004) de 10 a 30, Gordon (1994) de 15 a 35, Landeta (2002) entre 7 y 30, Skulmoski (2007) entre 10 y 15 (como se citó a todos los autores anteriores en Cabero Almenara e Infante Moro, 2014) y Astigarraga (2003) recomienda 25 expertos, cómo mínimo 7 y máximo 30.

Evaluación de cuestionarios.

Los cuestionarios pueden ser evaluados de forma manual o por medio de computador, dependiendo del volumen de los mismos, cabe mencionar que por medios electrónicos se evitan errores humanos al momento de vaciar los datos (Acuña y Konow, 1990).

Como se mencionó en apartados anteriores, aunque el método Delphi es cualitativo prospectivo, se hace uso de estadística para poder generar un consenso de opiniones. Para esto se propone realizar las preguntas con respuestas con ponderaciones numéricas, además de usar respuestas de si/no, se pueden usar con escalas de Likert con valores nones como se muestra en la Figura 10:

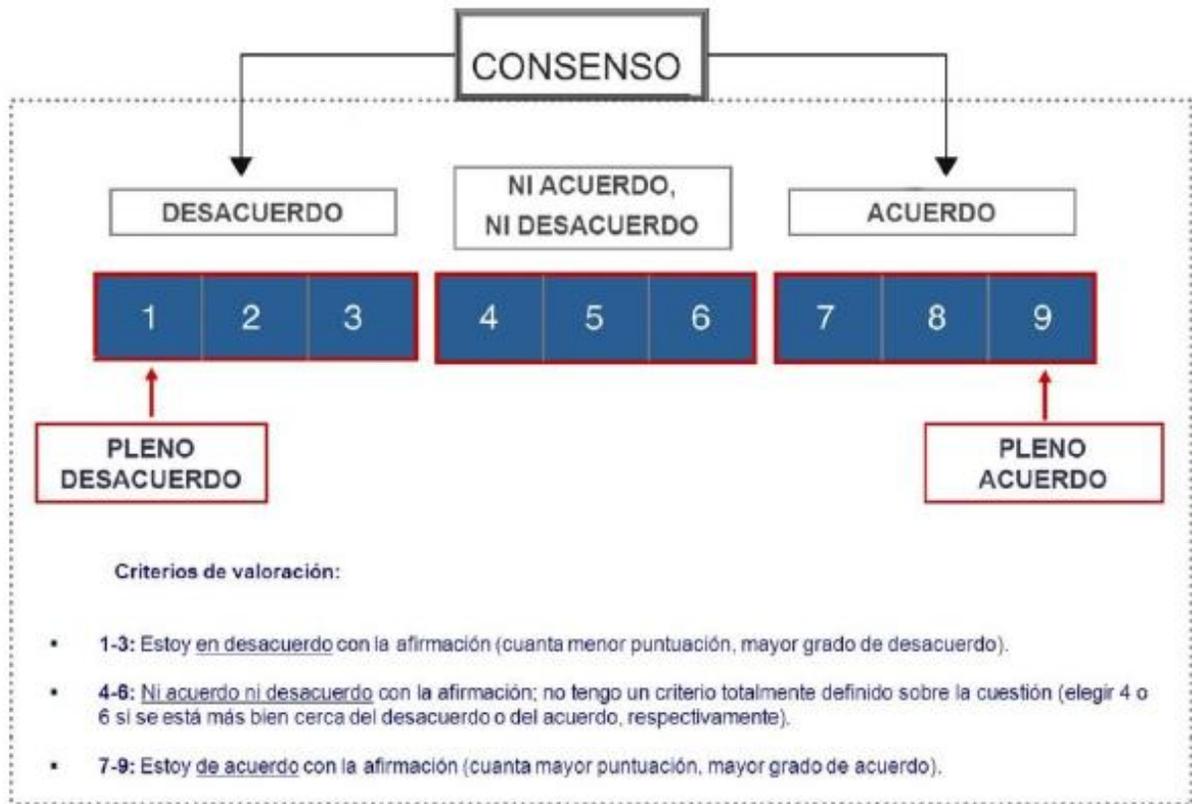
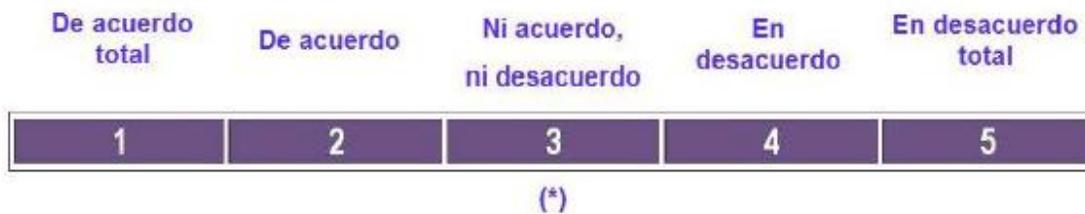


Figura 10. Presentación a expertos de la escala de Likert de 9 puntos.
Fuente: Caballero Martínez (2014)

Otra variante de las respuestas con escala Likert de cinco puntos es la de la
Figura 11:



(*) No tengo criterio definido en un sentido o experiencia personal al respecto

Figura 11. Escala de Likert de 5 puntos para Delphi.
Fuente: Caballero Martínez (2014)



Una vez realizados los tratamientos estadísticos de los cuestionarios en cada una de las rondas, además de haber realizado la respectiva retroalimentación de cada cuestionario previo a la ronda actual a aplicarse, se consensan y exploran los resultados por parte del investigador o grupo monitor.

Exploración de resultados y elaboración de informe.

Es necesario iniciar la exploración de resultados consensando las respuestas de los expertos, para ello se propone la Tabla 2. Esta tabla proporcionará una visión general de las respuestas de los expertos, la cual contiene, el nombre de la institución o empresa que representa el experto, la ciudad y el estado al que pertenece, canal de respuesta (medio de contacto o por el cual recibió el cuestionario) y el Coeficiente de Competencia Experta (*k*). La Tabla 2 contiene la información de cada una de las rondas realizadas para llevar un control general de los cuestionarios.

Tabla 2

Consenso de Expertos

Nº de experto	Institución y/o Empresa donde labora	Ciudad de residencia	Estado	Canal de encuesta	K (Coeficiente de competencia experta)
1					
2					
3					
N++					

Fuente: Elaboración propia



La visión general de los expertos no basta, es necesario consensar también los valores de sus respuestas, previo a graficar o tratar los datos arrojados por los cuestionarios, se sugiere consensarlos para su rápido tratamiento, para ello la Tabla 3 es de utilidad, en ella se colocan los ítems de cada cuestionario (dependiendo de la ronda) y la respuesta de cada experto. Posteriormente se realiza el tratamiento estadístico de cada ítem, para generar la retroalimentación a los expertos y el cuestionario de la siguiente ronda o el informe final si fuera el caso. Los valores presentados en cada uno de los apartados variarán dependiendo del tipo de respuesta a la pregunta, ya sea en escalas de Likert, de si/no u otras, para poder trabajar los datos de forma estadística, en el caso de respuestas en escalas Likert se le asigna un valor numérico a cada respuesta. Las tablas sucesivas al primer cuestionario pueden variar y ajustarse a los nuevos cuestionarios.

Tabla 3

Consenso de ítems.

N° de experto	Ítem 1	Ítem 2	Ítem 2	Ítem 3	Ítem 4	Ítem n++
1						
2						
3						
4						
n++						

Fuente: Elaboración propia.



Para consensar los resultados de las medidas de tendencia central de cada pregunta se realiza la Tabla 4, la cual congrega la media, mediana, moda, desviación, los cuartiles (Q1 y Q3) para su posterior graficación y análisis, esta tabla también evoluciona conforme las rondas efectuadas en el proceso del método Delphi.

Tabla 4

Tratamiento estadístico de ítems.

N° ítem	1	2	3	4	5	6	7	n++
Moda								
Q1								
Q3								

Fuente: Elaboración Propia.

Además de la generación de tablas se deben de graficar los resultados de los ítems, e identificar las respuestas que se alejen de las medidas de tendencia central, en el segundo y posteriores cuestionarios, estas respuestas deben de ser argumentadas para proponer con ellas (si el argumento es válido y el nivel de “calidad” del experto lo avala) futuros alternativos o posibles (Astigarraga, 2003).

Para la retroalimentación de los expertos después de cada ronda Caballero Martínez (2014) propone generar indicadores estadísticos y gráficos, con comentarios y aclaraciones sobre las respuestas a los ítems para generar reflexión en los expertos, de ejemplo la Figura 12.



Fecha límite para la recepción de la encuesta cumplimentada: 4 de Julio de 2012

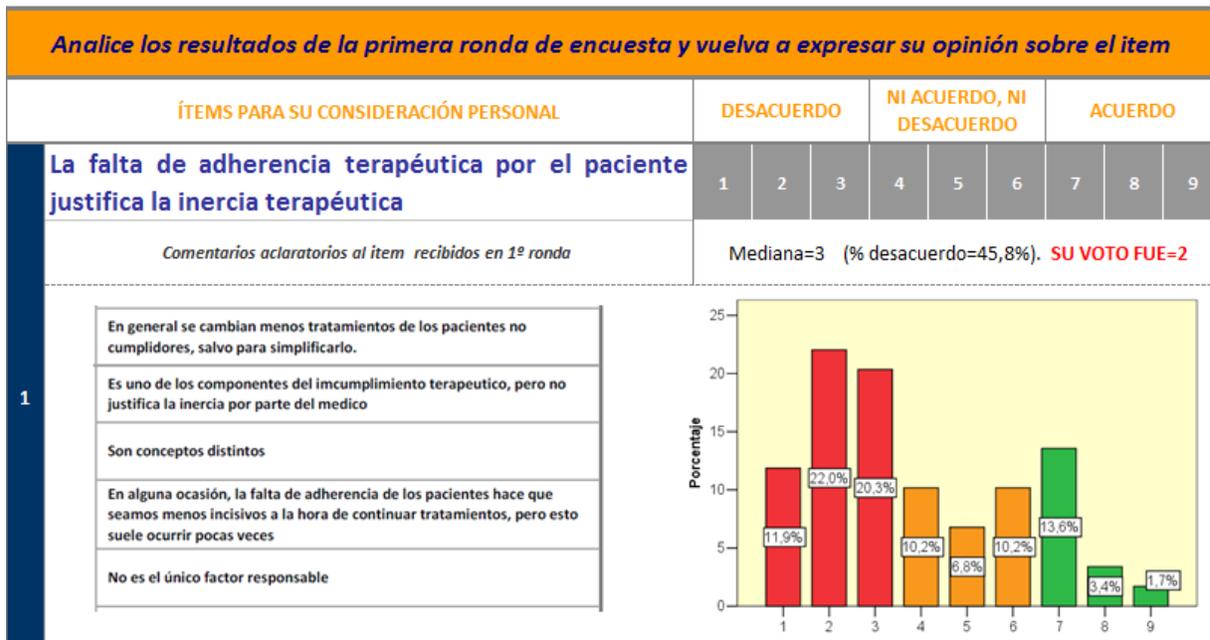


Figura 12. Ejemplo de retroalimentación.
Fuente: Caballero Martínez (2014)

Limitaciones del Método Delphi.

Como parte de la revisión de la bibliografía se pueden enlistar los siguientes puntos cómo limitaciones, obstáculos o posibles problemas a enfrentar al trabajar con el método Delphi:

1. Utiliza sólo estadística descriptiva.
2. Tiene un sesgo por la deseabilidad de resultados (si el investigador no permanece neutro durante la búsqueda de estos).
3. Perseverancia en las opiniones de los expertos (a lo largo de las retroalimentaciones, la opinión o creencia de los expertos se puede ver modificada por las del grupo, perjudicando un posible buen criterio por una alineación grupal).



4. *Expertise* inadecuado del experto y sus sesgos personales y profesionales.
5. Limitaciones de la retroalimentación de los expertos (al usarse tablas y datos estadísticos, se excluye la discusión, que podría ser más enriquecedora para generar consensos.
6. Irresponsabilidad de los expertos al contestar los cuestionarios.
7. Poco rigor al seleccionar a los expertos.
8. Falta de explicación de la evolución del proceso a los expertos.
9. Deserción de los expertos.
10. Preguntas y planteamientos mal formulados en los cuestionarios.
11. Número en exceso pequeño o demasiado grande de expertos seleccionados (la bibliografía recomienda trabajar con un rango de siete a treinta).
12. Falta de número de indicadores para medir el grado de experiencia de los participantes.
13. Aplicación en problemas no estructurados (que no se tenga bien delimitado el objeto de estudio y la problemática de éste).

Pese a estos obstáculos, el método Delphi (y sus variaciones) es ampliamente utilizado por su recolección de datos subjetivos en problemas de actividad humana, problemas o planteamientos prospectivos y de innovación y creatividad, entre otros (Zartha et al, 2015).

Técnica, instrumento y participantes seleccionados.

Para la presente investigación se seleccionó el Método Delphi Modificado, por las ventajas que éste posee, en cuestiones de corta duración, ofrece la posibilidad de



utilizar solo dos rondas de cuestionarios por lo que resulta factible por cuestiones de tiempo (no se extenderá la investigación por un periodo largo), además de que esta pequeña cantidad de rondas de cuestionarios también ayudará a evitar la deserción al mismo. En cuanto a la técnica utilizada fue una encuesta en línea por medio de la herramienta de *Google Forms*, la cual fue compartida por distintos medios electrónicos cómo son: grupos de la aplicación móvil *Whatsapp*, invitación por *Facebook*, correo electrónico e instancias oficiales de instituciones educativas. El link para la encuesta es el siguiente: <https://forms.gle/q2GZkC2sBNEDKf9v5> (última actualización 22/01/2020). El instrumento, es un cuestionario dividido en siete secciones, la primera es sobre los datos personales de los participantes, donde se pregunta sobre la institución donde labora, ciudad de residencia, el nombre (para establecer contacto en la segunda ronda del cuestionario), dirección de correo electrónico (para futuras comunicaciones) y cómo se enteró de presente cuestionario.

La segunda sección contiene cuatro preguntas, tres de las cuales son de opción múltiple y están diseñadas para evaluar el conocimiento del experto de forma breve sobre la Industria 4.0 (Catalysts, 2017), la cuarta pregunta de esta sección es abierta y se solicita que el encuestado agregue dos tecnologías pilares de la Industria 4.0, esta segunda sección cumple la función de calcular el Coeficiente de Competencia Experta (k). Cabe mencionar que con el fin de evitar la deserción y de elongar la encuesta en demasía se optó en una selección adecuada y corta de preguntas que arrojen el conocimiento de los que (según su k) fueron considerados como expertos.



De la sección tres a la seis se solicita la opinión del encuestado con una escala Likert de cinco opciones: *No estoy de acuerdo* (con un valor numérico de 1), *Muy poco de acuerdo* (con un valor numérico de 2), *Ni de acuerdo ni desacuerdo* (con un valor numérico de 3), *De acuerdo* (con un valor numérico de 4), *Totalmente de acuerdo* (con un valor numérico de 5). Los valores numéricos de cada opción son intrínsecos y el que responde no tiene visibles los mismos, estos datos numéricos son los utilizados para el tratamiento estadístico de la información recabada.

La sección tres solicita en una matriz que el encuestado pondere una selección de catorce Habilidades de Enseñanza-Aprendizaje (seleccionadas con base en la bibliografía) en la escala Likert antes mencionada con la siguiente pregunta como sub encabezado de la matriz: *De las siguientes habilidades de enseñanza-aprendizaje indíquenos cuál(es) habilidad(es) debería(n) ser incorporada(s) en la formación de recursos humanos para la industria 4.0.*

La estructura de la sección previamente descrita se repite con las siguientes categorías de habilidades y su respectivo sub encabezado: para Habilidades de Innovación- *De las siguientes habilidades para la innovación, indíquenos cuál(es) habilidad(es) debería(n) ser incorporada(s) en la formación de recursos humanos para la industria 4.0;* Soft Skills - *De las siguientes habilidades de Soft-Skills o Power-Skills (Habilidades blandas), indíquenos cuál(es) habilidad(es) debería(n) ser incorporada(s) en la formación de recursos humanos para la industria 4.0;* Habilidades tecnológicas - *Considerando habilidades tecnológicas indíquenos*



cuál(es) debería(n) ser incorporada(s) en la formación de recursos humanos para la industria 4.0.

De la sección tres a la seis se utiliza una escala Likert como la de la Figura 11, por lo cual se forma una matriz para cada una de estas secciones, el amplio uso de la escala Likert en investigaciones sociales y de humanidades (Fabila Echauri, Minami, e Izquierdo Sandoval, 2013) y su uso en otros estudios Delphi fue motivo de selección de la misma para estas matrices. La sección tres Habilidades de Enseñanza-Aprendizaje consta de una matriz con una escala Likert de cinco opciones de respuesta por catorce habilidades a evaluar por parte del encuestado; la sección cuatro Habilidades de Innovación, con la misma escala Likert anterior, tiene una matriz de nueve habilidades a evaluar; la sección cinco *Soft Skills*, que cuenta con la misma escala Likert, está conformada por dieciséis habilidades a evaluar; por último, la sexta sección Habilidades Tecnológicas, que también usa la misma escala Likert, cuenta con once habilidades a evaluar.

Las categorías de habilidades encuestadas fueron tomadas de la bibliografía referenciada en el presente trabajo, al igual que cada una de las habilidades dentro de cada categoría. La última sección del cuestionario está destinada con una pregunta abierta donde se solicita al encuestado alguna habilidad no descrita en las categorías anteriores y que desee mencionar. El Alfa de Cronbach del instrumento es $\alpha = .976$, al ser cercano a 1 (Fabila Echauri, Minami, e Izquierdo Sandoval, 2013), se puede considerar como un instrumento fiable.

La selección de participantes fue con base a invitación abierta de personas con posibles conocimientos sobre la Industria 4.0, para ello se les exhortó a

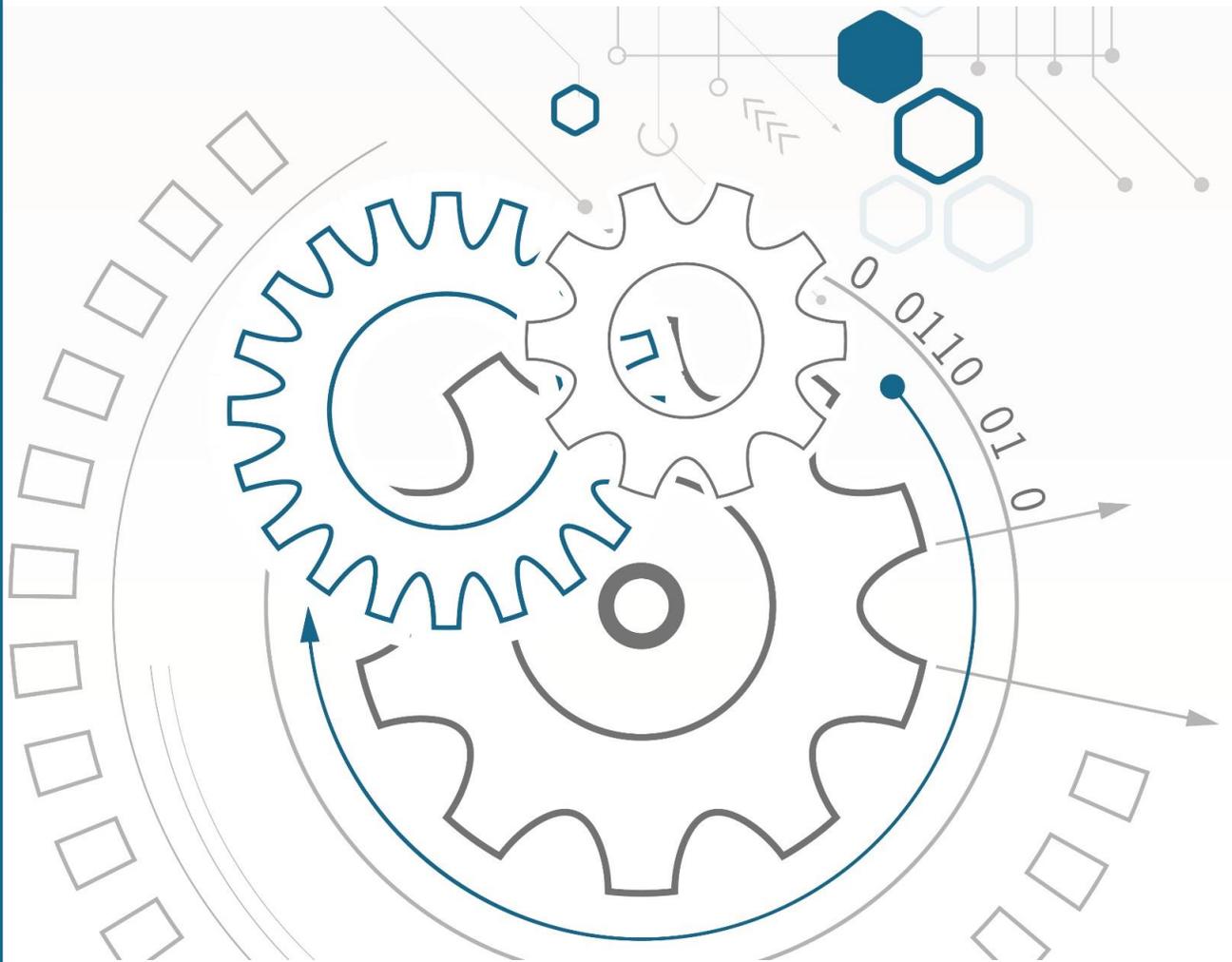
participar por los medios antes mencionados, y cuya selección posterior de expertos está descrita en la sección de resultados del presente trabajo.

Como medidas de tendencia central para analizar las respuestas de los expertos se utilizó tanto la Moda, ya que sus principales propiedades son: es un cálculo sencillo, su interpretación es muy clara, al depender solo de las frecuencias puede utilizarse para variables cualitativas, por esta última característica suele utilizarse en investigaciones donde se requiere resumir la respuesta de una población, además su valor es independiente a otros datos estadísticos por lo que su variación en las muestras provee un valor grupal y no promedio, las grandes variaciones en los datos fuera de la moda no afectan su valor, no siempre se sitúa en el centro de la distribución, otro motivo es que la Moda representa los valores más repetidos por el grupo de expertos. Como el Promedio, puesto que este arroja el valor numérico de la opinión grupal en su conjunto y suele centrarse entre los extremos de las opiniones grupales. Ambas medidas centrales Promedio y Moda se pueden comparar con los cuartiles Q1 y Q3, y tras la observación y análisis de las diferencias entre estos cuatro valores (Moda, Promedio, Q1 y Q3) seleccionar cuál de estas dos medidas centrales se coloca entre los cuartiles de forma independiente y por lo tanto, retomarla para las posteriores etapas Delphi (Magallanes, 2020; Cabero Almenara y Infante Moro, 2014).



CAPÍTULO IV

RESULTADOS



En esta sección, se presentan los resultados obtenidos de la investigación, primeramente, se entrega la categorización de las habilidades: Enseñanza Aprendizaje, Innovación, *Soft Skills* y Tecnológicas; después el panorama tras el sondeo exploratorio en la región, para luego exponer la identificación de los expertos y la implementación del instrumento en la primer ronda Delphi, seguido de esto se muestran los hallazgos en la segunda ronda Delphi y la información recabada de las entrevistas a los expertos participantes en esta segunda ronda.

Categorización de habilidades

Los ítems centrales sobre los que opinaron los expertos surgieron de las categorías de habilidades propuestas para incorporarse a un entorno laboral con base en la Industria 4.0, estas categorías fueron formadas al revisar la literatura de manera sistemática, y de cada una de ellas surgió un ítem ponderable en la escala Likert antes mencionada. Las categorías fueron englobadas en cuatro: Habilidades de Enseñanza-Aprendizaje (E-A), Habilidades de Innovación (I), Habilidades blandas o *Soft Skills*, también encontradas con el término *Power Skills* (PS) y Habilidades Tecnológicas o técnicas (T). En la Tabla 5 se muestran las categorías de habilidades identificadas en la bibliografía y las habilidades pertenecientes a cada una de las categorías.



Tabla 5

Categoría de Habilidades

Ítem N°	Categoría de Habilidades	Habilidad
1		Análisis
2		Aprendizaje activo
3		Escritura
4		Escucha activa
5		Estrategias de autoaprendizaje
6		Habilidades visuales
7	Enseñanza Aprendizaje (E-A)	Flexibilidad cognitiva
8		Habilidades de discurso
9		Habilidades espaciales
10		Lectura
11		Matemáticas
12		Memoria
13		Pensamiento crítico
14		Resolución de problemas complejos
15		Creatividad
16		Design Thinking (Pensamiento de Diseño)
17		Ideación
18		Metodologías ágiles
19	Innovación (I)	Originalidad
20		Pensamiento analítico
21		Razonamiento creativo
22		Resolución de problemas complejos
23		Técnicas de generación de ideas
24		Dirección de equipos de trabajo
25	Soft Skills o Power Skills (PS)	Inteligencia emocional
26		Influencia social
27		Flexibilidad



Ítem N°	Categoría de Habilidades	Habilidad
28		Gestión personal
29		Gestión del cambio
30		Liderazgo
31		Manejo del tiempo
32		Negociación
33		Orientación de servicio
34		Persuasión
35		Resiliencia
36		Respeto
37		Tolerancia al estrés
38		Valores: Confianza
39		Valores: integridad
40		Selección de tecnología
41		Diseño de tecnología
42		Programación de sistemas inteligentes
43		Instalación de tecnología
44		Mantenimiento de tecnología
45	Tecnológicas (T)	Habilidades de programación estadística (ciencia de los datos)
46		Técnicas de interacción humano computadora
47		Desarrollos para dispositivos móviles
48		Aprendizaje automático
49		Inteligencia artificial para negocios
50		Block-Chain

Fuente: Elaboración propia.

Con base en (Schwab, 2016; Harari, 2016; Harari, 2018; Goleman, 2018; FESTO, 2019; Desire2Learn, 2018; Doucet y otros, 2019; World Economic Forum, 2018).



Sondeo exploratorio en la región

Como parte de la investigación se realizó la aplicación de un cuestionario secundario exploratorio, de autoconocimiento de las habilidades de la Industria 4.0, en la región donde se obtuvo la participación de actores de 60 instituciones u organizaciones diferentes, de 27 instituciones del sector educativo de Nivel Superior y Medio Superior y 17 del sector Industrial, a posibles candidatos a expertos.

Los encuestados pertenecen a Universidades e Institutos Tecnológicos, Educación Media Superior a Distancia (EMSAD), Colegios de Estudios Científicos y Tecnológicos del Estado de Durango (CECyTE), Instituciones privadas de educación y de la Iniciativa privada.

Este cuestionario fue respondido por 274 participantes del Estado de Durango, 246 de Instituciones de Educación Media Superior, 20 de Educación Superior y el resto del sector privado y de gobierno. Geográficamente, los encuestados fueron de veinticinco municipios diferentes, constó de diez preguntas con una auto ponderación numérica de 1 a 10, siendo el número 1 un desconocimiento total sobre la tecnología cuestionada y 10 una percepción de experto en esa tecnología, las casillas no contestadas se les asignó un valor de 1. Todos los encuestados respondieron más de dieciséis de los dieciocho ítems.

La importancia de esta exploración en la región fue para identificar posibles candidatos con un Coeficiente de Competencia Experta (k). De los 274 participantes el 93.4% contestó todos los ítems siendo sólo 18 participantes que no contestaron todos los ítems. Los ítems referentes a las tecnologías de la Industria 4.0 se



muestran en la Figura 13. La Moda de las respuestas para el instrumento fue de 1 en la mayoría de los ítems, con excepción los ítems 5 y 11, mientras que el promedio grupal fue de 3.9, de forma general los encuestados en promedio no cuentan con un conocimiento amplio sobre estas tecnologías. Dentro del grupo encuestado se identificaron sólo ocho personas que de forma personal cuentan con un valor de 8 o superior en cuanto a conocimiento de estas tecnologías. Siendo solo un 2.79% de los encuestados.

Las tecnologías cuyo promedio grupal de conocimiento más bajo fueron Big-Data (Media: 2.96), Block-Chain (Media: 2.45), Ubiquitous Internet (Media: 2.50) y Plug and Produce (Media: 2.76), mientras que las que obtuvieron promedios grupales de conocimiento fueron Inteligencia Artificial (Media: 4.89) Automatización y Realidad Virtual (Media: 4.8 cada una), Ciberseguridad (Media: 4.68), Internet de las Cosas (IoT) y Digitalización (Media: 4.66 cada una) y Realidad Virtual (Media: 4.8 cada una), Ciberseguridad (Media: 4.68), Internet de las Cosas (IoT) y Digitalización (Media: 4.66 cada una).



1 ¿Cuanto sabe usted sobre la Industria 4.0?	2 ¿Cuanto sabe usted sobre Big-Data?	3 ¿Cuanto sabe usted sobre Block-Chain?	4 ¿Cuanto sabe usted sobre Internet de la Cosas?	5 ¿Cuanto sabe usted sobre Inteligencia Artificial?
6 ¿Cuanto sabe usted sobre Ubiquitous Internet?	7 ¿Cuanto sabe usted sobre Machine Learning?	8 ¿Cuanto sabe usted sobre Ciberseguridad?	9 ¿Cuanto sabe usted sobre Cloud-Technology?	10 ¿Cuanto sabe usted sobre Net-working?
11 ¿Cuanto sabe usted sobre Realidad Virtual?	12 ¿Cuanto sabe usted sobre Realidad Aumentada?	13 ¿Cuanto sabe usted sobre Plug and Produce?	14 ¿Cuanto sabe usted sobre Manufactura Aditiva (Impresión 3D)?	15 ¿Cuanto sabe usted sobre Digitalización?
	16 ¿Cuanto sabe usted sobre Virtualización?	17 ¿Cuanto sabe usted sobre Automatización?	18 ¿Cuanto sabe usted sobre Robotización?	

Figura 13. Ítems de Cuestionario Exploratorio
Fuente: Elaboración propia.

El bajo porcentaje de encuestados con una concepción propia de posibles expertos en las tecnologías de la Industria 4.0, demuestra que, al menos basándonos en los encuestados como una muestra aleatoria de una población mayor, en el estado de Durango no se cuenta con los conocimientos suficientes de estas tecnologías. Este sondeo exploratorio demuestra la necesidad de abordar el tema de forma más amplia y profunda.

Identificación de expertos y primera ronda Delphi

En la aplicación del Instrumento principal del presente trabajo, durante la primera ronda Delphi, se obtuvo la participación de 96 encuestados, de 18 Estados



diferentes de la República Mexicana y uno internacional (Cuba) en la Figura 14 se observa la distribución geográfica de los encuestados.

El medio de comunicación que más participantes captó fue la invitación por correo electrónico, 38 encuestados, cabe mencionar que una gran parte de los encuestados (36) no contestaron por qué medio se enteraron o fueron invitados para contestar la encuesta. Los encuestados pertenecen en su mayoría a Instituto Tecnológicos del Tecnológico Nacional de México (TecNM), algunos a universidades e instituciones de Educación Superior pública y privada y al Sector Privado, cabe señalar que no existió participación por parte de agentes de educación Media Superior, parte de la deserción propia del método Delphi.

En la sección sobre conocimientos de la Industria 4.0 (de los cuales se calculará el Coeficiente de Competencia Experta) la primera pregunta: “¿Qué ramas de la industria son adecuadas para el desarrollo de la industria 4.0?” fue respondida de forma correcta por 82 participantes (85.42%); la segunda pregunta: “¿Qué es una fábrica inteligente?” 48 participantes contestaron de manera adecuada (50%); y en la tercer pregunta: “¿Qué papel juegan las tecnologías de Internet y el "IoT" en el contexto de la industria 4.0?” 38 personas contestaron correctamente (39.58%).



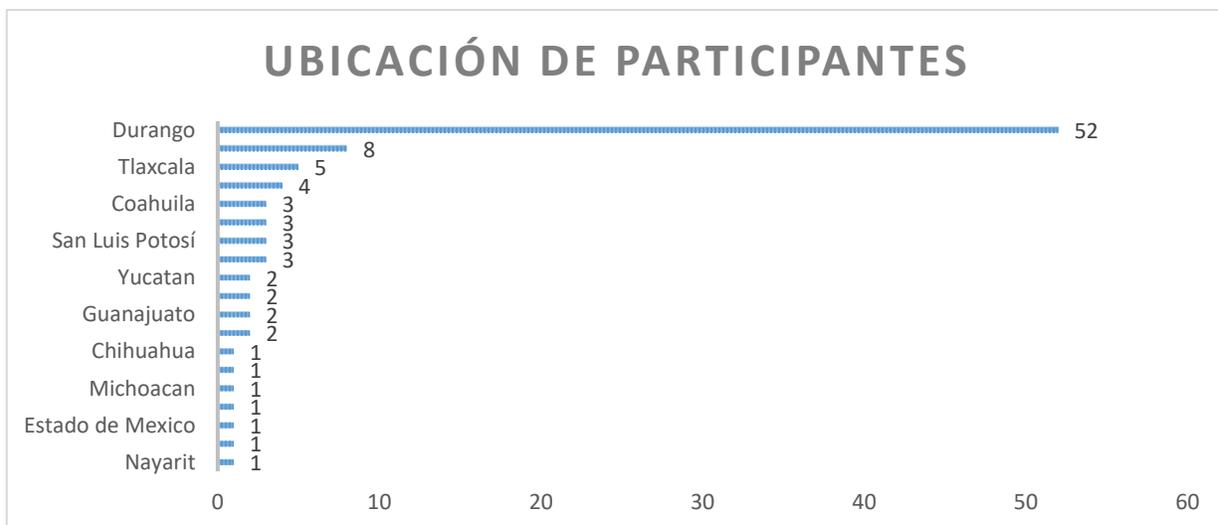


Figura 14. Ubicación de los participantes.
Fuente: Elaboración propia.

Se seleccionaron a aquellos encuestados que contestaron correctamente estas tres preguntas, se descartó al 82.29% de los encuestados, quedando solo 17 posibles expertos, para proceder a la selección definitiva de expertos se discriminó a aquellos (de estos 17) que mencionaron más de una tecnología de la Industria 4.0 de manera correcta, con lo que se filtró a un grupo final de posibles expertos conformado por 14 encuestados. Esta discriminación se hizo dando ponderaciones a las preguntas para obtener un k mayor a .8. De esta manera sólo un 14.58% de los participantes resultaron como posibles expertos a participar en una segunda ronda. La



Tabla 6 muestra los expertos encontrados en la aplicación del instrumento.

Tratamiento estadístico de datos

Para analizar cada una de las categorías y el comportamiento de los ítems, así como su ponderación por parte de los expertos en la escala Likert, se hace uso de las tablas: Tabla 3 (Consenso de ítems) y Tabla 4 (Tratamiento estadístico de ítems), para agrupar y ponderar numéricamente los valores arrojados. Como parte del tratamiento estadístico se identifica la Moda de cada ítem, también se hace el cambio de la escala Likert, de textual a numérico, de las respuestas que originalmente se presentaban con el texto: 1) *No estoy de acuerdo* 2) *Muy Poco de acuerdo* 3) *Ni de acuerdo ni desacuerdo* 4) *De acuerdo* 5) *Totalmente de acuerdo*, y se les asignó un valor numérico a cada una de ellas que van de 1 a 5 respectivamente.



Tabla 6

Expertos encontrados en la primera ronda del cuestionario

N° de experto	Institución y/o Empresa donde labora	Ciudad de residencia	Estado/País	Canal de encuesta	K (Coeficiente de competencia experta)
1	Instituto Tecnológico Del Valle Del Guadiana	Durango	Durango	NC	1
2	Instituto Tecnológico De Durango	Durango	Durango	NC	1
3	Instituto Tecnológico De Durango	Durango	Durango	Nc	1
4	Universidad De Matanzas	Matanzas	Cuba	Grupo Facebook	.875
5	Tecnológico De Tlajomulco	Tlajomulco De Zúñiga	Estado De México	RIP Institucional (Tecnm)	1
6	Instituto Tecnológico Superior De Comalcalco	Villahermosa	Tabasco	Invitación Por Correo Electrónico	1
7	Instituto Tecnológico De Zitácuaro	Zitácuaro	Michoacán	Invitación Por Correo Electrónico	1
8	Instituto Tecnológico De Tuxtepec	Tuxtepec	Oaxaca	Invitación Por Correo Electrónico	1
9	Instituto Tecnológico Superior De San Martín Texmelucan	San Martín Texmelucan	Tlaxcala	Invitación Por Correo Electrónico	.875
10	Instituto Tecnológico Superior De San Martín Texmelucan	Tlaxcala	Tlaxcala	Rip Institucional (Tecnm)	1
11	IBM	Monterrey	Nuevo León	Invitación Por Correo Electrónico RIP	1
12	4-Plus-1-Creative	Durango	Durango	Institucional (Tecnm).	1
13	Instituto Tecnológico Superior De Comalcalco	Comalcalco	Tabasco	Invitación Por Correo Electrónico RIP	1
14	Instituto Tecnológico Superior De Valladolid	Valladolid	Yucatán	Institucional (Tecnm)	1

Fuente: Elaboración propia.



Descripción estadística de ítems.

Con las respuestas ya convertidas a valor numérico se realiza el cálculo del promedio, la varianza de cada ítem, la varianza total del cuestionario, los cuatro cuartiles (Q1, Q2, Q3 y Q4), la Desviación Estándar y la diferencia entre Q1 y Q3. Cada uno de los ítems es analizado y explicado a continuación. Como parte de los resultados generales encontrados fue la coincidencia de la Moda con el Q3, ambos con un valor de 5 (*Totalmente de acuerdo*), además de que varios de los ítems no presentaron variación en la opinión de los expertos, por lo que no es necesario hacer análisis entre Q1, Q3 ni medidas centrales como promedio o moda. En la Figura 15 se muestra de forma general el comportamiento en los ítems de estos valores.

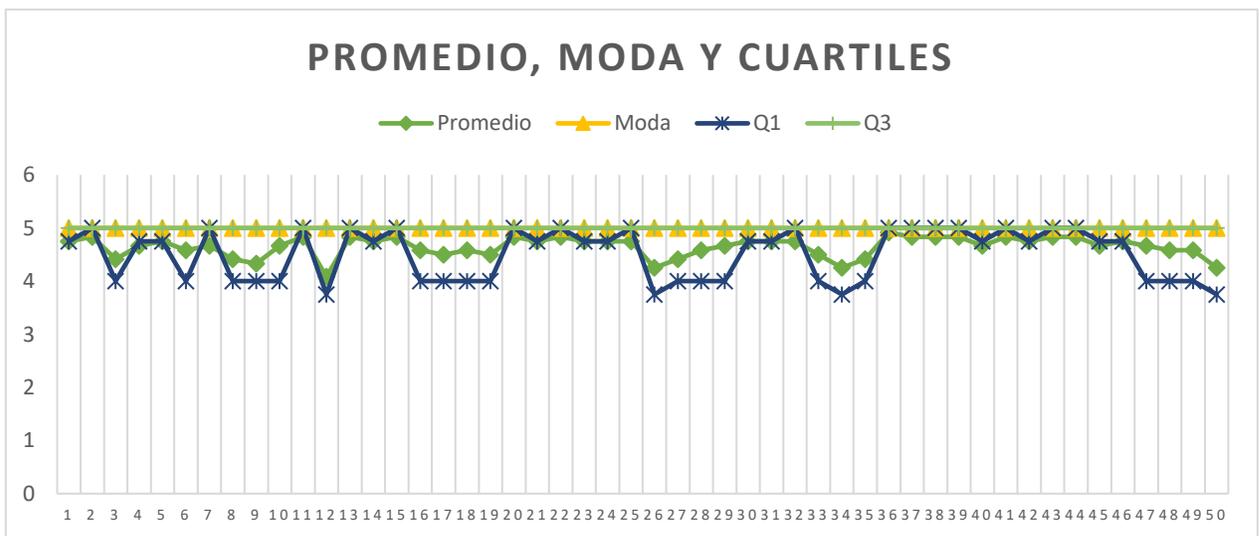


Figura 15. Promedio, Moda y Cuartiles
Fuente: Elaboración propia.

Puesto que los ítems 2, 7, 11, 13 (de la categoría: Enseñanza Aprendizaje), 15, 20, 22 (de la categoría: Innovación), 25, 32, 36,37,38, 39 (de la categoría: *Soft Skills*), 41, 43 y 44 (de la categoría: Tecnológicas) no presentan diferencias entre la

Moda, el Q1 y el Q3, por lo tanto, las habilidades que representan no es necesario plantearlas en una segunda ronda Delphi ya que los expertos coinciden con el máximo valor en ellas “*Totalmente de acuerdo*”, el 32% de los ítems presentó esta condición, por lo que en la segunda ronda Delphi se utilizó sólo 68% de los ítems (treinta y cuatro ítems). La Moda en la mayoría de los ítems fue “*Totalmente de acuerdo*” (48) y sólo los ítems 3 y 8 cuentan con una Moda de “De acuerdo”.

Por otra parte, existen en las distintas categorías ítems que no concordaron en la ponderación por parte de los expertos. Para la identificación rápida de los ítems a utilizar en la segunda etapa de cuestionarios se realiza matemáticamente la diferencia entre Q1 y Q3, las que tienen una diferencia numérica mayor a cero serán utilizados.

El valor mayor de diferencia entre Q1 y Q3 fue de 1.25 puntos, de 5 cómo máximo, en los ítems 12 (Memoria de la categoría Enseñanza Aprendizaje), 26 (Influencia social de la categoría *Soft Skills*), 34 (Persuasión de la categoría *Soft Skills*), 50 (Block-Chain de la categoría Tecnológicas), estos ítems pertenecen a las habilidades de Memoria, Influencia Social, Persuasión y Block-Chain respectivamente. La moda en estos es de 5 (*Totalmente de acuerdo*), pero el promedio se encuentra incluso por debajo del Q1, lo que indica que las opiniones de los expertos difieren, por ello es necesario saber el porqué de la ponderación de los expertos de esta manera en estos ítems en específico. Estos ítems son los de mayor interés al final de la primera etapa Delphi, ya que son los que presentan valores más diversos en la cohorte de expertos, por ende, la opinión personal de ellos sobre estas habilidades en específico se torna importante.



Con una diferencia con valor de 1 entre Q1 y Q3, en los ítems 3, 6, 8, 9, 10 (de la categoría: Enseñanza Aprendizaje), 16, 17, 18, 19 (de la categoría: Innovación), 27, 28, 29, 33,35 (de la categoría: *Soft Skills*), 47, 48 y 49 (de la categoría: Tecnológicas). El promedio entre estos cuartiles oscila entre Q1 y Q3. Aunque no tienen la misma diferencia entre cuartiles, la unidad que separa el valor de estos en esta habilidad hace importante ahondar en la opinión de los expertos en estos ítems.

La última serie de ítems cuentan con una diferencia entre cuartiles (Q1 y Q3) de 0.25 diferencia, estos son los ítems 1, 4, 5, 14 (de la categoría: Enseñanza Aprendizaje), 21, 23 (de la categoría: Innovación), 24, 30, 30, 31 (de la categoría: *Soft Skills*), 40, 42, 45 y 46 (de la categoría: Tecnológicas), para esta serie la diferencia es menor y no obstante el promedio oscila entre los dos cuartiles antes mencionados y se presentan más cercanos al Q3. Para estos ítems basta con un cuestionario para reiterar o solicitar un nuevo valor a los expertos después de la retroalimentación.

Puesto que entre el Q3 y la Moda no existe diferencia, se utilizó el Promedio como medida de tendencia central a la que se desea reducir la diferencia entre cuartiles Q1 y Q3 en la segunda ronda Delphi. Esto porque el método Delphi tiene como finalidad llegar a un acuerdo de expertos, para ello se buscará su opinión sobre los ítems que presentaron una diferencia mayor a 0 entre Q1 y Q3, se utilizó el 68% de los ítems con condición para la segunda ronda Delphi.

Para la segunda ronda Delphi se retroalimentó a los expertos con los valores grupales de cada ítem y se mostró su respuesta en la primera etapa de aplicación



del cuestionario. Para ello el 26% de los ítems cuya diferencia Inter cuartil es de .25 se utilizó un cuestionario, el otro 42% de ítems utilizados en la segunda ronda fue abordado tanto por cuestionario como con una entrevista a los expertos.

Segunda ronda Delphi

En la segunda ronda de aplicación del instrumento, participaron un total de cinco expertos, teniendo una deserción del 74% de los expertos detectados. Este fenómeno de deserción de expertos es propio del método Delphi (Astigarraga, 2003; Green, 2014; Acuña y Konow, 1990). Al 26% (cinco) de los expertos que participaron en esta segunda ronda se les entrevistó como parte de una tercera etapa del método, para ahondar en el motivo de sus respuestas, sobre todo en los ítems donde su opinión difería de la medida central del grupo.

Como vía de comunicación con los expertos se utilizaron los siguientes canales: correo electrónico con dos de los expertos y llamada telefónica con los tres restantes. A cada experto se le envió un archivo, cuyo contenido fue el compendio de sus respuestas. En este documento se señaló la diferencia entre la respuesta del experto y la grupal, además se le solicitó en la entrevista a cada uno de ellos el motivo de esta decisión y si deseaba cambiar su respuesta después de observar la respuesta grupal.

La segunda ronda Delphi tuvo como fin ahondar en la comprensión del tema y explorar acuerdos por parte de los expertos (véase Figura 7), además de recibir la retroalimentación de ellos y con sus nuevas respuestas realizar un segundo análisis estadístico y verificar la diferencia entre cuartiles.



Al solicitar a los expertos si deseaban cambiar su respuesta en algunos de los ítems, después de analizar la Media y Moda grupal, y comparar su respuesta con la del grupo, cumpliendo con el proceso de retroalimentación del método Delphi, asintieron a realizarlo en algunos de ellos o se mantuvieron con su respuesta anterior en otros, los motivos de estos cambios o de permanecer en su postura se indagaron en las entrevistas.

Con el fin de mantener el anonimato de los cinco expertos participantes en la segunda ronda Delphi se les asignó una nomenclatura a priori, para describir sus respuestas, Experto A, B, C, D y E respectivamente. Los cambios en las respuestas a los ítems en la segunda ronda Delphi son los siguientes: el Experto A sólo cambió su respuesta ante el ítem 34 (Persuasión) de *Totalmente de acuerdo* a *De acuerdo*; el Experto B cambió su respuesta para los ítems 1,6 (de la categoría: Enseñanza Aprendizaje), 16 (de la categoría: Innovación), 24, 29 (de la categoría: *Soft Skills*), 40, 41, 42, 43 y 44 (de la categoría: Tecnológicas), de *De acuerdo* a *Totalmente de acuerdo* y el 50 (Block-Chain de la categoría de Tecnológicas) de *Totalmente de acuerdo* a *De acuerdo*; el Experto C los ítems 15 (creatividad) y 46 (Técnicas de interacción humano computadora) de *De acuerdo* a *Totalmente de acuerdo*; el Experto D los ítems 6 (Habilidades visuales) y 7 (Flexibilidad cognitiva) de *De acuerdo* a *Totalmente de acuerdo*; y el Experto E solamente el ítem 50 (Block-Chain) de *Muy poco de acuerdo* a *Totalmente de acuerdo*.

Los ítems donde existió la mayor incidencia en la diferencia entre la opinión de los expertos entrevistados y el grupo fueron los siguientes: el 6 (Habilidades visuales), el 8 (habilidades de discurso), el 26 (influencia social), el 34 (persuasión),



el 35 (Resiliencia) y el 50 (*Block-Chain*), a pesar de esto, estos cuartiles no fueron precisamente los que presentaron la mayor reducción entre cuartiles. En la Figura 16 se observa el cambio en la diferencia de los cuartiles Q1 y Q3 entre la primera y segunda ronda Delphi. Los ítems que redujeron su diferencia entre estos cuartiles fueron: 1 (Análisis), 6 (Habilidades visuales), 24 (Dirección de equipos de trabajo), 29 (Gestión del cambio), 40 (Selección de tecnología) y 41 (Diseño de tecnología).



Figura 16. Diferencia entre cuartiles, Primer y Segunda Etapa Delphi.
Fuente: Elaboración propia.



Entrevista a expertos.

Para complementar la presente investigación prospectiva, se realizó una entrevista individual a cada uno de los expertos, la nomenclatura asignada es la misma que en la sección anterior. La entrevista a cada experto consta en preguntar sobre sus respuestas en la primera ronda y su deseo de mantener o cambiar su respuesta en la segunda ronda, haciendo énfasis en el porqué de esta decisión.

El Experto A fue cuestionado sobre sus respuestas en siete ítems, los cuales se alejaron más a la ponderación central del grupo (la Media), estos ítems fueron los siguientes: 6, 8, 10 (de la categoría Enseñanza Aprendizaje), 26, 34, 35 (de la categoría *Soft Skills*) y 50 (Block-Chain de la categoría de Tecnologías). El Experto A decidió mantener su postura en todos los ítems, a excepción del 34 (Persuasión), cambiando su ponderación primaria de *Totalmente de acuerdo* a *De acuerdo*, alegando que: “llega un punto en el que tienes a dos personas con niveles similares de persuasión”, y sugiriendo que en dichos casos es mejor Saber Escuchar.

Para los ítems que dejó sin cambio, comentó que: en cuanto al ítem 6 (Habilidades Visuales, *De acuerdo*), no considera que se debe de depender al 100% de lo visual; en lo referente al ítem 8 (Habilidades Espaciales, *Totalmente de acuerdo*), menciona que las organizaciones es un punto que no se toma en cuenta en el *perfil del puesto*, y debería de ser considerado; entorno al ítem 10 (Lectura, *De acuerdo*) argumentó que no se debe de basar el conocimiento solo en la lectura, debe existir una formación integral, complementar esta habilidad con habilidades visuales y prácticas.



En cuanto al ítem 26 (Influencia social, *Totalmente de acuerdo*), mencionó que en la industria la sociedad es lo más importante, puesto que existen interacciones entre distintos departamentos, y las habilidades sociales son la clave; del ítem 35 (Resiliencia, *Totalmente de acuerdo*) declaró simplemente que “debes de adaptarte al cambio”; y por último del ítem 50 (Block-Chain, *Totalmente de acuerdo*) destacó que cada vez dependemos más de controles especiales para evitar cometer errores y en este aspecto cada vez es más competitivo el mercado, por ende se debe de adaptar a estos cambios.

En su entrevista el Experto B argumentó lo siguiente sobre los cambios de sus respuestas en la segunda ronda y el motivo de dejar algunos con la misma respuesta anterior. Para el ítem 1 (Análisis) y 6 (Habilidades visuales) cambió su respuesta de *De acuerdo* a *Totalmente de acuerdo*, considerando que estas habilidades son muy importantes; los ítems 10 (Lectura, *De acuerdo*), 11 (Matemáticas, *De acuerdo*) y 12 (Memoria, *Muy poco de acuerdo*) mantuvo su postura con la respuesta, ya que considera que ambas son habilidades básicas, que pueden ser maximizadas con tecnologías actuales como el internet y softwares, lo que considera más importante es la comprensión lectora y el razonamiento matemático, el cómo aplicar las matemáticas, saber interpretar y utilizar la información.

Del ítem 16 (Pensamiento de diseño) cambió su respuesta de *De acuerdo* a *Totalmente de acuerdo*, mencionando que las nuevas tecnologías nos ayudan a desarrollar aún más nuestra creatividad; en el ítem 24 (Dirección de equipos de trabajo) también cambió su respuesta de *De acuerdo* a *Totalmente de acuerdo*,



comenta que es importante hacer equipo y que en conjunto se resuelvan problemas; de los ítems 29 (Gestión del cambio), 40 (Selección de Tecnología), 41 (Diseño de tecnología), 42 (Programación de sistemas inteligentes), 43 (Instalación de tecnología) y 44 (Mantenimiento de tecnología) decidió cambiar su respuesta de *De acuerdo* a *Totalmente de acuerdo* argumentando que las nuevas tecnologías y los cambios vertiginosos en las mismas requieren de una gestión más rápida, y se requieren desarrollar la creatividad y la innovación para hacer uso de la tecnología correcta, además de que es necesario conocer los procesos donde estas tecnologías serán utilizadas y los procesos propios de las tecnologías (instalación, mantenimiento, uso, entre otros); por último en el ítem 50 (Block-Chain) cambió su respuesta de *De acuerdo* a *Totalmente de acuerdo* señala que esta tecnología es nueva y que actualmente tiene un uso en las transacciones de monedas y también es y será utilizada en otros aspectos.

El Experto C fue cuestionado por sus respuestas de los ítems 4, 6, 7, 8, 11, 13 (de la categoría de Enseñanza Aprendizaje), 15, 23 (de la categoría de Innovación), 26, 28, 30, 32 (de la categoría de *Soft Skills*), 43, 44, 45, 46, 47 y 50 (de la categoría de Tecnológicas). Este experto cambió su respuesta en el ítem 15 (Creatividad) de *De acuerdo* a *Totalmente de acuerdo*, haciendo énfasis de que en la empresa se encuentran personas que a pesar de no tener conocimiento técnico muy profundo, son muy inquietas, y sus ideas son muy diferentes a las del resto, por lo que sus aportes son empleados, sin importar el área; también cambió la del ítem 846 (Técnicas de interacción humano-máquina) de *De acuerdo* a *Totalmente*



de acuerdo, declaró que “soy una firme creyente de que la evolución será automática, robotizada...”.

El resto de los ítems los dejó con la misma respuesta, en su entrevista comentó lo siguiente sobre ellos: en cuanto a ítem 4 (Escucha activa, *De acuerdo*) comentó que si se debe de saber escuchar, pero existen otros medios por los cuales se puede obtener información; en lo referente al 6 (Habilidades visuales, *Muy poco de acuerdo*) considera que esta habilidad está quedando por detrás de otras; para el ítem 7 (Flexibilidad cognitiva, *Ni de acuerdo ni desacuerdo*) y el ítem 8 (Habilidades de discurso, *Ni de acuerdo ni desacuerdo*) mencionó que en su experiencia pocos individuos logran obtener esta habilidad y solo es adquirible por ciertos perfiles (de personas).

En el 11 (Matemáticas, *Muy poco de acuerdo*) compartió su experiencia personal: “Yo fui diagnosticada con discalculia a los 28 años, a pesar de tener una ingeniería, dicha discapacidad no me limitó a oportunidades laborales...” por ello no considera necesario darle más peso a esta habilidad; en el ítem 13 (Pensamiento crítico, *De acuerdo*) declaró que esta habilidad es importante, pero se puede optar por otras como el análisis y la planeación; en el 23 (Técnicas de generación de ideas, *Ni de acuerdo ni desacuerdo*) considera que esta habilidad va de la mano de la creatividad); en el 26 (Influencia social, *Muy poco de acuerdo*) considera que es más importante poseer liderazgo.

En el ítem 47 (Desarrollos para dispositivos móviles; *Muy poco de acuerdo*) menciona su inclinación más a los *wereables* (dispositivos como relojes inteligentes, sensores de pulso y otros) y no descarta el uso prolongado de equipos de escritorio;



por último para el 50 (Block-Chain, *Ni de acuerdo ni desacuerdo*) menciona que esta tecnología es emergente y muy desequilibrada aun, considera que es el futuro de la economía, pero aún falta tiempo para ello.

El Experto D cambió solo una de las respuestas a sus ítems el 6 (Habilidades visuales) de *Muy poco de acuerdo* a *Totalmente de acuerdo*, ya que considera que las habilidades relacionadas con el acomodo y el espacio son importantes; en cuanto a los ítems que decidió no cambiar fueron los siguientes:

El 4 (Escucha activa, De acuerdo) considera que existen habilidades más importantes que utilizan tecnologías, como las del trabajo remoto, apoyo por grabaciones, reuniones a distancia; el 5 (Estrategias de autoaprendizaje, *Totalmente de acuerdo*) considera que también sea colaborativo y con el uso de Tecnologías de la Información, recursos en línea, además reconoce que a su criterio, el aprender en línea es el principal reto en México, ya que es complicado tener, en sus palabras, “lo que tienen las potencias”, además del idioma (en relación a la cantidad de material y la calidad del mismo, comparado con el español).

Para el ítem 7 (Flexibilidad cognitiva, *Totalmente de acuerdo*) considera que en relación a esta habilidad, habrá un cambio en los métodos de aprendizaje; para el 19 (Originalidad, De acuerdo) considera que esta habilidad no es un requisito para la Industria 4.0; del ítem 26 (Influencia Social, *Totalmente de acuerdo*) considera que esta habilidad es parte de las Habilidades blandas, y junto con habilidades como Comunicación y Liderazgo son realmente importantes; en el 27 (Flexibilidad, *Totalmente de acuerdo*) mantiene su postura ya que, igual que el 26



(Influencia social), considera que esta habilidad blanda es necesaria para “adaptarse al cambio”.

Del 34 (Persuasión, *Totalmente de acuerdo*) considera ésta como parte de la comunicación, añade que es necesario saber trabajar con el “cliente” (el usuario del servicio que se ofrece); 35 (Resiliencia, *Totalmente de acuerdo*) argumenta que las personas “no sabemos cerrar ciclos”, por ello es necesario acrecentar nuestra tolerancia a la frustración, menciona que “los errores son un proceso de aprendizaje”, hay que aprender de los errores; por último el ítem 50 (Block-Chain, *Totalmente de acuerdo*) a su criterio las criptomonedas deben de comenzar a cobrar valor, le preocupa que en México no existe capital humano ni instituciones preparadas para esta etapa de la economía.

El último experto en ser entrevistado fue el Experto E, el cual realizó solo un cambio en sus respuestas la del ítem 50 (Block-Chain) de *Muy poco de acuerdo* a *Totalmente de acuerdo*, puesto que considera que esta tecnología tiene un gran potencial; en cuanto a los ítems que decidió mantener su respuesta y con la peculiaridad de que el motivo de mantenerla fue que considera que estas habilidades no son tan importantes desde un aspecto técnico, el cual él enfatiza como el más importante para la Industria 4.0, estas fueron:

8 (Habilidades del discurso), 12 (Memoria), 19 (Originalidad), 25 (Inteligencia emocional), 26 (Influencia social), 34 (persuasión), 35 (resiliencia), 37 (Tolerancia al estrés), 38 (Valores: Confianza) y 39 (Valores: Integridad) todos ellos con la respuesta de *Ni de acuerdo ni desacuerdo*; y por último ítem 3 (Escritura) mantuvo



su respuesta en *Totalmente de acuerdo* destacando que es una habilidad importante para estructurar ideas.

Dimensiones e ítems identificados por los expertos

Como parte de los hallazgos destacados en la primera etapa de la presente investigación, resalta en el primer sondeo exploratorio lo siguiente: los participantes de este sondeo, en su mayoría pertenecientes al nivel educativo Medio Superior (246 de 274 encuestados), desconocen la mayoría de las tecnologías de la Industria 4.0 y su autopercepción de conocimiento de las mismas lo denotan como bajo, con excepción de la Inteligencia Artificial y la Realidad Virtual, en estas dos tecnologías en específico los encuestados (en su conjunto) presentan mayor seguridad en el conocimiento de las mismas, en contraparte están las tecnologías Big-Data, Block-Chain, Internet Ubicuo y Plug and Produce, estas son las de mayor desconocimiento.

Otro hallazgo importante en este primer sondeo es que sólo un 2.79% (8 encuestados) de los participantes cuentan con una percepción de conocimiento de las tecnologías, siendo esto una clara señal de que la Industria 4.0 es aún desconocida para parte de los actores educativos al menos en Educación Media Superior.

En la segunda etapa de esta investigación, la implementación del método Delphi, los hallazgos destacables son que, de los ítems empleados en el primer cuestionario, 32% (16 de 50) de ellos no presentó diferencias entre los cuartiles, por lo que no fue necesario utilizarlos en la segunda etapa, por lo que el 68% (34 de 50)



de los ítems restantes fueron los utilizados para ahondar en las opiniones de los expertos.

Los ítems con mayor diferencia entre cuartiles fueron 12 (Memoria de la categoría Enseñanza Aprendizaje), 26 (Influencia social de la categoría *Soft Skills*), 34 (Persuasión de la categoría *Soft Skills*), 50 (Block-Chain de la categoría Tecnológicas), habiendo una separación de 1.25 puntos entre el Q1 y el Q3, para estos los expertos en la segunda ronda Delphi, decidieron modificar sus respuestas el Experto A en el ítem 34 de *Totalmente de acuerdo* a *De acuerdo*, y para el ítem 50 el Experto B de *Totalmente de acuerdo* a *De acuerdo*, mientras que el Experto E de *Muy poco de acuerdo* a *Totalmente de acuerdo*, pese a estos cambios, no existió diferencia significativa en el acuerdo grupal, por lo que estos ítems se mantuvieron con la relevancia igual que en la primer etapa del Método Delphi.

Por otra parte, en los ítems que tuvieron una diferencia de 1 (véase el apartado de Tratamiento estadístico de datos) y que fueron retroalimentados por los expertos, cambiando su respuesta en ellos, y por ello cambiando también la diferencia entre cuartiles (véase la Figura 16) fueron los 1 (Análisis), 6 (Habilidades visuales), 24 (Dirección de equipos de trabajo), 29 (Gestión del cambio), 40 (Selección de tecnología) y 41 (Diseño de tecnología).

Discusión de resultados

Las Categorías de Habilidades requeridas para incorporarse al entorno laboral de la Industria 4.0 (véase Tabla 5) propuestas en la presente investigación están conformadas de siguiente forma:



- Enseñanza Aprendizaje (que incluye Análisis, Aprendizaje Activo, Escritura, Escucha Activa, Estrategias de autoaprendizaje, Habilidades Visuales, Flexibilidad Cognitiva, Habilidades del Discurso, Habilidades espaciales, Lectura, Matemáticas, Memoria, Pensamiento crítico y Resolución de problemas complejos);
- Innovación (Creatividad, Pensamiento de Diseño, Ideación, Metodologías ágiles, Originalidad, Pensamiento analítico, Razonamiento Creativo, Resolución de problemas complejos y Técnicas de generación de ideas);
- *Power Skills* (Dirección de equipos de trabajo, Inteligencia Emocional, Influencia social, Flexibilidad, Gestión personal, Gestión del cambio, Liderazgo, Manejo del tiempo, Negociación, Orientación de servicio, Persuasión, Resiliencia, Respeto, Tolerancia al estrés, Valores: Confianza, Valores: Integridad);
- y Tecnológicas (Selección de tecnología, Diseño de tecnología, Programación de sistemas inteligentes, Instalación de tecnología, Mantenimiento de tecnología, Habilidades de programación estadística (ciencia de los datos), Técnicas de interacción humano computadora, Desarrollos para dispositivos móviles, Aprendizaje Automático, Inteligencia Artificial para negocios, Block-Chain).

El Foro Económico Mundial (WEF por sus siglas en inglés), dentro de su Reporte del Futuro de los Empleos (*The Future of Jobs*) de 2018, señala que las principales habilidades que se espera de los empleados (las que más peso tendrán



al momento de elegir a un empleado o ascenderlo), ya sea agentes en activo o nuevos agentes por incorporarse a la fuerza laboral, son:

Pensamiento analítico e innovación; Aprendizaje activo y estrategias de aprendizaje; Creatividad; Originalidad e iniciativa; Desarrollo de tecnología y programación; Pensamiento crítico y de análisis; Solución de problemas complejos; Liderazgo e influencia social; Inteligencia Emocional; Razonamiento y solución de problemas e ideación; y por último Análisis y evaluación de sistemas.

En este mismo reporte el WEF señala que las habilidades que decrecen (o que tienen menos peso al momento de elegir a un empleado) en necesidad dentro del mercado laboral son: Destrezas manuales, resistencia (física) y precisión; Memoria, habilidades verbales, auditivas y espaciales; Gerenciales de finanzas y recursos materiales; Lectura, escritura, habilidades matemáticas y escucha activa; Gestión de personal; Control de calidad y conciencia de la seguridad; Gestión y coordinación del tiempo; Habilidades del discurso, visuales y auditivas; y por último El uso de la tecnología, monitoreo y control de la misma (World Economic Forum, 2018).

Puesto que la presente investigación toma como una de sus bases el reporte mencionado con anterioridad del WEF, existe coincidencia en algunas de las habilidades sugeridas, más al realizar la comparación entre las habilidades que contempla el WEF (tanto las que más peso tienen como las que menos peso tienen), con las analizadas por los expertos, se pueden encontrar los siguientes hallazgos en la



Tabla 7, donde se presentan las ponderaciones grupales de los expertos, como resultado del desarrollo del Delphi, de cada habilidad por medio del Promedio, donde de forma numérica se expresa la prioridad que el grupo de expertos asigna, siendo 5 el valor máximo alcanzable:

Tabla 7
Habilidades de WEF vs encontradas en consulta a expertos (Delphi)

Ítem N°	Categoría de Habilidades	Habilidad	Prioridad WEF	Valoración Expertos
1		Análisis	Alta	4.750
2		Aprendizaje activo	Alta	4.883
3		Escritura	En declive	4.417
4		Escucha activa	En declive	4.667
5		Estrategias de autoaprendizaje	Alta	4.750
6		Habilidades visuales	En declive	4.583
8	Enseñanza Aprendizaje	Habilidades de discurso	En declive	4.417
9		Habilidades espaciales	En declive	4.333
10		Lectura	En declive	4.667
11		Matemáticas	En declive	4.883
12		Memoria	En declive	4.083
13		Pensamiento crítico	Alta	4.883
14		Resolución de problemas complejos	Alta	4.750
15		Creatividad	Alta	4.883
17		Ideación	Alta	4.500
19	Innovación	Originalidad	Alta	4.500
20		Pensamiento analítico	Alta	4.833
23		Técnicas de generación de ideas	Alta	4.750



Ítem N°	Categoría de Habilidades	Habilidad	Prioridad WEF	Valoración Expertos
24		Dirección de equipos de trabajo	En declive	4.750
25		Inteligencia emocional	Alta	4.750
26		Influencia social	Alta	4.250
30		Liderazgo	Alta	4.250
41		Diseño de tecnología	Alta	4.833
42		Programación de sistemas inteligentes	Alta	4.750
43	Tecnológicas	Instalación de tecnología	En declive	4.833
44		Mantenimiento de tecnología	En declive	4.833
45		Habilidades de programación estadística (ciencia de los datos)	Alta	4.667

Fuente: Elaboración propia.
Con base en World Economic Forum (2018)

En la Tabla 7 se observa la relación entre la opinión de los Expertos encuestados en el método Delphi y las habilidades señaladas por el WEF como necesarias para incorporarse a la Industria 4.0, en la mayoría de ellas (16 de 25) se presenta una relación coincidente, en el sentido de que las que el WEF marca con una prioridad alta son las de mayor Promedio por parte de los expertos (superior o igual a 4.75), y en misma relación, las que el WEF marca como en declive, también el grupo de expertos lo marca con un Promedio más bajo (inferior a 4.75).

La valoración de los expertos que no coincide con las habilidades identificadas por el WEF son las siguientes:

- Habilidades en declive por parte del WEF y valor alto por parte de los expertos



- En la habilidad de Matemáticas el WEF la marca como en declive, mientras que el grupo de Expertos la pondera con 4.88, aunque como grupo fue este ítem (11) ponderado con un valor alto, los Expertos B y C la mencionaron como de poco valor en sus entrevistas, o con un valor ya poco importante.
- La habilidad de Dirección de equipos de trabajo (ítem 24) está asignada como de prioridad en declive por parte del WEF, pero los Expertos le asignan un valor de 4.75.
- Las habilidades Instalación de tecnología (ítem 43) y Mantenimiento de tecnología (ítem 44) fueron asignadas por el grupo de Expertos con un valor Promedio de 4.88 pero por parte del WEF se le asigna una prioridad de declive.
- Prioridad alta por parte de la WEF y baja por parte de los expertos
 - Los ítems 17 (Ideación) y 19 (Originalidad) con una prioridad alta por parte del WEF, pero con un promedio de 4.50 por parte de los expertos.
 - Los ítems 26 (Influencia Social) y 30 (Liderazgo) son catalogados como alta prioridad por el WEF mientras que los Expertos le asignaron un valor por debajo (4.25) de las otras habilidades con asignación de prioridad alta por parte del WEF.
 - Por último, las Habilidades de programación estadística (ítem 45) es de prioridad alta por parte del WEF pero el grupo de Expertos le asigna un valor 4.66.



Específicamente para México, el WEF en su reporte *The future of Jobs*, señala que, en lo referente a estas habilidades, su importancia para los próximos años será en las áreas e industrias: automotriz, aeroespacial, cadena de suministros y transporte; aviación, viajes y turismo; química, materiales avanzados y biotecnología; financiera y de inversiones; salud global y salubridad; información y tecnologías de la comunicación; energética; y de servicios profesionales. Por lo que sugiere una fuerte provisión de educación local (dentro del país y sus regiones) sobre estas habilidades, para mantener vigente a la fuerza laboral y futuras generaciones, con en el fin de también ofrecer talento como atractivo para las inversiones y desarrollo del país (World Economic Forum, 2018). Esto coincide por lo mencionado por los Expertos, quienes de forma general señalan la importancia del desarrollo de las habilidades concernientes a la Industria 4.0 con el fin de que los egresados puedan incorporarse al entorno laboral.

Para lograr esto el WEF presenta la necesidad de “re-habilitar” (*reskilling*) la fuerza laboral mexicana, en el sentido de actualizar sus habilidades, mejorarlas o incrementarlas. Señala que el 48% de esta fuerza laboral no requiere un proceso de “re-habilitación”, un 12% requiere menos de un mes de entrenamiento, capacitación o aprendizaje, 11% de uno a tres meses; 10% de tres a seis meses, otro 10% de seis a doce meses y un 9% requiere más de año. También señala que las empresas buscaran en su mayoría realizar procesos de automatización del trabajo (84% de la industria mexicana) o contratar nuevos trabajadores con habilidades relevantes en nuevas tecnologías (84% de la industria mexicana), que un 78% de esta industria buscara retener a su fuerza laboral y a un 70% y “re-



habilitarla”. Para este realizar este proceso, señala que la industria mexicana buscará en un 49% “re-habilitar” a su fuerza laboral por medio de sus departamentos internos y un 33% por proveedores externos de entrenamiento y capacitación, mientras que solo plantea la posibilidad de un 24% de sus capacitaciones y entrenamientos surja de las instituciones de educación privada y aún por debajo, sólo el 16% de estas capacitaciones y entrenamiento surja de instituciones de educación pública.

Además, puntualiza que específicamente para México, las habilidades emergentes que solicitará la industria y por ende requerirán los nuevos egresados de Educación Superior serán las de: Pensamiento analítico y de innovación; Creatividad, originalidad e iniciativa; Aprendizaje activo y estrategias de aprendizaje; Programación y diseño de tecnología; Ideación, razonamiento y solución de problemas; Resolución de problemas complejos; Liderazgo e influencia social; Resiliencia, tolerancia al estrés y flexibilidad; e Inteligencia Emocional (World Economic Forum, 2018).

De las habilidades antes mencionadas, cabe señalar las de Resiliencia, tolerancia al estrés y flexibilidad, que coincide con las de los ítems pertenecientes a la categoría de *Soft Skills (Power Skills)*: 27 (Flexibilidad con Promedio de 4.750), 35 (Resiliencia, con Promedio de 4.417) y 37 (Tolerancia al estrés con Promedio de 4.833), estos ítems no generaron diferencias significativas entre los cuartiles Q1 y Q3, pero dos de ellos (27 y 37) fueron asignados con un Promedio alto por parte del grupo de Expertos, además de que su importancia fue señalada en algunas de las entrevistas (Expertos B y C).



En el libro surgido del Global Teacher Prize en 2019 de la Fundación Varkey “La enseñanza en la cuarta revolución Industrial, Al borde del precipicio” (2019) se señala que el conocimiento para esta nueva era debe de estar fundado en las siguientes tres habilidades fundacionales:

- Comprensión y manejo de conocimientos y destrezas. (Alfabetización clásica)
 - Manejo de la lengua y alfabetización numérica.
 - Alfabetización científica.
 - Uso de las TIC (o alfabetización tecnológica).
 - Alfabetización financiera
 - Alfabetización cultural y cívica.

- Competencias
 - Pensamiento crítico.
 - Creatividad.
 - Comunicación y colaboración.

- Carácter
 - Persistencia.
 - Adaptabilidad.
 - Curiosidad.
 - Iniciativa.
 - Liderazgo.
 - Conciencia social y cultural.



Para de ellas crear un nuevo modelo educativo llamado *Teach Me* al unirlo al de los cuatro pilares para la educación del siglo XXI definidos por la UNESCO:

- Aprender a saber
- Aprender a hacer
- Aprender a ser
- Aprender a vivir con los demás

Este modelo educativo resulta relevante, ya que está diseñado para acoplarse a las necesidades de la Industria 4.0. Aunque no existe una ponderación que señalice cuáles rasgos son prioritarios dentro del modelo *Teach Me*, dichos rasgos se pueden cotejar con las Categorías de Habilidades presentadas, donde observando el Promedio (que denota la opinión grupal de los Expertos) de los ítems que coinciden, entre los rasgos y las categorías, es superior a 4.5 (siendo 5 el valor máximo). Las categorías coincidentes para los rasgos son en su mayoría la de *Soft Skills (Power Skills)* y en segundo plano las de Enseñanza Aprendizaje, aunque las de Innovación y Tecnológicas también están presentes.

En la Habilidad fundacional de Alfabetización clásica, en el rasgo de Alfabetización cultural, con el mayor Promedio, cuyo valor es de 4.86 por parte de los ítems 36, 38 y 39 (de la categoría *Soft Skills*). Y en la habilidad fundacional de Competencias de este modelo, el raso de Pensamiento Crítico obtiene el valor en el Promedio (4.81) de los ítems 13 (Pensamiento crítico), 20 (Pensamiento analítico), 21 (Razonamiento creativo) y 22 (Resolución de problemas complejos) de las categorías de habilidades que coinciden de en la Tabla 8.



Tabla 8
Relación Modelo Teach Me y Categorías de habilidades

Habilidades fundacionales	Rasgos	Ítems coincidentes	Promedio ítems coincidentes	Categorías de Habilidades
Alfabetización clásica	Manejo de la lengua y alfabetización numérica	3,4,8,10,11	4.600	E-A
	Alfabetización científica	1,18	4.667	E-A, I
	Uso de las TIC (o alfabetización tecnológica).	40, 41, 42, 43, 44, 45,46,47,48, 49	4.716	T
	Alfabetización financiera	32, 50	4.500	PS, T
	Alfabetización cultural y cívica.	36, 38, 39	4.861	PS
Competencias	Pensamiento crítico.	13, 20, 21, 22	4.813	PS
	Creatividad	15, 17,19, 23	4.645	I, PS
	Comunicación y colaboración.	4, 8, ,24, 26,30,	4.566	E-A, PS
Carácter	Persistencia	35, 37	4.625	PS
	Adaptabilidad.	27, 28	4.500	PS
	Curiosidad.	15, 17, 19, 23	4.645	I, PS
	Iniciativa.	28, 29	4.625	PS
	Liderazgo	26, 30,	4.500	PS
	Conciencia social y cultural.	25, 34, 36, 38, 39	4.716	PS

Enseñanza-Aprendizaje (E-A), Habilidades de Innovación (I), Habilidades blandas Power Skills (PS), Habilidades Tecnológicas o técnicas (T)

Fuente: Elaboración propia. Basada en el modelo Teach Me (Doucet et al. 2019)



En cuanto a investigaciones prospectivas con el tema de la Industria 4.0 como eje central, el Consejo de la Agenda Global sobre el Futuro del Software y la sociedad, realizó una investigación donde participaron más de ocho centenares de ejecutivos del sector de las tecnologías de la información y las comunicaciones, en donde estos expertos expresaron sus predicciones en cuanto a puntos de inflexión que ocurrirán antes del año 2025 (Schwab, 2016):

El 91.2% de los expertos considera que el 10% de las personas usarán ropa con IoT, 91% opina que el 90% de la gente tendrá almacenamiento ilimitado o gratuito en la nube (patrocinado por publicidad), 89.2% de los expertos considera que un billón de sensores estarán conectados a internet, 84.4% que el 80% de la población global tendrá presencia digital en internet, el 82.9% opina que aparecerá el primer gobierno que utilice el Big-Data para el censo poblacional, 81% que se desarrollará el primer teléfono móvil implantable disponible comercialmente, y el 78% de estos expertos opina que para este año el 10% de los vehículos en Estados Unidos tendrán tecnología para ser conducidos sin conductor humano. Esas opiniones claramente coinciden con los ítems (del 40 al 49) pertenecientes a la categoría de Tecnología, y cuyo valor Promedio asignado por los Expertos participantes en el método Delphi de esta investigación fue de 4.71



CONCLUSIONES

Las transiciones en las revoluciones industriales nunca han sido fáciles, cada una de estas revoluciones ha sido más exigente que la anterior. En nuestros días cada vez más es común que las empresas de todo tipo y tamaño exijan que sus trabajadores/colaboradores dominen varios conocimientos y varias tecnologías. Con el fin de disminuir en lo posible la brecha que se genera en cada transición, es indispensable ayudar a los profesionistas de educación superior que están en formación y a los actuales trabajadores a acoplarse a las nuevas exigencias de la industria, como lo es la inminente llegada de la Industria 4.0, la cual requiere de salir del pensamiento de formación/educación tradicional lineal y entrar al disruptivo y estratégico.

Si bien esta nueva industria está inserta en cambios rápidos en su forma de operar, se observa que un aprendizaje veloz no bastará, se requerirá además de un sistema social orientado a fomentar interacciones sociales intrapersonales e interpersonales, que van a impactar a sectores tales como la economía, la educación, la ciencia, y absolutamente todos los aspectos que abarcan a la sociedad global.

Así, se debe de dar forma a esta cuarta revolución industrial para que se empodere a los seres humanos para vivir en ella, y en vez de temerle o tener un comportamiento renuente ante ella, con una visión divisoria y deshumanizante, la



domine y amolde a sus necesidades, con una disposición y optimismo sobre el beneficio de sus tecnologías.

La ciencia y la tecnología avanzan tan rápido, que ahora las limitaciones no son técnicas o físicas, más también legislativas, éticas y de gestión de recursos tanto humanos como materiales, por tanto, la educación media y superior debe de ser consciente de esto y enfocarse en generar estrategias acordes a las innovaciones tanto científicas como tecnológicas, propias de la Industria 4.0 y sus tecnologías.

Todo lo anterior es un “deber ser”, ya que la naturaleza de las instituciones académicas de educación media y superior suelen ser a menudo consideradas como centros de innovación, creatividad y vanguardismo, más las instituciones privadas enfocadas en el desarrollo práctico de tecnologías, quienes están arrebatando por mucho este estandarte, dejando a las instituciones educativas y académicas públicas como actores secundarios; ante esto la educación debe de buscar la manera de hacer sinergia entre estas instituciones, más que competir, ya que las instituciones y organismos de índole privada suelen tener mayor cantidad de recursos y por ende de inversión, pero las universidades tienen el conocimiento, aún en gran parte.

Sin lugar a duda, la Industria 4.0 generará un impacto monumental y amplio en la economía mundial, particularmente en el crecimiento económico de los países y por ende en lo concerniente al empleo, por ello la insistencia en la adecuación de los procesos de educación media superior y superior ante dicho impacto.



Por otro lado, el estado del conocimiento de las tecnologías propias de la Industria 4.0 y sus impactos sociales, económicos, laborales y educativos (entre otros) deja en una posición endeble al futuro de los egresados de los niveles educativos abordados al no poder prometer una formación académica, con el argumento de que el desconocimiento no genera conocimiento espontáneo por sí solo, por ello preparar a los actores educativos de la región y del país en aspectos generales y específicos de dichas tecnologías es un paso necesario y recomendable con el fin de llenar los espacios faltos de este conocimiento, tanto para los actores de la actual generación como posteriores.

Como lo comentan Doucet et al. (2019): la sociedad depende de la habilidad de los profesores y de las instituciones de educación para transmitir a las generaciones venideras las aptitudes requeridas para sobrevivir.

Con base en lo anterior, resulta innegable que con el objetivo de incorporar a los egresados de nivel medio superior y superior al entorno de la industria 4.0, es esencial fortalecer el conocimiento de contenidos relacionados con las tecnologías de esta industria, incorporar el uso de la tecnología y cultivar las habilidades de Enseñanza Aprendizaje, Innovación, blandas (*Soft Skills* o *Power Skills*) y técnicas, requeridas para dicha incorporación.

Hacer caso omiso a esto desde una perspectiva educativa y no lograr que el sistema educativo se adapte a estas tecnologías y con la velocidad con que éstas emergen, volverá obsoleto a dicho sistema y por ello también su sociedad. Por ello urge e impera que la educación media superior y superior se incorpore a las tecnologías e innovaciones, a la vez que se ajuste a estos cambios. Y al igual que



como se exige a los futuros y actuales trabajadores de la industria que evolucionen para adaptarse a este cambio, se debe de exigir al sistema educativo para que desde su raíz realice la *morphosis* necesaria para dicha incorporación.

En este sentido, los actores educativos, principalmente directivos y docentes deben de ser pro tecnología y nunca en contra de la misma o con temor a ella. Una postura negativa hacia el acoplamiento y evolución tecnológica resultará perjudicial, ya que la tecnología no se detendrá, como no se ha detenido a lo largo de la historia humana.

Los temores que pueden crearse en estos actores son posiblemente (entre muchos otros) la pérdida o desplazamiento de sus empleos por la sustitución de herramientas tecnológicas, como la Inteligencia Artificial aliada del Machine Learning y el Big-Data, tecnologías capaces de compartir toda la información disponible en internet a velocidades sorprendentes y por medio de herramientas muy variadas como videos, audios, y haciendo uso de otras tecnologías como la Realidad Virtual y la Aumentada.

Al tomar una postura renuente a la adopción de las tecnologías de la Industria 4.0 dentro del sector educativo, se tomaría “en automático” una visión negativa sobre sus ventajas y oportunidades a aprovechar. La visión aconsejable en todo momento es la positiva, la de adopción tecnológica e incluso la de innovación del uso de esta con fines educativos, con el fin de equipar a estos actores con herramientas que optimicen su labor y por ello fortalezcan el aprendizaje de los alumnos.



Entonces, en el caso específico del docente, éste debe de ser creativo, innovador e incluso original al momento de diseñar sus clases con las herramientas tecnológicas a su disposición. Parecería imposible que la educación se alinee con la tecnología al mismo ritmo y velocidad con que las nuevas innovaciones de esta aparecen, pero tomar la postura negativa del “no es posible” solo acrecentará la brecha existente en dicho emparejamiento, por lo que lo imperativo es vislumbrar siempre una visión positiva en lo concerniente a este aspecto, una visión propositiva sobre esta mancuerna “Educación + Tecnología”.

Que la educación logre adelantar a las tecnologías será muy difícil, pero puede estar siempre abierta a ésta, y aunque no siempre sea posible emparejar y equilibrar dicha mancuerna, la educación debe estar al menos informada sobre las innovaciones tecnológicas, para que cuando se logren adquirir dichas innovaciones no existan transiciones abruptas o en demasía incómodas para los actores educativos.

Pero, el equipamiento tecnológico, necesario para lograr el emparejamiento entre Educación y Tecnología, presenta retos: la cuestión de la inversión económica es uno de los más destacables, posiblemente el primero que se presenta al momento de plantear este equipamiento. Por ello la inversión en este sentido debe de ser siempre estratégica, y con los estudios prospectivos referentes, para garantizar que existirá un retorno de la inversión sostenible, evitando así el derroche de recursos por una mala gestión de estos y por la usencia de una planeación prospectiva estratégica.



Algunos de los aspectos que se deben de tomar en cuenta para estas inversiones deben de ser cuando menos: la durabilidad, calidad, vigencia de la tecnología a adquirir y la inversión económica necesaria y los parámetros para medir el retorno de ésta (ya sea con impacto social, generación de empleos, posicionamiento de egresados en puestos de trabajo, entre otros).

Por otro lado, puesto que el aspecto económico es muy importante al momento de reducir la brecha entre la Educación y la Tecnología y con base en lo mencionado en el párrafo anterior, es necesario hacer mención sobre la importancia que posee la propia Educación en el proceso de adopción tecnológico, y debe de ser cuidadosa en no ser discriminadora con los alumnos, ya que precisamente por factores económicos, puede llegar a ser ella misma quien aumente la brecha dando prioridad al alumnado que pudiese costear las innovaciones tecnológicas, haciendo recaer sobre el usuario del sistema educativo la responsabilidad de dicho emparejamiento, dejando de esta manera en desventaja a dichos usuarios carentes de posibilidades económicas optimas o suficientes para la adquisición de tecnología. Por ello, otro papel que debe de tomar la educación es el de gestionar arduamente los recursos de forma estratégica y prospectiva.

La educación debe de generar innovaciones tangibles fruto de su sinergia con las diferentes tecnologías de la Industria 4.0, con el fin de cumplir su objetivo: Educar. Contemplando que los grandes beneficiarios de la cuarta revolución industrial serán los proveedores de capital intelectual o físico: innovadores, inversionistas y accionistas (Schwab, 2016), se debe de voltear a ver esta senda de inversión para la educación para el Estado de Durango y para todo México en



general, con el fin de reducir en medida de lo posible la brecha entre Educación y Tecnología. Para lograr una colaboración entre estos proveedores de capital y el sector educativo, este último debe de ser prometedor, rentable, sostenible y motivante para la inversión.

Con base en lo anteriormente explicado, y con base a los resultados obtenidos de la presente investigación, la conclusión general es que se evidencia que, en el ámbito docente, e incluso el empresarial, no se cuenta con el conocimiento general sobre industria 4.0, por ende, de los retos que esta industria presentará a la sociedad se encuentran aun sin vislumbrar, posiblemente, por parte de los actores del nivel educativo media superior. En cuanto al nivel de educación superior se cuenta con conocimientos de dichas tecnologías y sus posibles impactos en grandes áreas.

La identificación de habilidades, surgida de distintas fuentes, y la categorización de la misma, arroja un camino a seguir en futuras investigaciones, sobre el estado actual del conocimiento e incluso el estado futuro de dicho conocimiento, contemplado todos los aspectos, que como se menciona en esta investigación, requiere un estudio prospectivo que intente vislumbrar en el futuro mismo.

Específicamente las *Power Skills* tendrán un impacto venidero en la formación de los estudiantes de todos los niveles educativos, puesto que estas habilidades, a diferencia de las técnicas, no caducan y tienen una longevidad perdurable, además de que el desarrollo de las mismas es posible a cualquier edad y el impacto en el entorno laboral de cada una de ellas es mayor que el de las



habilidades técnicas (como coinciden los resultados de este estudio con los de Schaab (2016), D2L (2019) y el World Economic Forum (2018)).

En lo referente a las tecnologías de la Industria 4.0 éstas se relacionan entre sí de forma geométrica, de manera de que existe una relación entre todas, de forma no lineal, y para que una se desarrolle o innove requiere de al menos de otra, por lo que los impactos que tendrán en cuanto a la formación necesaria para comprenderlas e interactuar con ellas no serán analizables ni comprensibles de forma separada, ante esto las habilidades formativas en cada una de ellas deberán de forjarse de forma sinérgica contemplando las tecnologías interactuantes o próximas, como un conjunto de las mismas y no de manera individual.

El WEF en su Reporte Future of Jobs (2018), señala que las instituciones educativas acarrearán el 40% de la formación necesaria, por parte del sector industrial de México, para adquirir las habilidades necesarias para incorporarse a la Industria 4.0, por lo que estas instituciones, sean públicas o privadas deben de tomar esto como un área de oportunidad y mejorar su oferta para con la industria mexicana y tomarlo como un nicho de mercado acrecentarle, entrando a la competencia del otro 60% que está distribuido entre los propios departamentos de formación y desarrollo de la industria y compañías privadas. Al momento de que la educación, tanto pública como privada, entre en esta competencia se enriquecerá al mantenerse actualizada en cuanto a las necesidades reales del sector y por ende informada sobre las tecnologías y habilidades requeridas por el entorno de la industria.



Con relación a lo anterior, también es necesario recordar al sector educativo la importancia de sus programas de estudio, la actualización y vigencia de los mismos, es necesario pues, contemplar las investigaciones realizadas por el WEF de forma prospectiva vislumbran el panorama sobre el cual se ha de avanzar, a manera de ejemplo, para las ofertas educativas ofrecidas por las instituciones educativas tanto de nivel medio superior y superior se deben de avizorar lo siguiente para mantener vigentes a sus egresados en el mercado laboral: las siguientes profesiones como las más propensas a ser automatizadas: Vendedores vía telefónica, Preparadores de impuestos, Evaluadores de seguros de daños en automóviles, árbitros y otros jueces deportivos, Secretarios jurídicos, Camareros de restaurantes, salones y cafés, Compraventa de bienes inmuebles, Contratistas de trabajo agrícola, Secretarias y asistentes administrativos excepto los Jurídicos, médicos y ejecutivos, Entregas y mensajería.

Por otra parte, los menos propensos a ser automatizados serían (Schwab, 2016): Salud mental y trabajadores sociales de abuso de sustancias, Coreógrafos, Médicos y cirujanos, Psicólogos, Gestores de recursos humanos, Analistas de sistemas de cómputo, Antropólogos y arqueólogos, Ingenieros marinos y arquitectos navales, gerentes de ventas y altos ejecutivos

En lo referente al uso del Método Delphi en la presente investigación, las ventajas de su aplicación quedaron demostradas, por poner sólo un ejemplo, en las entrevistas, como se observa en la sección de Discusión de Resultados, el grupo de expertos asignó un valor promedio a la habilidad de matemáticas (4.83), pero en la entrevista dos expertos no concuerdan con el valor grupal, por lo que se enriquece



la investigación con la opinión individual de estos expertos, dada por su experiencia y criterio, por lo que aunque se tiene una opinión grupal, esta no es definitiva, ya que las opiniones individuales aportan información extra de forma cualitativa, importante para futuras investigaciones y discusiones, y para la generación del debate entre expertos e incluso entre organizaciones sectores.

Y es precisamente de este tipo de casos donde no existe una concordancia ejemplo del total entre otras investigaciones y/o los propios hallazgos, donde se pueden generar más investigaciones, en el caso particular de la presente investigación, los expertos encontrados coinciden con un perfil técnico marcado, por lo que se puede suponer su sesgo hacia las matemáticas, pero ¿Qué hallazgos se pueden encontrar si la misma investigación se realiza con un grupo de expertos de corte más humanístico o social?

Para dar respuestas a las preguntas de investigación de este trabajo (¿Cuáles son las habilidades y competencias futuras requeridas por la Industria 4.0 en la formación de estudiantes de nivel de educación media y superior del Estado de Durango?, ¿Cuál es el estado actual del conocimiento acerca de la Industria 4.0 y el estado del conocimiento acerca de las habilidades para incorporarse a la Industria 4.0 por parte de actores educativos de educación media y superior?, ¿Qué tipo de habilidades serán necesarias desarrollar en la formación de estudiantes de nivel de educación media y superior para el entorno laboral de la Industria 4.0?) se dispuso la información de manera amplia a lo largo del apartado de Resultados y se ahondó en estos mismos en los párrafos anteriores de este apartado de Conclusiones.



Finalmente, para dar cierre a estas conclusiones se destaca lo siguiente: hace falta realizar más investigaciones con el fin de ayudar a que México y el Estado de Durango no se queden rezagados en la transición propia de la Industria 4.0, y ayudar por medio de estas investigaciones a identificar el ¿Cómo se está preparando la mano de obra especializada y a los egresados del sector educativo medio y medio superior para estos cambios?

Con base en los hallazgos de esta investigación surgen las siguientes áreas de oportunidad para investigación futura: ahondar en los ítems donde la opinión de los Expertos no coincide con la ponderación del WEF; recopilar y catalogar la opinión de otros actores de esta transición, como ¿Cuál es la opinión de los alumnos futuros a egresar y/o recién egresados sobre las habilidades que se les solicitan y solicitaran para incorporarse en un entorno basado en la Industria 4.0? Además, la llegada de las tecnologías propias de la Industria 4.0 permite replantear la vigencia de todas las investigaciones realizadas antes de la llegada de estas tecnologías, ¿Qué sucede con las investigaciones realizadas a un número específico de participantes en los años 70s, cuando aún no existía la tecnología del internet y el Big-Data y que aún siguen siendo contempladas como vigentes en las ciencias sociales? ¿Arrojarán nuevos y diferentes resultados?, y sobre todo ¿serán los mismos o diferentes al ampliar la velocidad del desarrollo de dichas investigaciones, el espectro de participantes y las condiciones (de contexto) actuales?



REFERENCIAS

- Acuña, H., y Konow, I. (1990). *Métodos y técnicas de investigación prospectiva para la toma de decisiones*. Chile: FUNTURO.
- Alonso Salas, J. (2012). *Historia General de la Educación*. México: Red Tercer Milenio.
- American University. (9 de 1 de 2019). *Career Skills Initiative*. American University, Washington.dc: <https://www.american.edu/careercenter/skills.cfm>
- American University, Washington DC. (02 de Enero de 2019). *Career Skills Initiative*. www.american.edu:
<https://www.american.edu/careercenter/skills.cfm>
- Anderson, N., Potocnik, K., y Zhou, J. (2014). Innovation and creativity in Organizations: a state-of-the-science Review, prospective commentary and guiding framework. *Journal of Management*, 1297-1333.
- Armijos, L., y Gómez, J. (20 de diciembre de 2019). *La Prospectiva Estratégica como herramienta de planificación en instituciones de educación superior*. Obtenido de <https://www.researchgate.net/publication/322255188>
- Astigarraga, E. (2003). *Universidad de Deusto, San Sebastian*. www.academia.edu:
https://www.academia.edu/1778723/El_m%C3%A9todo_delphi
- Ayala Enriquez, P. (2019). *La toma de decisiones éticas en la industria 4.0*. Monterrey: Tecnológico de Monterrey.



- Bechmann, A., y Lomborg, S. (2015). *The ubiquitous Internet. User and Industry perspectives*. NY: Routledge Taylor y Francis group.
- Bersin, J. (5 de Febrero de 2014). *www.forbes.com*. Spending on Corporate Training Soars: Employee Capabilities Now A Priority:
<https://www.forbes.com/sites/joshbersin/2014/02/04/the-recovery-arrives-corporate-training-spend-skyrockets/#5abb32ecc5a7>
- Brunner, J. J. (2002). Globalización, Educación, Revolución Tecnológica. *Educación Superior*, 111-136.
- Brynjolfsson, E., y McAfee , A. (2014). *The Second Machine Age: Work, Progress, and Prosperity in a Time of Brilliant Technologies*. Nueva York: Estados Unidos.
- Buasuan, P. (2018). Rethinking Thai Higher Education for Thailand 4.0. *Asian Education and Development Studies*.
- Caballero Martínez, F. (20 de noviembre de 2014). *repositorio.uam.es*. de UAM_Biblioteca: <https://repositorio.uam.es/handle/10486/662738>
- Cabero Almenara, J., y Infante Moro, A. (junio de 2014). Empleo del método Delphi y su empleo en la investigación en comunicación y educación. *EDUTECA*(48), 1-16. de <https://idus.us.es/xmlui/handle/11441/32234>
- Cabrero Almenara, J., y Barroso Osuna, J. (2013). La utilización del juicio de experto para la evaluación de TIC: el coeficiente de competencia experta. *Bordón; Revista de Pedagogía*, 25-38.
- Carrasco López, D. (12 de Febrero de 2020). Cuarta Revolución Industrial: Retos del Cloud Computing. LinkedIn Learning. <https://www.linkedin.com/learning->



login/share?forceAccount=false&redirect=https%3A%2F%2Fwww.linkedin.com%2Flearning%2Fcuarta-revolucion-industrial-retos-del-cloud-computing%3Ftrk%3Dshare_ent_url&account=2207018

Carratalá, J. V. (6 de noviembre de 2019). Fundamentos de diseño industrial. LinkedIn Learning. https://www.linkedin.com/learning-login/share?forceAccount=false&redirect=https%3A%2F%2Fwww.linkedin.com%2Flearning%2Ffundamentos-de-diseno-industrial%3Ftrk%3Dshare_ent_url&account=2207018

Carvajal Rojas, J. H. (Julio de 2017). *La Cuarta Revolución Industrial o Industria 4.0 y su impacto en la educación superior en ingeniería en latinoamérica y el caribe*. <http://www.laccei.org>: http://www.laccei.org/LACCEI2017-BocaRaton/work_in_progress/WP386.pdf

Castells, M. (2004). *La era de la información: Economía, Sociedad y cultura*. Cambridge: Siglo veintiuno editores. https://s3.amazonaws.com/academia.edu/documents/31335392/Castells__M._-_La_revolucion_TIC.pdf?AWSAccessKeyId=AKIAIWOWYYGZ2Y53UL3A&Expires=1548347993&Signature=iDhicpaBTUdJxHpVIR609Xwy50o%3D&response-content-disposition=inline%3B%20filename%3DLa_Revolucion.

Catalysts. (23 de enero de 2017). <https://www.catalysts.cc/>. <https://www.catalysts.cc/en/industry-4-0/quiz-2017/>



Comisión Europea. (enero de 2017). *Germany: Industrie 4.0*. ec.europa.eu:
[https://ec.europa.eu/growth/tools-](https://ec.europa.eu/growth/tools-databases/dem/monitor/sites/default/files/DTM_Industrie%204.0.pdf)

[databases/dem/monitor/sites/default/files/DTM_Industrie%204.0.pdf](https://ec.europa.eu/growth/tools-databases/dem/monitor/sites/default/files/DTM_Industrie%204.0.pdf)

Countryeconomy. (2018). *www.countryeconomy.com*. Mexico - Global Innovation Index: <https://countryeconomy.com/government/global-innovation-index/mexico>

D2L. (2019). *El futuro del trabajo y el aprendizaje en la era de la Cuarta Revolución Industrial*. Kitchener, Canadá: Desire2Learn.

Desire2Learn. (21 de enero de 2018). *The Future of skills in the Age og the 4th Industrial Revolution*. *www.d2l.com*: <https://www.d2l.com/es/futuro-del-trabajo/>

Desire2learn. (2019). *The future of work and learning, in the age of the 4th Industrial Revolution*. Kitchener: Desire2Learn. <https://www.d2l.com/es/futuro-del-trabajo/>

Díaz Quijano, L. (16 de noviembre de 2017). Fundamentos del Networking profesional. LinkedIn Learning. https://www.linkedin.com/learning-login/share?forceAccount=false&redirect=https%3A%2F%2Fwww.linkedin.com%2Flearning%2Ffundamentos-del-networking-profesional%3Ftrk%3Dshare_ent_url&account=2207018

Doucet, A., Evers, J., Guerra, E., Lopez, N., Soskil, M., y Timmers, K. (2019). *La enseñanza en la cuarta revolución industrial. Al borde del precipicio*. México: Pearson.



Drath, R., y Horch, A. (2014). Industrie 4.0 – Hit or Hype? *IEEE Industrial Electronics Magazine* , 26-28.

Duch, B., Allen, D., y White, H. (01 de 08 de 2019). *PBL: Preparing Students to Succeed in the 21st Century*. www.itesm.mx: <http://sitios.itesm.mx/va/dide/red/3/pbl-insight.pdf>

Fabila Echaury, A. M., Minami, H., y Izquierdo Sandoval, M. J. (2013). La Escala de Likert en la evaluación docente: acercamiento a sus características y principios metodológicos. *Perspectivas docentes-Textos y Contextos*(70), 31-40. <http://revistas.ujat.mx/index.php/perspectivas/article/view/589/494>

FESTO. (2019). *Qualification for Industry 4.0*. FESTO Company.

Forbes, México. (11 de 05 de 2018). www.forbes.com.mx. Industria 4.0: oportunidades y retos en México: <https://www.forbes.com.mx/industria-4-0-oportunidades-y-retos-en-mexico/>

Forbes, México. (27 de 04 de 2018). www.forbes.com.mx. ESPECIAL WEF | ¿Qué sigue en la cuarta revolución industrial?: <https://www.forbes.com.mx/especial-wef-que-sigue-en-la-cuarta-revolucion-industrial/>

Free University of Bolzano. (23 de julio de 2019). Introduction to Axiomatic Design for the Design of Complex Systems, First International Summer School on Axiomatic Design. *Part 1 –Introduction in Industry 4.0 and the Potential of AD for the Design of Complex and Smart Systems*. Bozen, Bolzano, Italia: UNIBZ.



Fundación Bankinter. (27 de 02 de 2018). *Las 10 habilidades que no te están enseñando (y deberías aprender)*. Fundación Bankinter: <https://www.fundacionbankinter.org/blog/noticia/las-10-habilidades-que-no-te-estan-ensenando-y-deberias-aprender->

Fundación Innovación Bankinter. (31 de enero de 2019). *La Revolución de las Máquinas*. www.fundacionbankinter.org: <https://www.fundacionbankinter.org/documents/20183/42758/PDF+La+Revoluci%C3%B3n+de+las+M%C3%A1quinas/6ca0fe27-2993-4871-94b6-453dd4d6624e>

Goleman, D. (2018). *FOCUS*. México: Penguin Random House.

Gómez González, S. (2016). *El Gran Libro de SolidWorks*. Madrid: AlfaOmega.

Google AI Blog. (23 de Octubre de 2019). *Google AI Blog*. Quantum Supremacy Using a Programmable Superconducting Processor: <https://ai.googleblog.com/2019/10/quantum-supremacy-using-programmable.html>

Gopal , K. K. (1990). Total quality management: the second industrial. *Total Quality Management*, 3-12.

Gordon, T. (1994). The Delphi Method. *AC/UNU Millennium Project, Futures Research Methodology*.

Green, R. A. (abril-junio de 2014). The Delphi Technique in Educational Research. *SAGE Open*, 1-8. doi:10.1177/2158244014529773

Griffin, P. (2012). *Assessment and Teaching of 21st Century Skills*. Melbourne, Australia: Springer.



- Harari, Y. N. (2014). *De animales a dioses* (Vigésima tercera ed.). Impreso en México: Penguin Random House .
- Harari, Y. N. (2016). *Homo Deus: Breve historia del mañana*. Mexico: Penguin Random House.
- Harari, Y. N. (2018). *21 Lessons for the 21st Century*. Israel: Debate.
- Harkins, A. (28 de 03 de 2008). *Leapfrog Principles and Practices*.: <http://leapfrog.umn.edu>:
<http://leapfrog.umn.edu/Documents/HarkinsCoreComponents.pdf>
- IGN. (Diciembre de 2017). *Ignsl.es. ¿Qué es la robotización?*:
<https://ignsl.es/robotizacion-fabricacion/>
- Infante Moro, A. (2010). *Propuesta metodológica y diseño de una currícula armonizada de sistemas de información y tecnologías de la información y la comunicación en los estudios empresariales*. Huelva.
<http://rabida.uhu.es/dspace/handle/10272/4184>
- Instituto Tecnológico de Sonora. (9 de agosto de 2019). *El Ábaco de Régnier*. Recuperado de <http://biblioteca.itson.mx>:
http://biblioteca.itson.mx/oa/ciencias_administrativa/oa10/metodos_alternativa_negocio/m10.htm
- Intel. (24 de enero de Enero de 2019). *Intel I Core 9*. www.intel.la:
<https://www.intel.la/content/www/xl/es/products/processors/core/i9-processors/i9-9900k.html>
- Kaplan, J. (2016). *Artificial Intelligence, What everyone needs to know*. Oxford: Oxford University Press.



- Kitchenham, B., Brereton, P., Budgen, D., Turner, M., Bailey, J., y Linkman, S. (2009). Systematic literature reviews in software engineering – A systematic literature review. *Information and Software Technology*, 7-15.
- Landeta, J. (2002). *El método Delphi: una técnica de previsión para la incertidumbre*. Barcelona: Ariel.
- León, G., y Montero, I. (2004). *Métodos de investigación en Psicología y Educación*. McGraw-Hill.
- Lirio, I. (1 de Abril de 2020). Cuarta revolución industrial: Inteligencia artificial y machine learning. LinkedIn Learning. https://www.linkedin.com/learning-login/share?forceAccount=false&redirect=https%3A%2F%2Fwww.linkedin.com%2Flearning%2Fcuarta-revolucion-industrial-inteligencia-artificial-y-machine-learning%3Ftrk%3Dshare_ent_url&account=2207018
- Logicbus. (20 de Mayo de 2020). *logicbus*. Que es la automatización: <https://www.logicbus.com.mx/automatizacion.php>
- López, A., y Walsh, N. (27 de Abril de 2020). Comprender y aprovechar la tecnología. LinkedIn Learning. de https://www.linkedin.com/learning-login/share?forceAccount=false&redirect=https%3A%2F%2Fwww.linkedin.com%2Flearning%2Fcomprender-y-aprovechar-la-tecnologia%3Ftrk%3Dshare_ent_url&account=2207018
- Lunar Guevara, L. E. (19 de julio de 2018). Aprende cloud computing para IT. LinkedIn Learning. <https://www.linkedin.com/learning/aprende-cloud-computing-para-it/caracteristicas-esenciales-de-la-nube?u=2207018>



Magallanes, R. (05 de Junio de 2020). *Universidad de Colima*.

[http://ciam.ucol.mx/portal2/:](http://ciam.ucol.mx/portal2/)

<http://ciam.ucol.mx/portal/portafolios/ramonmagallanes/apuntes/probvie.pdf>

Malla, F. G., y Zabala. (1978). La previsión del futuro en la empresa (III): El método Delphi. *Estudios Empresariales*(39), 13-24.

Matloob Ellahi, R., Ali Khan, M. U., y Shah, A. (2019). Redesigning Curriculum in line with Industry 4.0. *Procedia Computer Science*, 699-708.

Mckinsey Global Institute . (enero de 2017). *Un futuro que funciona: automatización, empleo y productividad*. www.mckinsey.com:

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

Mojica, F. J. (8 de septiembre de 2008). *Dos modelos de la escuela voluntarista de prospectiva estratégica*. www.franciscojojica.com:

<https://www.uniquindio.edu.co/descargar.php?id=5513>

Mokyr, J., y H. Strotz , R. (Agosto de 1998). *The Second Industrial Revolution, 1870-1914*. sites.northwestern.edu: [https://cpb-us-](https://cpb-us-e1.wpmucdn.com/sites.northwestern.edu/dist/3/1222/files/2016/06/The-Second-Industrial-Revolution-1870-1914-Aug-1998-1ubah7s.pdf)

[e1.wpmucdn.com/sites.northwestern.edu/dist/3/1222/files/2016/06/The-Second-Industrial-Revolution-1870-1914-Aug-1998-1ubah7s.pdf](https://cpb-us-e1.wpmucdn.com/sites.northwestern.edu/dist/3/1222/files/2016/06/The-Second-Industrial-Revolution-1870-1914-Aug-1998-1ubah7s.pdf)

Moreno Álvarez, J. L. (11 de abril de 2019). *www.virtualeduca.org*. 3 desafíos de las instituciones de educación superior ante la transformación digital:



<https://virtualeduca.org/mediacenter/3-desafios-de-las-instituciones-de-educacion-superior-ante-la-transformacion-digital/>

Nature. (23 de Octubre de 2019). *nature.com*. Quantum supremacy using a programmable superconducting processor:
<https://www.nature.com/articles/s41586-019-1666-5>

Piaget, J. (1991). *Seis Estudios de Psicología*. Barcelona: España.

Plataform Industrie 4.0. (Junio de 2017). *ZVEI: Die Elektroindustrie*. Industrie 4.0 Plug and Produce for Adaptable Factories: Example Use Case Definition, Models, and Implementation:
https://www.zvei.org/fileadmin/user_upload/Presse_und_Medien/Publikation/en/2017/Juni/Industrie_4.0_Plug_and_produce/Industrie-4.0-_Plug-and-Produce-zvei.pdf

Plattaform Industrie 4.0. (15 de enero de 2017). *Plattform-i40.de/Plug-and-produce*. (F. M. (BMW), Ed.) Plattform-i40.de: https://www.plattform-i40.de/PI40/Redaktion/EN/Downloads/Publikation/Industrie-40-Plug-and-Produce.pdf?__blob=publicationFile&v=5

Portella, A. (2 de 05 de 2018). *www.forbes.com.mx*. Industria 4.0, una revolución que se retrasa en México: <https://www.forbes.com.mx/industria-4-0-una-revolucion-que-se-retrasa-en-mexico/>

Pulson, B. (1 de Enero de 2019). Fundamentos de big data: Técnicas y conceptos. LinkedIn Learning. <https://www.linkedin.com/learning-login/share?forceAccount=false&redirect=https%3A%2F%2Fwww.linkedin.c>



om%2Flearning%2Ffundamentos-de-big-data-tecnicas-y-
conceptos%3Ftrk%3Dshare_ent_url&account=2207018

Puncreobutr, V. (2016). Education 4.0: New Challenge of Learning. *ST. Theresa Journal of Humanities and Social Sciences*, 92-97.

RED Rediseño. (08 de 1 de 2019). *Educación Superior para el Siglo XXI: Autodirigir el aprendizaje*. www.itesm.mx: <http://sitios.itesm.mx/va/dide/red/3/art.html>

Roel Pineda, V. (1998). *La Tercera revolución industrial y la era del conocimiento*. Lima: UNMSM, Fondo Editorial.

Schwab, K. (2016). *La cuarta Revolución Industrial*. México: Penguin Random House Grupo Editorial.

Skulmoski, G. (2007). The Delphi method for graduate research. *Journal of Information Technology Education*(6), 1-21.

Solís, C. (22 de mayo de 2018). JavaScript práctico: Realidad virtual con Hololens. LinkedIn Learning. https://www.linkedin.com/learning-login/share?forceAccount=false&redirect=https%3A%2F%2Fwww.linkedin.com%2Flearning%2Fjavascript-practico-realidad-virtual-con-hololens%3Ftrk%3Dshare_ent_url&account=2207018

Statistics How To. (22 de Julio de 2016). *Prospective Study: Definition, Examples*. Statistics How To: <https://www.statisticshowto.datasciencecentral.com/prospective-study/>

The Association of German Engineers and The American Society of Mechanical Engineers. (2015). *Industry 4.0, A Discussion of Qualifications and Skills in the Factory of the future*. Düsseldorf.



- The Conversation. (4 de julio de 2019). *www.theconversation.com*. Renacimiento de las humanidades: el valor de enseñar para el mañana.: https://theconversation.com/renacimiento-de-las-humanidades-el-valor-de-ensenar-para-el-manana-118542?utm_source=facebook&utm_medium=facebookbutton
- The World Bank. (31 de enero de 2019). *Life Expectancy at birth*. <http://www.worldbank.org/>:
<https://data.worldbank.org/indicator/SP.DYN.LE00.IN>
- Thompson, M. K. (25 de Marzo de 2009). *Applying Axiomatic Design to the Educational Process*. <https://www.researchgate.net/publication/242492460>
- Turner Danny Kalman, P. (2014). Make your people before making your products. *Human Resource Management International Digest*, 28-31.
- Virtual Educa. (17 de junio de 2019). *Virtualeduca.org*. El futuro del trabajo en la Cuarta Revolución Industrial: <https://virtualeduca.org/mediacenter/el-futuro-del-trabajo-en-la-cuarta-revolucion-industrial/>
- Virtual Educa. (30 de abril de 2019). *www.virtualeduca.org*. Medellín abre las puertas del primer Centro para la Cuarta Revolución Industrial en Latinoamérica: <https://virtualeduca.org/mediacenter/medellin-toma-el-liderazgo-en-latinoamerica-de-la-cuarta-revolucion-industrial/>
- Virtual Educa. (30 de Marzo de 2019). *www.virtualeduca.org*. Trabajo y aprendizaje: cómo prepararnos para la Cuarta Revolución Industrial: <https://virtualeduca.org/mediacenter/trabajo-y-aprendizaje-como-preparanos-para-la-cuarta-revolucion-industrial/>



- Weinstein, N., Przybylski, A. K., y Murayama, K. (29 de julio de 2017). *A prospective study of the motivational and*. doi:10.7717/peerj.3838
- Wilkesmann, M., y Wikesmann, A. (27 de Marzo de 2018). *emerald*. Industry 4.0 – organizing routines or innovations?: <https://doi.org/10.1108/VJIKMS-04-2017-0019>
- Wilkesmann, M., y Wilkesmann, U. (2018). Industry 4.0 – organizing routines or innovations? *VINE Journal of Information and Knowledge Management Systems*, 238-254.
- World Economic Forum. (19 de septiembre de 2017). *Digitalización e infraestructuras, retos clave para latinoamerica*. <https://es.weforum.org:https://es.weforum.org/agenda/2017/09/digitalizacion-e-infraestructuras-retos-clave-para-latinoamerica/>
- World Economic Forum. (2018). *The Future of Jobs Report*. Cologny/Geneva: Centre for the New Economy and Society.
- World Economic Forum. (7 de julio de 2018). *World Economic Forum*. The Future of Jobs 2018: <http://reports.weforum.org/future-of-jobs-2018/>
- Zartha, J. W., Montes, J. M., Hoyos, J. L., Arias, O., y Vargas, E. E. (2015). El Método Delphi modificado. Un acercamiento desde la metodología de Sistemas Suaves. *Espacios*, 36(17), 11. http://ri.uaemex.mx/bitstream/handle/20.500.11799/65449/Revista%20ESPACIOS%20_%20Vol.pdf?sequence=3&isAllowed=y
- Zezulka, F., Marcon, P., Vesely, I., y Sajdl, O. (2016). Industry 4.0 – An Introduction in the phenomenon . *IFAC-PapersOnLine*, 8-12.





