



Universidad Popular Autónoma del Estado de Puebla
Centro Interdisciplinario de Posgrados
Investigación y Consultoría
Departamento de Ingeniería
Doctorado en Planeación Estratégica y Dirección
de Tecnología

Análisis de competencias para detonar la Industria 4.0 en México

Tesis que para obtener el Grado de Doctor
en Planeación Estratégica y Dirección de Tecnología

Presenta
Mireya Clavel Maqueda



UPAEP – Secretaría General

Dirección General de Apoyos Académicos

Dirección del Centro de Recursos para el Aprendizaje y la Investigación.

Biblioteca Central - **Karol Wojtyła**

Tesis Digitales Restricciones de uso:

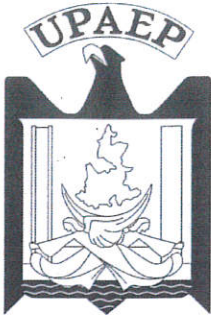
DERECHOS RESERVADOS ©

PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis está protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de textos, imágenes, gráficas, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente de donde la obtuvo mencionando el autor o autores involucrados en el documento.

Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.



Universidad Popular Autónoma del Estado de Puebla
Decanato de Ingeniería
Doctorado en Planeación Estratégica
y Dirección de Tecnología

Se aprueba la Tesis:

Análisis de competencias para detonar la Industria 4.0 en México

Nombre del Alumno

Mireya Clavel Maqueda

Comité Asesor

Dra. María Catalina Ovando Chico
Director de Tesis

Dra. María Leticia Gaeta González

Asesor 1

Dr. Juan Carlos Pérez García

Asesor 3

Dr. Abel García Villagrán

Asesor 2

Dra. Alejandra Aldrette Malacara

Asesor 4

Agradecimientos

Gracias a Dios, por todo.

Querida familia gracias, porque ustedes tuvieron que carecer de mi presencia y atención las horas que dediqué a este trabajo, sin su apoyo y comprensión habría sido imposible culminar este propósito.

Eduardo, cuando me faltó decisión y perseverancia, la tuviste por los dos. Gracias por tu guía y paciencia.

Guiomar y Lalo, sé que el tiempo se llevará las palabras y los sermones, pero el ejemplo y las vivencias se quedan en sus vidas. Todo esto es por y para ustedes.

Gracias a UPAEP, sinodales, docentes y personal que estuvieron en todo momento apoyando la evolución de este trabajo.

Gracias a todos con los que compartí tiempo y espacio durante mis estudios de doctorado. De alguna u otra forma contribuyeron en gran medida a llegar a la culminación de esta tesis.

Índice General

Resumen	
Abstract	
Introducción	iii
Capítulo 1. Marco metodológico.....	1
1.1. Planteamiento del problema.....	1
1.2. Objetivos de la Investigación.....	3
1.2.1. Objetivo General.....	3
1.2.2. Objetivos Específicos.....	3
1.3. Preguntas de investigación.....	4
1.4. Justificación de la investigación.....	4
1.5. Alcances y limitaciones del proyecto.....	6
1.6. Organización del estudio.....	7
Capítulo 2. Marco teórico.....	9
2.1 Contexto de la Industria 4.0.....	9
2.1.1 Antecedentes históricos.....	11
2.1.2 Beneficios y potencial de la Industria 4.0.....	14
2.1.3 Tecnologías digitales de la Industria 4.0.....	18
2.2 El capital humano para la Industria 4.0.....	26
2.2.1 Desarrollo de competencias en el capital Humano.....	29
2.2.2 Relevancia del talento humano en las organizaciones.....	31
2.2.3 Inserción laboral del talento humano.....	32
2.2.4 Cambios en la naturaleza del empleo en el contexto de la Industria 4.0.....	34
2.3 Competencias del capital humano para la Industria 4.0.....	35
Competencias clave.....	36
Competencias genéricas.....	36
Competencias blandas.....	37
Competencias socioemocionales.....	38
2.3.1 Competencias del Marco de Referencia Europeo.....	42
2.4 Competencia para la Industria 4.0.....	45
Capítulo 3. Estado del Arte.....	48
Capítulo 4. Metodología.....	67

4.1. Formulación de hipótesis.....	68
4.2 Enfoque de métodos mixtos.....	69
4.3. Fase 1. Modelos mixtos paralelos convergentes.....	74
4.3.1. Entrevistas a líderes impulsores de la Industria 4.0.....	74
4.3.1.1. Determinación de la muestra de líderes de la Industria 4.0.....	75
4.3.1.2. Instrumento para obtener información de líderes impulsores de la Industria 4.0.....	86
4.3.2. Encuestas a empresarios del sector manufactura.....	86
4.3.2.1. Muestra de empresas que ya implementan la Industria 4.0.....	87
4.3.2.2. Instrumento para las empresas que ya implementan la Industria 4.0.....	88
4.3.3 Análisis de los datos obtenidos por modelos mixtos paralelos convergentes.....	89
4.4. Fase 2. Modelos mixtos secuenciales.....	89
4.4.1. Recolección de datos de estudiantes.....	90
4.4.1.1. Determinación de la muestra probabilística.....	90
4.4.1.2. Instrumentos de recolección de la información de los estudiantes.....	92
4.4.1.3. Validación del instrumento de recolección de la información de los estudiantes.....	92
Capítulo 5. Resultados.....	100
5.1. Percepción de los líderes en adopción de la Industria 4.0.....	100
5.1.1 Significado de Industria 4.0.....	105
5.1.2 Tendencias futuras.....	106
5.1.3 Factores promotores.....	108
5.1.4 Promotores en el sector manufactura.....	109
5.1.5 Importancia de los factores reportados en la literatura.....	111
5.1.6 Otros factores importantes para la adopción de Industria 4.0.....	112
5.1.7 Tecnologías de la Industria 4.0 que se pueden implementar en México.....	113
5.1.8 Tecnologías implementadas en nuestro país.....	114
5.1.9 Obstáculos para la adopción de Industria 4.0 en México.....	115
5.1.10 Posibles alternativas de adopción.....	117

5.1.11 Estrategias en el país.....	120
5.1.12 Competencias para adopción de la Industria 4.0.....	122
5.1.13 Disponibilidad de competencias para adopción de la Industria 4.0 en México.....	125
5.1.14 Formación de competencias para la adopción de la Industria 4.0. .	126
5.1.15 Perspectivas de desarrollo de Industria 4.0.....	127
5.1.16 Sectores con potencial de desarrollo.....	129
5.1.17 Sectores de interés para el desarrollo de Industria 4.0.....	130
5.2 Consulta a los empresarios.....	132
5.2.1 Implementación de tecnologías de Industria 4.0.....	135
5.2.2 Razones para implementar la Industria 4.0.....	137
5.2.3 Impulsores de adopción de la Industria 4.0.....	140
5.2.4 Barreras para el uso de nuevas tecnologías digitales.....	143
5.2.5 Habilidades de los empleados para la Industria 4.0.....	147
5.3 Perfil general del trabajador profesional en las empresas de manufactura.....	151
5.4 Consulta a los estudiantes.....	156
5.4.1 Análisis Factorial Exploratorio.....	158
5.3.2 Validación del modelo mediante PLS.....	161
5.3.3 Evaluación del modelo estructural.....	167
5.4.4 Análisis a posteriori de potencia estadística.....	173
Capítulo 6. Conclusiones y trabajo futuro.....	175
Trabajo futuro.....	178
Limitaciones del estudio.....	179
Comentarios finales.....	180
Producción científica.....	180
Referencias bibliográficas.....	182
Anexos.....	213

Índice de Figuras

Figura 1. Tecnologías industriales digitales para la Industria 4.0.....	18
Figura 2. Resumen de las principales características de la Industria 4.0.....	25
Figura 3. Modelo de Competencias Universal SHL.....	46
Figura 4. Grupos y dimensiones en el modelo SHL.....	47
Figura 5. Diseño multifase del trabajo de investigación.....	73
Figura 6. Edades de los líderes entrevistados.....	101
Figura 7. Nube de palabras empleadas en las entrevistas.....	103
Figura 8. Temas y subtemas en las respuestas de líderes en adopción de Industria 4.0.....	104
Figura 9. Factores promotores considerados en la literatura.....	112
Figura 10. Competencias para aprovechar las tecnologías de la Industria 4.0.....	123
Figura 11. Sectores con mayor potencial de desarrollo.....	130
Figura 12. Sectores de interés para el desarrollo de la Industria 4.0 en México.....	131
Figura 13. Empresarios incluidos en el estudio.....	133
Figura 14. Datos de las empresas que respondieron la encuesta.....	134
Figura 15. Tecnologías de Industria 4.0 aplicadas.....	135
Figura 16. Razones para implementar la Industria 4.0 en México.....	137
Figura 17. Impulsores de adopción de la Industria 4.0.....	140
Figura 18. Factores que actúan como barrera para la adopción de la Industria 4.0.....	143
Figura 19. Habilidades de los empleados para desarrollarse en la Industria 4.0.....	148
Figura 20. Procedimiento para implementar PLS.....	157
Figura 21. Representación gráfica PLS del modelo propuesto.....	163
Figura 22. Resumen análisis del modelo de medida.....	164
Figura 23. Análisis del modelo estructural.....	167

Índice de Tablas

Tabla 1. Dimensión Decidir e iniciar la acción.	62
Tabla 2. Dimensión Trabajar con las personas.	62
Tabla 3. Dimensión Relacionarse y trabajar en red.	63
Tabla 4. Dimensión Aplicar la experiencia y la tecnología.	63
Tabla 5. Dimensión Crear y conceptualizar.	64
Tabla 6. Dimensión Planificar y organizar.	64
Tabla 7. Dimensión Adaptarse y dar respuesta ante los cambios.	65
Tabla 8. Dimensión Lograr metas y objetivos personales y laborales.	65
Tabla 9. Muestra de expertos líderes en I4.0.	78
Tabla 10. Líderes impulsores de la Industria 4.0 entrevistados.	79
Tabla 11. Dimensiones del instrumento aplicado a expertos.	86
Tabla 12. Actividades de las empresas incluidas en la muestra.	88
Tabla 13. Dimensiones del instrumento aplicado a empresas.	89
Tabla 14. Estudiantes inscritos en el último curso del Programa Educativo.	91
Tabla 15. Investigadores que apoyaron la validación de instrumento.	94
Tabla 16. Dimensiones del instrumento aplicado a los estudiantes.	98
Tabla 17. Acceso a posición de liderazgo.	101
Tabla 18. Significado de Industria 4.0.	105
Tabla 19. Tendencias futuras en: sociedad, industria, educación y fuerza de trabajo.	107
Tabla 20. Factores que promueven la adopción de la Industria 4.0.	108
Tabla 21. Adopción de la Industria 4.0 en el sector manufactura en México. ...	109
Tabla 22. Factores promotores de la adopción de Industria 4.0.	110
Tabla 23. Otros factores importantes.	113
Tabla 24. Tecnologías de Industria 4.0 que se pueden implementar.	114
Tabla 25. Tecnologías de Industria 4.0 que se están implementando.	114
Tabla 26. Obstáculos para la adopción de la Industria 4.0 en México.	116
Tabla 27. Factores limitantes para la adopción de Industria 4.0 en México. ...	117
Tabla 28. Alternativas para la adopción de Industria 4.0 en México.	118
Tabla 29. Factores habilitadores de la adopción de Industria 4.0.	119
Tabla 30. Estrategias para el avance de la Industria 4.0 en México.	121
Tabla 31. Competencias para implementar la Industria 4.0 en México.	122
Tabla 32. Disponibilidad de competencias para adopción de Industria 4.0.	125
Tabla 33. Experiencia en actividades de adopción Industria 4.0.	126
Tabla 34. Perspectiva de desarrollo de la Industria 4.0 en México.	128
Tabla 35. Sectores con potencial de crecimiento basad en Industria 4.0 en México.	129
Tabla 36. Aplicación de las tecnologías de la Industria 4.0 en México.	136
Tabla 37. Perfil general del trabajador profesional de manufactura en la Industria 4.0.	151

Tabla 38. Indicadores conservados para análisis PLS.	160
Tabla 39. Fiabilidad y validez de constructo	165
Tabla 40. Criterio de Fornell-Larcker.	166
Tabla 41. Relación Heterotrait-Monotrait (HT/MT).....	166
Tabla 42. Colinealidad entre constructos (valores VIF).	168
Tabla 43. Resultados del análisis Bootstrap.....	169
Tabla 44. Análisis Bootstrapping.	170
Tabla 45. R ² de la variable latente dependiente.	171
Tabla 46. f ² de los constructos del modelo	171
Tabla 47. Resultado de la relevancia predictiva (Q ²).....	172
Tabla 48. Pruebas de hipótesis.	174

Resumen

La Industria 4.0 revoluciona las formas de producción y las actividades que se realizan al interior de las industrias manufactureras en el mundo. La nueva dinámica cambia las funciones que el empleado desempeña en una organización, por lo tanto, preocupa el potencial desplazamiento y sustitución de la fuerza laboral.

En consecuencia, existen un gran interés por conocer cómo responderán a las nuevas necesidades de formación del capital humano.

El objetivo de este documento es identificar las competencias que requieren los egresados de áreas afines a la industria manufacturera para favorecer la adopción de la Industria 4.0 a través de un estudio mixto que considera la opinión de líderes promotores, empresarios y estudiantes en México.

En este trabajo de investigación se recolectaron datos cualitativos y cuantitativos para analizar la percepción de los agentes protagonistas del proceso de adopción de la Industria 4.0 en el sector manufactura.

Se obtiene como primera aportación un perfil general del trabajador profesional de manufactura en la Industria 4.0 específico para el contexto de México, que le permite tener la flexibilidad cognitiva para afrontar los cambios y lograr los aprendizajes que potencien su capacidad.

Se concluye que se requieren además de las habilidades técnicas, una serie de competencias personales en los profesionistas, para que desarrollen las capacidades que faciliten de la adopción de la Industria 4.0 y generen competitividad.

Otra aportación del este trabajo es que mediante un modelo de ecuaciones estructurales se definen una serie de motivadores internos y externos concretos que según los datos empíricos obtenidos se constituyen como un referente para tener en cuenta al diseñar las acciones que a cada agente le correspondan para lograr resultados satisfactorios.

Abstract

Industry 4.0 revolutionizes the forms of production and the activities performed within manufacturing industries around the world. The new dynamics change the functions that the employee performs in an organization, therefore the potential displacement and substitution of the workforce is a concern.

Consequently, there is great interest in knowing how to respond to the new human capital training needs.

The objective of this paper is to identify the competencies required by graduates of areas related to the manufacturing industry to favor the adoption of Industry 4.0 through a mixed study that considers the opinion of leaders, promoters, entrepreneurs and students in Mexico.

In this research work, qualitative and quantitative data were collected to analyze the perception of the protagonists of the adoption process of Industry 4.0 in the manufacturing sector.

As a first contribution, a general profile of the professional manufacturing worker in Industry 4.0 specific to the Mexican context is obtained, which allows him/her to have the cognitive flexibility to face changes and achieve the learning that enhances his/her capacity.

It is concluded that in addition to technical skills, a series of personal competencies are required in professionals, so that they can develop the capabilities that facilitate the adoption of Industry 4.0 and generate competitiveness.

Another contribution of this work is that by means of a structural equation model, a series of specific internal and external motivators are defined which, according to the empirical data obtained, constitute a reference to consider when designing the actions that correspond to each agent in order to achieve satisfactory results.

Introducción

La industria manufacturera es la actividad secundaria encargada de transformar la materia prima en productos finales, listos para ser comercializados. Dicho sector es de suma importancia para el crecimiento económico y el desarrollo de cada país; y abarca varios tipos de industrias desde el enlatado de alimentos hasta el ensamblaje de aeronaves.

La innovación tecnológica en el sector de la manufactura es necesaria para mantener a las empresas en el mercado. Para ello las empresas necesitan de una estrategia a largo plazo y un plan de trabajo para lograr la generación de valor en el corto plazo.

La digitalización de las empresas manufactureras en el marco de la Cuarta Revolución Industrial representa oportunidades de cambio y crecimiento debido a la implementación de nuevas tecnologías que permiten la optimización de los procesos de la industria permitiendo mayor producción y rentabilidad.

La Industria 4.0 representa beneficios potenciales para el sector de la manufactura en un entorno de creciente automatización de sus procesos. Para aprovechar este nuevo contexto, los trabajadores deben tener un mayor nivel de educación y adquirir habilidades técnicas y personales que brinden ventajas frente a las fábricas inteligentes. De igual manera, se deben generar estrategias para que los programas educativos favorezcan la adecuada formación y capacitación de los trabajadores que les permita adaptarse y ser más competitivos en el nuevo contexto.

El presente trabajo de investigación tiene como objetivo analizar qué habilidades necesitan los futuros egresados de Tecnologías de la Información y programas educativos relacionados con industria manufacturera, para participar activamente en la Industria 4.0, a través del contraste entre las necesidades de la industria y la formación de habilidades actual.

Capítulo 1. Marco metodológico.

1.1. Planteamiento del problema.

La Industria 4.0 representa beneficios potenciales para el sector de la manufactura, los trabajadores tendrán la oportunidad de interactuar con sistemas automatizados, flexibles y configurables basados en mecanismos, sensores y software (Comisión Económica para América Latina y el Caribe [CEPAL], 2018). Según el Boston Consulting Group, la Industria 4.0 presenta oportunidades para productores innovadores, proveedores de sistemas y regiones enteras. Al igual que con los anteriores desarrollos de transformación, representa una grave amenaza para los rezagados (Lorenz et al., 2015).

El tema de Industria 4.0 es una tendencia mundial en el que están involucradas todos los sectores que intervienen en el desarrollo económico y social en los países (Pricewaterhousecoopers [PWC], 2016; Manyika et al., 2017; World Economic Forum [WEF], 2018; Delloite, 2019), donde Alemania es uno de los países punteros en la implementación de esta industria.

Delloite (2018) en su informe "*The Fourth Industrial Revolution is here*" establece que se requiere de cambios en las relaciones laborales entre las empresas y sus empleados, con una tendencia a los contratos temporales y/o ad hoc, debido a que las habilidades de los empleados requeridas por las empresas evolucionan rápidamente.

Por otro lado, se tiene la necesidad de reformular la educación y capacitación para el trabajo con la finalidad de atender nuevas formas de trabajo más especializado (Schroeder, 2016). Según organismos internacionales, es necesario prepararse activamente para aprovechar el escenario de la Cuarta Revolución Industrial y, al mismo tiempo, poder subsanar las posibles repercusiones negativas para el empleo (WEF, 2018).

Los trabajadores deben tener una mejor formación académica y para el trabajo, así como adquirir habilidades técnicas y personales que brinden ventajas frente a las plantas automatizadas (Delloite, 2014).

Los programas de formación en la industria deben favorecer la formación y capacitación de los trabajadores que permita una eficiente y eficaz adaptación que permite ser más competitivos en el nuevo contexto (Gilchrist, 2016).

En los países en vías de desarrollo aún no se ha logrado una estrategia efectiva de adopción y aprovechamiento de las nuevas tecnologías; varios autores coinciden en que un factor determinante para obtener beneficios a corto y largo plazo tiene relación con la capacitación y desarrollo de habilidades del capital humano (Gilchrist, 2016; Motyl, et al., 2017; Rocha et al., 2018).

Por la relevancia de esta nueva transformación en las formas de trabajo, numerosos investigadores han estudiado la implementación de la Industria 4.0 en diferentes sectores de la industria logrando resultados para delinear algunos de los retos que deben ser resueltos (Felix & Rosa, 2010; Indústria, 2016; Knolle, 2016 ; Zhou et al., 2016; Benešová & Tupa, 2017; Reuter et al., 2017; Nowotarski & Paslawski, 2017; Thames, 2017; Dalenogare et al., 2018; Kamble et al., 2018), pero dichos resultados son aplicables en contextos de los países desarrollados.

Las tecnologías de la Industria 4.0 generan un cambio radical en las formas de trabajo tanto para los trabajadores como para las máquinas que operan las líneas de producción. Provocan que las empresas se desarrollen y crezcan apoyadas en la innovación y creatividad lo que generan una variación en cómo se hacen las cosas.

Ante este escenario, en México faltan estudios enfocados que permitan identificar las oportunidades y desafíos para las empresas en la Industria 4.0 desde las perspectivas de expertos promotores y desde el interior de las empresas. Así como describir las brechas entre las habilidades requeridas y la formación que

reciben los estudiantes del área de Tecnologías de la Información y carreras afines a la industria manufacturera en las universidades mexicanas.

Es imperante investigar cómo están cambiando las necesidades de formación en correspondencia con la evolución de los perfiles de los empleados para la Industria 4.0, a partir de conocer las estrategias y avances en la adopción del paradigma y sus tecnologías. Por lo anterior, se justifica la necesidad de realizar un estudio para dar respuesta a las siguientes,

1.2. Objetivos de la Investigación.

1.2.1. Objetivo General.

Identificar las competencias que requieren los egresados de áreas afines a la industria manufacturera para favorecer la adopción de la Industria 4.0 a través de un estudio mixto que considera la opinión de líderes promotores, empresarios y estudiantes en México.

1.2.2. Objetivos Específicos.

1. Analizar las opiniones de los líderes promotores y empresarios para conocer el estado actual de la adopción de Industria 4.0 en México
2. Analizar las opiniones de los líderes promotores y empresarios para identificar las habilidades requeridas por la industria manufacturera mexicana en el contexto de la Industria 4.0
3. Definir un perfil general del trabajador para incorporarse al sector manufactura que adopta la Industria 4.0
4. Consultar a los estudiantes de último año de formación en programas educativos afines al sector manufactura para identificar los factores que inciden en el desarrollo de competencias para trabajar con éxito en empresas que adoptan Industria 4.0

1.3. Preguntas de investigación.

- P1: ¿Cuáles son las condiciones del caso mexicano en relación con la adopción de la Industria 4.0 desde la mirada de los líderes promotores y los empresarios del sector manufactura?
- P2: ¿Qué necesitan las empresas del sector manufactura para adoptar la Industria 4.0?
- P3: ¿Qué competencias necesitan los profesionistas de nivel superior para desempeñarse con eficacia y eficiencia en empresas del sector manufactura que adoptan la Industria 4.0?
- P4: ¿Qué factores inciden en el desarrollo de competencias en los egresados de programas educativos de licenciatura afines al sector manufactura que favorezcan la adopción de la Industria 4.0?

1.4. Justificación de la investigación.

La revisión de literatura científica relacionada con el tema permitió detectar un vacío de información relacionada con las habilidades de los trabajadores para detonar la Industria 4.0 en las empresas manufactureras.

Algunos autores analizan las habilidades y las experiencias necesarias que los jóvenes ingenieros requieren para estar preparados en el marco de Industria 4.0 (Motyl et al., 2017), así como de las necesidades de formación (Rocha et al., 2018).

Existen importantes oportunidades para que los gobiernos, los empleadores de la industria, los proveedores de educación y otras partes interesadas para que experimenten e inviertan en nuevas formas de educación y formación que sean más útiles en este nuevo contexto del mercado de trabajo (WEF, 2018).

Los países con mano de obra calificada de alto costo podrán aprovechar el mayor grado de automatización y el aumento de la demanda de talentos especializados

(WEF, 2018). Para aumentar las competencias relacionadas con el área de tecnologías de la información y las capacidades de innovación de la mano de obra se enfrentan a los siguientes retos:

- Modernizar la infraestructura tecnológica,
- Ampliar los servicios de banda ancha fija y móvil,
- Adaptar los planes de estudio,
- Actualizar la formación y programas universitarios, y
- Reforzar los enfoques empresariales.

La Industria 4.0 presenta enormes oportunidades para productores innovadores, proveedores de sistemas y regiones enteras. Sin embargo, al igual que con anteriores desarrollos de transformación, representa una grave amenaza para los rezagados (Rüßmann et al., 2015).

En México la industria manufacturera es uno de los pilares más importantes de la economía. En el año 2021, su aportación al Producto Interno Bruto (PIB) anual representa alrededor del 18%. Además, atrajo inversión extranjera directa de alrededor de 12,560 millones de dólares y empleo a más de 9 millones de trabajadores (Statista, 2022).

Este estudio se centra en el sector manufactura dado que en México tiene preponderancia tal actividad, en 2019, el personal total ocupado dentro de la industria manufacturera mexicana creció 1.31% en relación con el año anterior.

Según datos de la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico (OCDE), México es el cuarto importador mundial de robots industriales, sólo por detrás de China, Alemania y Estados Unidos. Estas cifras muestran el creciente nivel de automatización del país, que coincide con la digitalización del sector manufacturero (Manufactura, 2017).

Así mismo, se reporta que los sectores que más emplean la automatización robótica son la industria automotriz y de autopartes con 2,628 unidades, los semiconductores y electrónicos, con un crecimiento de 180%, y las industrias de ciencias médicas y farmacéutica, con un crecimiento de 220% (Industrial Transformation México [ITM], 2019).

Es relevante explorar este campo, ya que los impactos de la incorporación de la Industria 4.0 son inminentes y deben preverse acciones en diferentes ámbitos con la finalidad de anticipar los efectos y generar estrategias pertinentes.

Por su relevancia en el país, la Industria 4.0 vendrá de la mano de la industria de la manufactura (Centro de Productividad Industrial e Innovación 4.0 [CEPRODI], 2018).

1.5. Alcances y limitaciones del proyecto.

El alcance de la investigación es exploratorio debido a que es un tema nuevo en la industria y reciente; Industria 4.0 es un tema innovador y no se ha adoptado de manera generalizada en la empresa, por ello no ha sido ampliamente estudiado en México. Es deseable si las condiciones lo permiten, evolucionar para tener un alcance descriptivo, puesto que es importante describir el fenómeno estudiado y sus componentes.

Se han desarrollado investigaciones enfocadas en los temas de ciberseguridad en la operación de las tecnologías de la Industria 4.0 (Thames, 2017); los efectos sobre los lugares de trabajo y las condiciones laborales en las empresas 4.0 (Reuter et al., 2017) y la introducción del concepto de Industria 4.0 en las pequeñas y medianas empresas del sector de la construcción (Nowotarski & Paslawski, 2017).

Por otra parte, se han analizado las habilidades y las experiencias necesarias que los jóvenes ingenieros necesitan para estar preparados en el marco de Industria 4.0. (Motyl et al, 2017). Asimismo, se han investigado las necesidades

de formación ya que es tema clave para el éxito de las empresas manufactureras de diversos sectores (Rocha et al., 2018).

Los autores han estudiado los impactos de la Industria 4.0 en la educación superior y la importancia del análisis estadístico de datos en el desarrollo de los profesionistas (Baygin et al., 2016; Olmo, 2017). Y, el proceso de transformación de un taller de fabricación en un espacio para formación de la Industria 4.0 (Baena et al., 2017).

Sin embargo, en México aún no se ha delineado cómo han cambiado las necesidades de formación en correspondencia con la evolución del perfil del empleado para la Industria 4.0 en el sector manufacturero.

Así que es conveniente realizar una investigación que fundamente una estrategia para afrontar el reto que implica, generar las habilidades necesarias para beneficiarse de la Industria 4.0 en el sector manufactura de economías emergentes.

1.6. Organización del estudio.

Fundamentándose en un proceso inductivo para dar respuesta a las preguntas de investigación, se realizó un estudio transversal de tipo empírico basado en la aplicación de cuestionarios a:

- a) Expertos líderes en la adopción de la Industria 4.0 en el país.
- b) Empresas manufactureras que están en el proceso de adopción de tecnologías de la Industria 4.0 en sus actividades productivas.
- c) Estudiantes de tecnologías de la información y carreras afines a la industria manufacturera próximos a egresar en la Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo.

El estudio es de tipo mixto secuencial exploratorio, en una fase inicial se realizó un análisis cualitativo de las respuestas de expertos y empresarios, para después

usar la información para implementar una segunda fase cuantitativa (Creswell, 2014), para el análisis se utilizó un método de inducción analítica (Patton, 2002).

Utilizando esta narrativa orientada al proceso (Van de Ven & Poole, 2005), el análisis de la información obtenida explica los principales retos a los que se enfrentan estas empresas mexicanas en la adopción de Industria 4.0 y cómo perciben las necesidades de capacitación del personal que soporte ese proceso de apropiación de las tecnologías.

Por otra parte, en el análisis de las respuestas de estudiantes, se hace un estudio de tipo cuantitativo, en donde se intenta identificar leyes generales que se apliquen a los estudiantes de la universidad a la que pertenecen y para ello se emplea el análisis estadístico como herramienta de análisis (Hernández-Sampieri et al., 2014).

Capítulo 2. Marco teórico.

2.1 Contexto de la Industria 4.0.

Los avances en ciencia y tecnología debieran promover el desarrollo inclusivo, crecimiento de la productividad, competitividad y beneficios para la sociedad, sin embargo, los avances tecnológicos asociados con la Cuarta Revolución Industrial (4IR), han generado una preocupación relacionada con la potencial creación de desigualdad y pérdida de empleo (WEF, 2018).

Según el Informe de Competitividad Global del Foro Económico Mundial (2018), la adaptación de los países a la 4IR es un factor determinante en cuanto a su prosperidad o estancamiento (CEPAL, 2018). El Boston Consulting Group (2015) describe que la Industria 4.0 presenta oportunidades para productores innovadores, proveedores de sistemas y regiones enteras, pero al igual que con los anteriores desarrollos de transformación, también representa una grave amenaza para los rezagados (Rüßmann et al., 2015).

De acuerdo con el Foro Económico Mundial, los países tienen la oportunidad para beneficiarse de las nuevas tecnologías con el fin de mejorar la creación de valor económico a través de nuevas actividades, mejorar la calidad de los puestos de trabajo y aumentar las habilidades de sus empleados para que alcancen todo su potencial a través de trabajos de alto valor añadido (WEF, 2018).

Para ello, es imprescindible la construcción de sistemas de educación preparados para el futuro que se ajusten a las nuevas realidades (Deloitte, 2014), donde se desarrollen las habilidades requeridas y exista una conexión entre las necesidades del empleador y la instrucción necesaria para poder aprovechar el talento global (Benešová & Tupa, 2017).

Los países con mano de obra calificada podrán aprovechar el mayor grado de automatización y el aumento de la demanda de talentos especializados. Para aumentar las competencias relacionadas con las Tecnologías de la Información

y las capacidades de innovación de la mano de obra se enfrentan a los siguientes retos: modernizar la infraestructura tecnológica, ampliar los servicios de banda ancha fija y móvil, adaptar los planes de estudio, actualizar la formación y programas universitarios y reforzar los enfoques empresariales.

Existen importantes oportunidades para que los gobiernos, los empleadores de la industria, los proveedores de educación y otras partes interesadas experimenten e inviertan en nuevos tipos de educación y formación que serán más útiles para los individuos en este nuevo contexto del mercado de trabajo (WEF, 2018).

Por tanto, los gobiernos, los educadores y el sector privado deberían poder desarrollar la política pública necesaria para hacer posibles oportunidades de aprendizaje y formación para los trabajadores en todas las etapas de sus carreras profesionales; dado que ahora las competencias sociales relacionadas con la tecnología y no cognitivas están adquiriendo cada vez más importancia (Gilchrist, 2016).

El listado de países más cercanos a la “frontera de competitividad” incluidos en el *Global Competitive Index 4.0* coloca a Estados Unidos de Norteamérica, Singapur, Alemania, Suiza y Japón en los cinco primeros lugares; y, además, resalta la necesidad de adaptarse rápidamente a los cambios y a los nuevos pilares de la competitividad (Schwab, 2018).

Por su parte, el Foro Económico Mundial en 2016 publicó el documento titulado “*The Future of Jobs. Employment, Skills and Workforce Strategy for the Fourth Industrial Revolution*” en él delinea algunas pautas en la formación para el trabajo en este nuevo contexto, se recomienda una mayor colaboración pública y privada para ampliar la oportunidad de acceso a un aprendizaje flexible de nuevas habilidades, como método para mitigar el desempleo, el acceso desigual a recursos y la falta de productividad (WEF, 2016).

2.1.1 Antecedentes históricos.

El término Industria 4.0 se usó por primera vez en un estudio publicado en Alemania en abril de 2011 en la Feria de Hannover, como uno de los diez proyectos para el 2020; fue presentado oficialmente bajo un subtítulo de estrategia de alta tecnología. Con este paso, Alemania marcó el liderazgo en la temática y se convirtió en el pionero este nuevo paradigma (Kagermann et al., 2011).

En octubre de 2012, se creó un grupo de trabajo con el Grupo Bosch y Kagerman quienes prepararon el proyecto presentado al gobierno federal alemán. De acuerdo con el informe final, deben llevarse a cabo las siguientes cuestiones con el fin de lograr el éxito de Industria 4.0 (Kagermann et al., 2013).

- Estandarización de la arquitectura de comunicación para el hardware. En el proceso de producción muchas empresas están involucradas en el trabajo conjunto, para una buena operatividad es primordial que estas empresas utilicen el mismo lenguaje y se comuniquen eficazmente entre ellas.
- Gestión de sistemas complejos. Los procesos de producción se vuelven más complejos conforme avanza el tiempo y los desarrollos tecnológicos, por ello tienen una importancia preponderante los modelos de gestión.
- Necesidades de comunicación integrales y de alta velocidad. Es necesario establecer redes de Internet fiables, integrales, de alta calidad y de alta velocidad, así como garantizar que todas las partes involucradas en los procesos, las exploten adecuadamente.
- Seguridad. Garantizar la seguridad de la información es uno de los elementos esenciales a considerar en la implementación de la Industria 4.0, mientras se facilita el acceso desde todos los procesos de producción al mismo tiempo.

- Organización y diseño de trabajo. Es necesario establecer un entorno empresarial participativo y un sistema de educación continua para aumentar el desarrollo personal de los empleados.
- Educación continua: Con la Industria 4.0, las competencias profesionales de los empleados deben ser incrementadas. Para ello se deben desarrollar y aplicar estrategias de formación apropiadas.
- Regulación. La legislación debe adaptarse a la nueva etapa industrial y, por lo tanto, considerar los nuevos agentes involucrados.
- Uso eficiente de los recursos. La tecnología emergente puede traer consigo una serie de problemas y costos, en consecuencia, el uso eficiente de los recursos es cada vez más importante.

Se adoptó el proyecto Industria 4.0 en torno a la creación de nuevos modelos de negocio gracias a los sistemas ciberfísicos. Para seguir desarrollándolo, Plattform Industrie 4.0 fue creado en 2013 por Bitkom la asociación digital de Alemania, la Asociación de la Industria de Ingeniería Mecánica Alemana (VDMA) y la Industria Eléctrica de Alemania (ZVEI), a los que luego se unieron otros (Schroeder, 2016).

El grupo de Trabajo que desarrolló el Proyecto del Futuro: Industria 4.0 (2011), considera el concepto de Industria 4.0 como una serie de innovaciones disruptivas en la producción y cambios en los procesos industriales que dan como resultado una productividad significativamente mayor.

Se considera que es la cuarta vez que se produce una revolución de este tipo (Navarro & Sabalza, 2016), y por ello, se le conoce también con la Cuarta Revolución Industrial.

De acuerdo con Almada-Lobo (2015), la Industria 4.0 es una instalación de producción paso a paso donde se aplican las tecnologías de la información y de

Internet y todos los aspectos de la producción están conectados entre sí con las redes en la nube.

Esta industria se constituye por una serie de innovaciones, facilidad de operación, velocidad y eficiencia. A diferencia de las líneas de producción de ensamblado tradicionales en donde se operan en función de diagramas de flujo de negocios predefinidos y órdenes de trabajo de producción en línea con sistemas empresariales sincronizados y los pasos de producción de esta estructura se transmiten de forma centralizada a cada estación de fabricación, que se sincroniza con la línea de montaje.

En contraste, en la Industria 4.0 se utiliza la tecnología de identificación automática para dar información a cada máquina y operador lo que se debe hacer en cada etapa del proceso de fabricación para producir el producto final.

Como resultado de esta tecnología, se puede realizar una producción asincrónica (Zhong et al., 2017). La visión de la Industria 4.0 es un proceso de producción autónomo con alta eficiencia y efectividad, donde las personas, máquinas, equipos, sistemas logísticos y componentes en proceso se comunican y colaboran directamente entre sí.

El objetivo más importante es proporcionar el costo más bajo y la producción más eficiente aprovechando el procesamiento y la comunicación del sistema integrado (Qi et al., 2018). La Industria 4.0 se basa en la eficiencia total de todas las partes que participan en el proceso de producción (Prieto, 2018).

Para ello, se integra inteligentemente a lo largo de los procesos de fabricación y logística, creando un ecosistema de producción ágil en tiempo real de una manera más eficiente y flexible.

Con lo cual simplifica las cadenas de generación de valor inteligentes, que incluyen todas las fases del ciclo de vida del producto (desde el desarrollo, la

adquisición, la producción, el uso y el mantenimiento hasta el reciclaje) a partir de la etapa inicial del producto (Luthra & Mangla, 2018).

Así, se garantiza la optimización de la eficiencia de todos los miembros de la cadena de suministro (Baena et al., 2017).

En México durante 2016, la Secretaría de Economía publicó el documento titulado "*Crafting the future a roadmap for Industry 4.0 in México*" (Secretaría de Economía [SE], 2016), como una ruta a futuro. Sin embargo, se reconoce que la formación de los egresados de programas educativos de Tecnologías de la Información, aún no tienen las competencias necesarias para desarrollarse en el entorno de la Industria 4.0 (WEF, 2016).

En el año 2018 se crea el Consejo Consultivo de Industria 4.0 (I4.0), un órgano de análisis de la Política Pública en la materia, el cual establece que es necesario trabajar en cuatro pilares fundamentales: desarrollo de capital humano, innovación, clústeres y adopción de tecnología para desarrollar esta industria para que sea generadora de mayor productividad y competitividad (Secretaría de Economía, 2018).

Por otra parte, el país es atractivo por su mano de obra barata, pero está vinculada directamente con la falta de habilidades especializadas lo cual se convierte en una fuerte limitación (Hualde et al., 2018; Portella, 2018).

2.1.2 Beneficios y potencial de la Industria 4.0.

El momento histórico en que se incorpora la Industria 4.0, es sumamente relevante, el rápido ritmo del cambio tecnológico pone a prueba la cohesión social y exige respuestas políticas audaces para fomentar la innovación, desarrollar una política económica sólida y aumentar la productividad (WEF, 2018).

La Industria 4.0 representa beneficios potenciales para el sector de la manufactura en la que los trabajadores tendrán la oportunidad de interactuar con sistemas automatizados, flexibles y configurables basados en mecanismos, sensores y software (Velásquez et al., 2018).

Por lo que se hace necesario prepararse activamente para aprovechar este nuevo escenario y, al mismo tiempo, poder subsanar las posibles repercusiones negativas para el empleo (WEF, 2016).

Los trabajadores deberán tener un mayor nivel de educación y adquirir habilidades digitales y personales que le brinden ventajas frente a las plantas automatizadas. Se deben generar políticas públicas que favorezcan la formación y capacitación de los trabajadores para adaptarse y ser más competitivos en el nuevo contexto (WEF, 2018).

De acuerdo con la empresa de investigación de mercado Gartner se espera que el número total de dispositivos conectados se duplique con creces entre 2017 y 2020, alcanzando los 20,400 millones (Gartner, 2015). Las nuevas tecnologías pueden ayudar a generar crecimiento económico, optimizando el uso de recursos (de Sousa et al., 2018).

Según informe de la empresa *Mckinsey Global Institute* hasta un 14% de la fuerza laboral mundial tendrá que cambiar de categoría ocupacional para el año 2030 como resultado del aumento de la automatización (Manyika et al., 2017).

Además, los trabajadores verán una evolución en sus ocupaciones a la cual deberán adaptarse al mismo tiempo que trabajan con máquinas cada vez más capaces (Motyl et al., 2017). Dicha adaptación se alcanza con un mayor nivel de educación o con el perfeccionamiento de los aspectos humanos más difíciles de automatizar, como la creatividad y las habilidades emocionales (Mikhailov et al., 2018a).

Por otra parte, una mayor automatización también puede aumentar la presión a la baja sobre los salarios de los trabajadores poco calificados (Coşkun et al., 2019).

Para aprovechar los beneficios potenciales de la tecnología en aras de un crecimiento más inclusivo será necesario prepararse (tanto países como empresas y personas) activamente para las posibles repercusiones económicas y sociales futuras, como el aumento del desempleo y el fracaso generalizado de los abrumadores sistemas de bienestar (Stachová et al., 2019).

El empleo está recibiendo muchos impactos debido a que los modelos de negocios disruptivos, el resultado será una gran creación de empleos y desplazamientos de los puestos de trabajo, además del aumento en la productividad laboral y la ampliación de la brecha entre las habilidades que los empleadores necesitan y las que tienen los posibles empleados (Ciolacu et al., 2019b).

Se necesitaron décadas para adaptarse a las anteriores revoluciones industriales y crear sistemas de formación e instituciones que se dedicaran a desarrollar nuevas competencias; ahora se necesitan nuevos planes para garantizar el pleno aprovechamiento de las nuevas oportunidades.

El informe “El futuro del trabajo”, señala que no solo pueden surgir discrepancias entre la oferta y la demanda actuales de las habilidades contemporáneas, sino que también entre esas habilidades y las que se necesitarán en el futuro (WEF, 2016).

Para poder eliminar estas brechas se necesita un conocimiento sólido sobre las bases de las habilidades existentes en determinados países e industrias, y sobre cómo el cambio disruptivo dictará nuevos requisitos de habilidades en cada caso (Motyl et al., 2017).

En medio de la preocupación por las altas tasas de desempleo en gran parte del mundo, los desequilibrios y las brechas en los sistemas de educación están obstaculizando la redistribución eficaz de los talentos latentes que no se aprovechan por completo, con un alto costo humano y económico (Piccarozzi et al., 2018).

Los trabajadores necesitan readaptarse a las industrias y enfocarse en las habilidades que necesitan los campos que crecen cada vez más rápido (Mikhailov et al., 2018b).

Según el Informe Global de Capital Humano del año 2018 del Foro Económico Mundial, la cantidad de personas en el mundo con habilidades desarrolladas en una universidad o escuela está aumentando, pero nuestro entendimiento de cómo las calificaciones formales están distribuidas en las industrias y los lugares sigue siendo limitada (WEF, 2018).

Un análisis detallado sobre las habilidades es fundamental para que los empleadores y los empleados puedan comprender mejor lo que puede ser más transferible entre las industrias (Ciolacu et al., 2017).

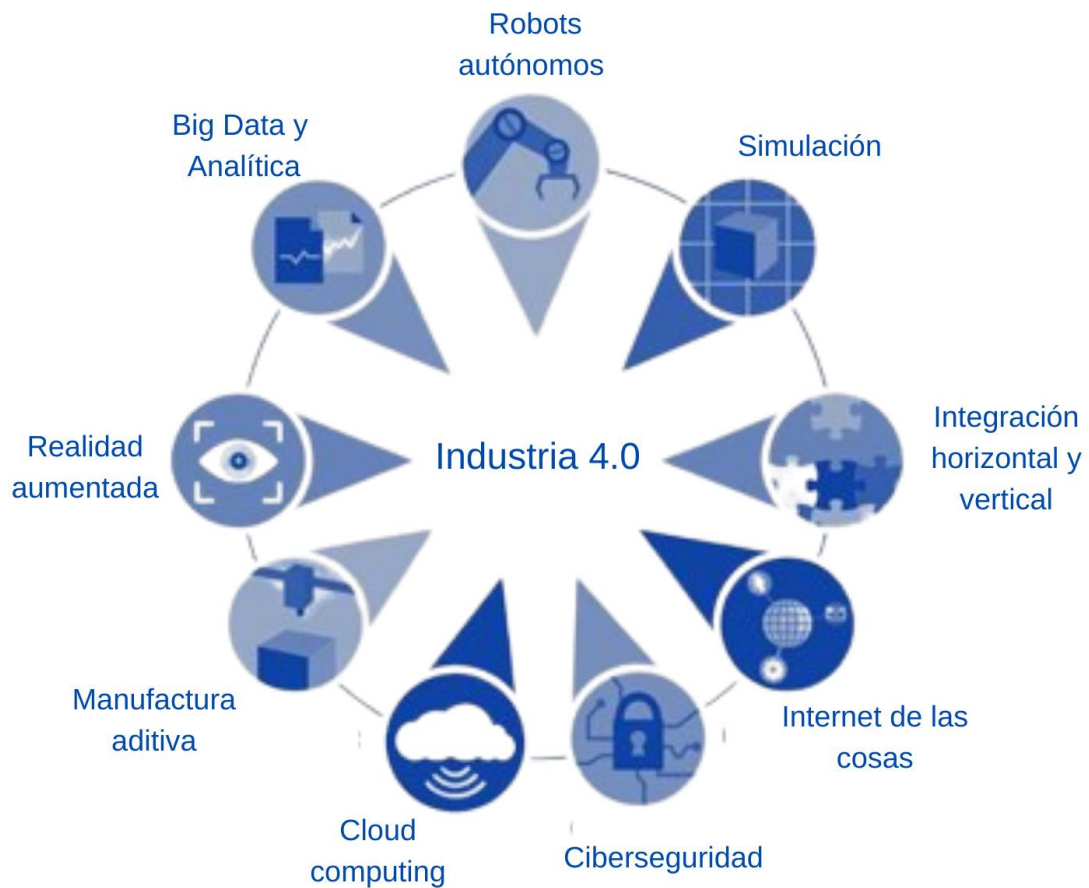
Los empleadores necesitan pensar cada vez más en cómo aprovechar estas habilidades “adyacentes” para poder descubrir talentos escondidos. Se necesitan estrategias proactivas de gestión de talentos, además de un diálogo y una colaboración continuos entre las empresas, los gobiernos, los proveedores de educación y la sociedad civil (Stachová et al., 2019).

A medida que el lugar y la forma de los trabajos se transforman, aparecerán nuevos desafíos de gestión y regulación (Rocha et al., 2018); por otra parte, cada vez es más fundamental prepararse para el futuro de un mercado laboral que cambia constantemente, para aprovechar las oportunidades y disminuir los resultados negativos (Ciolacu et al., 2019a).

2.1.3 Tecnologías digitales de la Industria 4.0.

De acuerdo con el Boston Consulting Group [BCG] (2016), la Industria 4.0 se refiere a la convergencia y aplicación de nueve tecnologías industriales digitales que se muestran en la Figura 1.

Figura 1. Tecnologías industriales digitales para la Industria 4.0



Fuente: Elaboración propia con base en BCG (2016).
<https://www.bcg.com/capabilities/operations/embracing-industry-4.0-rediscovering-growth.aspx>

A continuación, se describen las tecnologías y la forma en que cada una puede ser empleada por las empresas.

1. Robots autónomos

Los robots acabarán interactuando entre sí y trabajando de forma segura junto a los humanos y aprendiendo de ellos. Utilizados desde hace mucho tiempo para abordar tareas complejas, los robots ofrecen una gama de servicios cada vez más amplia y son cada vez más autónomos, flexibles y cooperativos. Interactuarán entre sí y trabajarán de forma segura con los humanos (el término *cobótica* se utiliza para describir a los robots que ayudan a los operarios a realizar sus tareas).

Los robots pueden utilizarse en diversos ámbitos, por ejemplo, producción, logística y actividades de distribución, pueden ser controlados a distancia por mediante la cooperación de sistemas ciber físicos.

Nuevas tecnologías robóticas realizan tareas sensibles en los lugares de trabajo y colaboran con el personal humano. Los robots tienen la capacidad de comprobar, optimizar y aprender de los colegas humanos al documentar las tareas con la ayuda de sistemas en la nube (Bahrin et al., 2016).

2. Manufactura aditiva

Las empresas han empezado a adoptar la fabricación aditiva, como la impresión 3D, que utilizan sobre todo para crear prototipos y producir componentes individuales. Con la Industria 4.0, estos métodos de fabricación aditiva se utilizarán de forma generalizada para producir pequeños lotes de productos personalizados que ofrezcan ventajas de construcción, como diseños complejos y ligeros. Con la Industria 4.0, estas tecnologías serán elegidas por su altísimo rendimiento, los sistemas descentralizados reducirán los costes de transporte y gestión de inventarios. Rößmann et al. (2015) pone el ejemplo de las empresas aeroespaciales que utilizan estas técnicas para reducir el peso de sus aviones y el uso de materias primas como el titanio.

Varias empresas líderes en el mundo invierten en actividades de impresión 3D como Google, Motorola y Apple con el fin de acelerar las actividades continuas

de los teléfonos inteligentes. La ventaja percibida es la reducción de los plazos de entrega y del volumen de producción, así como el aumento de la personalización en masa y la agilidad (Conner et al., 2014).

La fabricación aditiva se considera el proceso de fabricación de piezas a partir de datos de modelos 3D. Las actividades del proceso, como el mecanizado y el fresado, se completan capa a capa, lo que significa que se pueden fabricar lotes pequeños con menos materias primas. En esta tecnología, las tareas permiten el sistema de producción *Just in Time* debido a su versatilidad, velocidad y adaptabilidad (Frazier, 2014).

3. Realidad aumentada

Los sistemas basados en la realidad aumentada admiten una serie de servicios, como la selección de piezas en un almacén y el envío de instrucciones de reparación a través de dispositivos móviles. Estos sistemas están actualmente en su fase inicial, pero en el futuro las empresas harán un uso mucho más amplio de la realidad aumentada para proporcionar a los trabajadores información en tiempo real que mejore la toma de decisiones y los procedimientos de trabajo.

Esta tecnología mejora la interacción hombre-máquina, el control a distancia en las tareas de mantenimiento y la inspección visual del ser humano proporcionada por la virtualidad. Podría utilizarse en muchas aplicaciones combinando gráficos generados por ordenador y objetos físicos. La realidad aumentada permite el control del movimiento de sus usuarios mediante el uso de tecnología de sensores para controlar determinadas tareas (Erboz, 2017).

4. Simulación

Las simulaciones se utilizarán más ampliamente en las operaciones de planta para aprovechar los datos en tiempo real y reflejar el mundo físico en un modelo virtual, que puede incluir máquinas, productos y personas. Esto permitirá a los

operarios probar y optimizar los ajustes de la máquina reduciendo así los tiempos de preparación de la máquina y aumentando la calidad.

Las herramientas de simulación desempeñan un papel de apoyo en las actividades relacionadas con la producción al promover un entorno de fabricación sostenible. Logran el diseño del sistema de producción con lo cual es posible realizar una autoconfiguración y como resultado, permiten una gestión eficaz de las actividades desarrolladas en el entorno industrial.

Ante escenarios cada vez más competitivos, la simulación ofrece los ajustes en sistemas complejos mediante la planificación de las operaciones, teniendo el conocimiento y la información y estimaciones precisas sobre el sistema mediante el uso de la capacidad de ingeniería (Weyer et al., 2016). La planificación estratégica puede realizarse mediante modelos de simulación que permiten la investigación dinámica de los sistemas de producción con la ayuda de los datos adquiridos en tiempo real. Por lo tanto, el sistema crea una optimización en tiempo real sobre las operaciones (Uhlemann et al., 2017).

5. Integración horizontal y vertical

Con la Industria 4.0, las empresas, los departamentos, las funciones y las capacidades estarán mucho más cohesionadas, ya que las redes de integración de datos universales entre empresas evolucionan y permiten cadenas de valor verdaderamente automatizadas. Con la Industria 4.0, toda la organización estará interconectada y las empresas estarán conectadas entre sí.

La red de datos industrial recopila Big Data para optimizar el rendimiento del sistema y los envía a la nube. Este mecanismo de coordinación crea el marco de la fábrica inteligente, por tanto, los sistemas de fabricación se diseñan como una estructura autoorganizada que integra todos los objetos físicos entre sí a través de redes inteligentes. Además, los sistemas basados en la nube permiten a los socios verticales integrarse entre sí a través de plataformas compartidas. Los

flujos de productos y procesos serían visualizados y rastreados por los miembros del sistema (Wang, 2016).

6. Internet de las cosas

La Industria 4.0 significa que un mayor número de dispositivos -incluso productos inacabados- se enriquecerán con la informática integrada, lo que permitirá que los dispositivos de campo se comuniquen e interactúen tanto entre sí como con controladores más centralizados, según sea necesario.

El Internet de las Cosas (IoT) es la tecnología que habilita a los objetos y máquinas para comunicarse entre ellos y con los humanos para brindar soluciones.

La integración del Internet de las Cosas permite que un objeto funcione de manera independiente y permite a los humanos intervenir en el momento que se requiera.

Cada vez un mayor número de productos incorporará inteligencia y estará conectado mediante protocolos estándar. Esto descentralizará el análisis y la toma de decisiones, permitiendo respuestas en tiempo real (Akdeniz, 2019).

7. Cloud computing

Un mayor número de empresas relacionadas con la producción requerirá un mayor intercambio de datos entre los centros y los límites de la empresa. Al mismo tiempo, el rendimiento de las tecnologías en la nube mejorará, logrando tiempos de reacción de apenas varios milisegundos.

Como resultado, los datos y la funcionalidad de las máquinas se desplegarán cada vez más en la nube, permitiendo más servicios basados en datos para los sistemas de producción.

Ayudar a los servicios de cómputo a automatizar e integrar, pero también a facilitar la gestión y la administración. Es la forma de virtualizar los recursos y

servicios y de combinar el sistema basado en cliente/servidor. Cloud computing incluye conjuntos de recursos informáticos que ofrecen capacidades de almacenamiento y procesamiento en un sistema virtual al servicio de múltiples usuarios.

Hay tres modelos de computación en la nube: el software como servicio (SaaS), en el que el acceso depende de la compra del cliente, como el *Enterprise Resource Planning* (ERP); la plataforma como servicio (PaaS), en la que los clientes pueden acceder a sus aplicaciones en la nube, así también los desarrolladores de software; finalmente el tercer modelo provee la infraestructura como servicio (IaaS), en el que ofrece las actividades básicas, como las capacidades de almacenamiento (Haug et al., 2016).

8. Ciberseguridad

Con el aumento de la conectividad y el uso de protocolos de comunicación estándar que vienen con la Industria 4.0, la necesidad de proteger los sistemas industriales críticos y las líneas de fabricación de las amenazas de ciberseguridad aumenta dramáticamente.

Como resultado, son esenciales unas comunicaciones seguras y fiables, así como una sofisticada gestión de la identidad y el acceso de las máquinas y los usuarios. Se utilizarán sofisticados sistemas de gestión de la identidad y del acceso a las máquinas para proporcionar comunicaciones seguras y fiables.

Son necesarias soluciones preventivas y sistemas de defensa contra los efectos negativos de ataques a los sistemas de información. Por tanto, se hace necesario cuidar la integridad y seguridad de todos los repositorios de información sensible para las organizaciones.

Es igualmente importante construir sistemas nacionales de defensa y formar a los empleados contra los ciberataques. Aunque las soluciones contra la guerra cibernética supondrían un coste para las empresas, el coste total previsto no

sería elevado teniendo en cuenta los posibles efectos negativos de los ciberataques (Cho & Woo, 2017).

9. Big Data y Analítica

En el contexto de la Industria 4.0, la recopilación y evaluación exhaustiva de datos procedentes de muchas fuentes diferentes por ejemplo equipos y sistemas de producción, así como sistemas de gestión de la empresa y del cliente, lo que se convertirá en herramienta de uso cotidiano para apoyar la toma de decisiones en tiempo real, ello permitirá optimizar la calidad de la producción, ahorrar energía y mejorar los servicios (Rose et al., 2016).

El proceso de análisis de Big Data consiste en analizar los grandes conjuntos de datos, lo que proporciona información sobre las preferencias de los clientes, algoritmos en caso de correlaciones, tendencias y otra información.

La analítica de Big Data se utiliza en diversas áreas, como la predicción de fallos para reducir la probabilidad de error (Ji & Wang, 2017), y también los algoritmos predictivos impulsados por Big Data reducen las posibilidades de que se produzcan daños (Seele, 2017).

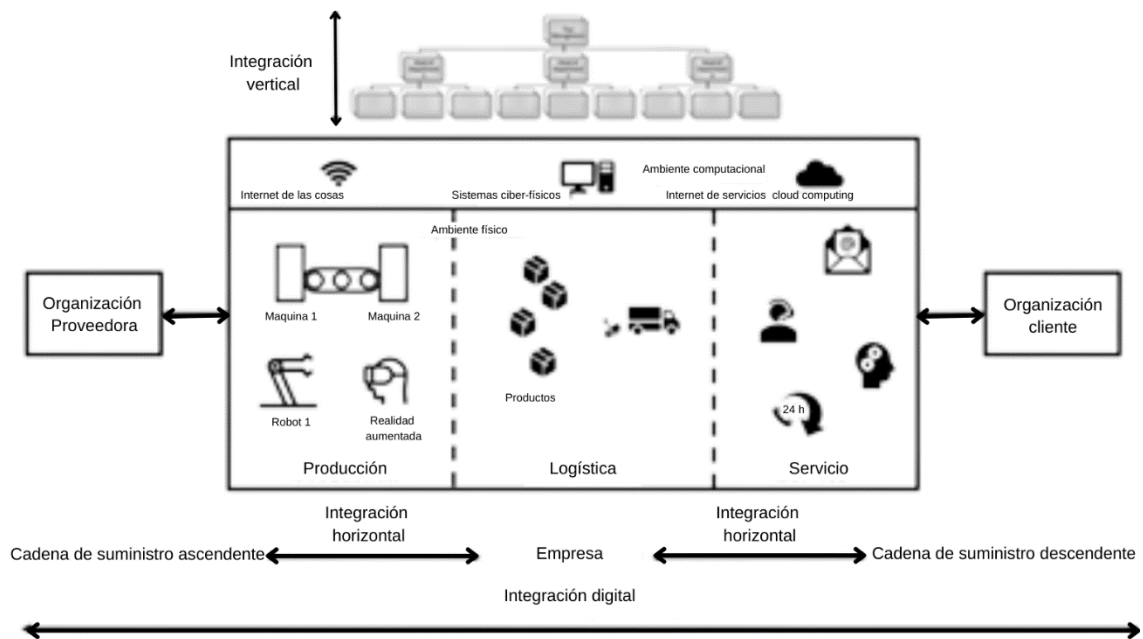
La capacidad de gestionar el Big Data proporciona ventajas competitivas a las empresas, al beneficiar sus operaciones, potenciar el marketing y la experiencia del cliente, entre otras cosas.

A principios de 2016, Industrial Internet Consortium y Plattform Industrie 4.0 anunciaron su colaboración, con un enfoque en la estandarización, la arquitectura para la "nueva" fabricación, los objetivos comerciales y el papel de Internet de las cosas en todo esto.

Cuando todas las tecnologías clave se aplican en toda su extensión, la fábrica, además, está equipada con inteligencia artificial para tomar decisiones basadas en los datos recogidos, lo que puede denominarse fábrica inteligente (Schuh et al., 2014).

Como referencia del entorno de la fábrica inteligente, Olsson y Xu (2018), propone el ecosistema que describe la Figura 2.

Figura 2. Resumen de las principales características de la Industria 4.0



Fuente: Elaboración propia con base en Olsson & Xu (2018).

Como puede verse en la Figura 2, el ecosistema que se emplean tecnologías de la Industria 4.0 da como resultado fábricas inteligentes que interactúan en tiempo real identificando la demanda, la cadena de suministros, la reconfiguración de la producción, el mantenimiento, la logística y la entrega al cliente donde también se genera un flujo de información en tiempo real que es procesada y analizada para tomar decisiones inmediatas relacionadas con los mismos ámbitos de manera inmediata e incluso de manera predictiva.

El Boston Consulting Group, identificó en su estudio *Sprinting to Value in Industry 4.0* (Rose et al., 2016) los siguientes retos para la adopción de Industria 4.0:

- La definición de una estrategia para la Industria 4.0.
- El replanteamiento de la organización y los procesos para maximizar los resultados.

- Entender el modelo de negocio.
- Realización de pilotos exitosos.
- Hacer que la organización se dé cuenta de que se necesita acción.
- La gestión del cambio.
- Cultura de la empresa.
- Una verdadera interconexión de departamentos.
- Talento humano.

Según Plattform Industrie 4.0 hay por lo menos dos retos más a ese nivel, y otros más de corte práctico y tecnológico:

- Excelencia en la gestión de la información.
- (Ciber)seguridad (y privacidad).

Otros desafíos prácticos, tecnológicos y relacionados con el ecosistema:

- Los retos de la integración de Tecnologías de la Información (TI) y Tecnologías de la Operación (OT).
- Cumplimiento de datos.
- Gestionar el riesgo y reducir los costes en tiempos de incertidumbre.
- Lidar con la complejidad de la cadena de suministro conectada.
- Una mejor comprensión de las tecnologías de TI y OT y, lo que es más importante, cómo se pueden aprovechar.
- Alterar las demandas de los clientes y socios industriales.
- La competencia y el hecho de que los campeones de la Industria 4.0 obtienen un beneficio competitivo rápidamente.
- El eterno y trascendental reto humano (Abramovici et al., 2018)

2.2 El capital humano para la Industria 4.0.

La Cuarta Revolución Industrial está repercutiendo en la vida cotidiana y creando una demanda de nuevas competencias. Las disrupciones en los modelos de negocio tendrán un impacto significativo en el mercado laboral de muchos

sectores, dando lugar a la creación y eliminación simultánea de un número significativo de puestos de trabajo, así como a un aumento potencial de la productividad y a un aumento de la brecha entre las competencias existentes y las deseadas (WEF, 2022)

La construcción de sistemas de educación preparados para el futuro exige que los programas escolares se ajusten al siglo XXI (Coşkun et al., 2019). La educación especializada debería proporcionar las habilidades más solicitadas y abordar la desconexión entre las necesidades del empleador y la instrucción necesaria para poder aprovechar el talento global (Kirchner, 2018).

La innovación tecnológica está cambiando la forma en que se generan los materiales educativos, cómo se distribuye el contenido educativo, en qué se involucran los estudiantes, con qué materiales y procesos se evalúan los resultados de la educación. Empresas como Coursera, edX y Khan Academy están revolucionando la forma de educar a través de los cursos en línea masivos abiertos (MOOC) (Jayasekara, 2017).

Sin embargo, algunos sistemas educativos, especialmente en el nivel primario y secundario, se han tardado en incorporar incluso las tecnologías de aprendizaje más básicas y de fácil acceso (Alario-Hoyos et al., 2015).

La tecnología presenta oportunidades de educar en formas nuevas, lúdicas y personalizadas, lo que podría cambiar el papel que tradicionalmente desempeñan los profesores y facilitar una experiencia de aprendizaje integral (Pinto, 2017; Chis et al., 2018).

Se ha propuesto como una solución para resolver problemas relacionados con la desigualdad del acceso a la educación las novedades y el uso de herramientas tecnológicas, por ejemplo, para llegar a comunidades rurales o difíciles de acceder en las que ya se tiene acceso a la tecnología digital (Mishra, 2015; Yang et al., 2019).

Nuevas investigaciones en pedagogía, psicología y otros campos indican áreas que están listas para la innovación, especialmente cuando se trata de aprendizaje personalizado (Baena et al., 2017). Es importante por ello, que se diseñen nuevos modelos de formación atendiendo a las circunstancias y características que tiene hoy en día el empleado que ya vive o desea vivir en el contexto de la Industria 4.0.

Dada la necesidad de aprovechar las posibilidades que brinda la Industria 4.0 se requieren adoptar y adaptar las cualificaciones y competencias del capital humano para que sea capaz de realizar las tareas que se producen en una fábrica del futuro, que naturalmente serán diferentes (Habraken & Bondarouk, 2017; Bissola & Imperatori, 2019; Liboni et al., 2019; Silva et al., 2020; da Silva et al., 2022).

La Industria 4.0 requiere una mano de obra con altos niveles de cualificación y, si no es así, las empresas deben encontrar la manera de sustituirla o reciclarla. Para hacer posible este proceso es necesario desarrollar y establecer cursos de formación para los empleados, centrados en las nuevas tareas fundamentales, como la gestión y el control de los sistemas digitalizados.

Cabe destacar en este contexto que la mayor carga para las empresas que emprenden la adopción de Industria 4.0 es la experiencia de los empleados en el ámbito de los conocimientos técnicos de procesos y control relacionados con la digitalización (Baum & Kabst, 2014; Gospel, 2015).

Por lo tanto, la formación y el desarrollo profesional continuo de los empleados es de gran importancia para tener éxito en las primeras etapas de la transición hacia la digitalización (Kagermann, 2013). La transformación requerirá considerablemente competencias específicas de los empleados, especialmente en el campo de las Tecnologías de la Información (Okkonen et al., 2019; Schneider & Sting, 2020).

Los programas típicos para fomentar el aprendizaje pueden incluir simulaciones del proceso de producción digitalizado para generar una comprensión de los procedimientos de la Industria 4.0. Otras prácticas propuestas por la literatura son las técnicas de aprendizaje digital (Kohnke, 2017; Zangiacomi et al., 2020).

Que la empresa opte por reciclar a los empleados o por buscar nuevos profesionales depende en gran medida de las capacidades internas de la organización. Aunque es beneficioso para las empresas aprovechar la experiencia de los empleados existentes, también puede tener sentido buscar nuevos profesionales que sean aptos para la transformación y la estrategia que adopte cada organización dependerá de sus propias circunstancias, pero también del contexto en que se desarrolle (Agostini et al., 2020; Zangiacomi et al., 2020).

2.2.1 Desarrollo de competencias en el capital Humano.

La innovación como proceso social implica no solo el desarrollo de nuevas técnicas sino también requiere nuevas formas de conocimiento, habilidades y competencias, razón por la cual tanto las innovaciones como el desarrollo de nuevas tecnologías se produce a través de actividades realizadas por personal calificado, por ejemplo, ingenieros, investigadores, administradores, los cuales representan el capital humano de una empresa (Hansson et al., 2014).

Las empresas deben reconocer e invertir en su personal como un activo valioso, en lugar de verlo como un posible problema, para poder afrontar este reto con éxito. Muchos sectores del mundo están lidiando con los cambios sísmicos de la Cuarta Revolución Industrial, así como con la pandemia del COVID-19, que están teniendo importantes repercusiones (WEF, 2022).

Para mejorar el rendimiento, el desarrollo del talento humano utiliza una serie de intervenciones que se centran en el desarrollo individual y el desarrollo de la organización. Estas intervenciones son aplicadas, con mayor o menor éxito, por

las organizaciones empresariales porque la organización quiere ver algún tipo de mejora en la calidad, la cantidad, el coste u otro.

La expresión "transformación del capital humano" significa que los empleados aprenden nuevas habilidades o las mejoran y luego las transfieren o aplican de forma óptima en el trabajo.

La transformación del capital humano es un proceso organizativo a varios niveles: es tanto el proceso de desarrollo de los conocimientos, habilidades o capacidades individuales como el proceso de mejora de las relaciones entre los distintos tipos de capital.

El desarrollo de recursos humanos trata de cómo las personas trabajan juntas en contextos organizativos, cocreando los procesos, las prácticas, las normas, los estándares y el entorno de la organización.

Dentro de estos procesos se encuentran tres tipos diferentes de capital, o impulsores de la creación de valor: los conocimientos, las habilidades y las actitudes individuales (por ejemplo, el capital humano); las relaciones sociales (por ejemplo, el capital social); y los sistemas organizativos (por ejemplo, el capital estructural). Cada uno de estos tres tiene el potencial de crear valor tanto para la organización como para el individuo (Storberg-Walker, 2004).

Dado que gran parte de la creatividad de las organizaciones se encuentra en sus miembros individuales ha habido un énfasis progresivamente mayor en el papel de las prácticas de humanos para identificar a las personas cualificadas que poseen las habilidades, las competencias y el potencial creativo necesarios para mejorar resultados de la organización. Los trabajos académicos han investigado las prácticas que permiten gestionar y fomentar la creatividad de los empleados.

Sin embargo, aprovechar la creatividad significa desarrollar formas de permitir que los empleados sean creativos, sino también retenerlos de manera que el

impulso creativo pueda desarrollarse a lo largo del tiempo y no se vea interrumpido por la constante necesidad de contratar nuevo personal para cubrir los puestos vacantes.

Si esta consideración es válida para todos los contextos organizativos, es especialmente válida para las organizaciones donde se requiere una generación continua de novedades y una alta tasa de rotación podría reducir la velocidad de respuesta de las empresas al entorno competitivo (Slavich, 2009).

2.2.2 Relevancia del talento humano en las organizaciones.

El talento humano, es uno de los principales valores de la organización y esto debe ver traducido en la calidad de sus servicios y productos, la entrada a nuevos mercados, las ventas, la innovación y la rentabilidad, con los cuales, la empresa tiene una posición competitiva sostenible a través del tiempo. La estrategia es la base para el desarrollo y la acumulación de habilidades y competencias organizacionales, de hecho, es a través de la estrategia, la empresa toma decisiones que determinan los recursos que la organización destinará a sus actividades clave (Terán, 2013).

Las estrategias formuladas por las empresas deben ser consistentes y aprovechar el talento de las personas que tiene a su disposición.

Por lo anterior, la empresa necesita conocer cuáles son las fortalezas y debilidades de su personal, para que con base en esta información la empresa decida las posibles acciones a seguir.

El concepto de estrategia tiene un valor primordial para determinar cómo las organizaciones definen su relación con el entorno en la consecución de sus objetivos, desarrollando y acumulando habilidades y aptitudes organizativas derivadas de las estrategias establecidas por la empresa.

Las habilidades y competencias organizacionales enfatizan el papel fundamental de la administración estratégica en la adaptación, integración y reconfiguración de los recursos y las habilidades organizacionales internas y externas para adaptarse al entorno cambiante.

2.2.3 Inserción laboral del talento humano.

La inserción laboral es el proceso por el cual los jóvenes miembros de la sociedad pasan de ser un miembro del sistema educativo y de la familia a la de un miembro del mercado laboral y logran la independencia de su familia (Gutiérrez et al., 2012).

También se considera como un proceso en el que intervienen factores de diferente naturaleza, desde las características de quienes buscan empleo (Bisquerra, 1992).

Cada día, las empresas son cada vez más conscientes de que la constante volatilidad y los cambios en la economía plantean nuevos desafíos a su alcance y capacidades globales; muy pocos gerentes de organizaciones piensan que su fuerza laboral está lista para enfrentar estos desafíos.

Según estudios de la OCDE, el 50% de las empresas formales en América Latina encuentran la fuerza laboral con las habilidades que necesitan, en comparación con el 36% de las empresas de los países miembros de dicha organización (OCDE, 2016).

Las empresas que buscan un crecimiento sostenible deben adoptar una estrategia de capital humano que alinee la planificación de la fuerza laboral con los objetivos comerciales y considere los impactos a corto, mediano y largo plazo en la cultura, el liderazgo y la organización.

Las habilidades y competencias organizacionales se desarrollan en los individuos y las organizaciones, a través del proceso de aprendizaje, mediante la adquisición de nuevos conocimientos, habilidades y actitudes, se vinculan, conectan y consolidan (Becerra-Gálvez & Campos-Ahumada, 2012).

No basta con promover la formación de capacidad tecnológica, es necesario fortalecer la capacidad de gestión estratégica. Y la combinación de estos conduce al desarrollo de capacidades organizacionales que en algún momento pueden crear habilidades dentro de la empresa.

Las capacidades se convierten en habilidades cuando son específicas de la empresa y, debido a su naturaleza implícita y contexto fuerte, son difíciles de imitar. Una empresa que ha desarrollado habilidades organizacionales demuestra la capacidad de alinear las necesidades del mercado con la visión de la empresa (Ponce-Espinosa et al., 2017).

La creación y transmisión de conocimientos y la acumulación de conocimientos y habilidades en las empresas se benefician de interacciones cercanas con universidades, centros de investigación, expertos (consultores) y recursos humanos que facilitan la vinculación. La educación y las habilidades son factores importantes para apoyar la transición de los empleados de la escuela al lugar de trabajo y el desarrollo holístico.

La educación es la clave para aumentar la baja productividad actual de América Latina y encontrar nuevos mecanismos para promover el crecimiento a largo plazo, reducir la pobreza, eliminar la desigualdad y fortalecer la estabilidad y la cohesión de la sociedad. De hecho, la educación y las habilidades son inversiones que pueden mejorar la productividad y la inclusión, y fortalecer las sinergias entre ambas (OCDE, 2016).

Hoy en día la gente cursa sus estudios de forma continua debido a la gran demanda de personal cualificado que necesitan las empresas. Hoy en día los

estudios no acaban, sino que existe una clara necesidad de formación continua si los jóvenes quieren incorporarse al mercado laboral o si ya están empleados, se quiere seguir trabajando en la misma empresa o quiere conseguir un mejor trabajo.

Existe un gran problema de inserción laboral derivado de la falta de capacidad del sistema socioeconómico para crear suficientes fuentes de empleo. Una realidad que se vive en todos los países, con mayor énfasis en los países en vías de desarrollo y en estos momentos de agitación provocada por la Industria 4.0.

2.2.4 Cambios en la naturaleza del empleo en el contexto de la Industria 4.0.

Las ocupaciones con más riesgo de perder empleos por esta automatización de sustitución serán aquellas que realizan tareas rutinarias de baja cualificación, estructuradas y que son fácilmente codificables por tratarse de procedimientos repetitivos a desempeñar y pueden desarrollarlas con mayor eficiencia los robots programables y los sistemas de información (Frey & Osborne, 2013; Autor, 2015).

De esta forma, el proceso de automatización, y el consiguiente desempleo tecnológico, será más intenso en diversas ramas del sector industrial y de los servicios con procesos productivos estandarizados y con poca actividad cognitiva en las tareas del trabajo humano. Los empleos y ocupaciones con un mayor riesgo de ser sustituidas son aquellas con menor grado de responsabilidad organizativa y con menores niveles educativos exigidos.

Las tecnologías de la Industria 4.0 exigirán habilidades y conocimientos específicos para que los individuos, los equipos y las organizaciones puedan cumplir con los requisitos para adoptar con éxito estos cambios (Tortorella et al., 2020).

Las ocupaciones basadas en la movilización de recursos cognitivos “no rutinarios” como la inteligencia creativa, emocional o social: no necesariamente cualificadas pero sí difícilmente automatizables (Autor, 2015), que deben adaptarse a acciones productivas menos estandarizadas, con lo cual, estarían menos sujetas a la automatización y sustitución, ya que son ocupaciones que requieren conocimientos heurísticos, ideas innovadoras, gestión de incertidumbre organizativa y tareas creativas (Frey & Osborne, 2013).

Desde esta perspectiva y ante el elevado riesgo de un nuevo desempleo tecnológico, se plantea la necesidad de actuar socialmente (desde la acción del Estado, de las administraciones públicas y de los agentes sociales).

Mediante la intervención en el sistema educativo y en la construcción de sistemas de formación continua a lo largo de la vida laboral para la difusión y adquisición de competencias tecnológicas para la gestión de las exigencias de la digitalización, así como para el desarrollo de las posibles competencias cognitivas (no rutinarias) en que el trabajo humano supera a la máquina en la Industria 4.0.

Lo anterior “Con el objetivo de atenuar las repercusiones negativas del progreso tecnológico sobre el empleo, es imprescindible que los agentes económicos, privados y públicos, gobiernen el cambio” (Donmènech et al., 2018).

2.3 Competencias del capital humano para la Industria 4.0.

La OCDE realizó el proyecto DeSeCo en el cual, el término competencia fue definido por Rychen y Salganik, (2001):

"Se centra en un enfoque funcional, que sitúa las complejas exigencias a las que se enfrentan los individuos en el primer plano del concepto de competencia. Según este punto de vista, las competencias se estructuran en torno a demandas y tareas. Cumplir con las demandas y tareas complejas requiere no sólo conocimientos y habilidades, sino que también

implica estrategias y rutinas necesarias para aplicar los conocimientos y habilidades, así como emociones y actitudes adecuadas, y una gestión eficaz de estos componentes. Así pues, la noción de competencias abarca componentes cognitivos, pero también motivacionales, éticos, sociales y de comportamiento. Combina rasgos estables, resultados de aprendizaje (por ejemplo, conocimientos y habilidades), sistemas de valores y creencias, hábitos y otras características psicológicas”.

Competencias clave.

Éstas se refieren principalmente a aquellas competencias genéricas que merecen un reconocimiento especial por su destacada importancia y aplicabilidad en los distintos ámbitos de la vida humana (educativo y laboral, personal y social). En uno de sus documentos, la Red de Información sobre la Educación en Europa (Eurydice), expone su posición de la siguiente manera. A pesar de su diferente conceptualización e interpretación, se tiene el acuerdo de que para que una competencia merezca atributos como "clave", "básica", "esencial" o "fundamental", debe ser necesaria y beneficiosa para el sujeto y para la sociedad en su conjunto (Verhoeven & Dom, 2002).

Las Competencias clave posibilitan a las escuelas para explorar el aprendizaje profundo y activo que promueve la resolución de problemas del mundo real y en colaboración que se requiere en el Siglo XXI (Hipkins et al., 2014)

Competencias genéricas.

Se refieren a las competencias que la formación debe desarrollar independientemente de la disciplina y que pueden utilizarse en una variedad de tareas. Como ejemplos de estas competencias se pueden señalar el pensamiento crítico y científico, habilidades sociales, habilidades de

comunicación, habilidades de resolución de problemas o habilidades de trabajo en proyectos (Jääskelä et al., 2018).

Las competencias genéricas se caracterizan por ser aplicables y útiles en varios contextos, por lo que pueden ser supuestamente transferidas entre diferentes ocupaciones laborales. Incluyen las competencias blandas y las habilidades adicionales, como la alfabetización, la aritmética, el uso de la tecnología entre otras (Kechagias, 2011).

En la mayoría de los casos incluyen la comunicación oral y escrita, la aritmética, las Tecnologías de la Información y la Comunicación (TIC), el aprendizaje del aprendizaje, la recuperación y el análisis crítico de la información, la gestión del tiempo y el trabajo en equipo (Robley et al., 2005).

Competencias blandas.

Se definen como habilidades intra e interpersonales (socioemocionales), esenciales para el desarrollo personal, la participación social y el éxito en el trabajo. Incluyen habilidades como la comunicación, la capacidad de trabajar en equipos multidisciplinares y la adaptabilidad.

Estas habilidades deben distinguirse de las técnicas, o "habilidades duras". Las caracterizamos como "habilidades" para enfatizar el hecho de que pueden ser aprendidas o desarrolladas mediante esfuerzos de formación adecuados, y también pueden ser combinadas, hacia el logro de resultados complejos.

Según Mitchell et al. (2010), las competencias blandas describen características personales como la capacidad de trabajo en equipo, la capacidad de comunicación, la ética, la capacidad de gestión del tiempo y la preferencia por la diversidad.

El diccionario Collins (Pass et al., 2005) define las competencias blandas como "*cualidades deseables para ciertos tipos de empleo que no dependen de los*

conocimientos adquiridos: incluyen el sentido común, la capacidad de tratar con la gente y una actitud positiva y adaptable".

Competencias básicas.

No son lo mismo que las "competencias clave". La mayoría de los expertos suelen hablar de competencias "básicas" para referirse al subgrupo de competencias genéricas o clave que son instrumentalmente esenciales en una cultura determinada para cada persona y trabajo, y en particular porque utilizamos las competencias "básicas" para comunicarnos entre nosotros y seguir aprendiendo.

Ejemplos clásicos de competencias básicas son: realizar cálculos aritméticos básicos (sumar, restar, multiplicar y dividir), y leer y escribir en la lengua materna. Desde la década de 1990, al menos otras dos competencias básicas, resultado tanto de la globalización económica como del acelerado progreso tecnológico, han ganado protagonismo: hablar idiomas extranjeros y utilizar las Tecnologías de la Información y la Comunicación (TIC) (Kechagias, 2011).

Competencias socioemocionales.

En cuanto a la clasificación de las competencias blandas, es importante tener en cuenta que varía de un autor a otro, y de una aproximación teórica a otra. El creciente interés por la Inteligencia Emocional (IE) desde mediados de los años noventa también ha contribuido al redescubrimiento de las competencias emocionales en particular y, por extensión, al de las competencias blandas. A continuación, exponemos un resumen de los principales modelos teóricos de las competencias socioemocionales que se encuentran en la literatura especializada.

En cuanto a una tipología de las habilidades emocionales, la psicóloga evolutiva Carolyn Saarni (1999) dice que hay un total de ocho: conciencia de las propias emociones; capacidad de discernir y comprender las emociones de los demás;

capacidad de utilizar el vocabulario de la emoción y la expresión; capacidad de implicación empática; capacidad de diferenciar la experiencia emocional subjetiva interna de la expresión emocional externa; capacidad de afrontamiento adaptativo de las emociones aversivas y las circunstancias angustiosas; conciencia de la comunicación emocional dentro de las relaciones y capacidad de autosuficiencia emocional.

El organismo de investigación sobre educación socioemocional, denominado Colaboración para el Aprendizaje Académico, Social y Emocional (CASEL), ha elaborado el siguiente listado de habilidades y competencias socioemocionales:

- Autoconciencia. Las habilidades para comprender las propias emociones, pensamientos, y valores y cómo influyen en el comportamiento en distintos contextos.
- Autocontrol. Tiene que ver con las habilidades para manejar las propias emociones, pensamientos, y comportamientos de manera efectiva en diferentes situaciones y para lograr metas y aspiraciones.
- Conciencia social. Es la capacidad de comprender las perspectivas y empatizar con los demás, incluyendo aquellos de diversos orígenes, culturas y contextos.
- Habilidades para relacionarse. Es la capacidad para establecer y mantener relaciones saludables y de apoyo y para navegar eficazmente en entornos con individuos y grupos.
- Toma de decisiones responsables. La capacidad para tomar decisiones y elecciones constructivas sobre el comportamiento personal e interacciones sociales en diversas situaciones (CASEL, 2020).

Los psicólogos Brackett et al., (2004) no hablan de habilidades en el sentido real de la palabra, sino de cuatro grandes competencias "emocionales", o ramas de la Inteligencia Emocional, que son:

- Percepción, evaluación y expresión de las emociones,

- Facilitación emocional de pensamiento,
- Comprensión de las emociones y el conocimiento emocional, y
- Regulación reflexiva de las emociones.

Las dimensiones socioemocionales más importantes relacionadas con la Inteligencia Emocional son: la adaptabilidad, la asertividad, la evaluación emocional de uno mismo y de los demás, la expresión emocional, la gestión emocional de los demás, la regulación emocional, la baja impulsividad, las habilidades necesarias para establecer relaciones, la autoestima, la automotivación, la habilidad social, la gestión del estrés, la empatía, la felicidad y el optimismo (Mayer & Salovey, 1993; Petrides & Furnham, 2001; Goleman, 2014).

Existen tres perspectivas o modelos teóricos principales (Talavera & Pérez-González, 2007):

- a) El modelo conductista. Originario de Estados Unidos; según este modelo, las competencias son vistas como un corpus coherente de comportamientos observables que permiten realizar adecuadamente una determinada actividad. Dio origen al enfoque de las competencias, y al enfoque en los rasgos de la psicología.

En este paradigma, se hace hincapié tanto en la observación del comportamiento como en la realización de entrevistas relacionadas con eventos críticos, con el objetivo de determinar los perfiles de comportamiento de los empleados exitosos. Cuando el rendimiento de una persona se ajusta a una descripción del puesto basada en una lista de tareas claramente definidas, se considera competente (McClelland, 1973).

- b) El concepto funcionalista de las cualidades y atributos personales. La competencia se define como un conjunto de cualidades (rasgos) que contribuyen al éxito en el trabajo y suelen definirse de forma más amplia y

genérica de manera que puedan aplicarse en diferentes contextos. El liderazgo y la iniciativa son ejemplos de estas cualidades (Mertens, 1996; Ducci, 1997).

- c) El enfoque integrado u holístico. Este enfoque de las competencias engloba habilidades como la capacidad de integrar las tareas realizadas (comportamientos) y las características personales, al tiempo que tiene en cuenta el entorno.

En resumen, este modelo considera las competencias como el producto de una interacción dinámica entre conocimientos, habilidades, comportamientos y aptitudes, así como rasgos de personalidad dinámicos basados en el contexto y el entorno de trabajo en el que está comprometido un individuo (Lira et al., 2005; Khujomov & Tangriyev, 2019).

No existe una lista definitiva de competencias, sino que hay varias listas. Cada lista se ha elaborado bajo la influencia de factores tanto globales como locales y refleja una situación particular.

Esas diferentes listas tienen seis elementos comunes según el National Centre for Vocational Education Research (Harris et al., 2003):

- Habilidades básicas/fundamentales: como la alfabetización, el uso de los números, el uso de la tecnología
- Habilidades relacionadas con las personas, como la comunicación, las relaciones interpersonales, el trabajo en equipo, la atención al cliente.
- Capacidades conceptuales/de pensamiento: recopilación y organización de información, resolución de problemas, planificación y organización, capacidad de aprender a aprender, pensamiento innovador y creativo, pensamiento sistémico.
- Habilidades y atributos personales: ser responsable, ingenioso, flexible, capaz de gestionar su propio tiempo, tener autoestima.

- Habilidades relacionadas con el mundo de los negocios, tales como habilidades de innovación, habilidades empresariales.
- Habilidades relacionadas con la comunidad: conocimientos y habilidades cívicas o ciudadanas.

Se ha adoptado un enfoque basado en las disciplinas en el proyecto DeSeCo, en el que se encargó a académicos de seis grupos de disciplinas que propusieran listas de competencias genéricas (Rychen & Salganik, 2000). Además de las competencias básicas o fundamentales, todas las demás pertenecen a la categoría de "competencias blandas". Este hecho revela la importancia que los enfoques modernos otorgan al desarrollo y la evaluación de las competencias blandas (Kechagias, 2011).

2.3.1 Competencias del Marco de Referencia Europeo.

Dado que la Industria 4.0 surge en Europa, se retoma el Marco de Referencia Europeo, en el que se define las competencias esenciales que los ciudadanos necesitan para su realización personal, inclusión social, ciudadanía activa y empleabilidad en una sociedad basada en el conocimiento.

Según el Marco de Referencia Europeo, a medida que la globalización siga enfrentando a la Unión Europea con nuevos retos, cada ciudadano necesitará un conjunto diverso de competencias para adaptarse a un mundo rápidamente cambiante y altamente interconectado (Comunidades Europeas [CE], 2007).

Las competencias se definen como una combinación de conocimientos, habilidades y actitudes adecuadas al contexto. Las competencias clave son aquellas que todos los individuos requieren para su realización y desarrollo personal, la ciudadanía activa, la inclusión social y el empleo.

El Marco de Referencia Europeo (2007), establece ocho competencias clave, que se indican a continuación junto con sus definiciones.

1. La comunicación en la lengua materna.

La comunicación en la lengua materna es la capacidad de expresar e interpretar conceptos, pensamientos, sentimientos, hechos y opiniones de forma oral y escrita (escuchar, hablar, leer y escribir), y de interactuar lingüísticamente de forma adecuada y creativa en una serie de contextos sociales y culturales; en la educación y la formación, en el trabajo, en casa y en el ocio.

2. Comunicación en lenguas extranjeras.

Se basa en la capacidad de comprender, expresar e interpretar conceptos, pensamientos, sentimientos, hechos y opiniones de forma oral y escrita (escuchar, hablar, leer y escribir) en una variedad de contextos sociales y culturales apropiados (educación y formación, trabajo, hogar y ocio) en función de los propios deseos o necesidades.

Requiere habilidades como la mediación y la comprensión intercultural. El nivel de competencia de un individuo varía a lo largo de cuatro dimensiones (escuchar, hablar, leer y escribir), así como entre diferentes lenguas y contextos sociales y culturales del individuo.

3. Competencia matemática y competencias básicas en ciencia y tecnología.

- La competencia matemática es la capacidad de desarrollar y utilizar el razonamiento matemático para abordar una variedad de problemas en situaciones cotidianas. Implica la capacidad y la voluntad de utilizar el pensamiento matemático (tanto lógico como espacial) y los métodos de presentación (fórmulas, modelos, construcciones, gráficos y diagramas) en diversos grados.
- En ciencias, la competencia se refiere a la capacidad y disposición para aplicar un conjunto de conocimientos y métodos para explicar el mundo natural, con el objetivo de identificar preguntas y sacar conclusiones basadas en pruebas.

- La competencia en ciencia y tecnología implica la comprensión de los cambios provocados por la actividad humana, así como la responsabilidad personal como ciudadano. La aplicación de esos conocimientos y metodologías como respuesta a deseos o necesidades humanas perceptibles se denomina competencia tecnológica.

4. Competencia digital.

Engloba el uso seguro y crítico de las Tecnologías de la Sociedad de la Información (TSI) para el trabajo, el ocio y la comunicación. Considera las habilidades TIC básicas de recuperación, evaluación, asignación, producción, presentación e intercambio de información, así como la comunicación y participación en redes de colaboración a través de Internet.

5. Aprender a aprender.

Es la capacidad de promover y perseverar en el aprendizaje, de gestionar el propio aprendizaje, mediante uso eficaz de tiempo e información, tanto de manera individual como grupal. Se incluye la conciencia del propio proceso de aprendizaje y sus necesidades, así como la capacidad de reconocer las oportunidades disponibles y superar los obstáculos para aprender con éxito.

Esta habilidad implica adquirir, procesar y asociar nuevos conocimientos y habilidades. Aprender a aprender permite a las personas basarse en conocimientos y experiencias anteriores para utilizar y aplicar sus habilidades y conocimientos en diversos entornos, como el hogar, el trabajo y la escuela.

6. Competencias sociales y cívicas.

Se incluyen la competencia personal, interpersonal e intercultural y abarcan todas las formas de comportamiento que capacitan a los individuos para participar de forma eficaz y constructiva en la vida social y laboral, y en particular en sociedades cada vez más diversas, y para resolver conflictos cuando sea necesario.

La competencia cívica se define como la capacidad de participar plenamente en la vida cívica, sobre la base de un conocimiento profundo de los conceptos y procesos sociales y políticos, así como de un compromiso de participación democrática.

7. Sentido de iniciativa y espíritu empresarial.

La capacidad de un individuo para transformar sus ideas en acción se denomina sentido de iniciativa y espíritu empresarial. Abarca rasgos como la creatividad, la invención y la asunción de riesgos, así como la capacidad de planificar y gestionar proyectos para cumplir objetivos.

Esto ayuda a los individuos a ser conscientes del contexto de su trabajo y a ser capaces de aprovechar las oportunidades de su vida cotidiana en el hogar y en la sociedad, así como en el lugar de trabajo, y sirve de base para las habilidades y conocimientos más específicos que requieren quienes establecen o contribuyen a la actividad social o comercial. Ello debería implicar el aumento de la conciencia ética y el fomento de la buena gobernanza.

8. Conciencia y expresión cultural.

Apreciación del valor de la expresión creativa de ideas, experiencias y emociones a través de diversos medios, como la música, el teatro, la literatura y las artes visuales (CE, 2007).

2.4 Competencias para la Industria 4.0.

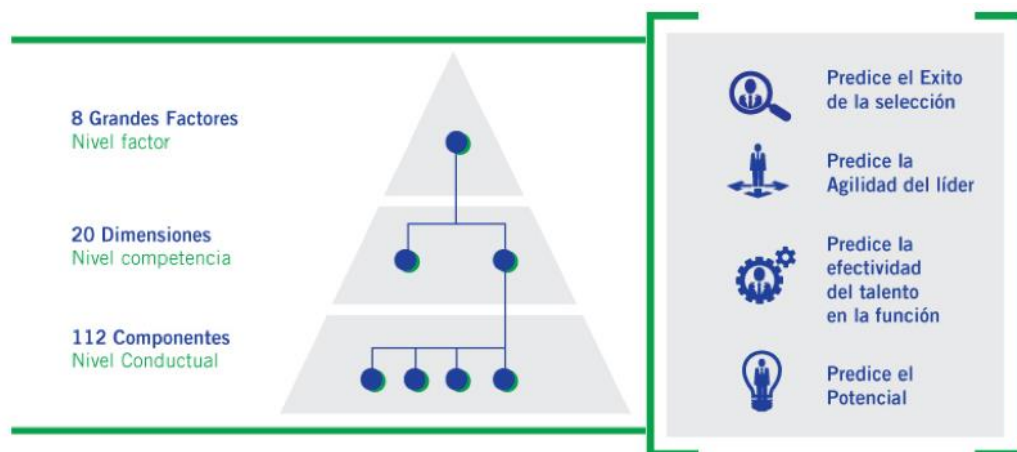
Se retoma el Marco de Competencias Universales (UCF) desarrollado por CEB *Talent Measurement Solutions*, empresa líder a nivel internacional que ofrece un amplio marco conocido como Marco de Competencias SH. Su modelo está diseñado sobre la base de la orientación conductual y fue derivado mediante el análisis de profesionales y enfoques académicos.

El Modelo de Competencias Universal, es un referente que proporciona una base racional, coherente y concreta con el fin de comprender los comportamientos de las personas en el trabajo y la probabilidad de ser capaz de tener éxito en roles y ambientes específicos con un enfoque estructurado que se basa en evidencia (Bartram, 2006, 2011).

Es funcional para desarrollar soluciones a la medida, modelos de competencias individuales que están vinculados a la base de un modelo común, genérico. Es un modelo integrado que reúne las aplicaciones de análisis de trabajo a través de todos los aspectos de la medición en el ciclo de vida del empleado. Su contenido refleja todo el dominio de competencias en el mundo del trabajo y se puede aplicar a todos los niveles de empleo.

En la Figura 3 se presenta el Modelo de Competencias Universal que en su estructura contempla descripciones psicométricamente significativas con una amplia descripción de ocho niveles de factores, con 20 niveles dimensionales de la descripción y un nivel componente muy detallado a través de 112 componentes (SHL, 2019).

Figura 3. Modelo de Competencias Universal SHL



Fuente: Prifti et al. (2017).

El modelo incluye tres niveles jerárquicos, empezando por los *Big Eight* en el primer nivel que ayuda al rendimiento laboral y define los ocho grupos principales de competencias que se presenta en la Figura 4. El segundo nivel se compone de veinte dimensiones de competencias que dividen los factores principales en categorías adicionales. Las competencias disponibles se explican el tercer nivel y cada una se corresponde a alguno de los 112 elementos (Prifti, et al., 2017).

Figura 4. Grupos y dimensiones en el modelo SHL



Fuente: Adaptado de SHL, (2020) en Alhosani et al., (2021).

Este modelo ofrece un nivel de información detallado que proporciona una visión general de las competencias, permite el desarrollo de modelos de competencias para temas específicos. Se ha empleado con éxito en trabajos científicos que buscan delimitar las competencias para la Industria 4.0 (Bartram, 2012; Prifti 2017; Gaith, 2021; Lin et al., 2021). También ha sido empleado por las empresas para desarrollar su esquema de competencias y sus prácticas de Recursos Humanos en el contexto de la Industria 4.0 (Hensel & Nilsson, 2019).

Capítulo 3. Estado del Arte.

La temática de la Industria 4.0 se ha abordado desde: la identificación de los roles de trabajo en las empresas (Benešová & Tupa, 2017); la determinación de las barreras para su adopción (Kamble et al., 2018); las necesidades para su implementación (Felix & Rosa, 2010; Knolle, 2016; Indústria, 2016; Dalenogare et al., 2018). Otros estudios revisan la planificación estratégica, tecnologías clave, oportunidades y los retos para poder ser implementada (Zhou et al., 2016).

Así mismo, se han desarrollado investigaciones enfocadas en los temas de: ciberseguridad en la operación de las tecnologías de la Industria 4.0 (Thames, 2017); los efectos sobre los lugares de trabajo y las condiciones laborales en las empresas 4.0 (Reuter et al., 2017) y la introducción del concepto de Industria 4.0 en las pequeñas y medianas empresas del sector de la construcción (Nowotarski & Paslawski, 2017).

Además, se analizan las habilidades y la experiencia necesarias que los jóvenes ingenieros necesitan para estar preparados en el marco de Industria 4.0. (Motyl et al., 2017). Por otra parte, se han investigado las necesidades de formación, ya que es tema clave para el éxito de las empresas manufactureras de diversos sectores (Rocha et al., 2018).

También, se han estudiado los impactos de la Industria 4.0 en la educación superior y la importancia del análisis estadístico de datos (Baygin et al., 2016; Olmo, 2017). Así como el proceso de transformación de un taller de fabricación en un espacio para formación de la Industria 4.0 (Baena et al., 2017).

Las competencias de los recursos humanos son uno de los principales factores para el éxito de las nuevas formas de producción y la adopción de la Industria 4.0. (Erro-Garcés & Aranaz-Núñez, 2020). Mientras que otros como Blanchet et al. (2016), esperan un efecto neto positivo entre la desaparición de puestos de trabajo y la sustitución y creación de otros nuevos.

Uno de los principales retos para la adopción de la Industria 4.0 es la falta de conocimientos, talento y habilidades en las tecnologías asociadas (Sagar & Jadhav, 2016; Cardoso et al., 2017).

Este reto es aún más relevante en los países en vías de desarrollo, debido a que las habilidades digitales están por debajo de la media mundial (Li et al., 2018; Huang et al., 2018).

Ante esta problemática, la literatura científica destaca la necesidad de conocer el impacto en cuanto a la sustitución o potenciación de la mano de obra humana derivada de los cambios que la adopción de la Industria 4.0 supone.

En el contexto mexicano Díaz-Bermúdez y Flores-Juárez (2017), realizaron un estudio cualitativo, donde se aplica una encuesta a 15 gerentes que forman parte del clúster automotriz de Nuevo León, los resultados describen competencias para adoptar la Industria 4.0, el *conocimiento y manejo de sistemas de simulación*, específicamente en temas colaborativos de manera virtual.

Además, consideraron el *aprendizaje organizacional*, como la competencia más importante y señalaron como la más débil a *desarrollar en los empleados habilidades, capacidades y procesos de mejora*. Por último, sugieren la incorporación y el desarrollo de las capacidades de *análisis financiero, liderazgo, pensamiento crítico y disruptivo*.

Hecklau et al., (2017) realizaron un estudio financiado por la Unión Europea dentro del proyecto "*Centro de Excelencia para la Informática y el Control de la Producción*" para examinar la influencia de la revolución de la Industria 4.0 en las competencias de los empleados.

Los autores hicieron una revisión crítica de 12 estudios elegidos en diferentes lugares del mundo y como resultado, construyen una propuesta de competencias organizadas en las dimensiones:

- Social (Comunicación y cooperación, Liderazgo).
- Metodología (Competencia analítica, Resolución de problemas complejos, Toma de decisiones).
- Personal (Creatividad, Voluntad de aprender, Flexibilidad y adaptabilidad).
- Dominio de redes digitales (Seguridad digital, Competencia en codificación, Comprensión de los procesos [Interdisciplina]).

La clasificación de la competencia en elementos personales, sociales, de dominio y metodológicos constituye otra forma ampliamente conocida de definir a las competencias. Las competencias personales incluyen las motivaciones, la actitud y los valores sociales de un empleado. Las competencias de dominio, que comprenden los elementos habilidades y conocimientos, son iguales a las competencias técnicas.

Las competencias sociales incluyen actitudes, habilidades y destrezas para entablar relaciones sociales con facilidad, cooperar y comunicarse con los demás. Por último, las competencias metodológicas incluyen todas las habilidades y destrezas para la resolución de problemas generales y la toma de decisiones, permiten a los empleados resolver problemas nuevos y complejos de forma independiente, con determinación y con la ayuda de métodos de pensamiento y trabajo aprendidos.

Grzybowska & Łupicka (2017) proporcionan un punto de partida para nuevas investigaciones sobre las competencias de los empleados para la Industria 4.0, al indagar en las competencias que necesitan los directivos contemporáneos para hacer frente a los nuevos retos partiendo de un cuestionario aplicado a diferentes industrias, que permitió identificar ocho competencias de gestión:

- Creatividad,
- Pensamiento empresarial,
- Resolución de problemas,
- Resolución de conflictos,

- Toma de decisiones,
- Capacidades analíticas,
- Habilidades de investigación y
- Orientación a la eficiencia.

Dichas competencias fueron identificadas en la literatura científica como relevantes para las nuevas tareas de gestión en el entorno de la Industria 4.0.

De acuerdo con la relevancia de la Industria 4.0 y sus retos, las futuras competencias se clasificaron en cuatro categorías (Müller et al., 2018):

- Personales, por ejemplo, la voluntad de aprender;
- Sociales/interpersonales, por ejemplo, la resolución creativa de problemas en entornos sociales;
- Relacionadas con la acción, por ejemplo, la capacidad de encontrar soluciones prácticas;
- Relacionadas con el dominio, por ejemplo, la comprensión de las tecnologías de red, así como el análisis y procesamiento de datos.

Los cambios de la Industria 4.0 requiere empleados creativos e inventivos, capaces de trabajar en entornos que requieren la eficiente interacción entre empleados y máquinas, por tanto, el adecuado desarrollo de las organizaciones está basado en gran medida de cómo se gestiona su personal (Simic & Nedelko, 2019).

Sakuneka et al. (2019) identifican competencias específicas de una disciplina y competencias multidisciplinares, los autores concluyen que las 10 principales competencias son:

- Colaboración,
- Análisis y procesamiento de datos,
- Competencias técnicas de TI,
- Adaptación,

- Comunicación,
- Alfabetización en nuevos medios,
- Innovación,
- Resolución de problemas,
- Procesos de producción e
- Inteligencia social.

Los resultados incluyen competencias que no son técnicas o especializadas. El estudio describe nuevas competencias que orientaran a futuro, tales como el control de robots a través de un servidor de producción, el diseño de software embebido, el desarrollo de Sistemas Ciber Físicos (CPS) y pruebas que son nuevas competencias técnicas que se requieren en el entorno de la Industria 4.0.

Por otra parte, en el estudio titulado “*Lessons learned from Industry 4.0 implementation in the German manufacturing industry*” (Veile et al., 2019), se subdividen las competencias requeridas para la implementación de las tecnologías en:

- Competencias informáticas,
- Competencias interdisciplinarias, y
- Rasgos de personalidad, por ejemplo, apertura al cambio para realizar su análisis y reportar sus resultados.

Los autores recomiendan a las empresas cooperar con instituciones educativas de todo tipo para participar en el desarrollo y diseño de programas educativos adaptados a las necesidades específicas de cualificación de la Industria 4.0.

Dagnoni y Santini (2019), realizaron un estudio en una empresa de comunicación en donde se identificaron las competencias deseables para el contexto de la Industria 4.0. Encontraron como relevantes las siguientes competencias:

- Agilidad,
- Sentido de la urgencia,

- Capacidad de evaluación,
- Criticidad,
- Búsqueda de información y
- Creatividad.

Por otro lado, la

- Capacidad multimedia,
- Innovación,
- Analítica,
- Pensamiento analítico,
- Aprendizaje activo,
- Inteligencia emocional y
- Resiliencia.

También fueron señalados, es decir, aunque se trata de otro contexto (de la comunicación) las competencias conductuales se señalan también.

Vrchota et al., (2019) reportan las competencias:

- Profesionales, por ejemplo, resolución de problemas, capacidad de decisión, amplia gama de conocimientos, enfoque interdisciplinario;
- Personales, por ejemplo, responsabilidad, pensamiento sistemático y
- Sociales como capacidad de comunicación y adaptabilidad.

Los futuros empleados en entornos de trabajo cada vez más impulsados por la tecnología y centrados en los datos tendrán que asumir más tareas de responsabilidad y más actividades relacionadas con la toma de decisiones y el análisis de datos. Por lo tanto, las habilidades de liderazgo se convertirán en la competencia más recomendada para todos los empleados que deban liderar un equipo (Liboni et al., 2019).

En la compilación que hace Götz (2019), agrupa las competencias en:

- Competencias generales
 - Creatividad,
 - Pensamiento emprendedor,
 - Resolución de problemas y conflictos,
 - Toma de decisiones,
 - Habilidades analíticas y de investigación,
 - Rápida adaptación a situaciones inesperadas,
 - Necesidad de una acción valiente,
 - Capacidad de fracasar con rapidez y de recuperarse rápidamente,
 - Unir fuerzas con los enemigos,
 - Rápido aprendizaje, desaprendizaje y reaprendizaje y
 - Producción de innovación cruzada.
- Competencias del Ingeniero 4.0
 - Pensamiento estratégico,
 - Trabajo en equipo interdisciplinar,
 - Diseño y desarrollo de algoritmos intuitivos para la "gente corriente",
 - Coordinación de la cooperación hombre-máquina,
 - Seguimiento estrecho y aprendizaje de los competidores y compañeros,
 - Capacidad de análisis,
 - Ambición y curiosidad,
 - Automotivación,
 - Esfuerzo y motivación por el autodesarrollo más que por los beneficios económicos,
 - Apertura y actividad,
 - Apertura a la diversidad, tanto en el contacto con las personas como en las tareas,

- Capacidad para comunicar otra información muy técnica/detallada con entusiasmo y optimismo, lo que provocará una respuesta positiva de los oyentes,
- Gran atención a los detalles,
- Búsqueda de la perfección,
- Garantía de la alta calidad del trabajo y
- Cumplimiento de las normas, reglas y procedimientos.

Con el fin de describir claramente los requisitos de competencias para la industria 4.0, en el documento “*Exponential Disruptive Technologies and the Required Skills of Industry 4.0: A review*”, de Bongomin et al., (2020) se clasifican las competencias en dos grandes grupos:

- Competencias técnicas y
- Competencias personales (*soft skills*).

Las competencias técnicas son necesarias para las tareas asociadas a las tecnologías y se subcategorizan en habilidades de teoría, habilidades de hardware, habilidades de software y algoritmos (habilidad digital).

Mientras que en las competencias personales son:

- Autogestión y gestión del tiempo,
- Adaptabilidad y capacidad de cambio,
- Capacidad de trabajo en equipo,
- Habilidades sociales,
- Habilidades de comunicación,
- Confianza en las nuevas tecnologías,
- Creatividad,
- Diseño,
- Innovación,
- Liderazgo,

- Mentalidad de mejora continua y aprendizaje permanente,
- Complejidad,
- Abstracción y resolución de problemas,
- Acción autodirigida,
- Autoorganización,
- Gestión de proyectos,
- Interacción humana,
- Idiomas (inglés, alemán, etc.),
- Autonomía,
- Flexibilidad cognitiva,
- Responsabilidad,
- Fiabilidad,
- Orientación al servicio,
- Negociación,
- Pensamiento crítico,
- Gestión de personas,
- Coordinación,
- Toma de decisiones y
- Orientación al servicio.

El trabajo de Maisiri et al., (2019) resalta el creciente uso de la inteligencia artificial que exige una fuerte interacción entre el hombre y la máquina para lograr una mayor productividad. Esta interacción requiere de:

- Habilidades no técnicas, como la inteligencia emocional, el pensamiento crítico, la creatividad, la comunicación innovadora, la colaboración, el liderazgo y el trabajo en equipo.
- Mientras que las habilidades técnicas serán significativamente importantes en los ingenieros del futuro. Las competencias tecnológicas, de programación y digitales son relevantes en la Industria 4.0. Las

competencias digitales que se señalaron como muy significativas incluyen la analítica de datos y las habilidades de ciberseguridad.

El documento “*The Future of Jobs Report 2020*”, reporta las siguientes 15 principales competencias para el entorno de la Industria 4.0:

- Pensamiento analítico e innovación,
- Aprendizaje activo y estrategias de aprendizaje,
- Resolución de problemas complejos, pensamiento crítico y análisis,
- Creatividad, originalidad e iniciativa,
- Liderazgo e influencia social,
- Uso, seguimiento y control de la tecnología,
- Diseño y programación de tecnologías,
- Resiliencia, tolerancia al estrés y flexibilidad,
- Razonamiento,
- Resolución de problemas e ideación,
- Inteligencia emocional,
- Solución de problemas y experiencia del usuario,
- Orientación al servicio,
- Análisis y evaluación de sistemas y
- Persuasión y negociación (WEF, 2020).

Cotet et al. (2020), realizaron un estudio a un grupo de estudiantes con formación técnica, se centraron en características específicas que describen a la inteligencia emocional. Con base en ello, se determinó la correlación entre los parámetros asertividad, prueba de realidad y compromiso.

Con los resultados, se elaboró un mapa de constelaciones con las habilidades blandas que encaja con los rasgos característicos de los iMillennials y las competencias necesarias para un entorno de Industria 4.0. Finalmente presentaron tres metafactores principales:

- Inteligencia emocional,
- Estrategias de comunicación y
- Capacidad de pensar de forma innovadora.

Que agrupan las competencias blandas de los estudiantes para la Industria 4.0.

Así también, el trabajo de Becke et al., (2020) considera las competencias de:

- Trabajo en equipo,
- Creatividad y
- Gestión del cambio.

Como las habilidades más buscadas, los autores describen al autoconocimiento como una habilidad que facilitaría una mejor orientación en el mundo y posteriormente en la profesión. Además, agregan competencias técnicas concretamente en las áreas de inteligencia artificial, uso de la computación en la nube, gestión de datos y manejo de robots.

Danphat et al., (2020) afirman que las competencias básicas incluyen el liderazgo estratégico y estar bien informado para que a largo plazo un líder estratégico participe en la asociación empresarial y sea capaz de considerar las diferentes facetas o partes de la organización que interactúan.

Los autores destacaron que los recursos humanos deben ser capaces de responder a los cambios que la Industria 4.0 conlleva para ser facilitadores o agentes de cambio, así como asesorar a la gente sobre cómo cambiar las cosas rápidamente y mostrar agilidad para responder rápidamente a los cambios. Entre las competencias señaladas están:

- Creatividad o pensamiento creativo,
- Habilidades para resolver problemas e
- Inteligencia emocional.

Simón et al., (2020), en su artículo identifican las siguientes competencias:

- Resolución de problemas complejos,
- Pensamiento crítico,
- Creatividad,
- Gestión de personas,
- Coordinación con otros,
- Inteligencia emocional,
- Juicio y toma de decisiones,
- Orientación al servicio,
- Negociación y
- Flexibilidad cognitiva.

Flores et al. (2020) realizaron un estudio relacionado con un cambio importante para el capital humano en el futuro de la Industria 4.0, dado que esta revolución surgió de las disrupciones tecnológicas, se requerirá una adaptación posterior por parte de los seres humanos. Los autores concluyen que la mano de obra del futuro tendrá que ser altamente adaptable, ingeniosa, resistente e interdisciplinaria para promover la interacción y la colaboración en las nuevas condiciones.

En dicho trabajo se afirma que el empleado, mostrará la interconectividad y la autoadaptabilidad en la empresa mediante interacciones flexibles y sociales, pero también adoptará conocimientos de digitalización de alto nivel, mostrará autoautonomía y gestión de la complejidad a través de un mayor aprendizaje y experiencia. El capital humano deberá poseer una inteligencia emocional, pues experimentará adaptaciones al cambio a través de la motivación y desarrollo de la perspectiva y también ejecutará todo tipo de actividades laborales en un escenario de contexto digital a través de la comprensión y utilización de los medios digitales.

En el mismo sentido, la investigación de Muñoz-La Rivera et al., (2020) incluye una propuesta de habilidades de innovación, basadas en la Industria 4.0, que

incluye definiciones de varios autores, y ejemplos concretos de cada categoría.

Los autores organizan las competencias en:

- Técnicas o Prácticas (Adaptabilidad, Conocimiento, Resolución de problemas);
- Interpersonales o sociales (Comunicación, Colaboración, Dedicación);
- Razonamiento (Creatividad, Proactividad);
- Gestión o Empresariales (Liderazgo, Pensamiento analítico).

De acuerdo con la investigación de Rawboon et al. (2021) se espera que las competencias de:

- Comunicación eficaz,
- Aprendizaje activo,
- Capacidad de adaptación al cambio y
- Liderazgo.

Constituyan las capacidades básicas de todo el personal futuro, por lo tanto, los futuros empleados deben imbuirse de estas competencias a niveles avanzados para trabajar con éxito en la era de la Industria 4.0.

Por otra parte, Peña-Jimenez et al. (2021) como resultado de su trabajo obtuvieron cuatro grupos de competencias,

- Cognitivas,
- Funcionales para el negocio,
- Estratégicas y de
- Gestión de personas.

Los autores encontraron además que dichas competencias eran más valoradas por los directivos que por sus subordinados.

Majid (2018) en su artículo “*A Comparative Study on the Current TESL Curriculum: Identifying a Match for Industry Revolution (IR) 4.0*” reporta relevante para el contexto de la Industria 4.0 superhabilidades como las siguientes:

- Pensamiento crítico,
- Creatividad,
- Gestión de personas,
- Coordinación con otros,
- Inteligencia emocional y
- Negociación.

Además, señala que al tener la necesidad de realizar críticas y valoraciones de obras literarias también se logra desarrollar pensamiento crítico y creatividad.

De acuerdo con Sony y Menkok (2021), los empleados de la Industria 4.0 son empleados del conocimiento. Por lo tanto, deben gestionarse de forma autónoma según estas seis dimensiones:

- Adaptabilidad interpersonal en la Industria 4.0,
- Adaptabilidad con el aprendizaje,
- Formación y educación continuos en la Industria 4.0,
- Adaptabilidad del equipo en la Industria 4.0,
- Adaptabilidad con la gestión del estrés en la Industria 4.0,
- Adaptabilidad a la resolución creativa de problemas en la Industria 4.0,
- Adaptabilidad a las crisis y a las circunstancias imprevistas en la Industria 4.0.

Finalmente, de acuerdo con las competencias reportadas en los artículos científicos, se construyen las siguientes tablas para sintetizar la información y constituir una clasificación que sirven para construir el perfil del trabajador profesional de la Industria 4.0.

En la Tabla 1 se muestra el listado de competencias de la dimensión *Decidir e iniciar la acción*.

Tabla 1. Dimensión Decidir e iniciar la acción.

Competencia	Referencias
Decidir e iniciar la acción	(Bermúdez & Juárez, 2017; Acosta, 2018; Simic & Nedelko, 2019; Beke et al., 2020; Ksenofontova et al., 2020; Stasiak-Betlejewska & Sujanová, 2020)
Liderar y Supervisar	(Cerezo-Narvaez et al., 2017; Díaz-Bermudez & Flores-Juarez, 2017; Mdluli & Makhupe, 2017; Acosta, 2018; Dagnoni & Santini, 2019; Maisiri et al., 2019; Muñoz-La Rivera et al., 2020)

Fuente: Elaboración propia.

En la Tabla 2 se listan las competencias de la dimensión *Trabajar con las personas* y las referencias que los tienen en cuenta.

Tabla 2. Dimensión Trabajar con las personas.

Competencia	Referencias
Trabajar con las personas	(Cerezo-Narvaez et al., 2017; Grzybowska & Łupicka, 2017; Acosta, 2018; Majid, 2018; Maisiri et al., 2019; Beke et al., 2020)
Adherirse a los principios y valores	(Grzybowska & Łupicka, 2017; Majid, 2018; Kadir et al., 2019; Liboni et al., 2019; Chen, 2020; Flores et al., 2020; Hernandez-de-Menendez, et al., 2020; Kaur et al., 2020; Ksenofontova et al., 2020)

Fuente: Elaboración propia.

En la Tabla 3 se listan las competencias de la dimensión *Relacionarse y trabajar en red* y las referencias en donde se encontraron.

Tabla 3. Dimensión Relacionarse y trabajar en red.

Competencia	Referencias
Relacionarse y trabajar en red	(Majid, 2018; Maisiri et al.,2019)
Presentar y comunicar información	(Acosta, 2018; Majid, 2018; Beke et al., 2020; Muñoz-La Rivera et al., 2020; Sony & Menkok, 2021)
Redactar e informar	(Maisiri et al., 2019)

Fuente: Elaboración propia.

En la Tabla 4 se muestra un listado de artículos en donde se describen competencias de la dimensión *Aplicar la experiencia y la tecnología* o se resalta su relevancia para el entorno de la Industria 4.0

Tabla 4. Dimensión Aplicar la experiencia y la tecnología.

Competencia	Referencias
Aplicar la experiencia y la tecnología	(Hecklau et al., 2017; Prifti et al., 2017; Acosta, 2018; Fitsilis et al., 2018; Kazancoglu & Ozkan-Ozen, 2018; Dagnoni & Santini, 2019; Ismail & Hassan 2019; Maisiri, 2019; Olojuolawe & Amin, 2019; Sakuneka et al., 2019; Simic & Nedelko, 2019; Fareri et al., 2020; Flores et al., 2020; Hernandez-de-Menendez et al, 2020; Hizam-Hanafiah, et al, 2020; Jerman et al., 2020; Widayani et al., 2020)
Analizar	(Acosta, 2018; Dagnoni & Santini, 2019; Maisiri et al.,2019; Mulyani & Djatmiko, 2019; Beke et al., 2020; Muñoz-La Rivera et al., 2020; Stasiak-Betlejewska & Sujanová,2020; Sony & Menkok 2021)

Fuente: Elaboración propia.

En la Tabla 5 se muestran los trabajos científicos que refieren competencias relacionadas con las capacidades de la dimensión *Crear y conceptualizar*.

Tabla 5. Dimensión Crear y conceptualizar.

Competencia	Referencias
Aprender a investigar	(Hecklau et al., 2017; Acosta, 2018; Majid, 2018; Dagnoni & Santini, 2019; Jerman et al., 2020; Ling et al., 2020; Maisiri et al., 2019; Sony & Menkok, 2021)
Crear e innovar	(Hecklau et al., 2017; Mourtzis, 2018; Maisiri et al., 2019; Olojuolawe & Amin, 2019; Beke et al., 2020; Jerman et al., 2020; Muñoz-La Rivera et al., 2020)
Formular estrategias y conceptualizar	(Acosta, 2018; Graczyk-Kucharska et al., 2018; Dagnoni & Santini, 2019, Simic & Nedelko, 2019)

Fuente: Elaboración propia.

En la Tabla 6 se listan las competencias de la dimensión *Planificar y organizar* y las referencias en donde se encontraron.

Tabla 6. Dimensión Planificar y organizar.

Competencia	Referencias
Planificar y organizar	(Bermúdez & Juárez, 2017; Majid, 2018; Ksenofontova et al., 2020)
Entregar resultados y satisfacer las expectativas de los clientes	(Graczyk-Kucharska et al., 2018; Mourtzis, 2018; Dagnoni & Santini, 2019; Flores et al., 2020; Jerman et al., 2020)
Seguir instrucciones y procedimientos	(Cerezo-Narvaez et al., 2017; Cicek et al., 2019; Maisiri et al., 2019; Olojuolawe & Amin, 2019; Ling et al., 2020; Stasiak-Bettlejewska & Sujanová, 2020)

Fuente: Elaboración propia.

En la Tabla 7 se listan las competencias de la dimensión *Adaptarse y dar respuesta ante los cambios*.

Tabla 7. Dimensión Adaptarse y dar respuesta ante los cambios.

Competencia	Referencias
Adaptarse y dar respuesta ante los cambios	(Bermúdez & Juárez, 2017; Acosta, 2018; Mourtzis, 2018; Dagnoni & Santini, 2019; Maisiri et al.,2019; Beke et al., 2020; Fareri et al., 2020; Hernandez-de-Menendez et al., 2020; Muñoz-La Rivera et al., 2020; Sony & Menkok, 2021)
Persuadir e influenciar	(Acosta, 2018; Majid, 2018; Maisiri et al.,2019; Beke et al., 2020)

Fuente: Elaboración propia.

En la Tabla 8 se listan las competencias de la dimensión *Lograr metas y objetivos personales y laborales*.

Tabla 8. Dimensión Lograr metas y objetivos personales y laborales.

Competencia	Referencias
Lograr metas y objetivos personales y laborales	(Bermúdez & Juárez, 2017; Cerezo-Narvaez et al., 2017; Maisiri et al.,2019; Hernandez-de-Menendez et al., 2020; Ksenofontova, et al., 2020)
Desarrollar pensamiento empresarial y pensamiento comercial	(Díaz-Bermudez & Flores-Juarez, 2017; Grzybowska & Łupicka, 2017; Acosta, 2018; Graczyk-Kucharska et al., 2018; Bahri et al., 2019; Maisiri et al.,2019; Sakuneka et al., 2019; Hernandez-de-Menendez et al., 2020; Fareri, et al., 2020; Jerman et al., 2020; Widayani et al., 2020)

Fuente: Elaboración propia.

El tipo de materiales identificados, sugieren aún el auge de revisiones iniciales y exploración de la temática.

Por lo encontrado en este trabajo, se concluye que existe la necesidad de estudiar la temática de I4.0 en Latinoamérica tal como también lo concluye Toro (2020) cuando menciona que es necesario conocer la situación de otras economías en desarrollo con fuerte respaldo en manufactura como México y China.

Además, se encontraron estudios de corte empírico relacionados con la competitividad, estrategias de adopción en el sector manufactura, así como la relación entre el trabajo y la formación requerida.

Capítulo 4. Metodología.

Los métodos utilizados en este trabajo de investigación se basan en un diseño de dos fases en una combinación de los enfoques cuantitativo y cualitativo. De acuerdo con Creswell et al. (2011) el diseño metodológico multifase permite examinar un problema o tema a través de la iteración de estudios cuantitativos y cualitativos conectados, que se alinean de manera secuencial; esto hace posible que una fase posterior se base en lo aprendido en la fase previa.

En la primera etapa, se utilizó un diseño de métodos mixtos paralelos convergentes, en el que los datos cualitativos y cuantitativos se recolectaron en paralelo, se analizaron por separado y luego se fusionaron.

En la segunda etapa, se aplicó un diseño de métodos mixtos secuenciales exploratorios (Creswell et al., 2011) para la recolección y análisis de datos cualitativos. A partir de los resultados exploratorios iniciales se realizó la recolección y análisis de datos cuantitativos para probar los resultados cualitativos iniciales.

De acuerdo con lo anterior, este trabajo de investigación tiene un diseño metodológico de dos fases (multifase) con una fase inicial donde se analizaron la demanda de habilidades y las percepciones de los demandantes.

En la segunda fase se abordó la opinión de los ofertantes de habilidades para el mercado del trabajo en el marco de la Industria 4.0.

En la primera sección de este capítulo se explican los motivos para utilizar el enfoque de métodos mixtos, así como las cuestiones éticas y prácticas. La segunda sección, trata de la fase cuali-cuantitativa de la investigación, las entrevistas semiestructuradas y cuestionarios a empresarios, así como la descripción de las muestras y de los dos instrumentos.

La última sección está relacionada con la fase dos, que utilizó como insumo los resultados obtenidos de la fase uno (cuanti-cualitativa), donde se recopilan datos cuantitativos para completar la investigación. En dicho apartado se describe el diseño desde el cuestionario piloto hasta el cuestionario final aplicado a estudiantes formados en programas educativos afines a la Industria 4.0.

4.1. Formulación de hipótesis.

Las hipótesis que se plantean para el estudio son las siguientes:

H0a: Las habilidades que requieren los futuros egresados de las carreras de Tecnologías de la Información y áreas afines a la industria manufacturera para incorporarse a la Industria 4.0 son técnicas.

H0b: La falta de cualificación del capital humano en la industria manufacturera dificulta la adopción de la Industria 4.0.

H0c: El uso de las herramientas digitales como un recurso de aprendizaje, influye en el desarrollo de habilidades que favorecen la adopción de la Industria 4.0.

H0d: Los hábitos digitales influyen en el desarrollo de habilidades relacionadas con la adopción de la Industria 4.0.

H0e: Las actividades de creación de contenido, influyen en el desarrollo de habilidades para la adopción de la Industria 4.0.

H0f: Abordar temas identificados en la literatura como pilares de la Industria 4.0 en las asignaturas disciplinares de los programas educativos, influye en el desarrollo de habilidades para la adopción de la I4.0.

H0g: La percepción que tienen los estudiantes sobre la importancia de prepararse para la Industria 4.0, influye en el desarrollo de habilidades que les permiten estar preparados para su adopción.

4.2 Enfoque de métodos mixtos.

Los enfoques de métodos mixtos se identifican también con el nombre de multiestrategia (Lewis-Beck et al., 2003; Benz et al., 2008), multimétodo o métodos múltiples (O'Cathain et al., 2007). Bryman (2006) realizó un análisis de contenido de 232 artículos de revistas de ciencias sociales que incluyen investigaciones que combinan enfoques cuantitativos y cualitativos, el autor concluye que los artículos emplearon principalmente una combinación de métodos de encuesta y entrevistas cualitativas. Por lo tanto, se puede afirmar que la combinación de métodos adoptada en el presente trabajo se utiliza ampliamente en la investigación en ciencias sociales.

Por otra parte, de los artículos incluidos en el estado del arte (capítulo 3 de este documento), solo 4 emplearon métodos mixtos; por lo tanto, se puede establecer que es un método aplicado considerablemente en ciencias sociales, pero no muy manejado en los estudios del tema de Industria 4.0.

Heyvaert et al. (2013) identificaron ocho beneficios o justificaciones para el uso de métodos mixtos: triangulación, exhaustividad, compensación de debilidades y provisión de inferencias más sólidas, respuesta a diferentes preguntas de investigación, explicación de los hallazgos, ilustración de los datos, desarrollo y prueba de hipótesis y desarrollo y prueba de instrumentos.

Además, Creswell (2014) manifiesta que el diseño de triangulación es el más común. El enfoque de métodos mixtos se ha utilizado como medio de triangulación para que los enfoques cuantitativos y cualitativos ayuden a validarse mutuamente. Es una estrategia para proporcionar una base de pruebas más amplia (Shanon-Baker, 2016) y mejorar la validez y la fiabilidad de la investigación o la evaluación de los resultados (Zohrabi, 2013).

La triangulación significa que el mismo fenómeno se investigue desde muchos ángulos para determinar su ubicación precisa en el entorno actual, utilizando

diversos informantes y métodos para determinar su significado y validez (Kvale, 1996).

Sin embargo, otros afirmaron que el enfoque de los métodos mixtos no se limita a la triangulación. Bryman (2006) argumentó que la investigación con métodos mixtos no sólo funciona como un enfoque de validación, sino que también se utiliza para lograr una perspectiva holística que combina los hallazgos de diferentes métodos.

Tal afirmación también es apoyada por Jick (1979), quien resalta que la triangulación puede ayudar a los investigadores a mejorar la precisión de sus juicios y a compensar deficiencias que pudieran darse en el uso de métodos individuales, mediante el contraste con otro método. De acuerdo con los autores citados contrastar los resultados cuantitativos y cualitativos tiene el potencial de ofrecer una visión más amplia e integral.

En el presente trabajo, se utilizaron entrevistas para probar si la formación de capital humano es un elemento base de la innovación tecnológica y también si el desarrollo de habilidades para la Industria 4.0 (I4.0) influirá positivamente en el proceso de su adopción en el sector manufactura de México.

Los datos cualitativos obtenidos por medio de entrevistas exploraron las habilidades que se requieren para favorecer la adopción de la Industria 4.0 en el sector de la manufactura en México. La razón para recopilar datos cuantitativos y cualitativos es hacer converger y contrastar los resultados de la percepción de impulsores y empresas que están adoptando Industria 4.0.

Posteriormente, se corroboró si los resultados están alineados con los datos cuantitativos que describen la formación de capital humano en las habilidades identificadas en la literatura científica como necesarias para detonar la adopción de la Industria 4.0.

El enfoque de métodos mixtos se utilizó como triangulación para confirmar y verificar los resultados cualitativos (de las entrevistas) con los datos cuantitativos (de los cuestionarios).

Las dos formas de datos aportaron elementos para comprender mejor el problema y proporcionaron más información que la que se obtendría con cualquiera de los dos tipos de datos por separado. A través del enfoque mixto, fue posible revelar de forma exhaustiva los detalles de las habilidades necesarias para la adopción de Industria 4.0.

El enfoque de métodos mixtos de dos utilizado en este estudio se describe en la Figura 5. En la fase mixta paralela convergente (Fase 1) se recuperó la opinión de líderes y empresarios. Los resultados de la primera fase se utilizaron en la fase mixta secuencial (Fase 2) para el estudio enfocado a estudiantes universitarios.

Siguiendo la estrategia que se presenta en el Figura 5 para dar respuesta a las preguntas de investigación, se realizó un estudio transversal de tipo empírico basado en la aplicación de cuestionarios a:

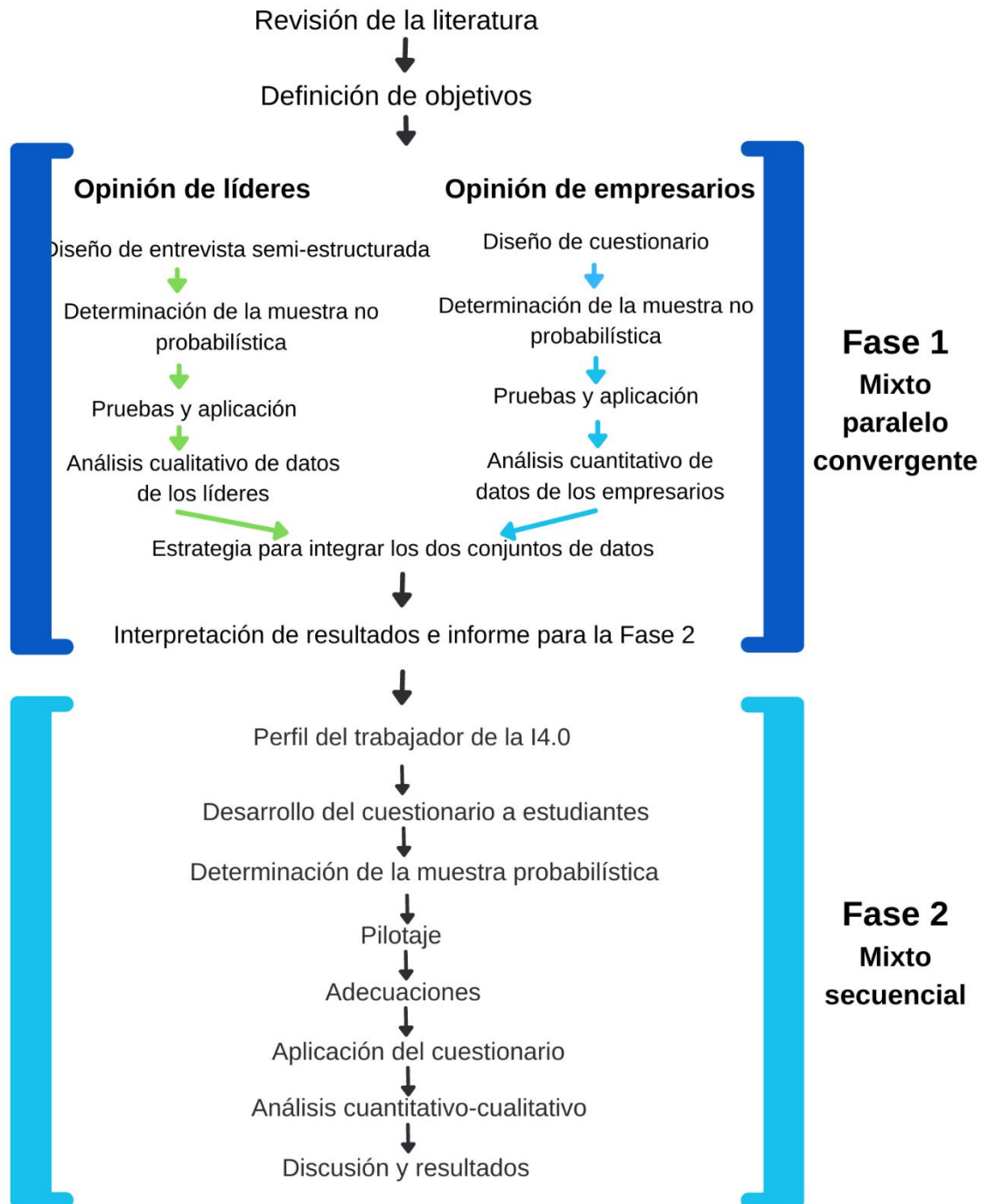
- a) Líderes impulsores de la adopción de la Industria 4.0 en el país.
- b) Empresas manufactureras que están en el proceso de adopción de tecnologías de la Industria 4.0 en sus actividades productivas.
- c) Estudiantes del área de Tecnologías de la Información y carreras afines a la industria manufacturera próximos a egresar en la Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo.

Como se mencionó anteriormente, en la fase inicial (Fase 1) se realizó un análisis cualitativo de las respuestas de líderes impulsores y empresarios. Para el análisis de resultados se utilizó un método de inducción analítica (Patton, 2002) y después se utilizó dicha información para implementar la segunda fase (Creswell, 2014).

Se hizo uso de la narrativa orientada al proceso (Van de Ven & Poole, 2005) para realizar el análisis de la información obtenida y explicar los principales retos a los que se enfrentan las empresas mexicanas en el proceso de adopción de la Industria 4.0 y cómo perciben las necesidades de capacitación del personal que soporte el proceso de apropiación de las tecnologías digitales asociadas.

Por otra parte, en el análisis de las respuestas de los estudiantes, se hizo un estudio de tipo cuantitativo mediante un modelo de ecuaciones estructurales para identificar su acercamiento al tema de Industria 4.0, si se incluyen las habilidades identificadas en su formación profesional y el conocimiento de qué habilidades necesitan.

Figura 5. Diseño multifase del trabajo de investigación



Fuente: Elaboración propia.

4.3. Fase 1. Modelos mixtos paralelos convergentes.

El consentimiento informado es una forma importante de garantizar que los posibles participantes estén bien informados sobre el proyecto en el que se les invita a participar (Wiles et al, 2007).

Con la finalidad de un trato ético en la obtención de la información, el procedimiento de las entrevistas a líderes fue anónimo, en el sentido de que no se pidió a los entrevistados que dieran su nombre.

El consentimiento informado de los participantes se obtuvo mediante formularios en los cuales se describió el proyecto, se indicó cómo se utilizarían y resumirían los datos de la entrevista. Además, se informó a los entrevistados sobre su derecho a no responder o a retirarse del proceso y garantizaba el anonimato de los resultados.

De manera similar, para la encuesta a empresarios, se adjuntó un apartado de presentación al cuestionario para informar a los participantes sobre los objetivos de la investigación y garantizar el anonimato de sus respuestas. A los participantes en la investigación no se les pidió su nombre y se utilizó un número de identificación del encuestado como identificador dentro del procedimiento de codificación y análisis. Sólo el investigador tuvo acceso a los cuestionarios.

Los participantes comprendieron el aspecto del anonimato y, en general, se mostraron contentos de participar en el proceso de entrevista.

4.3.1. Entrevistas a líderes impulsores de la Industria 4.0.

Se realizaron entrevistas semiestructuradas con líderes impulsores de la Industria 4.0 en el país, con el propósito de recabar sus opiniones para comprender el concepto de I4.0, los problemas a los que se enfrenta la adopción de las tecnologías asociadas, las necesidades de capital humano en el sector, su percepción sobre las habilidades requeridas y sus proyecciones sobre su

adopción en México. Este método de recogida es coherente con la investigación exploratoria.

4.3.1.1. Determinación de la muestra de líderes de la Industria 4.0.

Fueron seleccionados líderes impulsores de la Industria 4.0 en función de su especialización en el campo y su experiencia -utilizando datos secundarios, contactos personales y profesionales-.

Se conformó una muestra no probabilística (Battaglia et al., 2008; Hernández-Sampieri et al., 2013; Johnson & Christensen, 2014) de expertos de acuerdo con los siguientes dos criterios:

- CR1. Son expertos en el área, reconocidos por la función que desempeñan en la academia (centros de investigación), líderes de organismos civiles, gubernamentales o empresarios líderes en adopción de la Industria 4.0 identificados mediante su currículum público, y
- CR2. Accedieron voluntariamente a participar por invitación (Battaglia et al., 2008).

Para obtener un listado de expertos que cumplieran con el primer criterio (CR1) se realizó el siguiente procedimiento:

- a) Para cada uno de los estados de la República mexicana identificados en la literatura como relevantes en el proceso de adopción de tecnología. Centros de investigación relacionados con manufactura y/o con Industria 4.0; asociaciones civiles y gubernamentales relacionadas con I4.0 y empresas con indicios de adopción de Industria 4.0 mediante publicaciones científicas y de divulgación (conferencias o revistas del sector).
- b) Para identificar los candidatos a entrevista de líderes en adopción de la Industria 4.0, se consideró el planteamiento de Ivlev et al. (2015) que

define los siguientes criterios objetivos (5) para identificar agentes expertos en una temática:

CR3. Puesto laboral

- a. Jefe de la organización,
- b. Jefe adjunto,
- c. Jefe de departamento,
- d. Jefe adjunto de departamento.

CR4. Nivel de educación

- a. PhD,
- b. Maestría,
- c. Licenciatura,
- d. ningún grado.

CR5. Años de experiencia total

- a. >10,
- b. entre 10 y 5,
- c. <5,
- d. 0.

CR6. Años de experiencia en la problemática

- a. >10,
- b. entre 10 y 5,
- c. <5,
- d. 0.

CR7. Nivel de participación en el problema

- a. El experto está especializado en el problema en cuestión,
- b. El experto participa en el trabajo práctico para resolver el problema, pero éste no pertenece a la especialización indicada del experto,
- c. La cuestión pertenece a la especialización del experto,
- d. La cuestión no pertenece a la especialización del experto.

Sin embargo, en el país no se cuenta con una base de datos que reporte de manera pública esta información, ni una organización que sistematice tales datos. Por tanto, se utilizó como recurso para obtener información la red LinkedIn porque es la red social profesional más empleada (Kluemper et al., 2016; Ollington et al., 2013); además, ha sido diseñada específicamente para la creación de redes profesionales (Van-Dijck & Poell, 2013).

De acuerdo con Tang et al. (2008), es posible identificar en una red social académica, conexiones entre personas mediante una búsqueda de asociaciones e identificar expertos en la red tomando en cuenta no sólo la información específica de la persona, sino también la de sus relaciones con otras personas por medio de dos pasos: inicialización y propagación (Zhang et al., 2007).

La inicialización tiene que ver con un nodo de la red que tiene cierta relevancia, a partir de éste y teniendo como base la teoría de la propagación, se identifican las relaciones con otras personas, la idea básica es que, si una persona conoce a muchos expertos o si su nombre coincide muchas veces con el de otro experto, es probable que sea un experto en el tema. Así que, con ese enfoque:

1. Se retomaron los individuos relacionados con las propuestas de Industria 4.0 (Ver especificidades en el inciso a del CR1), que dictaron conferencias sobre I4.0 en universidades reconocidas en el año 2020.
2. Se identificaron los perfiles en LinkedIn y de forma sistemática se generó una tabla con el listado de posibles candidatos; para después someterlos a los criterios de inclusión: CR3, CR4, CR5, CR6 y CR7.
3. Se seleccionaron los perfiles más altos, resultado de las ponderaciones de los cinco criterios de inclusión (CR3-CR7), para generar una tabla de candidatos. El listado obtenido se muestra en el Anexo 1.

Mediante este proceso, se obtuvieron 50 candidatos a lo que se envió invitación para participar en este proceso. Sin embargo, sólo se obtuvieron respuestas de 13 expertos líderes en la adopción de la Industria 4.0 en México que son descritos

en la Tabla 5 en base a su ubicación geográfica (5 de zona norte, 5 zona bajo y 3 del centro del país) y el sector al que pertenecen (3 academia, 4 empresa y 6 gobierno o sociedad).

Tabla 9. Muestra de expertos líderes en I4.0.

	Norte	Bajo	Centro	Total
Academia	1	2		3
Empresa	1	2	1	4
Gobierno/Sociedad	3	1	2	6
Total	5	5	3	13

Fuente: Elaboración propia.

Los expertos de la Tabla 9 cumplieron también con el criterio CR2. Por otra parte, en la Tabla 10 se presentan los perfiles de los expertos incluidos en la investigación.

Para desarrollar las entrevistas, se acordó una cita con cada uno de ellos mediante el envío de correo electrónico y se consiguió el contacto personal tras algunos intercambios de mensajes de seguimiento. De acuerdo con la aprobación ética obtenida, los entrevistados permanecen en el anonimato. Se organizaron reuniones y llamadas de seguimiento para tratar cualquier tema poco claro y evitar cualquier mala interpretación.

Mediante el uso de un guion de entrevista semiestructurada, las entrevistas se llevaron a cabo entre julio y diciembre del año 2020. Debido a las limitaciones de la pandemia mundial de COVID-19 y las distancias geográficas, las entrevistas se llevaron a cabo a través de un formulario de Google Forms, conversación telefónica y comunicación por correo electrónico. Los medios de comunicación sincrónica y asincrónica empleados, se usan ampliamente y se reconocen como medios de comunicación regular y funcional.

Tabla 10. Líderes impulsores de la Industria 4.0 entrevistados

No	Género	Formación	Experiencia	Currículum	Empresa y relación con Industria 4.0
1	Femenino	Maestra en administración	Más de 15 años	Gerente de Canales para Motorola Solutions en México. Por sus funciones conoce el mercado, la infraestructura y situación en el país de la que dependen las implementaciones de tecnologías de Industria 4.0	Motorola comercializa los siguientes Productos: <ul style="list-style-type: none"> • Redes • Telecomunicaciones • Comunicaciones unificadas
2	Femenino	Ingeniero en Sistemas Computacionales y Maestro en Administración por el Tecnológico de Monterrey. Tiene una especialidad en Pedagogía de Sistemas. Tiene una Maestría en Investigación en Emprendimiento y es candidata al Doctorado en Creación, Estrategia y Gestión de Empresas en la Universidad Autónoma de Barcelona, enfocado al emprendimiento y la innovación social	Más de 28 años de experiencia profesional en diversas empresas e instituciones del sector público y privado	Consultora de empresas en gestión de procesos, administración de proyectos, planeación estratégica y equipos de trabajo efectivos. Cofundadora del Modelo de Jóvenes Emprendedores de la Secretaría de Economía, programa que ha impactado a +100,000 personas a nivel nacional de 2010 a 2012. Fue invitada como International Global Fellow al Kairos Global Summit 2012 en Nueva York, intercambiando experiencias con los 50 jóvenes más innovadores de las principales universidades del mundo, con los 150 académicos de universidades como Stanford, Yale, Babson y Harvard.	Socia directora de empresa Expertus - SPIEE S. A. de C. V. y Coordinadora de Programa Industria 4.0 en Nuevo León.

3	Masculino	<p>Ingeniero industrial Research interests: Circular Manufacturing, Service Engineering and Product-Service Systems, Cyber-Physical Systems & Human Systems, Advanced Production Management Systems, Green Virtual Enterprises, and Technology and Engineering Management in the context of the Fourth Industrial Revolution. He is recognized as the father and driving force of the “Operator 4.0” vision focused on promoting a socially sustainable Industry 4.0.</p>	<p>Profesor titular, investigador o ITESM Director de Alianzas Estratégicas para la Generación y Transferencia del Conocimiento para la Vicerrectoría de Investigación, Posgrado y Educación Continua, y anteriormente como director de Incubación y Aceleración de Empresas, así como de Transferencia de Tecnología del Campus</p>	<p>Es representante de la academia nacional y coach en la Secretaría Regional de la organización internacional: Sistemas Inteligentes de Manufactura (IMS). Sus temas de interés actualmente son: manufactura circular, ingeniería de servicios y de sistemas producto-servicio, sistemas humano-ciber-físicos, gestión de sistemas de producción avanzados, empresas virtuales sostenibles, y administración de la tecnología y la ingeniería en el contexto de la Cuarta Revolución Industrial. Es miembro del Comité Técnico 5.3 en Integración de Sistemas y Redes Empresariales de la Federación Internacional de Automatización y Control (IFAC), los Comités Técnicos 5.7 en Sistemas de Producción Avanzados y 5.12 en Arquitecturas para la Integración de Empresa de la Federación Internacional de Procesamiento de Información (IFIP), y de la Sociedad en Administración de la Ingeniería y la Tecnología y la Comunidad en Internet de las Cosas del Instituto de Ingenieros en Electricidad y Electrónica (IEEE).</p> <p>Adicionalmente contribuye a la agenda del Consejo para el Futuro de la Manufactura Avanzada y la Producción del Foro Económico Mundial (WEF) y es Embajador para el Foro Mundial de Manufactura (WFM).</p>	<p>Adscrito al Centro de Innovación en Diseño y Tecnología del Tecnológico de Monterrey, consultor y administrador de proyectos de base tecnológica. Ha publicado más de 100 artículos científicos y sirve en diferentes juntas y comités académicos, industriales y gubernamentales en las disciplinas de ingeniería de negocios e industrial que apoyan la transformación digital. Hoy en día, se centra promoviendo el concepto del Operador 4.0 para una Industria 4.0 socialmente sostenible.</p> <p>Sirve como miembro del Comité Técnico y Científico de conferencias internacionales arbitradas y de asociaciones industriales y gobiernos estatales y federales tanto nacionales como extranjeros con enfoque en la ingeniería industrial y de negocios. Actualmente se enfoca en la promoción de los conceptos del “Operador 4.0” y la “Manufactura Esbelta Digital”.</p> <p>Scientific Societies: Ibero-American Community for Knowledge Systems (CISC) Global Knowledge Based-Development Community (KBD) Society of Collaborative Networks (SoColNet) European Network of Living Labs (ENoLL) Intelligent Manufacturing Systems (IMS) FinES Cluster Task Force on Collaborative Networks ICE Community on Engineering, Technology and Innovation International Federation of Green Information and Communication Technologies IFAC Technical Committee TC5.3 on Enterprise Integration and Networking [Full member / Vice-chairman] IFIP Working Group WG5.12 Architectures for Enterprise Integration [Associate member] IFIP Working Group WG5.7 Advances in Production Management Systems</p>
---	-----------	---	--	--	---

			Ciudad de México.		[Full member / Secretary] IEEE Technology and Engineering Management Society IEEE Internet of Things Community
4	Masculino	Ingeniero industrial	Más de 25 años de experiencia	Vicepresidente Brovedani General Production Manager	Brovedani Reme México, S.A. de C.V. está ubicada en Querétaro, Querétaro, México y forma parte de la industria de fabricación de piezas de automóviles. Brovedani Reme México, S.A. de C.V. tiene un total de 300 empleados en todas sus sedes y genera 21,29 millones de dólares en ventas (USD). Hay 14 empresas en la familia corporativa de Brovedani Reme México, S.A. de C.V. Industria, Fabricación de autopartes, Fabricación de equipo de transporte, Fabricación de Partes y accesorios para vehículos automotores
5	Masculino	Project Manager, Social Entrepreneur, and Changemaker in Hauptstadtdistrikt, Mexiko	Más de 11 años de experiencia	Fue designado por Bern Rohde, director general de la Hannover Fairs México para contestar la entrevista. Es desde 2018, director de proyectos Deutsche Messe AG (Hannover Fairs México)	Empresa del gobierno alemán líder en la organización de ferias especializadas en los sectores de bienes de capital, recursos humanos y bienes de consumo. En nuestro portafolio de eventos se encuentran las ferias líderes en sus respectivos sectores, como Hannover Messe (Industria 4.0), IAA (transporte) y Agritetechnica (agroindustria), entre otras. Hannover Fairs México se fundó en México en 2016. Su misión es contribuir al desarrollo económico de las empresas a través de la organización de ferias y plataformas que promuevan los negocios B2B, con un enfoque en resultados, calidad y excelencia. Su visión es convertirse en la compañía líder en Latinoamérica en la organización de ferias y plataformas de negocios B2B.
6	Masculino	Contador público con maestría en administración	Más de 35 años de experiencia	Su experiencia, así como su vinculación en temas de industria aeroespacial, I4.0 e innovación. De 2017 es director general del Consejo de Ciencia y Tecnología del	Responsable técnico de proyectos CONACYT-CONCYTEQ Querétaro. El impulso a la Ciencia, la Tecnología y a la Innovación (CTI), es la base fundamental para

		financiera por la UAQ.		Estado, a lo largo de su trayectoria ha estado al frente de la Rectoría de la Universidad Autónoma de Querétaro (UAQ) del 2006-2012; fue director de la Escuela de Bachilleres y Secretario Administrativo de la UAQ.	generar un desarrollo sostenible a largo plazo. Actualmente no se puede pensar en un país que no genere acciones estratégicas para fortalecer e impulsar un ecosistema científico, tecnológico y de innovación. En el estado de Querétaro somos conscientes de este gran reto nacional y estatal. El Consejo de Ciencia y Tecnología del Estado de Querétaro (CONCYTEQ), participa en su calidad de organismo público responsable de coordinar los esfuerzos que en materia de CTI se realicen en la entidad.
7	Masculino	Licenciado en Electrónica-Comunicación- Informática.	Más de 25 años en los sectores Automotriz , Electrodo méstico, Médico e Industrial en Alemania, Canadá, USA, Sudamérica y México.	Dirección Ejecutiva con experiencia intercultural para implementar estrategias de Producción, Compras, Supply ChainDevelop, Lean Manufacturing, Diseño, Calidad, Logística y claves ejecutivas. Gobernanza en Ahorro de Costos, Local para abastecimiento local, desarrollo de proveedores, producción de transferencia. Consultoría en situaciones críticas, Shop FloorManagement, KPI's, Construcción de Equipos Eficaces, Intercultural Mind-Set y proceso de valor añadido. Desarrollo y empleo de I4.0 Smart Factory, Sensores, Transformación Digital, Ciencia de Datos, Ciberseguridad y Virtualización. Doctorado, MC Decision Making, Actualmente CEO de Admexus. MiembroAsociación AKJ DE y Advance Factories SP.	Presidente de la Asociación Mexicana de I4.0 CDMX
8	Masculino	Licenciado en ingeniería mecánica en la UPC de Barcelona, España. Máster en Industria 4.0 en el	30 años como ingeniero de diseño mecánico en diversas industrias	Consultor y asesor tecnológico para empresas.	Este líder ha trabajado en muchos sectores industriales, tales como: Automoción, ferrocarril, aeronáutica, alimentación y bebidas, maquinaria industrial y energía. Tras 30 años de carrera como ingeniero, ahora se dedica a la consultoría, análisis y promoción de soluciones sobre la Industria 4.0 y sobre las

		instituto SEAS, Zaragoza, España.	subsidiarias para los principales grupos tecnológicos, como: Grupo Volkswagen, Airbus, Alstom, etc.	tendencias tecnológicas de la Industria 4.0 en la actualidad.	
9	Masculino	Ing. Tecnologías de información, UPAEP. Diplomado en Administración por procesos, ITESM. Diplomado Tecnologías de la información redes CCNA y administración, ITESO. Diplomado en administración de Data Center, IBERO. C Level Alta Dirección, IPADE Business School. Maestría en Inteligencia Artificial, The digital business school, Barcelona España.	Más de 12 años	A lo largo de su carrera se ha desempeñado diferentes roles como consultor de sistemas de información, gerente de proyecto, gerente de eficiencia de procesos y adopción en tecnologías de información.	Gerente de Desarrollo Connected Enterprise Manager (Industria 4.0) Grupo ABSA Jalisco el proveedor de soluciones líderes en automatización, control industrial y comunicaciones. Se desempeña desarrollando y habilitando estrategias de adopción tecnológica que ayude a las empresas a mantener o aumentar su participación en el mercado mediante las innovaciones tecnológicas Actualmente resuelve las necesidades de Industria 4.0 de las empresas mediante la coordinación y la planificación estratégica, unificando y alineando las actividades del negocio mediante metodologías de mejora de procesos que automaticen y mejoren los procesos de las compañías.

10	Masculino	Maestro en Administración de Tecnologías de la Información, Desarrollador de Negocios	Más de 25 años	Consejero Comercial at Negotium Consejería Comercial Embajador 4.0 Nuevo León 4.0 Monterrey 4. ().	Business Manager Development in Tecnoap: pioneros en la aplicación de ciencia de datos en la manufactura, tenemos casos de éxito con los que hemos empujado al resto del ecosistema hacia la Industria 4.0. Hemos creado el Digital Transformation Day, impulsado por Nuevo León 4.0 para promover las nuevas tecnologías en diversos sectores de la economía que generen valor y conocimiento que pueda ser explotado.
11	Femenino	Doctora en Estudios Sociales Economía de la innovación y trabajo, UAM Universidad Autónoma Metropolitana Maestría en Administración, Negocios Internacionales, Tecnológico de Monterrey. Maestría en Economía y Gestión del Cambio Tecnológico, UAM Universidad Autónoma Metropolitana	Más de 25 años	Profesora Investigadora Miembro Regular de la AMC. Miembro del SNI Nivel 2. PRIDE C. Reconocimiento Gustavo Baz Prada 2016. Reconocimiento Sor Juana Inés De la Cruz. Premio Nacional a la Investigación Laboral 2005.	Investigador en temas de Industria 4.0 Contribuye con la perspectiva de la academia desde las IES públicas.
12	Masculino	Diplomado AD2, IPADE Business School. Latin America Corporate Management,	Más de 15 años	Miembro del Comité Rector de la iniciativa Nuevo León 4.0.	Esta iniciativa facultará el desarrollo de un Ecosistema 4.0, así como la integración de proyectos y necesidades, en conjunto con el sector empresarial, la iniciativa privada, centros de investigación, universidades y

			HIDA - AOTS Association. Maestría en Ciencias Commercialization of Science and Technology, U. Texas. Lic. en Informática Administrativa, UANL.		organizaciones laborales, con el apoyo de los gobiernos federal y estatal.
13	Masculino	Más de 9	Asesor económico Secretaría de Desarrollo Económico de la Ciudad de México Consultor externo para la elaboración de un Mapa de Ruta del sector inmobiliario de parques industriales en México. Una estrategia prospectiva basada en la situación actual, las principales tendencias globales, hitos y proyectos estratégicos, que impulsen el crecimiento y desarrollo del sector en el marco de la cuarta revolución industrial. Se incluyó como un líder en el sector gobierno y por ser una persona joven que puede tener un punto de vista distinto al resto de entrevistados.		Análisis de proyectos productivos, relaciones institucionales con empresas y organizaciones, investigaciones económicas y promoción del comercio y la inversión.
			Maestría en Ciencias Desarrollo Económico Urbano, UCL Ciencia Política y Relaciones Internacionales Centro de Investigación y Docencia Económicas, A.C. (CIDE)		

Fuente: Elaboración propia.

4.3.1.2. Instrumento para obtener información de líderes impulsores de la Industria 4.0.

El instrumento empleado para obtener la información de los líderes impulsores de la Industria 4.0 está basado en el estudio “*Skills needed in industry 4.0 and related challenges, a response to Industry 4.0 challenges*” (Acosta, 2018).

Se recolectan las opiniones de los especialistas para identificar elementos clave relacionados con las necesidades actuales y futuras del sector manufactura en el marco de la Industria 4.0. En la Tabla 11 se presentan las dimensiones del instrumento planteado a los encuestados.

Tabla 11. Dimensiones del instrumento aplicado a expertos

Dimensión	Preguntas
Datos del experto	4
Conocimiento sobre la Industria 4.0	2
Factores impulsores para la adopción de la Industria 4.0 en México	2
Factores de decisión para incorporarse a la Industria 4.0 en México	4
Tecnologías de Industria 4.0 en implementación	2
Retos para incorporar Industria 4.0 en México	2
Estrategias nacionales para el impulso de la Industria 4.0 en el país	1
Habilidades se requieren para implementar la Industria 4.0	1
Disponibilidad de las habilidades	1
Iniciativas de formación en habilidades para la Industria 4.0	1
Futuro de la Industria 4.0 en México	3

Fuente: Elaboración propia con base en Acosta (2018).

4.3.2. Encuestas a empresarios del sector manufactura.

Dado que la intención del trabajo es describir el estado que guarda la Industria 4.0 en el país se consideró:

- A. Los grandes polos de competitividad definidos por ProMéxico (2016): Nuevo León, automatización; Querétaro, clusterización inteligente; Jalisco, diseño industrial y big data; Tijuana, con la mayor concentración de empresas de fabricación de dispositivos médicos en toda América del Norte (Varney, 2017).
- B. En cuanto a la oferta de empleos según OCC Mundial (MéxicoIndustry, 2020), la región Bajío compuesta por Aguascalientes, Guanajuato, Querétaro y San

Luis Potosí representan el 10%, Jalisco (10%), Estado de México (11%) Región Norte (23%) y Ciudad de México (33%).

- C. La relevancia económica para el sector: Nuevo León es líder en la industria manufacturera con 23% del PIB estatal, la entidad aporta 10% de las exportaciones manufactureras que sumaron 40,000 millones de dólares. (Plastics Technology Mexico, 2020). El Bajío ha crecido casi 40% más que el resto del país y la región produce uno de cada cinco pesos que México exporta (Manufactura, 2019).

4.3.2.1. Muestra de empresas que ya implementan la Industria 4.0.

En esta investigación se documentaron las experiencias de algunas empresas que ya iniciaron la adopción de las tecnologías de la Industria 4.0, pero al no contar con una base de datos fidedigna u oficial que reporte cuántas y cuáles son tales empresas, la muestra seleccionada fue no probabilística por conveniencia. Se incluyeron las empresas que se identificaron con los siguientes criterios (Battaglia et al., 2008):

1. Son empresas con actividades desarrolladas en México que se pueden clasificar dentro del sector de la industria manufacturera,
2. Iniciaron el proceso de adopción de las tecnologías que caracterizan a la Industria 4.0, y
3. Accedieron voluntariamente a participar respondiendo a una invitación

Desde el mes de abril de 2020, se difundió el cuestionario a 1,034 unidades económicas dedicadas a la industria manufacturera, que se obtuvieron mediante los datos del directorio empresarial de INEGI. Del total de cuestionarios enviados por medio de correo electrónico donde se especificó las características que debían tener los encuestados (dedicarse a la industria manufacturera y emplear tecnologías de la Industria 4.0 en sus procesos), se recibieron respuestas de 30 empresas.

La distribución de las empresas por estado en la República mexicana fue la siguiente: Guanajuato (5), Puebla (1), Querétaro (3), Ciudad de México (4), Hidalgo (5), Puebla (2), Jalisco (2), San Luis Potosí (4), Tlaxcala (1) y Nuevo León (3). En la

Tabla 12 se presentan los ramos en los que se desarrollan las empresas incluidas en la muestra analizada en este estudio.

Tabla 12. Actividades de las empresas incluidas en la muestra.

Ramo	No.
Ejes de tracción para automóviles	1
Calzado	1
Textil	3
Equipos metálicos para generar Combustión	1
Partes automotrices de acero	1
Pintura y recubrimientos	1
Equipo de transporte de datos	1
Capacitores eléctricos	1
Farmacéuticos	1
Repostería	1
Curtiduría	1
Alimentos	2
Consultoría	3
Ingeniería	1
Software	1
Equipo industrial	2
Jugos de cítricos	1
Analítica, Big Data e Inteligencia Artificial	1
Industrial analytics end to end	1
Automotriz Heavy Duty	1
Sistemas de Gasolina	1
Automotriz	1

Fuente: Elaboración propia.

Las empresas que se incluyen en el estudio coinciden con las zonas geográficas de interés descritas en la literatura. Los datos de las compañías que ya adoptaron las tecnologías de la Industria 4.0, se recopilaron mediante formularios de Google Forms. Se enviaron y recibieron digitalmente durante los meses de abril a agosto de 2020.

4.3.2.2. Instrumento para las empresas que ya implementan la Industria 4.0.

El cuestionario que se aplicó a las empresas se basa en el trabajo de Stentoft et al. (2020). Se trata de un cuestionario con respuestas cerradas para seleccionar de entre varias opciones aquellas que correspondan con la evolución y motivación para

la adopción de la Industria 4.0 y las habilidades necesarias para un desarrollo satisfactorio en el entorno de la I4.0. El instrumento se integra por 7 dimensiones que se presentan en la Tabla 13.

Tabla 13. Dimensiones del instrumento aplicado a empresas.

Dimensión	Preguntas	Ítems
Datos de identificación de la empresa	6	-
Implementación de tecnologías de I4.0	1	12
Razones para implementar la I4.0	1	7
Impulsores de la adopción de I4.0	1	8
Barreras para la adopción de I4.0	1	11
Habilidades de los empleados (soft skills) para I4.0	1	17
Datos del empresario	3	-

Fuente: Elaboración propia con base en Stentoft, Wickstrøm, Philipsen & Haug (2020).

4.3.3 Análisis de los datos obtenidos por modelos mixtos paralelos convergentes.

Para analizar los resultados obtenidos en la Fase 1 con el método mixto paralelo convergente, los resultados cualitativos se sometieron a un análisis detallado en el que se empleó un método de inducción analítica (Patton, 2002).

Se utilizó la herramienta MAXQDA 20 para el análisis e interpretación de las entrevistas, las habilidades mencionadas por los participantes y se contrastaron con los datos obtenidos de los empresarios.

Los resultados de los análisis estadísticos de cuestionario a empresarios se analizaron primero independientemente y luego en conjunto con la información cualitativa para analizar las semejanzas, diferencias y complementar la propuesta de habilidades que se requieren actualmente a los trabajadores que desean incorporarse a entornos laborales en que se ha adoptado la Industria 4.0.

4.4. Fase 2. Modelos mixtos secuenciales.

Se tomaron como referencia los resultados de la Fase 1, después se aplicaron cuestionarios a una muestra representativa de estudiantes que se están formando en Tecnologías de la Información o áreas afines a la industria manufacturera para

verificar qué tan preparados están en las habilidades que se requieren para detonar la Industria 4.0.

Las respuestas se recopilaron mediante cuestionario con la herramienta Google Forms. Se enviaron mediante correo electrónico durante los meses de septiembre a diciembre de 2020.

4.4.1. Recolección de datos de estudiantes.

Por conveniencia derivada de la ubicación geográfica y la imposibilidad de realizar viajes y visitas durante la pandemia de COVID 19. Se seleccionaron estudiantes del estado de Hidalgo como parte del estudio atendiendo los siguientes criterios:

1. Conocer la situación de estudiantes de entidades que aún no destacan por el desarrollo o innovación hacia la Industria 4.0, donde una intervención podría promover el desarrollo regional y potenciar la competitividad de los estados.
2. Se consideraron a instituciones cuya proximidad espacial permite a los egresados incorporarse con facilidad a la fuerza productiva de la zona metropolitana del país, la cual necesita un empuje para transformar su vocación industrial.
3. Instituciones pertenecientes a entidades que, por su ubicación geográfica y acceso a ventajas en logística, pueden también impactar en la competitividad a nivel nacional.
4. Se incluyeron instituciones con reconocimiento a la calidad de su formación.

4.4.1.1. Determinación de la muestra probabilística.

Para determinar la muestra de estudiantes, se realizó el cálculo correspondiente basado en la ecuación de tamaño de muestra para una población finita empleando la siguiente ecuación (Moguel, 2005):

$$n = \frac{Z^2 pqN}{(N-1)e^2 + Z^2 pq}$$

El tamaño de la muestra se determinó empleando un nivel de confianza del 95% y un error muestral del 5%, para una población de 212 estudiantes de TI y programas educativos afines a la Industria 4.0 en la Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo, institución que cumple los criterios indicados previamente.

Donde: n = tamaño muestral; N=tamaño de la población; e=error que se prevé cometer (5%, para este proyecto); Z =coeficiente de confianza (1.96); p=prevalencia esperada del parámetro a evaluar, donde la opción más desfavorable (nivel de heterogeneidad) es p=70% y q=1-p entonces q=30%

Para llevar a cabo el muestreo aleatorio estratificado por sectores, se empleó la información presentada en la Tabla 14 donde se puede apreciar la conformación de la población de estudiantes, de acuerdo con el programa educativo al que pertenecen, para ello se tomaron como referencia los datos de la institución de educación superior en el periodo septiembre-diciembre 2020.

Tabla 14. Estudiantes inscritos en el último curso del Programa Educativo.

Programa Educativo	Grupos	No. Estudiantes	Porcentaje Individual	Porcentaje por PE
Licenciatura en Ciencias Computacionales	1	23	11%	40%
	2	24	11%	
	3	23	11%	
	4	17	7%	
Licenciatura en Ingeniería en Electrónica	1	5	2%	2%
Licenciatura en ingeniería en Telecomunicaciones	1	27	13%	13%
Licenciatura en Ingeniería Industrial	1	27	13%	26%
	2	27	13%	
Licenciatura en Ingeniería Mecánica	1	27	13%	13%
Licenciatura en Ingeniería de Software	1	8	4%	4%
Licenciatura en Ingeniería en Computación	1	4	2%	2%
TOTAL:			212	

Fuente: Elaboración propia con datos de Administración Escolar de la Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo obtenidos en el periodo julio-diciembre 2020.

Con base en estos datos, se obtuvo una muestra de 129 estudiantes. Se aplicaron los cuestionarios a estudiantes de Tecnologías de la Información y áreas afines a la industria manufacturera seleccionados aleatoriamente y guardando la proporcionalidad en cuanto a la representatividad indicada en la Tabla 10.

4.4.1.2. Instrumentos de recolección de la información de los estudiantes.

Como resultado preliminar de la fase 1, se obtuvo un perfil general del trabajador profesional de manufactura en la Industria 4.0. Las competencias obtenidas de ese proceso se incluyen en el instrumento aplicado a estudiantes para que con sus opiniones se identifiquen los factores que inciden en el desarrollo de las competencias indispensables para promover la adopción de la Industria 4.0 y favorecer la empleabilidad de los egresados de áreas afines al sector manufactura.

El cuestionario se integró por 14 ítems fue diseñado para evaluar las opiniones de los estudiantes de que se forman en áreas afines al sector manufactura sobre su formación en habilidades y temas relacionados con la Industria 4.0 (Anexo 2).

El cuestionario aplicado a los estudiantes incluye ítems relacionados con *soft skills* y formación en temas relacionados con Industria 4.0, para ello se tomaron como referentes instrumentos reportados en investigaciones científicas publicadas (Motyl et al., 2017; Clavert, 2019; Stentoft et al., 2020), se realizó una adaptación para garantizar la fidelidad a las referencias.

4.4.1.3. Validación del instrumento de recolección de la información de los estudiantes.

Con la finalidad de conformar una herramienta simple y eficaz para recopilar información estandarizada sobre aspectos importantes de las cualidades de un cuestionario, se empleó la metodología de validez de expertos (Babbie, 2009). La cual se refiere al grado en que aparentemente un instrumento mide la variable en cuestión, de acuerdo con voces calificadas se encuentra vinculada a la validez de contenido (Hernández-Sampieri et al., 2014).

De acuerdo con Groves et al. (2009) las recomendaciones recibidas permitieron desarrollar una mejor versión del instrumento en construcción.

Se eligieron los expertos listados en la Tabla 15, de entre personas que tienen publicaciones relacionadas con la Industria 4.0 (artículos, libros, conferencias) y que voluntariamente accedieran a revisar la propuesta de cuestionario para comprobar si podían entender las preguntas y validar la pertinencia de su contenido.

Tabla 15. Investigadores que apoyaron la validación de instrumento

No	Género	Formación	Experiencia	Razones para su elección
1	Femenino	Ingeniera en Electrónica y Comunicaciones por la Universidad Iberoamericana y Doctora por la Universidad Politécnica de Madrid. Es profesora-investigadora de posgrados en Planeación Estratégica y Dirección de Tecnología.	Sus líneas de investigación son: inclusión digital, adopción de la tecnología, políticas públicas de innovación y telecomunicaciones, transformación y competitividad digital. Es miembro del consejo editorial de la revista Strategy, Technology & Society, de la Sección Puebla de la IEEE y del Sistema Nacional de Investigadores nivel 1.	Por su amplia experiencia como investigadora y su conocimiento en temas relacionados con adopción de tecnología y transformación digital.
2	Femenino	Doctora en Psicología y Aprendizaje por la Universidad de Zaragoza, España. Maestra en Psicología por la UDLAP. Es profesora de tiempo completo del Doctorado en Educación y de la Maestría en Innovación y Calidad Educativa. Es miembro del Sistema Nacional de Investigadores Nivel 1, del Consejo Mexicano de Investigación Educativa (COMIE), de la Red de Investigadores de la Investigación Educativa (REDMIIE), de la Red Nacional de Investigadores en Educación y Valores (REDUVAL) y de la Asociación Científica de Psicología y Educación, en España.	Su investigación se centra en la autorregulación del aprendizaje y las variables educativas y psicológicas asociadas. Ha escrito varios libros, capítulos de libro y numerosos artículos en revistas internacionales de alto impacto sobre estos temas.	Por su experiencia y aportaciones académicas en los temas de habilidades y aprendizaje.

3	Femenino	<p>Decana de Posgrados de Ingeniería y Negocios en UPAEP, anteriormente era Directora de Vinculación Empresarial en la Universidad Tecmilenio, ha sido profesora de cátedra en el Tecnológico de Monterrey Campus Puebla, Directora Asociada de la División de Ingeniería y Arquitectura, Directora del Departamento de Ciencias Computacionales y Sistemas de Información en el Tecnológico de Monterrey Campus Ciudad de México, egresó de licenciatura del Campus Monterrey de la carrera en Sistemas Computacionales Administrativos en 1988, con mención honorífica, igual que en la Maestría en Tecnologías de Información en el año de 1995, Doctora en Ciencias Computacionales en el año 2007, con el tema de investigación: "Derivación de un modelo independiente de la plataforma partiendo de datos semi-estructurados".</p>	<p>Ha tenido a su cargo el desarrollo de sistemas de información y la contraloría de gestión en empresas de transporte de carga regular y constructoras. Participó en varias clínicas empresariales, desarrollando sistemas administrativos para diversos giros de la industria, también impartió un curso de extensión en el área, publicado en congresos y revistas arbitradas; formo parte del comité de revisores de congresos. Certificada por Itera en la metodología de PMBoK para Administración de Proyectos. Capacitada en Big Data por el IESDE y certificada en Psicología Positiva por la Universidad Tecmilenio.</p>	<p>Por su amplia experiencia como investigador, participación en la publicación de libro sobre el tema de Industria 4.0, así como sus reconocidas publicaciones científicas.</p>
4	Masculino	<p>Doctor en Economía por El Colegio de México, y licenciado en Matemáticas por la Universidad Autónoma del Estado de México. Ha hecho estancias de investigación en Glasgow University y en la Paris School of Economics.</p>	<p>Director Académico de los Posgrados en Desarrollo Económico y Sectorial Estratégico, UPAEP (2017 a la fecha) Interesado en el diseño de mercados y la modelación matemática, ha publicado artículos de investigación la existencia y unicidad de soluciones a problemas económicos. Miembro del Sistema</p>	<p>Por su amplia experiencia como investigador, participación en la publicación de libro sobre el tema de Industria 4.0, así como sus reconocidas publicaciones científicas.</p>

		Participante en eventos internacionales como la Young Economist Meeting (Brno, 2016), y la 21st IFORS Conference (Québec, 2017).	Nacional de Investigadores nivel candidato.	
5	Masculino	Doctor en Planeación Estratégica y Dirección de Tecnología, UPAEP Maestría en Ingeniería Industrial, UAEH Ingeniero Industrial. UAEH	Coordinador del programa educativo de Ingeniería Industrial en Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo-Escuela Superior de Ciudad Sahagún.	Su experiencia como investigador, su interés en el tema sus publicaciones al respecto y el conocimiento derivado de la coordinación del programa educativo.
6	Masculino	Doctor en Ciencias de la Educación, UAEH. Maestro en Educación, Consorcio Educativo Anáhuac Universidad Interamericana para el Desarrollo. Licenciado en Computación. UAEH	Miembro del Sistema Nacional de Investigadores (SNI Nivel C) del Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT). Docente en los niveles educativos de posgrado, educación superior y bachillerato. Investigador en las líneas de currículum, innovación educativa y desarrollo y uso de la tecnología.	Ha publicados artículos científicos en revistas arbitradas e indexadas de alcance internacional, así como capítulos de libro.

Fuente: Elaboración propia.

Se envió por correo la solicitud de revisión, pidiendo que dieran su punto de vista sobre el instrumento. La transcripción de los comentarios fue considerada para identificar recomendaciones sobre la estructura y contenido del cuestionario. Después de atender las recomendaciones se envió nuevamente para un análisis final.

Con la versión del instrumento aprobada por los expertos, se llevó a cabo un estudio piloto formal para asegurarse de que los estudiantes podían entenderlo.

El objetivo del estudio piloto fue probar el cuestionario con estudiantes para ver si había alguna cuestión poco clara en relación con el cuestionario o la estructura empleada.

El cuestionario se probó formalmente con una muestra de 200 estudiantes del Instituto Tecnológico Superior de Atlixco utilizando el envío de formularios de Google Forms. Los cuestionarios no se analizaron por sus resultados sustantivos, sino que se examinaron en busca de respuestas que no se hubieran proporcionado de acuerdo con las instrucciones, o de preguntas a las que no se hubiera respondido.

Uno de los comentarios más frecuentes fue que había demasiadas preguntas, y algunos encuestados no entendieron las indicaciones. Por lo tanto, con las observaciones y análisis, se elaboró una versión final del cuestionario.

Los datos obtenidos de la prueba piloto se analizaron con STATA versión 15, se llevó a cabo un análisis de componentes principales (rotación varimax). Los valores de 0.5, que se derivaron de la matriz de componentes rotados, se consideraron significativos. La fiabilidad interna se evaluó mediante el alfa de Cronbach. Se consideró aceptable un valor alfa de 0.7 o más. Se determinaron las tasas de respuesta y los niveles de datos faltantes para cada elemento. Finalmente, el instrumento se integra por 6 dimensiones que se presentan en la Tabla 16.

Tabla 16. Dimensiones del instrumento aplicado a los estudiantes.

Dimensión	Preguntas	Ítems
Medios digitales de que dispone el estudiante	1	12
		6
Hábitos digitales básicos desarrollados	3	8
		8
Formación en tecnologías de la I4.0	1	12
Percepción de la importancia que tiene prepararse para la I4.0	1	5
Nivel de dominio de habilidades (soft skills) para I4.0	1	24
	Total	75

Fuente: Elaboración propia con base en Motyl et al. (2017); Clavert (2019); Stentoft et al. (2020).

El instrumento se aplicó con la finalidad de que los datos recolectados sirvan para identificar las necesidades de la industria, el avance del proceso, la oferta de habilidades actuales y qué tan preparados están los estudiantes próximos a egresar para la nueva dinámica económica y de producción mundial.

La información se obtuvo mediante cuestionarios aplicados a una muestra de estudiantes que forman parte del objeto de estudio. Asimismo, la información se recolectó durante los meses de septiembre a diciembre del año 2020, siguiendo el plan plasmado en la Figura 6.

Figura 6. Plan para la obtención de datos.

<p>Fuentes: Estudiantes de licenciatura cursando programas relacionados el sector manufactura, inscritos en el último curso del programa educativo</p> <p>Método de recolección: Cuestionario electrónico enviado por correo.</p>	<p>Localización: en la Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo</p> <p>Forma de preparación para el análisis: Matriz de datos.</p>
<p>Variables por medir: Medios digitales de que dispone el estudiante, hábitos digitales básicos desarrollados, formación en temas relacionados con Industria 4.0, percepción de la importancia que tiene prepararse para la Industria 4.0, nivel de dominio de competencias para Industria 4.0.</p> <p>Definiciones operacionales: escalas de un instrumento que mide las variables de interés denominado: Preparación del estudiante para incorporarse a la Industria 4.0</p> <p>Muestra: 129 estudiantes cursando programas relacionados el sector manufactura, inscritos en el último curso del programa educativo</p> <p>Recursos disponibles: económicos suficientes, tiempo 3 meses.</p>	

Fuente: Elaboración propia.

El cuestionario a estudiantes en el último año de formación universitaria en programas educativos de áreas del conocimiento relacionadas con el sector manufactura y Tecnologías de la Información y Sistemas (TIC) se integró por las

dimensiones que se presentan en la Tabla 16. La muestra final de estudiantes fue de 129 individuos inscritos en 7 programas educativos distribuidos de acuerdo con los siguientes porcentajes:

Licenciatura en Ciencias Computacionales	40%
Licenciatura en Ingeniería en Electrónica	2%
Licenciatura en Ingeniería en Telecomunicaciones	13%
Licenciatura en Ingeniería Industrial	26%
Licenciatura en Ingeniería Mecánica	13%
Licenciatura en Ingeniería en Computación	4%
Licenciatura en Ingeniería de Software	2%

Los porcentajes listados por programa educativo se corresponden con los incluidos en la Tabla 14 relacionada con la integración de la oferta educativa de programas afines a la industria manufacturera.

Capítulo 5. Resultados.

Los resultados de este proyecto de investigación se presentan en los siguientes bloques:

1. Percepción de los líderes en adopción de Industria 4.0.
2. Percepción de las empresas que ya están adoptando Industria 4.0.
3. Percepción de los estudiantes próximos a ser egresados en áreas afines a Industria 4.0.

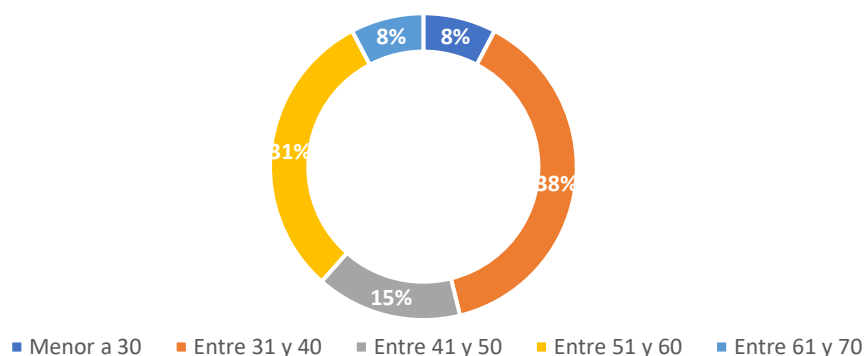
En los dos primeros bloques se analizó la percepción que tienen los líderes y los directivos de empresas respecto de sus experiencias en la adopción de Industria 4.0 en México, las oportunidades para el sector manufactura y en su entorno próximo.

Además, de las consideraciones de ambos actores respecto de las competencias y destrezas necesarias para que la fuerza laboral sea un factor a favor de la transformación de las empresas. Para el tercer bloque, el análisis realizado se centró en la valoración de los estudiantes universitarios sobre la formación recibida, el desarrollo de competencias y sus perspectivas de participación en un mercado laboral en el contexto de la Industria 4.0.

5.1. Percepción de los líderes en adopción de la Industria 4.0.

En esta sección se presentan los resultados del análisis de los datos obtenidos con las entrevistas semiestructuradas realizadas a los líderes en adopción de Industria 4.0. La conformación de la muestra de personas entrevistadas consistió en el 77% de género masculino y el 23% femenino; el 61% de los líderes entrevistados es menor de 50 años. Mientras que el 8% son menores de 30 años, 38% tienen entre 31 y 40 años, 15% entre 41 y 50 años, 31% entre 51 y 60 años y el 8% entre 61 y 70 años, estos datos se presentan en la Figura 6.

Figura 6. Edades de los líderes entrevistados



Fuente: Elaboración propia.

Con el propósito de sistematizar el análisis de las respuestas de cada persona entrevistada, se codificaron de acuerdo con el patrón: PN-[M/F]; donde P es el Participante, N el número de participante y se caracteriza el género con los valores M (Masculino) o F (Femenino).

En relación con el liderazgo en la adopción de las Industria 4.0 de las personas entrevistadas en la Tabla 17 se presentan las respuestas a la pregunta: ¿Cómo llegó a la posición en que actualmente se desempeña? Un grupo de personas *construyó (C) esa posición* a través de ascensos, recomendación, estudios o promoción. Un segundo grupo llegó a dicha posición por *emprendimiento personal (EP)* al crear la organización o consultoría en la que se desarrollan.

Tabla 17. Acceso a posición de liderazgo

Código	Respuesta	Método
P1-F	Recomendación	C
P2-F	Creación de empresa y nombramiento	EP
P3-M	A través de estudios, investigación, desarrollo tecnológico y consultoría.	C
P4-M	Promociones continuas	C
P5-M	Proceso de reclutamiento	C
P6-M	Por invitación	C
P7-M	Dueño	EP
P8-M	Mediante el autoempleo: soy <i>entrepreneur</i> .	EP
P9-M	Cuando se fue el Gerente anterior, me sugirió como su sucesor	C
P10-M	Lancé mi propia consultoría.	EP
P11-F	Desempeño profesional	C
P12-M	Ascenso	C
P13-M	Recomendación	C

Fuente: Elaboración propia.

Para el trabajo de análisis de datos cualitativos, se siguió la estrategia de realizar una primera revisión e interpretación, después se dejó un espacio temporal amplio, que permitió reflexionar y en un segundo momento, hacer nuevas valoraciones y reinterpretaciones para fomentar un análisis más efectivo.

En la parte inicial, se transcribieron en documentos de texto todas las respuestas de las entrevistas realizadas. Se hizo una primera revisión de los datos; tres meses después, una segunda revisión para favorecer el contraste de los hallazgos y resultados. Además, se siguió la recomendación de la literatura científica de consultar a un colega investigador que también realice el análisis para identificar diferencias, coincidencias, discutir y finalmente consensuar en la identificación de información valiosa para el proyecto.

En cada una de las fases de análisis, se generaron categorías y subcategorías de codificación acordes con los objetivos del estudio. Para realizar el proceso de manera sistemática, se empleó el software MAXQDA 20 (disponible en <https://es.maxqda.com/descargar>) para la organización y análisis de datos cualitativos.

La estrategia de análisis de los datos cualitativos se basó en los cuatro pasos de acuerdo con Tutty, Rothery y Grinnell (1996) que se describen a continuación:

- Paso 1. Identificar códigos “unidades de significado”, a partir de las respuestas de los participantes en los cuestionamientos de la entrevista. Los códigos se organizaron agrupando respuestas similares en una categoría o tema y separando los disímiles para crear categorías distintas (Karasar, 2012).
- Paso 2. Clasificar los códigos por unidades de significado y se generaron categorías emergentes, las categorías se analizaron en busca de temas o patrones.
- Paso 3. Examinar las categorías en busca de significado e interpretación.
- Paso 4. Construir un diagrama para ilustrar los códigos y los temas encontrados en los datos (Miles & Huberman, 1994).

En las siguientes secciones se describen los elementos identificados y se acompañan de las respuestas de los entrevistados para fundamentar las observaciones y comentarios.

5.1.1 Significado de Industria 4.0.

En la figura 8 se describe cómo los líderes entrevistados incorporaron al significado de Industria 4.0 el concepto de *tecnologías digitales* que pueden implementarse en la *industria* (en varios casos expresaron para la industria de manufactura). Un elemento relevante en las respuestas estudiadas es el concepto *integración* en el sentido de incorporar elementos tecnológicos y humanos, herramientas, sistemas de información, tecnologías y sistemas tanto humanos como ciber-físicos. El concepto *cambio* se integró en las respuestas estudiadas para expresar que la Industria 4.0 promueve nuevas formas de trabajo y producción.

Las respuestas a la pregunta: ¿Está familiarizado con la Industria 4.0? ¿Para usted qué significa? se presentan en la Tabla 18. Los líderes entrevistados describen el significado de Industria 4.0 desde sus diferentes contextos profesionales; conciben un ecosistema de tecnologías digitales que posibilita su integración en los sistemas de producción para impactar en la productividad, competitividad y eficiencia de las empresas.

Tabla 18. Significado de Industria 4.0

Código	Respuesta
P1-F	"...sí, aprovechamiento de las diferentes tecnologías digitales en las operaciones de la Industria..."
P2-F	"...sí. Significa desarrollo, progreso, competitividad, productividad, eficiencia..."
P3-M	"...sí, la integración de tecnologías de información y operacionales con el ingenio humano para el desarrollo de capacidades digitales en los sistemas de manufactura, suministro y logísticos..."
P4-M	"...sí, una unión entre el software y la maquinaria, llámese equipos robóticos, líneas de producción, etc."
P5-M	"...El término nació en la Hannover Messe 2011 y es parte de la estrategia de altas tecnologías futuras del gobierno federal de Alemania para designar una segunda ola de digitalización (más profunda e integral que la anterior) y la siguiente etapa en la evolución tecnológica tomando en consideración las nuevas posibilidades de

	interconectividad entre el mundo físico y virtual (lo “ciber-físico”), así como los avances en sus distintas áreas de aplicación en robótica, inteligencia artificial, IoT, y muchas más...”
P6-M	“...una nueva revolución industrial caracterizada por un ritmo de cambio nunca visto; un impacto sin precedentes en la tecnología y la transformación de sistemas complejos que inciden en la industria y en la sociedad en su conjunto...”
P7-M	“...sí, he dado conferencias en Alemania y España sobre Industria 4.0...”
P8-M	“...sí, representa el cambio más profundo desde la Revolución Industrial del siglo XVIII...”
P9-M	“...sí. Un avance tecnológico que permite automatizar y monitorear, mediante sensores, el comportamiento de maquinaria y otros equipos; con el propósito de tomar decisiones de manera oportuna o recibir alertas cuando se tiene un comportamiento anómalo...”
P10-M	“...es la transformación digital de las operaciones de manufactura. Donde el dato es más importante que el producto terminado...”
P11-F	“...es la digitalización de las industrias...”
P12-M	“...sí, interconexión entre productos, maquinaria y tomadores de decisión mediante la digitalización de procesos...”
P13-M	“...sí, un ecosistema de tecnologías, empresas, inversión e innovación para incrementar la productividad de la manufactura tomando en cuenta fuentes de energía renovable y los últimos desarrollos tecnológicos...”

Fuente: Elaboración propia.

5.1.2 Tendencias futuras.

En la Figura 8 se describen las respuestas de los entrevistados en relación con las tendencias futuras de la Industria 4.0 expresan que promoverá el *crecimiento y evolución* de las empresas a través de la *optimización* de procesos y la implementación de sistemas *inteligentes* (Smart Factory, Smart Production, AI).

Por otro lado, se establece que los *cambios* provocados por la Industria 4.0 tendrán consecuencias importantes en la *empleabilidad y desigualdad* entre los individuos, las empresas y las naciones.

Se solicitó a los líderes promotores entrevistados que dieran su opinión sobre tendencias futuras en las temáticas: sociedad, industria, educación y fuerza de trabajo; las respuestas recolectadas se presentan en la Tabla 19. Describen un escenario en el que los efectos de la Industria 4.0 se extenderán a los procesos de las empresas para mejorar su eficiencia e impulsar mejoras en la productividad y competitividad.

Además, se consideran los efectos en los mercados laborales que requerirán de nuevos conocimientos y capacidades para lograr la integración efectiva de las tecnologías asociadas.

Tabla 19. Tendencias futuras en: sociedad, industria, educación y fuerza de trabajo.

Código	Respuesta
P1-F	"...reinención de procesos de la empresa, agregar tecnología digital a procesos, mejora la eficiencia y el valor para el cliente..."
P2-F	"...lograr alcanzar economías más inteligentes por el uso de tecnologías digitales, que impulsen a una mejor educación, competitividad, productividad..."
P3-M	"...el Operator 4.0 como la integración de las capacidades humanas con las capacidades de las tecnologías de la Industria 4.0 para alcanzar niveles de eficiencia y flexibilidad que ni la tecnología ni los operadores en un sistema de producción pueden alcanzar por si solos..."
P4-M	"...todo tenderá a automatizarse, todo será virtual, los modelos actuales, como si fueran paradigmas, serán destruidos y transformados al siguiente paso evolutivo tecnológico..."
P5-M	"...un gran reto será la manera en la que la "cuarta revolución industrial" afectará al mundo de trabajo y los mercados laborales en específico agravando problemas (globales) ya existentes: polarización y desigualdad (lucha de talento de un lado y abundancia de mano de obra barata de otro lado), "plataformarización" de varias industrias que requiere menos trabajadores abarcan más del mismo mercado, desaparición de la clase media, para nombrar algunos..."
P6-M	"...mayor impulso a los procesos tecnológicos, mayor robotización de la industria y una mayor polarización entre las naciones por el acceso a estos niveles tecnológicos..."
P7-M	"...Smart Factory, Smart Production, IA..."
P8-M	"...la auténtica revolución será cuando sean populares las IA personales..."
P9-M	"...incremento en desarrollo de sistemas, educación a distancia y autónoma..."
P10-M	"...la transformación digital que ahora conocemos como Industria 4.0 se va a extender a otros segmentos tales como Turismo o Salud..."
P11-F	"...lo que todas las empresas están tratando de realizar es el proceso de digitalización de su línea de producción; a través de las fábricas inteligentes; de igual forma es necesario contar con profesionistas capacitados en el área y las empresas tendrán el reto de mejorar las capacidades de sus colaboradores en otras tareas menos manuales..."
P12-M	"...Sociedad (adopción tecnológica), industria (transición en procesos de producción), educación (generación de nuevas carreras), fuerza de trabajo (cambio en actividades productivas) ..."
P13-M	"...Sociedad: Mayor interacción y adopción de plataformas digitales para consumir, producir, estudiar y trabajar. Educación: Consolidación de un modelo educativo equilibrado entre el aula/clases virtuales y lugar de trabajo. Industria: Velocidad en la incorporación de tecnologías que permitan automatizar procesos productivos. Fuerza de trabajo: Mayor oferta de puestos de trabajo que demanden habilidades técnicas basadas en la programación..."

Fuente: Elaboración propia.

5.1.3 Factores promotores.

Las respuestas presentadas en la Tabla 20 describen diferentes factores promotores de la Industria 4.0. Los entrevistados consideran que, al interior de la empresa, un promotor importante es el empuje en la mejora de la *productividad*, el incremento de *inversión* y la *integración* a cadenas de valor regionales, nacionales e internacionales. Por otra parte, los factores externos a la empresa que se mencionan (se presenta en la Figura 8) son las *políticas públicas* y los efectos de la *pandemia de COVID-19*.

En este apartado destaca que se mencionen como factores promotores la *investigación y desarrollo* que se realiza en las empresas, así como en los centros de investigación. Aunado a la *capacitación* que se brinda a los trabajadores en las empresas para cumplir con los estándares internacionales de calidad.

Tabla 20. Factores que promueven la adopción de la Industria 4.0.

Código	Respuesta
P1-F	"...evidenciar el impacto de incorporar soluciones en sus indicadores de productividad y seguridad..."
P2-F	"...conocimiento, entrenamiento, inversión, políticas públicas..."
P3-M	"...principalmente, la necesidad de mantener a la base proveedora PyME del país integrada digitalmente a las cadenas de valor globales que se digitalizan..."
P4-M	"...los retractsos, al día de hoy como ejemplo: La Pandemia, en otros casos: la supervivencia..."
P5-M	"...plataformas B2B (ferias y eventos corporativos), inversión directa sobre todo en el sector manufacturero, transferencia de tecnología a través de cámaras, asociaciones y delegaciones de negocio especializados..."
P6-M	"...a) Las políticas públicas; b) el desarrollo de industrias que producen con tecnología de punta; c) la expansión de los centros de investigación orientados a proyectos de esta naturaleza..."
P7-M	"...el conocimiento, la inversión, y la transformación tecnológica..."
P8-M	"...la educación, sin duda..."
P9-M	"...apoyo a tecnologías verdes. Adopción de nuevas tecnologías..."
P10-M	"...ahora mismo, la continuidad de la operación. El mayor detonante ha sido el COVID-19 y las restricciones que se viven con el personal, con los humanos..."
P11-F	"...el mejorar la competitividad; algunos Gobiernos como el de Nuevo León tienen claro que esto es el futuro del desarrollo de su estado..."
P12-M	"...la presencia de empresas internacionales, la actualización de planes de estudio..."
P13-M	"...las cámaras y asociaciones empresariales relacionadas con la manufactura, el gobierno tanto local como federal y el sector académico que investiga desarrollos e innova..."

Fuente: Elaboración propia.

5.1.4 Promotores en el sector manufactura.

En la Figura 8 se agrupan las respuestas de los entrevistados respecto de los factores promotores en el sector manufactura en México, incluyen la *productividad*, al ser lo que las empresas buscan activamente y la Industria 4.0 puede tener una incidencia directa en el corto y mediano plazo.

La *integración o agentes externos*, debido a la vinculación con empresas en otras regiones geográficas, el encadenamiento productivo, así como los requisitos y estándares a los que deben responder las empresas mexicanas. *Sobrevivencia*, en el sentido de adaptarse a la actual evolución de las formas de producción, lo cual es un aspecto determinante en el crecimiento y continuidad de las empresas. *Educación*, en general los entrevistados remarcan que el tema educación y conocimiento son agentes importantes para promover la adopción de Industria 4.0.

En términos generales, también se retomó la importancia de factores como la *evolución tecnológica* que implica la integración de tecnología, uso de tecnología de alta gama, transformación tecnológica y digital, como presiones externas que promueven la adopción de este nuevo paradigma.

Finalmente, las respuestas que se presentan en la Tabla 21, hacen referencia a términos relacionados con la *sostenibilidad* como un promotor que presiona para que el sector manufactura adopte una Industria 4.0 amigable con el medio ambiente y eficiente para generar bienestar social.

Tabla 21. Adopción de la Industria 4.0 en el sector manufactura en México.

Código	Respuesta
P1-F	"...evidenciar el impacto de incorporar soluciones en sus indicadores de productividad y seguridad..."
P2-F	"...cultura de trabajo, adopción, integración de tecnologías, orientación a eficiencia y continuidad operativa..."
P3-M	"...la necesidad de contar con sistemas de producción más ágiles y flexibles en respuesta a la volatilidad del mercado..."

P4-M	“...sobrevivencia...”
P6-M	“...la presencia de empresas de clase mundial que utilizan tecnología de alta gama...”
P7-M	“...conocimiento, transformación Tecnológica y Digital...”
P8-M	“...la consciencia de que estamos en un cambio sin vuelta atrás, la educación...”
P9-M	“...baja de costos en sensores...”
P10-M	“...competitividad, rentabilidad y continuidad operativa...”
P11-F	“...mejorar la productividad...”
P12-M	“...presión por parte de agentes extranjeros por ejemplo inversionistas, organismos internacionales, acuerdos multinacionales...”
P13-M	“...la necesidad de incrementar la productividad de las plantas, mejorar la seguridad, contar con más información/data sobre los procesos para mejorarlos continuamente, disminuir la huella ecológica...”

Fuente: Elaboración propia.

Al vincular las respuestas de las secciones 4.1.3 y 4.1.4, se construyó la Tabla 22 donde se relacionan y agrupan las opiniones de los entrevistados en cuatro grupos de factores promotores de la adopción de Industria 4.0.

Tabla 22. Factores promotores de la adopción de Industria 4.0.

Grupo	Respuestas
Contexto y presiones externas (8)	P1-F “...sus indicadores de productividad y seguridad...” P5-M “...transferencia de tecnología a través de cámaras, asociaciones y delegaciones de negocio especializados...” P7-M “...la transformación tecnológica...” P9-M “...apoyo a tecnologías verdes. Adopción de nuevas tecnologías...” P12-M “...la presencia de empresas internacionales...” P13-M “...las cámaras y asociaciones empresariales relacionadas con la manufactura...” P3-M “...las cadenas de valor globales que se digitalizan...” P6-M “...de industrias que producen con tecnología de punta...”
Educación (7)	P2-F “...conocimiento, entrenamiento...” P5-M “...ferias y eventos corporativos...” P6-M “...centros de investigación orientados a proyectos Industria 4.0...” P7-M “...el conocimiento...” P8-M “...la educación...” P12-M “...actualización de planes de estudio...” P13-M “...sector académico que investiga desarrolla e innova...”
Gobierno con inversión (6)	P2-F “...inversión, políticas públicas...” P5-M “...inversión directa...” P6-M “...las políticas públicas...” P7-M “...la inversión...” P11-F “...algunos gobiernos como el de Nuevo León...” P13-M “...el gobierno...”
Resiliencia (5)	P4-M “...la pandemia...”, “...la supervivencia...”

P10-M "...la continuidad de la operación..."
P5-M y P11-F "...COVID-19..."
P10-M "...restricciones que se viven con el personal..."

Fuente: Elaboración propia

Los factores incluidos en el grupo *contexto y presiones externas*, se relacionan con aspectos de participación en las cadenas de valor globales, cámaras, asociaciones y delegaciones de negocios especializados que promueven la transformación tecnológica y la adopción de nuevas tecnologías.

El grupo de factores vinculados con la *educación* incluyen el conocimiento, educación y entrenamiento tanto en ferias y eventos corporativos, centros de investigación e instituciones formales de educación técnica y superior.

Los factores considerados en el grupo de *gobierno con inversión* están vinculados con las políticas públicas que promueven la inversión en iniciativas para el desarrollo de competencias laborales y capacidades empresariales para el desarrollo de regiones del país vinculadas con la Industria 4.0.

Finalmente, el grupo de factores de resiliencia incluye la continuidad de operaciones de la empresa y su supervivencia a pesar de los efectos de la pandemia mundial de COVID-19.

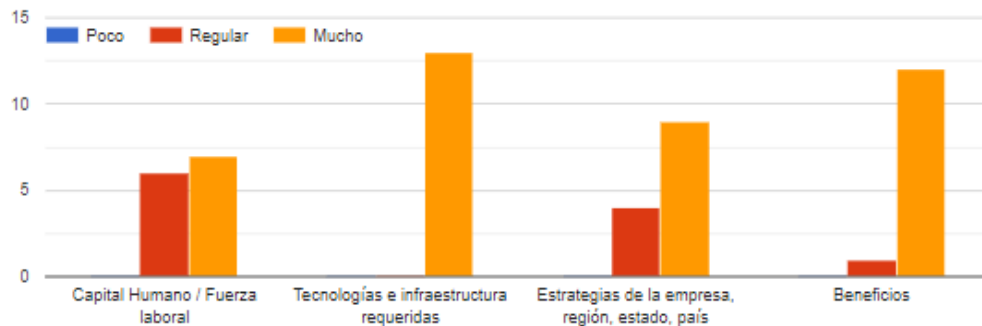
Las respuestas específicas para el sector manufactura, se refieren al contexto, el mercado, la productividad y la competitividad, no se menciona el tema gobierno. Se destacaron los datos sobre el desempeño y la integración con otros operadores como los principales promotores, seguidos por educación y resiliencia.

5.1.5 Importancia de los factores reportados en la literatura.

En cuanto a la relevancia de los factores promotores: *capital humano o fuerza laboral, tecnologías e infraestructural requeridas, estrategias de la empresa, región, estado, país y beneficios*, descritos en la literatura científica, para manifestar su opinión las personas entrevistadas asignaron la ponderación en

una escala de tres niveles (Poco, Regular y Nada) como se presenta en la Figura 9.

Figura 9. Factores promotores considerados en la literatura.



Fuente: Elaboración propia.

Los líderes entrevistados están de acuerdo en la mayor relevancia de contar con las tecnologías e infraestructuras requeridas en la empresa. Destaca la opinión favorable de los beneficios que la empresa podrá construir a partir de la adopción de la Industria 4.0.

Las estrategias de la empresa, región, estado o país son consideradas por los entrevistados de mucha o regular importancia para la promover la adopción de la Industria 4.0.

En el caso del capital humano o fuerza laboral como factor promotor las respuestas describen dos opiniones: un grupo de líderes consideró de mucha importancia este factor mientras que un segundo grupo lo considera de regular importancia.

5.1.6 Otros factores importantes para la adopción de Industria 4.0.

Al preguntar sobre otros factores que consideran importantes y que no fueron incluidos en las secciones anteriores. En la Figura 8 se agrupan las respuestas de los entrevistados que resaltan desde su punto de vista que son relevantes la *capacitación, cultura, investigación y desarrollo, marco jurídico y productividad*.

Las respuestas incluidas en la Tabla 23 resaltan los temas de educación (*capacitación, cultura, investigación y desarrollo*), *económicos (retorno de inversión, costos)*, *factores culturales, infraestructura tecnológica* y el *marco jurídico* que regule la protección de los datos.

Tabla 23. Otros factores importantes.

Código	Respuesta
P3-M	"...muy importante el marco jurídico que de protección a los datos en la economía digital..."
P4-M	"...directamente, la cultura..."
P5-M	"...fuerza (interna) de Desarrollo e Investigación, Estructura organizacional y cultura corporativa..."
P6-M	"...capacitación de la fuerza de trabajo..."
P7-M	"...capacitación..."
P8-M	"...insisto en la educación y el respeto al prójimo como fuerzas motoras..."
P9-M	"...sensibilización de áreas operativas y contables..."
P10-M	"...retorno sobre la inversión, competitividad. Industria 4.0 no debe ser un tema de jugar solo con tecnología..."
P13-M	"...costos, conocimientos técnicos y disponibilidad de la tecnología..."

Fuente: Elaboración propia.

5.1.7 Tecnologías de la Industria 4.0 que se pueden implementar en México.

El 33% de los líderes entrevistados consideran que *todas* las tecnologías de Industria 4.0 ya se pueden implementar en nuestro país. Este argumento se soporta en la viabilidad de la conectividad, otras tecnologías que se señalaron como factibles (se presentan en la Figura 8) son *IoT (Internet de las Cosas)*, *movilidad*, *cloud computing*, *robots autónomos*, *smart manufacturing*, (*fabricación*) *3D*, *big data* y *analítica*.

Algunos entrevistados mencionaron que ya se ha superado la etapa de "early adopters". Las respuestas a la pregunta: ¿Hay algunas tecnologías de Industria 4.0 que ya se pueden implementar? ¿Por qué?, están incluidas en la Tabla 24. Se incluyeron las tecnologías de *sistemas de ubicación en tiempo real*, *tecnologías móviles*, *big data* y *analítica de datos*, *robots autónomos*, *internet de las cosas (IoT)*, *cómputo en la nube (Cloud Computing)* e *inteligencia artificial*

(AI). Además, se mencionó a la *manufactura aditiva, realidad aumentada y fabricación 3D*.

Las tecnologías habilitadoras de Industria 4.0, que no se mencionaron en las respuestas analizadas son la integración de sistemas horizontal y vertical, así como la ciberseguridad.

Tabla 24. Tecnologías de Industria 4.0 que se pueden implementar.

Código	Respuesta
P1-F	"...sí, movilidad, cómputo en la nube, analítica, Big Data, IoT..."
P2-F	"...tecnologías IoT (sensores, geolocalización), software, cloud, VR/AR...ya hay soluciones llave en mano en muchas scaleups que estoy apoyando en vinculación industrial..."
P3-M	"...cada empresa o cadena de valor debe evaluar su nivel de preparación para adoptar una tecnología y el nivel de madurez de la tecnología misma para garantizar que se obtendrán los beneficios esperados..."
P4-M	"...sí...todas, ya estamos en el momento que todo está conectado por wi-fi o bluetooth o 4G, con ese puente ya construido TODO se puede conectar..."
P5-M	"...soluciones de alta automatización, Fabricación 3D a escala, Fabricación inteligente, interacción ciberfísica, co-bots, etc..."
P8-M	"...5G, por ejemplo. Es sencilla de implementar con las small cells..."
P9-M	"...sí, cualquier sensor. Porque solo hace falta un mecanismo que los monitoree."
P10-M	"...cualquiera de las 12 tecnologías ya ha sido implementadas. Ya superamos la etapa de los <i>early adopters</i> , estamos en la siguiente fase..."
P11-F	"...existen empresas como Siemens, Festo, etc.; que ya tienen soluciones para su implementación en México..."
P12-M	"...sí, por la generación de datos actualmente disponibles..."
P13-M	"...todas, porque evolucionan constantemente. Se tienen que empezar a conocer y a analizar su pertinencia para la empresa..."

Fuente: Elaboración propia.

5.1.8 Tecnologías implementadas en nuestro país.

En esta sección se describen las experiencias que los líderes promotores de la Industria 4.0 han tenido en implementación. Las respuestas a la pregunta: ¿Qué tecnologías de Industria 4.0 se están implementando en el país? se presentan en la Tabla 25.

Tabla 25. Tecnologías de Industria 4.0 que se están implementando.

Código	Respuesta
P1-F	"...tecnologías con interoperabilidad, para soluciones de productividad y seguridad..."
P2-F	"...sensores, IoT, ahorro en procesos con herramientas software & IT..."

P3-M	“...México está implementando principalmente tecnología a nivel de estaciones de trabajo, por ejemplo, soluciones de mantenimiento inteligente que integran tecnologías como sensores, aprendizaje automático, análisis y visualización de datos...”
P4-M	“...industria aeroespacial, sistemas de medición, AI en procesos, Big data en análisis estadísticos, etc....”
P5-M	“...sensores y Co-Bots para mantenimiento predictivo, realidad virtual y aumentada para control remoto de robots de planta por ejemplo...”
P7-M	“...4 plantas Smart Factory...”
P8-M	“...veo mucha programación y robótica...”
P9-M	“...sensores, telemetría, RFID...”
P10-M	“...todas, las 12 tecnologías ya se están implementando en empresas de Nuevo León...”
P11-F	“...digital twins, Internet de las Cosas...”
P12-M	“...BigData, Machine Learning...”
P13-M	“...Inteligencia artificial, manufactura aditiva, digital twins, internet de las cosas y Big data...”

Fuente: Elaboración propia.

Se incluyeron las siguientes: *IoT, Big Data, manufactura aditiva, digital twins (gemelos digitales), realidad virtual, robots autónomos, inteligencia artificial, aprendizaje automático y analítica de datos*. Además, en las respuestas se incluyen las tecnologías de *ubicación en tiempo real y tecnologías móviles*. Las que se presentan en la Figura 8.

5.1.9 Obstáculos para la adopción de Industria 4.0 en México.

Los obstáculos o retos a los que se enfrentan las empresas y personas para la adopción de la Industria 4.0 en México, de acuerdo con el análisis de las respuestas a la pregunta: *¿Cuáles son los principales obstáculos/desafíos? ¿Por qué?* se presentan en la Tabla 26, y se pueden clasificar en:

- *Cultura*, vinculada con la resistencia al cambio y a la desarticulación entre industrias (falta de una *integración horizontal y heterogeneidad* entre sectores y regiones), como algunos de los principales retos.
- *Conocimiento o competencias digitales*, relacionadas con las capacidades cognitivas y técnicas necesarias para explotar de forma eficiente las herramientas y tecnologías disponibles para dejar de ser solo operadores de tecnología.

- *Falta de liderazgo*, vinculado a la falta de conocimiento e *inversión (incluidos los incentivos gubernamentales)*, deficiente apoyo a la *investigación y desarrollo*, carente impulso al desarrollo de la *infraestructura* indispensable para un eficiente el uso de tecnologías Industria 4.0 y la *falta de estrategia a largo plazo* organizada y coordinada.

Tabla 26. Obstáculos para la adopción de la Industria 4.0 en México.

Código	Respuesta
P1-F	"...no hay visión a futuro, se necesitan líderes internos en las organizaciones para dirigir los procesos de transformación..."
P2-F	"...cultura, CAPEX, pandemia..."
P3-M	"...falta de conectividad en el piso de producción, falta de sistemas de información empresarial básicos como el MES (sistema de ejecución de la factura), falta de competencias digitales en la fuerza de trabajo..."
P4-M	"...cultural y ecosistemas, no todas las industrias verticales u horizontales están alineadas para poder hacer un salto "simultáneo", este ecosistema es el que se tiene que acelerar para la implementación global..."
P5-M	"...mentalidad, capacitación, sentido de urgencia, facilidad para experimentación, adaptación ágil..."
P6-M	"...la escasa inversión en investigación y desarrollo, la importación de tecnología y el poco interés de los empresarios nacionales..."
P7-M	"...conocimiento, inversión..."
P8-M	"...la división entre sexos. Debe eliminarse porque es un lastre..."
P9-M	"...el económico. Por el tema de pandemia, varios sectores están deteniendo inversiones..."
P10-M	"...el cambio cultural que incluye la resistencia al cambio y el amor a la "tradición": así lo hemos hecho y nos ha dado ganancias..."
P11-F	"...falta de planeación en las industrias; en la mayoría son esfuerzos aislados en el objetivo de la digitalización..."
P12-M	"...gobierno traducido en falta de interés, falta de recursos necesarios para la adopción de tecnologías, heterogeneidad regional puesto que hay estados con características muy diferentes, escaso entendimiento de la Industria 4.0 en los diferentes sectores..."
P13-M	"...no contar con expertos en la implementación y manejo de la tecnología acaparándolas a las necesidades del negocio..."

Fuente: Elaboración propia.

En la Tabla 27 se presentan una clasificación de los obstáculos o retos que frenan la adopción de la Industria 4.0 en México: **Educación** (*cultura, conocimiento o competencias digitales, investigación y desarrollo, falta de liderazgo*); **condiciones internas** (*integración horizontal deficiente, pandemia, heterogeneidad en el país, falta de estrategia a largo plazo*) e **infraestructura e inversión** (*infraestructura, CAPEX, falta de inversión, incentivos gubernamentales*).

Tabla 27. Factores limitantes para la adopción de Industria 4.0 en México.

Grupo	Respuestas
Educación (6)	P1-F "...se necesitan líderes internos en las organizaciones para dirigir los procesos de transformación..." P3-M "...falta de competencias digitales en la fuerza de trabajo..." P5-M "...capacitación...", "...facilidad para experimentación, Adaptación ágil..." P7-M "...conocimiento..." P12-M "...escaso entendimiento de la I4.0 en los diferentes sectores..." P13-M "...no contar con expertos en la implementación y manejo de la tecnología..."
Condiciones internas de la industria mexicana (7)	P2-F "...cultura..." P4-M "...cultural y ecosistemas..." P5-M "...mentalidad..." P10-M "...el cambio cultural que incluye la resistencia al cambio..." P1-F "...no hay visión a futuro..." P11-F "...falta de planeación en las industrias..." P12-M "...heterogeneidad regional (estados con características diferentes) ...", "...escaso entendimiento de la I4.0 en los diferentes sectores..."
Infraestructura / inversión (5)	P3-M "...falta de conectividad en el piso de producción..." P6-M "...la escasa inversión en investigación y desarrollo..." P7-M "...inversión..." P9-M "...el económico...", "...deteniendo inversiones. ..." P12-M "...gobierno (falta de interés), falta de recursos..."

Fuente: Elaboración propia.

5.1.10 Posibles alternativas de adopción.

En cuanto a las necesidades de desarrollo que son condicionantes para la adopción generalizada de las nuevas formas de producción, los entrevistados consideraron prioritario atender las necesidades de *capacitación en competencias digitales*, para que las empresas sean realmente capaces de aprovechar los beneficios de la Industria 4.0 y acrecentar la competitividad como país.

Las respuestas a la pregunta: ¿Qué se necesita desarrollar para seguir avanzando en esta adopción? ¿Por qué? se presentan en la Tabla 28. Los entrevistados consideran como temas determinantes la generación de espacios para llevar a cabo *investigación y desarrollo*, los líderes señalan que no se trata de un tema de solo adquirir tecnología sino tener la capacidad de adaptarla a las

necesidades y generar estrategias orientadas a las condiciones y contextos locales en una *visión holística e integrada*.

Algunas alternativas de solución incluidas en las opiniones de los entrevistados se refieren a la adecuada *planificación y apertura* al trabajo colaborativo, a entender las nuevas situaciones y adaptar la *cultura*. Finalmente, tener en cuenta temas de *ciberseguridad* y las regulaciones que sean pertinentes, así como favorecer la *inversión*.

Tabla 28. Alternativas para la adopción de Industria 4.0 en México.

Código	Respuesta
P1-F	"...planes y apertura de las empresas a conocer las ofertas de los fabricantes. Integradores de soluciones con una visión holística de la industria y la empresa..."
P2-F	"...más entrenamiento, más inversión..."
P3-M	"...principalmente competencias digitales en la fuerza de trabajo, seguidas como conectividad segura en las plantas, es decir, redes industriales protegidas con los debidos marcos de ciberseguridad..."
P4-M	"...los procesos de adopción, 1er: es un factor puramente cultural (dependiendo el país, región, etc.). 2do: económico ya que en los planes de negocios no están incluidos, aunque indirectamente se incluyen como otros gastos..."
P5-M	"...programas de capacitación, espacios / laboratorios para prototipar y aplicar tecnología a casos reales en un ambiente controlado fuera del espacio de trabajo regular..."
P6-M	"...un empresario nacional emprendedor, mayor inversión en ciencia y tecnología..."
P7-M	"...los empresarios conozcan más sobre el tema e incentivos..."
P8-M	"...vuelvo a insistir: educación y respeto..."
P9-M	"...capital humano, porque, aunque tenemos personal, todos están enfocados en proyectos actuales..."
P10-M	"...a las personas: Alta dirección que apoyen iniciativas de transformación digital. Gerencia media que generen ideas de innovación responsable. Operativos: que se adapten al cambio y tomen nuevas competencias profesionales..."
P11-F	"...planeación estratégica y capacitación..."
P12-M	"...investigación. Cada sector económico e industrial tienen características propias que es necesario conocer, evaluar y entender para su incorporación a la Industria 4.0..."
P13-M	"...planes y apertura de las empresas a conocer las ofertas de los fabricantes. Integradores de soluciones con una visión holística de la industria y la empresa..."

Fuente: Elaboración propia.

El análisis de las respuestas de los líderes promotores de la Industria 4.0 en México permitió definir tres grupos de factores habilitadores que se presentan en la Tabla 29. Los grupos son:

- *Educación*, se refieren a más y mejor capacitación para la adquisición y actualización de competencias digitales; espacios adecuados para hacer pruebas; capacitación a los empresarios; nuevas competencias profesionales; investigación; y, capital humano experto en las nuevas tecnologías.
- *Condiciones internas de la industria*, las respuestas enuncian que se deben generar buenos planes estratégicos, planes de negocios con iniciativas de transformación digital e innovación responsable, así como tener apertura hacia las propuestas tecnológicas y que los integradores de soluciones tengan una visión holística para que sea posible generar redes industriales protegidas con estrategias en ciberseguridad funcionales.
- *Infraestructura e inversión*, las respuestas están relacionados con la necesidad de inversión directa desde la parte gubernamental; inversión en investigación, ciencia y tecnología; generación de incentivos para las empresas; y, mayor inversión en infraestructura eficiente para cubrir los requerimientos de las tecnologías de Industria 4.0.

Los tres grupos de factores están relacionados con necesidades que deben ser resueltas para que prosperen los planes de adopción de la Industria 4.0 en México.

Tabla 29. Factores habilitadores de la adopción de Industria 4.0.

Grupo	Respuestas
Educación (10)	P2-F "...más entrenamiento..." P3-M "...principalmente competencias digitales en la fuerza de trabajo..." P5-M "...programas de capacitación, Espacios / Laboratorios para prototipar y aplicar tecnología a casos reales en un ambiente controlado fuera del espacio de trabajo regular..." P7-M "...los empresarios conozcan más sobre el tema..." P8-M "...educación y respeto..."

	<p>P9-M "...capital humano..."</p> <p>P10-M "...operativos: que se adapten al cambio y tomen nuevas competencias profesionales..."</p> <p>P11-F "...capacitación..."</p> <p>P12-M "...investigación..."</p> <p>P13-M "...capital humano experto en gestionar y desarrollar las tecnologías..."</p>
Condiciones internas de la industria (5)	<p>P1-F "...planes y apertura de las empresas a conocer las ofertas de los fabricantes. Integradores de soluciones con una visión holística de la industria y la empresa..."</p> <p>P3-M "...conectividad segura en las plantas, es decir, redes industriales protegidas con los debidos marcos de ciberseguridad..."</p> <p>P4-M "...es un factor puramente cultural...", "...en los planes de negocios no están incluidos..."</p> <p>P10-M "...a las personas: Alta dirección que apoyen iniciativas de transformación digital. Gerencia media que generen ideas de innovación responsable..."</p> <p>P11-F "...planeación estratégica..."</p>
Infraestructura e inversión (4)	<p>P2-F "...más inversión..."</p> <p>P4-M "...económico..."</p> <p>P6-M "...mayor inversión en ciencia y tecnología..."</p> <p>P7-M "...incentivos..."</p>

Fuente: Elaboración propia.

5.1.11 Estrategias en el país.

Las respuestas de los entrevistados a la pregunta: ¿Qué estrategias nacionales/ regionales / locales conoce, para el avance de la Industria 4.0 en el país? se incluyen en la Tabla 30. La estrategia nacional más citada por los líderes es Nuevo León 4.0, que integra el programa MIND 4.0 y Monterrey 2020. Otros entrevistados mencionan la iniciativa Jalisco digital y los esfuerzos del Corredor Industrial del Bajío – Guanajuato – Hannover Messe, así como los clústeres automotriz, aeroespacial, software y biotecnología. Además, se mencionaron las iniciativas AMPIP y Vallejo-i de la Ciudad de México. Cada entrevistado mencionó la estrategia o iniciativa de la que forma parte, o la desarrollada en su región de proximidad e influencia.

Tabla 30. Estrategias para el avance de la Industria 4.0 en México.

Código	Respuesta
P1-F	"...Nuevo León 4.0..."
P2-F	"...Nuevo León 4.0, Programa MIND4.0 Monterrey 2020..."
P3-M	"...Nuevo León 4.0, Jalisco Digital..."
P5-M	"...corredor Industrial Bajío (CIB), varios clústeres por ejemplo automotriz y aeroespacial..."
P6-M	"...impulso a los sectores industriales que requieren alta tecnología (automotriz, aeroespacial, software, biotecnología) ..."
P7-M	"...clústeres, programas similares a Alemania..."
P10-M	"...Nuevo León 4.0 que nació estatal pero hoy comparte y convive a nivel nacional a internacional..."
P11-F	"...gobierno de NL, proveedores como Festo, Bosch, Siemens..."
P12-M	"...Nuevo León 4.0 es un organismo de triple hélice en el que se impulsa la investigación, se fomenta el desarrollo de emprendimiento de Industria 4.0 y se busca el apoyo del gobierno estatal para financiar dichos proyectos..."
P13-M	"...AMPIP tienen un programa y mapa de ruta para fomentar entre los socios de la asociación la atracción de empresas de Industria 4.0. En la Ciudad de México, el proyecto Vallejo-i en Azcapotzalco atrae y promueve inversión e innovación en Industria 4.0. La Hannover Messe abrió una oficina en Guanajuato para impulsar el desarrollo de la Industria 4.0 en México, recientemente estuvieron en la RAI CANACINTRA..."

Fuente: Elaboración propia.

Al ser identificados como líderes promotores de la Industria 4.0, se esperaba que conocieran de primera mano las estrategias nacionales o regionales de promoción y adopción, incluso que formarían parte de un ecosistema nacional o integrado.

Sin embargo, hay entrevistados que no mencionaron alguna estrategia o sólo una; esto permite señalar que no hay una ruta clara ni organismos nacionales que apalanquen a las empresas en su camino hacia la adopción de nuevas formas de trabajo colectivas y armonizadas.

También deja ver que no existe una adecuada estrategia de difusión para que los agentes interesados conozcan y se acerquen a las iniciativas que algún sector promueva.

5.1.12 Competencias para adopción de la Industria 4.0.

Las respuestas a la pregunta: ¿Qué competencias/habilidades se requieren para implementar la Industria 4.0? se presentan en la Tabla 31. Esta es la pregunta esencial de la entrevista, se animó a que reflexionaran sobre las competencias que se requieren para promover la adopción y aprovechamiento de las tecnologías implicadas en esta nueva revolución industrial.

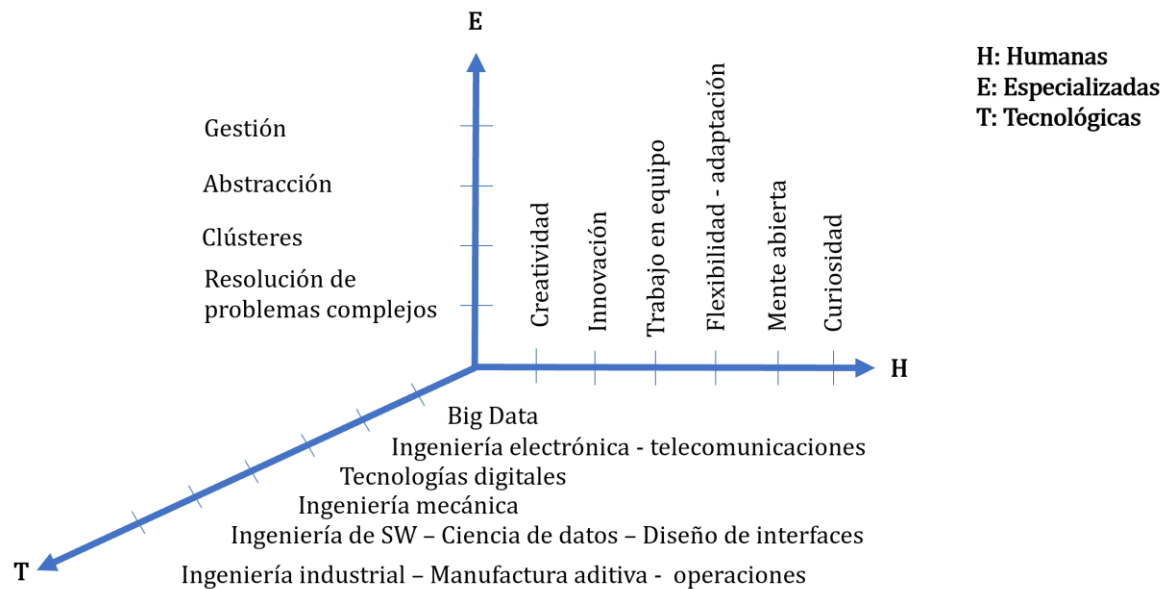
Tabla 31. Competencias para implementar la Industria 4.0 en México.

Código	Respuesta
P1-F	"...conocimiento de operación, Ingeniería industrial, de software, mecánica, electrónica. Habilidades de gestión..."
P2-F	"...competencia en resolver problemas complejos, creatividad, innovación, conocimiento en nuevas tecnologías digitales, conocimiento de clústeres, trabajo en equipo, etc..."
P3-M	"...éstas deben clasificarse en conceptuales, humanas y técnicas..."
P4-M	"...ser competentes en el uso básico de tecnología y la "interface" necesaria para dar el brinco a 4.0..."
P5-M	"...conocimiento/Mindset, nuevas formas de trabajar (colaborar), adaptación de la estructura organizacional (organización de círculos) ..."
P6-M	"...ingenieros especializados en manufactura aditiva y electrónica..."
P7-M	"...conocimiento..."
P8-M	"...mente abierta y mucha curiosidad..."
P9-M	"...conocimiento en desarrollo de aplicaciones e interfaces, big data, data leakes, bases de datos no SQL. Quizás electrónica..."
P10-M	"...gestión del cambio. Innovación. Analítica basada en datos..."
P11-F	"...la mayoría son del área de electrónica y telecomunicaciones; así como ciencia de datos; pero sin olvidar la planeación..."
P12-M	"...capacidad de abstracción. La generación de datos de múltiples requiere simplificarse, organizarse y estructurarse en modelos de toma de decisiones..."
P13-M	"...creatividad y flexibilidad, porque la I4.0 supone una disrupción total en los procesos de una empresa, existe la posibilidad de que se modifiquen completamente. Hay que ser creativos en la forma en que se pueden aplicar las tecnologías 4.0 y flexibles para hacerlo en el proceso sin dismantelar la producción..."

Fuente: Elaboración propia.

El análisis de las respuestas permitió agrupar las competencias en *humanas*, *especializadas* y *tecnológicas* como se presenta en la Figura 10.

Figura 10. Competencias para aprovechar las tecnologías de la Industria 4.0.



Fuente: Elaboración propia con base en Katz (2009).

De acuerdo con esta clasificación, las competencias se pueden organizar de la siguiente manera:

Humanas:

- a. Creatividad
- b. Innovación
- c. Trabajo en equipo
 - i. Nuevas formas de trabajar (colaborar),
- d. Flexibilidad
 - i. Adaptación
- e. Mente abierta
- f. Curiosidad

Especializadas – conceptuales:

- a. Gestión
 - i. Gestión del cambio.
 - ii. Estructurar modelos de toma de decisiones
- b. Abstracción
- c. Clústeres
 - i. Conocimiento de clústeres
- d. Resolución de problemas complejos

Tecnológicas:

- a. Big data
- b. Ingeniería electrónica
 - i. Telecomunicaciones
- c. Tecnologías digitales
- d. Ingeniería mecánica
- e. Ingeniería de Software
 - i. Big data
 - ii. Data leaks
 - iii. DB no SQL
 - iv. Ciencia de datos
- f. Ingeniería industrial
- g. Manufactura aditiva
- h. Operaciones
- i. Interfaces
 - i. Desarrollo de aplicaciones e interfaces

Las *competencias humanas* están relacionadas con características y habilidades personales que permiten a los individuos desarrollarse y trabajar en entornos laborales intensos en colaboración con otras personas e integrados con las tecnologías promotoras de la Industria 4.0.

Las *competencias especializadas o conceptuales* están relacionadas con habilidades de pensamiento vinculadas con la conceptualización y abstracción de los procesos empresariales para su operación, mantenimiento y mejora.

Finalmente, las *competencias tecnológicas* se relacionan con los conocimientos y experiencias técnicas que permiten a las personas operar de forma eficiente las tecnologías promotoras de la Industria 4.0.

Lo que posibilita el explotar todas las oportunidades habilitadas por las tecnologías para desarrollar estrategias de solución particulares y eficaces para las empresas.

5.1.13 Disponibilidad de competencias para adopción de la Industria 4.0 en México.

En relación con las competencias incluidas en las respuestas de la sección 5.1.12 al plantear la pregunta: ¿Es fácil encontrar estas habilidades actualmente? ¿Por qué?, la respuesta más recibida fue no.

Del análisis de las respuestas presentadas en la Tabla 32, los entrevistados afirman que no es fácil encontrar las competencias para la adopción de la Industria 4.0.

Los argumentos vinculados a sus respuestas son: *hay que formarlas*, es decir, aún no están en el mercado; *hacen falta conocimientos*, el sistema educativo actual no ayuda; se necesita un *desarrollo enfocado a dispositivos*, no las hay, pero se está iniciando la capacitación y aún son pocas las personas que entienden y saben de la Industria 4.0 en México.

Tabla 32. Disponibilidad de competencias para adopción de Industria 4.0.

Código	Respuesta
P1-F	"...sí. Hay buenos profesionales con la visión para implementar cambios en las organizaciones..."
P2-F	no tan fácil...hay que promoverlas y formarlas..."
P3-M	"...no debido a que la tecnología cambia/avanza más rápido que los programas de estudio en las instituciones académicas y su adopción por la industria es más lenta haciendo que los programas de capacitación no vean la necesidad de incluir nuevos contenidos al no estar las tecnologías emergentes disponibles en la empresa..."
P4-M	"...no...de nuevo los factores de adopción..."
P5-M	"...muchas empresas carecen el ambiente necesario y la visión adecuada (ni tuvieron participación en la 3ª revolución industrial, menos en la 4ª) ..."
P6-M	"...no, las universidades no tienen las posibilidades de formar profesionistas con la velocidad que este tipo de industrias requiere..."
P7-M	"...no, se requiere conocimiento..."
P8-M	"...difícil, porque el sistema educativo actual no ayuda..."
P9-M	"...no todas, porque se requiere desarrollo enfocado a dispositivos..."
P10-M	"...sí es relativamente fácil, porque organismos y empresas proveedoras ya tienen oferta sobre dichas habilidades. Además, universidad, al menos de Nuevo León, ya tienen programas educativos, incluso nuevas carreras profesionales que las atienden..."
P11-F	"...no, pero cada vez hay más capacitación tanto en las Universidades como en la Industria..."

P12-M	“...no, hay un desprecio generalizado por el razonamiento matemático y la programación computacional. Se tiene la idea errónea de que todo en la Industria 4.0 debe ser adopción de TIC y se deja de lado la creación de estructuras propias...”
P13-M	“...no, desafortunadamente aún pocas personas entienden y saben de la Industria 4.0 en México...”

Fuente: Elaboración propia.

Por otra parte, hay un grupo reducido de líderes (2) que opinan que las competencias si se encuentran, consideran que hay profesionales con visión para poder hacer estas implementaciones y que además organismos y empresas tienen oferta en esas habilidades, así como las universidades del estado de Nuevo León.

5.1.14 Formación de competencias para la adopción de la Industria 4.0.

Las respuestas de los líderes promotores de la Industria 4.0 a la pregunta: ¿Ha participado o sabe de alguna colaboración entre su organización y otras organizaciones para la educación o formación en habilidades para la Industria 4.0? ¿Cuál fue la experiencia? se presentan en la Tabla 33.

Se encontraron respuestas optimistas de buenas experiencias al realizar intervenciones en *Nuevo León 4.0, Industrial Transformation MX, CIDESI-Conacyt*; en el extranjero con *España, Alemania y la Universidad Autónoma de Cataluña*.

Tabla 33. Experiencia en actividades de adopción Industria 4.0.

Experiencias	
Optimistas	Pesimistas
P2-F “...diseñé un programa de Comercialización de tecnología en Inteligencia Artificial para un Cluster/Centro de Innovación Industrial y formé 15 empresas base tecnológica que están en fase de desarrollo para llevar soluciones al mercado con Inteligencia Artificial...”	P3-M “...existen muchos programas de capacitación en Industria 4.0 y Transformación Digital en México, pero su calidad es cuestionable...”
P5-M “...formación Dual, véase programa de la Industrial Transformation MX...”	P4-M “...si, negativa: desconocimiento, no entendimiento de conceptos básicos, falta de infraestructura...”

P6-M "...una buena experiencia se trabajó con el CIDESI-CONACYT en la integración del proyecto de ciudades inteligentes en la ciudad de Querétaro..."	P11-F "...si, es importante que las Universidades tomen la delantera; porque al realizar un estudio de mercado para la Maestría en Ingeniería de la Innovación Industrial fue evidente el desconocimiento del tema de los empresarios de la localidad..."
P7-M "...si, con España y Alemania, excelente	P12-M "...he participado en proyectos de investigación con otras universidades. Me parece que, en general, aún no es claro cómo desarrollar habilidades para la Industria 4.0..."
P8-M "...sí, con la Universitat Autònoma de Catalunya, fue muy positivo..."	P13-M "...la SEDECO CDMX imparte en colaboración cursos y capacitaciones con empresas expertas en Industria 4.0. Las empresas se muestran muy interesadas, pero no tienen claridad de cómo iniciar un diagnóstico para implementarla en su empresa..."
P10-M "...por supuesto. La iniciativa Nuevo León 4.0 es un esfuerzo penta-hélice: gobierno, universidades, cámaras/clústeres, empresas tractoras y empresas proveedoras. Sumado a la colaboración con gobiernos de Coahuila, Tamaulipas y Veracruz..."	

Fuente: Elaboración propia.

Las opiniones pesimistas se deben a que han encontrado actividades de calidad cuestionable; han enfrentado el no entendimiento de conceptos básicos y la falta de infraestructura; y, hallaron desconocimiento del tema de los empresarios de las localidades.

A pesar del interés de las empresas, aún no es claro cómo desarrollar habilidades para la Industria 4.0 y no tienen certeza en relación con cómo iniciar un diagnóstico para implementarla en su empresa.

5.1.15 Perspectivas de desarrollo de Industria 4.0.

Las respuestas de los entrevistados a la pregunta: ¿Cuáles cree que son los siguientes pasos que deben tomarse? se presentan en la Tabla 34. Destaca la postura de los líderes promotores al considerar que debe motivarse una *transformación digital planificada y global*.

Se menciona la necesidad de mejorar los temas de *capacitación* que permita formar una nueva generación de profesionales que deben estar preparados para detonar la Industria 4.0.

Para que lo anterior ocurra, se debe *concientizar* a los diferentes sectores y niveles del ecosistema de innovación para que esto derive en mayores y mejores planes de *inversión* que motiven el *conocimiento* y una *integración horizontal* de industrias y sectores para que se trate de una estrategia global y coherente.

Las respuestas se centran en la *formación*, en la *integración de esfuerzos* y en *planes organizados y estratégicos* que lleven al país por una ruta clara y definida en colaboración con todo el ecosistema de innovación.

Tabla 34. Perspectiva de desarrollo de la Industria 4.0 en México.

Código	Respuesta
P1-F	“...una integración entre las cadenas de valor para conocer las diferentes soluciones para la industria...”
P2-F	“...integración de ecosistemas en Industria 4.0...”
P3-M	“...el país, región, o empresa deben aplicar una caja de herramientas completa para su transformación digital que incluya el uso de mapas de ruta, marcos de referencia, evaluaciones de preparación, evaluación de madurez...”
P4-M	“...estrategia global...”
P5-M	“...educar, empujar, enlazar y empezar...”
P6-M	“...a) Planificar la estrategia de implementación de los proyectos tecnológicos; b) integrar un equipo científico-técnico-organizativo eficiente para encabezar el proyecto; c) contar con los recursos económicos, materiales y humanos para el cumplimiento de los objetivos; d) una adecuada supervisión de las diferentes etapas del proyecto...”
P7-M	“...impulsar Industria 4.0 vía inversiones y conocimiento a todos los niveles...”
P8-M	“...tener consciencia de que vivimos un cambio muy importante en la historia...”
P9-M	“...hacer alianzas en todo el país, compartir conocimiento y recursos...”
P10-M	“...exponer y compartir los casos de éxito para reducir la resistencia a esta tendencia global...”
P11-F	“...capacitación...”
P12-M	“...aunque se han realizado diferentes eventos a nivel federal, me parece que no hay una intención clara para modificar estructuras, particularmente la educación...”
P13-M	“...preparar en masa a los jóvenes en herramientas y tecnologías para el diagnóstico, implementación, mantenimiento y desarrollo de tecnologías Industria 4.0 en las empresas mexicanas...”

Fuente: Elaboración propia.

5.1.16 Sectores con potencial de desarrollo.

Las opiniones de los entrevistados planteadas a la pregunta: ¿Dónde ve el mayor potencial de desarrollo? se presentan en la Tabla 35. Las respuestas mencionan los sectores con potencial para detonar un crecimiento basado en Industria 4.0.

Los líderes promotores de la Industria 4.0 consideran que el sector de mayor oportunidad está en la *industria*. Además, se mencionan las siguientes áreas: *big data, investigación y desarrollo, turismo, educación, capital humano, salud, ecosistemas de trabajo, IoT e inteligencia artificial (AI)*.

Tabla 35. Sectores con potencial de crecimiento basad en Industria 4.0 en México.

Código	Respuesta
P1-F	"...IoT..."
P2-F	"...en ecosistemas con trabajo y asignación clara..."
P3-M	"...En el capital humano del país al contar con un bono demográfico..."
P4-M	"...Industrias de transformación, sistemas de seguridad, sistemas de control demográfico, procesos estadísticos en todas sus formas, sistemas telefónicos, etc. ..."
P5-M	"...Educación, Transferencia de conocimiento, visión amplia global de tendencias y necesidades reales..."
P6-M	"...En la industria aeroespacial..."
P7-M	"...Industria..."
P8-M	"...En las mujeres y jóvenes..."
P9-M	"...En cadenas de producción, seguimiento de envíos y cadena de frío..."
P10-M	"...Manufactura, Turismo y Salud..."
P11-F	"...En la industria..."
P13-M	"...Aplicación de la inteligencia artificial y el big data para hacer modelos predictivos de mantenimiento y mejora continua en las cadenas productivas. ..."

Fuente: Elaboración propia.

En un análisis posterior de las respuestas, se construyó el diagrama de la Figura 11 que presenta las áreas de oportunidad identificadas y una aproximación a la proporción de las posibilidades de desarrollo en el país.

Figura 11. Sectores con mayor potencial de desarrollo.



Fuente: Elaboración propia.

Las respuestas de los entrevistados permiten identificar un acuerdo al considerar a la manufactura como el sector con el mayor potencial de crecimiento. Por las necesidades detectadas, puede considerarse al área de Transferencia de conocimiento / educación como la segunda en cuanto al potencial de desarrollo.

Los entrevistados resaltaron las siguientes áreas como las que tienen gran potencial de desarrollo: Cadenas de producción y mantenimiento, cadena de frío, mejora continua en las cadenas productivas, creación de ecosistemas, visión amplia global de tendencias y necesidades reales, IoT, seguimiento de envíos, inteligencia artificial, big data, estadística, telefonía, seguridad, industria aeroespacial, turismo y salud.

5.1.17 Sectores de interés para el desarrollo de Industria 4.0.

La postura de los líderes promotores entrevistados respecto a las iniciativas de interés son descritas en las respuestas a la pregunta: ¿Hay alguna iniciativa que le interese? ¿Algo en particular en que le gustaría trabajar? Las iniciativas en

donde los entrevistados tiene intenciones de incursionar son en los sectores de educación, voluntariado y el desarrollo de aplicaciones tecnológicas.

Además, en la Figura 12 se presentan los anteriores y otros sectores que fueron mencionados: procesos de innovación cultural y creación de ecosistemas flexibles 4.0, investigar el impacto social y ecológico, emprendimiento independiente, fabricación distribuida, prosumo, consultoría, liderazgo tecnológico, innovación abierta y continuar impulsado la adopción de estas tecnologías en México.

Figura 12. Sectores de interés para el desarrollo de la Industria 4.0 en México.



Fuente: Elaboración propia.

En de las respuestas obtenidas a las preguntas, relacionadas con obstáculos para la adopción de Industria 4.0, limitantes de adopción de Industria 4.0, disponibilidad de las competencias para la Industria 4.0 y perspectivas de desarrollo, se identifica que desde el punto de vista de los líderes en adopción de la Industria 4.0, la falta de cualificación del capital humano en la industria manufacturera dificulta la adopción de la Industria 4.0

5.2 Consulta a los empresarios.

En esta sección se presentan los resultados del análisis de datos recolectados a través de las encuestas realizadas a empresas del sector manufactura en México con el propósito de describir las tecnologías de la Industria 4.0 que se están implementando en sus procesos de producción, así como en sus actividades de gestión y control de sus cadenas de valor.

Se describen las razones por las que las empresas del sector manufactura en México son motivadas a utilizar o planificar implementar las tecnologías de la Industria 4.0 en sus operaciones.

El análisis se complementa con la descripción de los factores internos y externos que promueven la adopción de la Industria 4.0 así como los obstáculos que enfrentan las empresas mexicanas.

Finalmente, se analizan las competencias de los trabajadores que están relacionadas directamente con la implementación y operación eficiente de las tecnologías de la Industria 4.0 en los procesos de las empresas del sector manufactura.

El grupo de empresas incluidas en el estudio designó a personas del género masculino (96.4%) para contestar las preguntas incluidas en el instrumento de recolección de datos. Se presenta en la Figura 13 la escolaridad de los encuestados; 50% tienen posgrado y el 46.4% estudios de licenciatura; el resto contestó otro (3.6%).

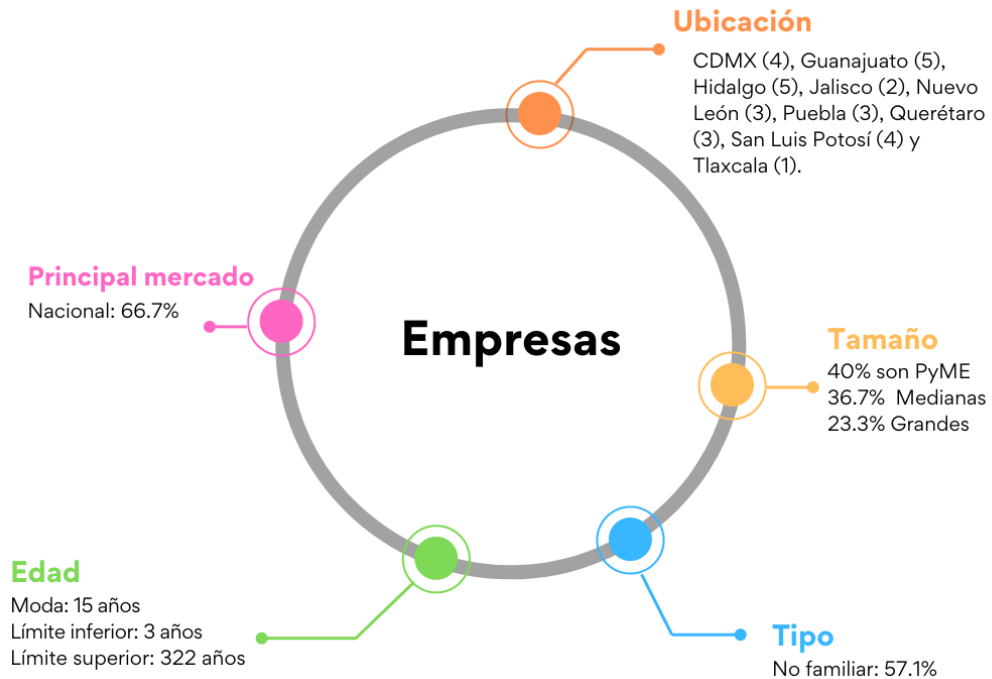
Figura 13. Empresarios incluidos en el estudio



Fuente: Elaboración propia.

El análisis de las edades de los empresarios incluidos en el estudio describe a un grupo de empresarios adultos jóvenes con un rango de 32 años (límite inferior: 25, límite superior: 57); con media muestral de 42.5 años y moda de 45 años. La ubicación geográfica de las empresas incluidas en el estudio coincide con las zonas de interés para este trabajo. En la Figura 14 se describe que las empresas incluidas se ubican en Ciudad de México (4), Guanajuato (5), Hidalgo (5), Jalisco (2), Nuevo León (3), Puebla (3), Querétaro (3), San Luis Potosí (4) y Tlaxcala (1).

Figura 14. Datos de las empresas que respondieron la encuesta.



Fuente: Elaboración propia.

El grupo de empresas que están abordando la adopción de la Industria 4.0 al considerar su tamaño se compone por el 40% de pequeñas, 36.7% medianas y el 23.3% son grandes. El principal mercado del grupo de empresas es el nacional (66.7%), mientras que el 33.3% mencionaron estar orientadas al ámbito internacional.

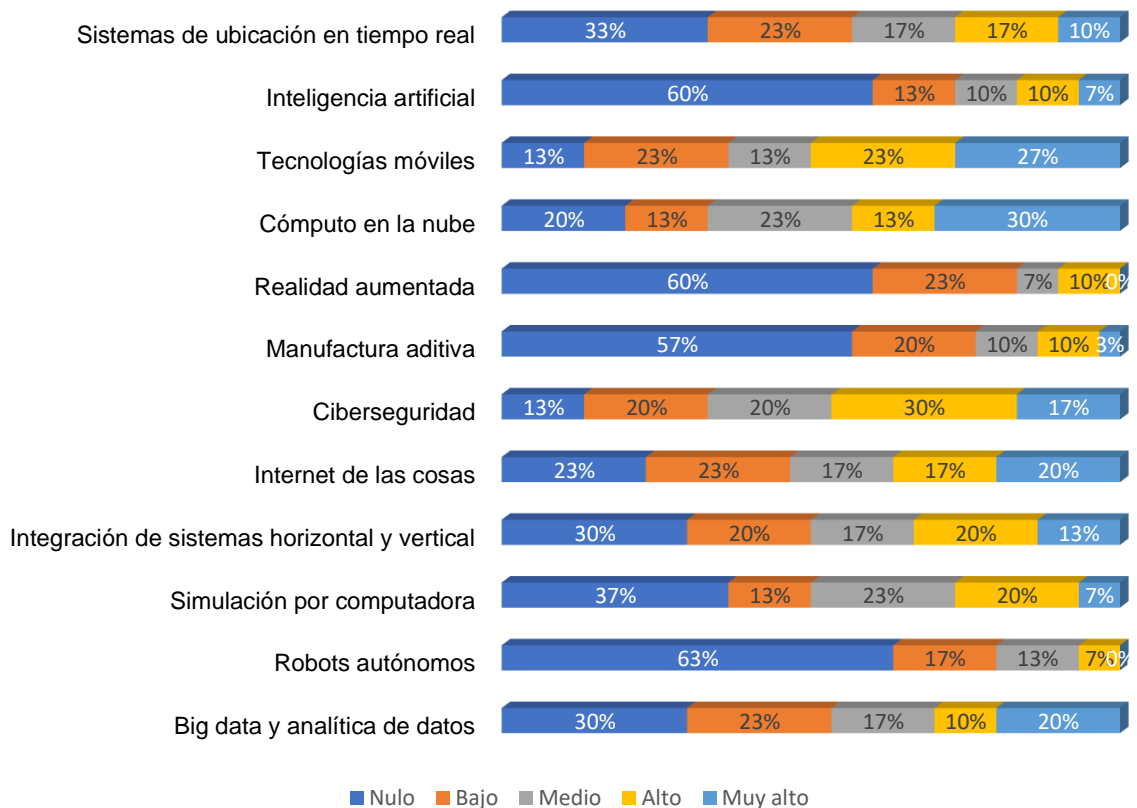
Por otro parte, el 57.1% de las empresas estudiadas son consideradas no familiares y el 42.9% son empresas familiares. Respecto de los años que llevan en operación las empresas, la moda muestral es de 15 años edad con un límite inferior de 3 años y un límite superior de 322 años y un rango de 319 años. Por tanto, el grupo de empresas estudiadas es heterogéneo en las dimensiones tamaño, edad y tipo.

En las siguientes secciones se presenta el análisis de las respuestas de los empresarios entrevistados que dieron como respuesta a las cuestiones incluidas por medio del instrumento de recolección de datos.

5.2.1 Implementación de tecnologías de Industria 4.0.

Los resultados del análisis de las respuestas de los empresarios a la pregunta: *¿En qué grado aplica las siguientes tecnologías digitales en su empresa?* se presentan en la Figura 15. De acuerdo con la escala empleada (Nulo, Bajo, Medio, Alto y Muy Alto) se describe un escenario nacional heterogéneo y diverso en donde las tecnologías digitales de la Industria 4.0 está siendo aplicadas en diferentes grados.

Figura 15. Tecnologías de Industria 4.0 aplicadas.



Fuente: Elaboración propia.

El análisis detallado de cada tecnología se presenta en la Tabla 36, las tecnologías digitales que tienen un mayor grado de no aplicación (grado nulo) entre la muestra de empresas analizada, son los *robots autónomos* (63%), *inteligencia artificial* (60%), *realidad aumentada* (60%) y *manufactura aditiva* (57%).

Tabla 36. Aplicación de las tecnologías de la Industria 4.0 en México.

Tecnología	Descripción
Sistemas de ubicación en tiempo real	La tecnología de los sistemas de ubicación en tiempo real o identificación por radiofrecuencia se aplica en los grados bajo, medio, alto y muy alto en el 67% de las empresas estudiadas; mientras que en el 33% no se utilizan.
Inteligencia artificial	La aplicación de la inteligencia artificial en las empresas mexicanas del sector manufactura estudiadas es nula en el 60% de los casos; mientras que en el 40% la utilizan en los grados bajo, medio, alto y muy alto.
Tecnologías móviles	El 87% de las empresas mexicanas del sector manufactura utilizan las tecnologías móviles en los grados bajo, medio, alto y muy alto; mientras que el 13% no las utilizan.
Cómputo en la nube	La tecnología de cómputo en la nube se aplica en el 80% de las empresas mexicanas del sector manufactura en los grados bajo, medio, alto y muy alto; mientras que en el 20% no se utiliza.
Realidad aumentada	La aplicación de la realidad aumentada en las empresas mexicanas del sector manufactura es nula en el 60% de los casos; mientras que el 40% la utiliza en los grados bajo, medio y alto.
Manufactura aditiva	Las empresas del sector manufactura en México aplican la manufactura aditiva en el 43% de los casos en los grados bajo, medio alto y muy alto; mientras que el 57% no la utilizan.
Ciberseguridad	La aplicación de las tecnologías de la ciberseguridad en las empresas mexicanas estudiadas es nula en el 13% de los casos; mientras en el 87% se utiliza en los grados bajo, medio, alto y muy alto.
Internet de las cosas	El 40% de las empresas mexicanas del sector manufacturas aplican la tecnología de internet de las cosas en los grados bajo y medio, otro 37% lo hace en alto y muy alto; mientras el 23% no lo está aplicando.
Integración de sistemas horizontal y vertical	La aplicación de la integración de sistemas horizontal y vertical en las empresas mexicanas del sector manufactura es nula en el 30% de los casos; mientras el 70% la utilizan en los grados bajo, medio, alto y muy alto.
Simulación por computadora	En la aplicación de la simulación por computadora en las empresas mexicanas del sector manufacturas se identifica el grupo no la utilizan (37%) y el grupo que la utilizan en los grados bajo, medio, alto y muy alto representa el 63%.

Robots autónomos	La aplicación de los robots autónomos es una tecnología no utilizada en el 63% de los casos. Sólo el 37% de empresas aplica esta tecnología en los grados bajo, medio y alto.
Big data y analítica de datos	La aplicación de las tecnologías de big data y analítica de datos en las empresas mexicanas del sector manufactura presenta dos grupos de empresas: 30% no la utilizan; mientras que el 70% tienen un grado de aplicación bajo, medio, alto y muy alto.

Fuente: Elaboración propia.

Las tecnologías digitales que se están aplicando en mayor grado en México (grado alto y muy alto) son *tecnologías móviles* (50%), *cómputo en la nube* (43%), *internet de las cosas* (37%) y *ciberseguridad* (47%).

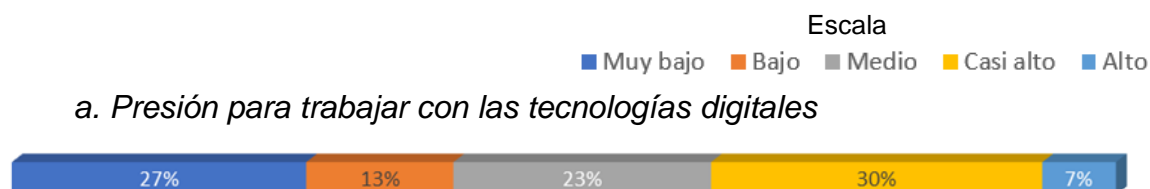
5.2.2 Razones para implementar la Industria 4.0.

Los resultados del análisis de las respuestas de los empresarios mexicanos del sector manufactura respecto de las razones para implementar las tecnologías de la Industria 4.0 se presentan en la Figura 15. Se utilizó la escala adaptada de Haug, et al., (2011) para las categorías muy bajo, bajo, medio, casi alto y alto.

De acuerdo con lo presentado en la Figura 16, las cuatro razones evaluadas en los niveles bajo y muy bajo son: *presiones para trabajar en las tecnologías digitales* (40%), *competencias adecuadas para trabajar con las tecnologías digitales* (40%), *libertad económica para trabajar con las nuevas tecnologías* (34%) y *conocimientos necesarios sobre tecnologías digitales* (33%).

Por otra parte, las razones que fueron mejor evaluadas en los niveles medio, casi alto y alto son: *apoyo necesario de la alta dirección para trabajar con las tecnologías digitales* (76%), *voluntad de asumir riesgos para experimentar con las tecnologías digitales* (76%) y *motivación adecuada para trabajar con las nuevas tecnologías digitales* (73%).

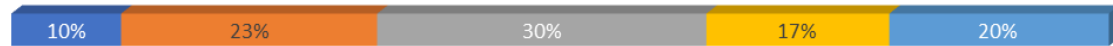
Figura 16. Razones para implementar la Industria 4.0 en México.



b. Voluntad de asumir riesgos para experimentar con las tecnologías digitales



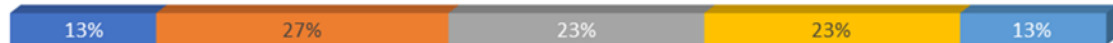
c. Conocimiento necesario sobre las tecnologías digitales



d. Apoyo necesario de la alta dirección para trabajar con las tecnologías digitales



e. Competencias adecuadas para trabajar con las tecnologías digitales



f. Motivación adecuada para trabajar con las nuevas tecnologías



g. Libertad económica para trabajar con las nuevas tecnologías digitales



Fuente: Elaboración propia.

Las presiones externas de clientes, proveedores o autoridades para trabajar con las nuevas tecnologías digitales de la Industria 4.0 se describen en la Figura 15 inciso a. El nivel de las presiones externas en el 27% de las empresas mexicanas es muy bajo, en el 13% es de nivel bajo, el 23% tiene nivel medio, el 30% tiene nivel casi alto y sólo el 7% tiene un nivel alto.

La voluntad de los empresarios encuestados de asumir riesgos para experimentar las nuevas tecnologías digitales de la Industria 4.0 se describe en la Figura 15 inciso b. El 76% de las empresas mexicanas del sector manufactura tienen voluntad de asumir riesgos en los niveles bajo, medio, casi alto y alto para

experimentar las tecnologías digitales de la Industria 4.0; mientras que el 23% tienen un nivel bajo (13%) y muy bajo (10%).

Las respuestas de los empresarios a la pregunta relacionada con los conocimientos necesarios sobre las tecnologías digitales de la Industria 4.0 se presenta en la Figura 15 inciso c. El 67% de las empresas mexicanas del sector manufactura consideran tener conocimientos sobre las tecnologías digitales de la Industria 4.0 en los niveles medio (30%), casi alto (17%) y alto (20%); mientras que el 33% tienen niveles bajo (23%) y muy bajo (10%).

Las perspectivas de los empresarios encuestados con relación al apoyo de la alta dirección para trabajar con las tecnologías de la Industria 4.0 se describen en la Figura 15 inciso d. El 76% de las empresas mexicanas del sector manufactura tienen el apoyo de la alta dirección en los niveles medio (23%), casi alto (23%) y alto (13%); mientras el 24% tiene apoyo en los niveles bajo (7%) y muy bajo (17%).

Respecto de las competencias adecuadas para trabajar con las nuevas tecnologías digitales de la Industria 4.0 el resultado del análisis se presenta en la Figura 15 inciso e. El 40% de las empresas mexicanas del sector manufactura consideran tener un nivel bajo (27%) y muy bajo (13) en las competencias para trabajar con las tecnologías de la Industria 4.0; mientras que el 60% declara tener niveles medio (23%), casi alto (23%) y alto (13%).

En la Figura 15 inciso f se presenta el resultado del análisis de las respuestas de los empresarios relacionadas con *la motivación de sus empleados para trabajar con las nuevas tecnologías digitales* de la Industria 4.0. El 73% de las empresas estudiadas considera que la motivación de sus empleados se encuentra en los niveles medio (20%), casi alto (30%) y alto (23%); mientras que el 25% tiene niveles bajo (17%) y muy bajo (10%).

El resultado del análisis de las respuestas al cuestionamiento relacionado con *tener la libertad económica* para trabajar con las nuevas tecnologías de la

Industria 4.0 se presentan en la Figura 15 inciso g. El 34% de las empresas estudiadas considera tener niveles bajo (17%) y muy bajo (17%) de libertad económica; mientras que el 67% considera tener niveles medio (40%), casi alto (17%) y alto (10%).

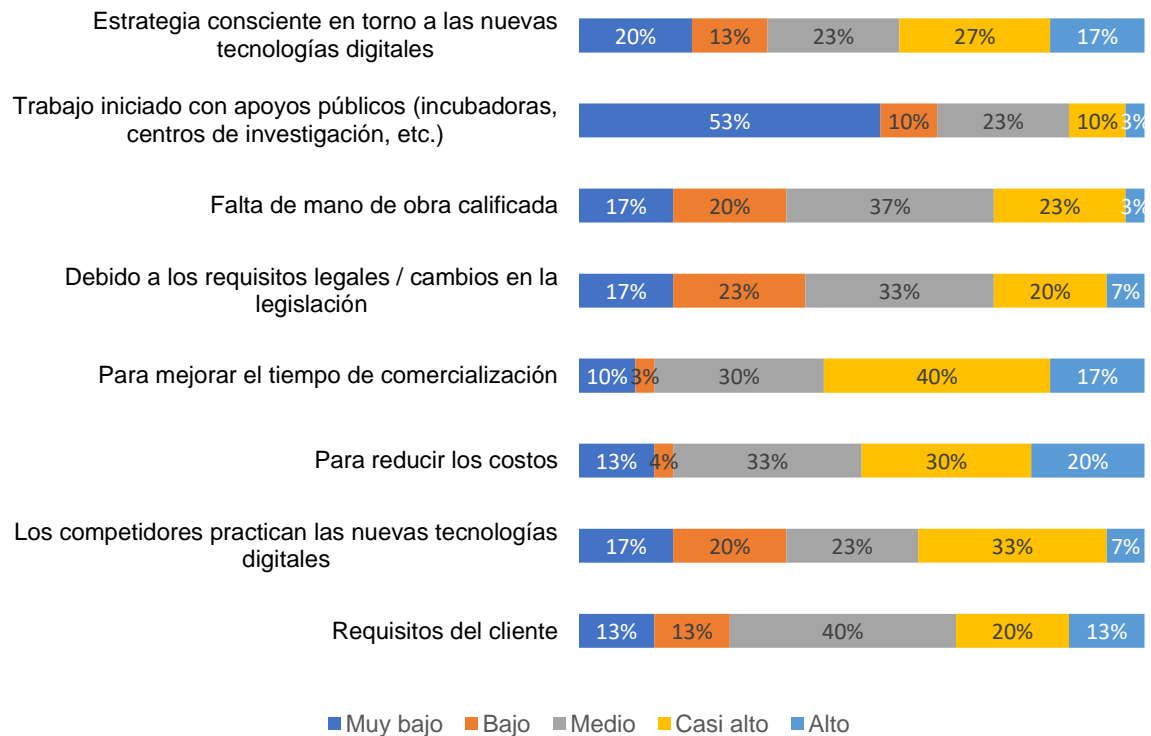
Por lo anteriormente descrito, se concluye que las razones que motivan la adopción y uso de tecnologías de la Industria 4.0 en mayor medida es *por apoyo de la dirección de la empresa, voluntad para asumir riesgos y motivación para trabajar con las nuevas tecnologías.*

Aquellas razones que no lo promueven son *presiones para trabajar con las tecnologías, competencias adquiridas, libertad económica y finalmente, los conocimientos necesarios sobre las tecnologías digitales de la Industria 4.0.*

5.2.3 Impulsores de adopción de la Industria 4.0.

Los empresarios entrevistados evaluaron los factores que impulsan a su empresa a adoptar las nuevas tecnologías digitales de la Industria 4.0 en la escala: muy bajo, bajo, medio, casi alto y alto. Los resultados del análisis de las respuestas se presentan en la Figura 17.

Figura 17. Impulsores de adopción de la Industria 4.0.



Fuente: Elaboración propia.

La adopción de la Industria 4.0 por las empresas mexicanas del sector manufactura en base con la opinión de los entrevistados está impulsada por diferentes factores de la siguiente forma:

- El 44% considera que la *estrategia consciente en torno a las nuevas tecnologías digitales* es un factor en los niveles casi alto (27%) y alto (17%); mientras el 56% considera este factor en los niveles medio (23%), bajo (13%) y muy bajo (20%).
- El 86% de los entrevistados consideran que el *trabajo iniciado con apoyos públicos (incubadoras, centros de investigación, etc.)* es un factor en los niveles medio (23%), bajo (10%) y muy bajo (53%); mientras que el 13% lo considera en los niveles casi alto (10%) y alto (3%).
- La *falta de mano de obra calificada* es considerada en el 26% de los casos como un factor en los niveles casi alto (23%) y alto (3%); mientras que el

74% lo consideran en los niveles medio (37%), bajo (20%) y muy bajo (17%).

- El 73% de los empresarios consideran que la adopción de la Industria 4.0 debido a los requisitos legales/cambios en la legislación es un factor en los niveles medio (33%), bajo (23%) y muy bajo (17%); mientras que el 27% lo consideran en los niveles casi alto (20%) y alto (7%).
- El 57% de los entrevistados consideran que la adopción de la Industria 4.0 *para mejorar el tiempo de comercialización* es un factor en los niveles casi alto (40%) y alto (17%); mientras el 43% lo consideran en los niveles medio (30%), bajo (3%) y muy bajo (13%).
- La adopción de la Industria 4.0 *para reducir costos* es considerado por el 50% de los empresarios como un factor impulsor en los niveles casi alto (30%) y alto (20%); mientras que el 50% lo consideran en los niveles medio (33%), bajo (4%) y muy bajo (13%).
- El 60% de los empresarios consideran el que *los competidores practican las nuevas tecnologías digitales* es un factor impulsor en los niveles medio (23%), bajo (20%) y muy bajo (17%); mientras que el 40% lo consideran en los niveles casi alto (33%) y alto (7%).
- La adopción de la Industria 4.0 debido a *requisitos del cliente* es considerado por el 66% de los empresarios del sector manufactura como un factor en los niveles medio (40%), bajo (13%) y muy bajo (13%); mientras el 33% lo considera en los niveles casi alto (20%) y alto (13%).

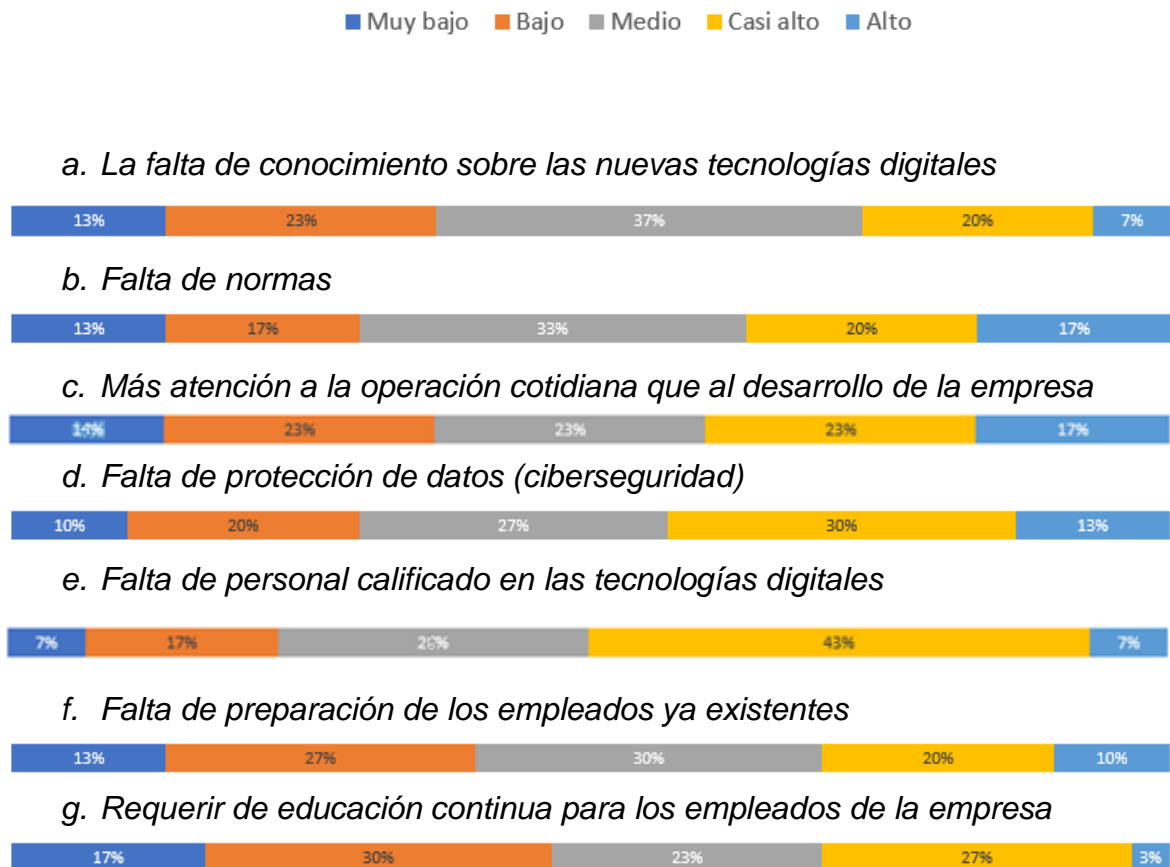
Los principales impulsores de adopción de la Industria 4.0 en las empresas del sector manufactura en México en los niveles casi alto y alto son: *para mejorar el tiempo de comercialización* (57%), *para reducir costos* (50%), *estrategia consciente en torno a las nuevas tecnologías digitales* (44%) y *los competidores practican las nuevas tecnologías digitales* (40%).

Por otro parte, los factores impulsores de la adopción de la Industria 4.0 considerados en los niveles bajo y muy bajo son: *trabajo iniciado con apoyos público (incubadoras, centros de investigación, etc.)* (63%), *debido a requisitos legales/cambios en la legislación* (40%) y *falta de mano de obra calificada* (37%).

5.2.4 Barreras para el uso de nuevas tecnologías digitales.

Los factores que actúan como barrera para el uso de las nuevas tecnologías de la Industria 4.0 fueron evaluados por los empresarios del sector manufactura con las escalas: muy bajo, bajo, medio, casi alto y alto. Los resultados del análisis de las respuestas se presentan en la Figura 18.

Figura 18. Factores que actúan como barrera para la adopción de la Industria 4.0.



h. Falta de comprensión de la importancia estratégica de las nuevas tecnologías



i. Falta de comprensión de la interacción entre la tecnología y los seres humanos



j. Pocos recursos financieros



k. Pocos recursos humanos (mano de obra)



Fuente: Elaboración propia.

La adopción de las tecnologías digitales de la Industria 4.0 por las empresas mexicanas del sector manufactura en base con la opinión de los entrevistados se ve limitada por diferentes factores que actúan como barrera de la siguiente forma:

- El 27% de las personas entrevistadas consideran que *la falta de conocimiento sobre las nuevas tecnologías digitales* es una barrera en los niveles casi alto (20%) y alto (7%); mientras que el 73% de los empresarios la considera en los niveles medio (37%), bajo (23%) y muy bajo (13%).
- El 63% de los empresarios consideran que *la falta de normas* es una barrera de adopción de la Industria 4.0 en los niveles medio (33%), bajo (17%) y muy bajo (13%). El otro 37% la consideran en los niveles casi alto (20%) y alto (17%).
- El 40% de las respuestas de los entrevistados describen que el factor *más atención a la operación cotidiana que al desarrollo de la empresa a largo plazo* se ubica en los niveles casi alto (23%) y alto (17%); mientras que el 60% lo consideran en los niveles medio (23%), bajo (23%) y muy bajo (14%).

- La *falta de protección de datos (ciberseguridad)* es considerada por el 57% de los entrevistados como una barrera de adopción de la Industria 4.0 en los niveles medio (27%), bajo (20%) y muy bajo (10%); mientras que el 43% la consideran en los niveles casi alto (30%) y alto (13%).
- La *falta de personal calificado en estas tecnologías digitales* propias de la Industria 4.0 es considerada por el 50% los empresarios del sector manufactura como una barrera de adopción de la Industria 4.0 en los niveles casi alto (43%) y alto (7%); mientras que el 50% la consideran en los niveles medio (26%), bajo (17%) y muy bajo (7%).
- El 40% de los empresarios entrevistados considera que la *falta de preparación de los empleados ya existentes* en la empresa es una barrera de adopción de la Industria 4.0 en los niveles bajo (27%) y muy bajo (13%); mientras que el 60% consideran a este factor medio (30%), en los niveles casi alto (20%) y alto (10%).
- El *requerir de educación continua para los empleados de la empresa* es considerado por el 53% de los empresarios del sector manufactura como una barrera de adopción de la Industria 4.0 en los niveles medio (23%) casi alto (27%) y alto (3%); mientras que el 47% consideran a este factor en los niveles bajo (30%) y muy bajo (17%).
- El 73% de los empresarios del sector manufactura en México consideran que la *falta de comprensión de la importancia estratégica de las nuevas tecnologías digitales* de la Industria 4.0 son una barrera de adopción en los niveles medio (30%), bajo (30%) y muy bajo (13%); mientras que el 27% lo considera en los niveles casi alto (17%) y alto (10%).
- La *falta de comprensión de la interacción entre la tecnología y los seres humanos* es considerada por el 47% de los empresarios mexicanos como una barrera de adopción de la Industria 4.0 en los niveles casi alto (34%)

y alto (13%); mientras que el 53% consideran a este factor en los niveles medio (23%), bajo (20%) y muy bajo (10%).

- El 77% de los empresarios del sector manufactura entrevistados valoran a los *pocos recursos financieros* de la empresa como una barrera de adopción de las tecnologías digitales de la Industria 4.0 en los niveles medio (20%), bajo (27%) y muy bajo (30%); mientras que el 23% consideran a este factor en los niveles casi alto (13%) y alto (10%).
- Los pocos recursos humanos (mano de obra) disponibles en las empresas mexicanas del sector manufactura es considerado por el 33% de los entrevistados como una barrera de adopción de la Industria 4.0 en los niveles bajo (10%) y muy bajo (23%); mientras que el 67% consideran a este factor en los niveles medio (33%) casi alto (17%) y alto (17%).

Los principales factores que actúan como barrera para la adopción de las tecnologías digitales de la Industria 4.0 en las empresas del sector manufactura en México en los niveles casi alto y alto son: *la falta de personal calificado en las tecnologías digitales* (50%), *falta de comprensión de la interacción entre la tecnología y los seres humanos* (46%), *falta de protección de datos (ciberseguridad)* (43%) y *más atención a la operación cotidiana que al desarrollo de la empresa a largo plazo* (40%).

Por otra parte, los factores que actúan como barrera para la adopción de la Industria 4.0 en los niveles bajo y muy bajo son: *pocos recursos financieros* (57%), *requerir de educación continua para los empleados actuales de la empresa* (47%) y *falta de comprensión de la importancia estratégica de las nuevas tecnologías digitales* (43%).

Según el punto de vista de quienes respondieron la encuesta, los pocos recursos humanos (mano de obra) disponibles en las empresas mexicanas del sector manufactura es considerado en los niveles medio (33%) casi alto

(17%) y alto (17%), como un factor que dificulta la adopción de la Industria 4.0.

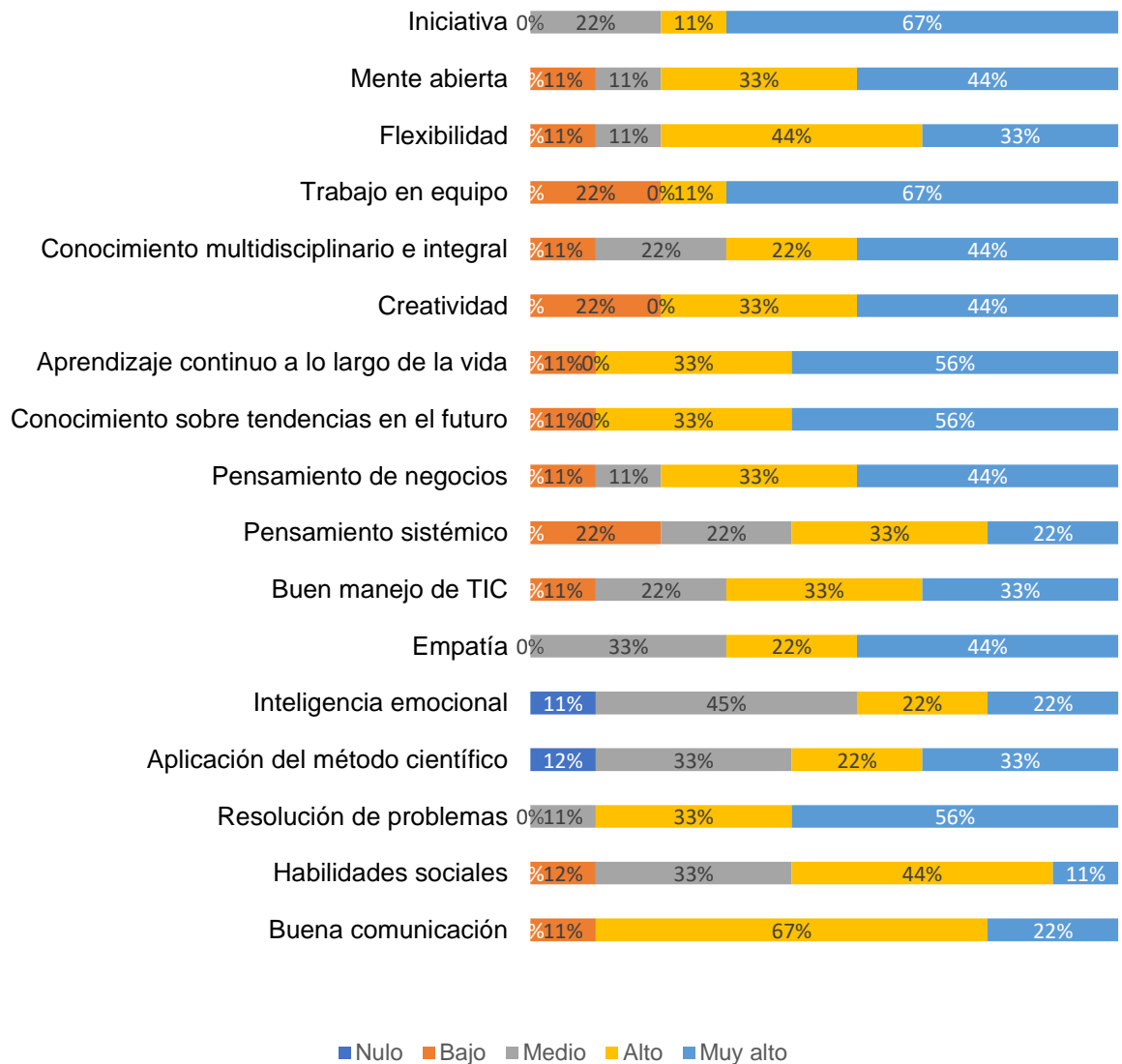
5.2.5 Habilidades de los empleados para la Industria 4.0.

El análisis de las respuestas de los empresarios del sector manufactura en México respecto de la relevancia de las habilidades de los empleados para implementar las tecnologías digitales de la Industria 4.0 se presentan en la Figura 19.

Las habilidades de los empleados de las empresas del sector manufactura en México para adoptar e implementar las tecnologías digitales de la Industria 4.0 en base con la opción de los empresarios entrevistados la relevancia puede ser descrita de la siguiente forma:

- El 78% de los empresarios entrevistados consideran que la *iniciativa de los empleados* es una habilidad en los niveles alto (11%) y muy alto (67%); mientras que el 22% consideran a esta habilidad en el nivel medio.
- El 78% de las personas entrevistadas consideran que la *mente abierta de los empleados* es una habilidad en los niveles alto (33%) y muy alto (44%); mientras que el 22% de los empresarios la considera en los niveles medio (11%) y bajo (11%).
- La *flexibilidad de los empleados* es considerada por el 78% de las personas entrevistadas como una habilidad en los niveles alto (44%) y muy alto (33%); mientras que el 22% la consideran en los niveles medio (11%) y bajo (11%).
- El 78% de los empresarios entrevistados considera que el *trabajo en equipo* es una habilidad de los empleados en los niveles alto (11%) y muy alto (67%); mientras que el 22% la considera en el nivel medio.

Figura 19. Habilidades de los empleados para desarrollarse en la Industria 4.0.



Fuente: Elaboración propia.

- El *conocimiento multidisciplinario e integral de los empleados* es considerado por el 66% de los empresarios entrevistados como una habilidad relevante calificada en los niveles alto (22%) y muy alto (44%); mientras que el 33% la consideran en los niveles medio (22%), bajo (11%) y muy bajo (1%).

- El 77% de los empresarios entrevistados considera que la *creatividad* es una habilidad de los empleados relevante en los niveles alto (33%) y muy alto (44%); mientras que el 22% la consideran en el nivel medio.
- El *aprendizaje continuo a lo largo de la vida* es una habilidad de los empleados considerada por el 89% de los empresarios entrevistados en los niveles alto (33%) y muy alto (56%); mientras que el 11% la considera en el nivel bajo.
- El 89% de los empresarios entrevistados consideran que el *conocimiento sobre tendencias en el futuro* es una habilidad de los empleados importante en los niveles alto (33%) y muy alto (56%); mientras que el 11% la consideran en el nivel bajo.
- El *pensamiento de negocios* es una habilidad de los empleados el 77% de los empresarios entrevistados la consideran relevante en los niveles alto (33%) y muy alto (44%); mientras que el 22% la califican en los niveles medio (11%) y bajo (11%).
- El 55% de los empresarios entrevistados consideran que el *pensamiento sistémico* es una habilidad de los empleados importante en los niveles alto (33%) y muy alto (22%); mientras que el 45% la consideran en los niveles medio (22%), bajo (22%) y muy bajo (1%).
- El *buen manejo de TIC* es una habilidad de los empleados que el 66% de los empresarios entrevistados la consideran relevante en los niveles alto (33%) y muy alto (33%); mientras que el 34% la califican en los niveles medio (22%), bajo (11%) y muy bajo (1%).
- El 66% de los empresarios entrevistados consideran que la *empatía* es una habilidad de los empleados importante en los niveles alto (22%) y muy alto (44%); mientras que el 33% la consideran en el nivel medio.
- La *inteligencia emocional* es una habilidad que el 44% de los empresarios entrevistados la consideran relevante en los niveles alto (22%) y muy alto (22%); mientras que el 56% la califican en los niveles medio (45%) y nulo (11%).

- El 55% de los empresarios entrevistados consideran que la *aplicación del método científico* es una habilidad de los empleados importante en los niveles alto (22%) y muy alto (33%); mientras que el 45% la consideran en los niveles medio (33%) y nulo (12%).
- La *resolución de problemas* es una habilidad de los empleados que el 89% de los empresarios entrevistados consideran relevante en los niveles alto (33%) y muy alto (56%); mientras que el 11% la califican en el nivel medio.
- El 55% de los empresarios entrevistados consideran que las *habilidades sociales* de los empleados son importantes en los niveles alto (44%) y muy alto (11%); mientras que el 45% la consideran en los niveles medio (33%) y bajo (12%).
- La *buena comunicación* es una habilidad de los empleados que el 89% de los empresarios entrevistados consideran relevante en los niveles alto (67%) y muy alto (22%); mientras que el 11% la califican en el nivel bajo.

De acuerdo con las respuestas obtenidas, las principales habilidades de los empleados (evaluadas en los niveles alto y muy alto) para adoptar e implementar las tecnologías digitales de la Industria 4.0 en las empresas del sector manufactura en México son: *buena comunicación* (89%), *resolución de problemas* (89%), *conocimiento sobre tendencias del futuro* (89%), *aprendizaje continuo a lo largo de la vida* (89%), *iniciativa* (78%), *trabajo en equipo* (78%), *mente abierta* (77%) y *creatividad* (77%).

Por otra parte, las habilidades de los empleados para implementar la Industria 4.0 en las empresas del sector manufactura en menor medida son: *inteligencia emocional* (11%), *aplicación del método científico* (11%) y *pensamiento sistémico* (22%).

Derivado de las respuestas de los empresarios y lo ya revisado de las entrevistas a líderes en adopción de Industria 4.0, se tienen evidencias empíricas para aceptar la hipótesis H0b, ya que, de acuerdo con sus respuestas, ambos

consideran que la falta de cualificación del capital humano en la industria manufacturera dificulta la adopción de la Industria 4.0

5.3 Perfil general del trabajador profesional en las empresas de manufactura.

Por otra parte, con las opiniones obtenidas de los líderes en adopción de la Industria 4.0 y de los empresarios del sector manufactura mexicano, se construyó un perfil general del trabajador profesional en las empresas del sector al realizar una adaptación a la propuesta de Prifti et al. (2017) y se presenta en la Tabla 37

Tabla 37. Perfil general del trabajador profesional de manufactura en la Industria 4.0

Big Eight Factors ¹	Dimensiones de la competencia ¹	Categorías de referencia ¹	Categorías identificadas ²	Respuestas de Líderes	Respuestas de Empresarios
Dirigir y decidir	Decidir e iniciar la acción	Toma de decisiones			
		Asumir responsabilidades	SK18 Iniciativa propia	X	
	Dirigir y supervisar	Habilidades de liderazgo	SK21 Liderazgo	X	X
Apoyar y cooperar	Trabajar con las personas	Trabajo en equipo	SK15 Trabajo en equipo	X	X
		Colaborar con otros	Nuevas formas de colaborar	X	
	Adherirse a los principios y valores	Comunicarse con la gente	SK1 Comunicación	X	
		Respetar la ética			
Interactuar y presentar	Relacionarse y trabajar en red	Conciencia ambiental			
		Conciencia de la ergonomía			
	Persuadir e influenciar	Compromiso			
		Creación de redes empresariales	Clústeres	X	
	Mantener las relaciones con los clientes	Negociación	SK3 Habilidades sociales	X	
Inteligencia emocional		SK6 Inteligencia emocional SK7 Empatía	X		

	Presentar y comunicar información	Capacidad de presentación y comunicación	SK2 Comunicación en idioma inglés	X	
	Redactar e informar	Comunicación dirigida/técnica	SK5 Aplicación del método científico	X	
		Alfabetización	SK11 Alfabetización digital	X	
Analizar e interpretar	Aplicar la experiencia y la tecnología	Afinidad con la informática y la tecnología	SK8 Fluidez en el manejo de tecnologías	X	
		Economía Extraer el valor empresarial de los medios sociales	SK23 Transformación digital	X	
		Modelización y programación	SK28 Diseño de tecnología y programación		X
		Big Data/Análisis e Interpretación de Datos	Pilares	X	
	Analizar	Computo en la nube	Pilares	X	
		Bases de datos	Pilares	X	
		Estadística	SK27 Estadística		X
		Ciberseguridad	Pilares	X	
		Resolución de problemas	SK4 Resolución de problemas	X	X
		Optimización			
	Analizar	Habilidades analíticas	SK5 Aplicación del método científico		X
		Capacidad cognitiva	SK5 Aplicación del método científico		X
Crear y conceptualizar	Aprender e investigar	Aprendizaje permanente	SK12 Aprendizaje continuo a lo largo de la vida	X	X
		Gestión del conocimiento			
	Crear e innovar	Innovación	SK24 Innovación	X	X
		Creatividad	SK13 Creatividad	X	X
		Pensamiento crítico	SK19 Pensamiento crítico		
	Gestión del cambio	Gestión	X		

		Estrategia empresarial	SK10 Pensamiento de negocios	X	
	Formular estrategias y conceptualizar	Capacidad de abstracción	Abstracción	X	
		Gestión de la complejidad	SK9 Pensamiento Sistémico	X	
Organizar y ejecutar	Planificar y organizar	Gestión de proyectos			
		Planificación y organización del trabajo			
		Capacidad de gestión			
	Entregar resultados y satisfacer las expectativas de los clientes	Orientación al cliente			
	Seguir instrucciones y procedimientos	Gestión de la relación con el cliente			
		Conciencia de la legislación			
		Conciencia de seguridad			
		Responsabilidad individual			
Adaptarse y afrontar	Adaptarse y dar respuesta ante los cambios	Trabajo en entornos interdisciplinarios	SK14 Conocimiento multidisciplinario e integral	X	
		Competencia intercultural	SK14 Conocimiento multidisciplinario e integral	X	
		Flexibilidad	SK16 Flexibilidad SK26 Resiliencia	X	X
		Adaptabilidad y capacidad de cambio de mentalidad	SK17 Mente abierta		X
		Persuadir e influenciar	Equilibrio entre vida y trabajo		
Emprender y ejecutar	Lograr metas y objetivos personales y laborales	Autogestión y organización	SK20 Auto aprendizaje SK25 Persistencia		X
	Desarrollar pensamiento	Comprensión del modelo de negocio	SK10 Pensamiento de negocios	X	

empresarial y pensamiento comercial	Espíritu empresarial	SK22 Emprendimiento digital	X
-------------------------------------	----------------------	--------------------------------	---

1. SHL Universal Competency Framework (Bartram, 2012).
2. De los instrumentos de recolección de datos de este proyecto.

Fuente: Elaboración propia.

De acuerdo con la revisión bibliográfica y con base en los resultados de la fase cualitativa (líderes promotores y empresarios), el perfil general del trabajador profesional de manufactura en la I4.0 que incluye 28 competencias relacionadas con siete dimensiones del *Big eight* descrito por el Marco de Competencias Universales SHL (Bartram, 2012): Dirigir y decidir, Apoyar y cooperar, Interactuar y presentar, Analizar e interpretar, Crear y conceptualizar, Adaptarse y afrontar, Emprender y ejecutar.

En lo relacionado con *Dirigir y decidir*, las respuestas obtenidas en los instrumentos consideran relevante las competencias de *Iniciativa propia* y *Liderazgo*. En cuanto *Apoyar y Cooperar*, líderes y empresarios recomendaron importante poseer las capacidades de *Trabajo en equipo*, *Nuevas formas de colaborar* y *Comunicación* en relación con la dimensión *Trabajar con las personas*.

En cuanto a la dimensión *Interactuar y presentar*, sólo se señaló tener conocimientos sobre *Clústeres* como una característica importante para el trabajo en red; contar con *Habilidades Sociales*, *Inteligencia emocional* y *Empatía*, así como *Comunicarse en idioma inglés*, *Aplicar el método científico* y contar con *Alfabetización digital*, son competencias mencionadas solo por los líderes en la adopción de tecnología, mientras que los empresarios no hicieron recomendaciones al respecto.

En la dimensión de *Analizar e interpretar*, si se señaló la necesidad de que se cuente con *Fluidez en el manejo de tecnologías*, *Transformación digital*, *Diseño de tecnología y programación*, así como *Estadística*, (estos dos últimos fueron los únicos rubros de la dimensión aportado por los empresarios en esta dimensión).

Resolución de problemas, fue una competencia señalada tanto por empresarios como por líderes en la adopción. Por otra parte, la *Aplicación del método científico*, fue una habilidad de análisis resaltada por parte de los empresarios.

En la dimensión *Crear y conceptualizar*, el *Aprendizaje continuo a lo largo de la vida* fue reconocido como muy importante por todos los participantes, la *Gestión* (en general), *la Innovación*, *la Creatividad*, *el Pensamiento de negocios*, *la Abstracción* y *el Pensamiento sistémico* fueron competencias consideradas como esenciales en el perfil del profesional de manufactura en la Industria 4.0.

Para la dimensión relacionada con la *Adaptación y afrontar*, se señalaron las siguientes competencias: *Conocimiento multidisciplinario e integral*, *Flexibilidad*, *Resiliencia* y *Mente abierta*.

Finalmente, en cuanto a *Emprender y Ejecutar*, el *Auto aprendizaje*, *la Persistencia*, *el Pensamiento de negocios* y *el Emprendimiento digital* fueron señalados como competencias requeridas en el perfil del trabajador profesional de manufactura en la Industria 4.0.

Por otra parte, en la tabla 37 se pueden observar las siguientes diferencias entre el referente alemán y lo considerado por los agentes participantes en México:

Ni los líderes en adopción de Industria 4.0 ni los empresarios recomendaron competencias en cuanto a *“adherirse a principios y valores, planeación y organización, entrega de resultados y cumplir con las expectativas del cliente, así como seguir instrucciones y procedimientos”*.

Aunque si se consideró la dimensión *relacionarse*, no apareció entre los comentarios de ninguno de los consultados, la categoría *Mantener las relaciones con los clientes*.

De igual forma, en cuando a la *Adaptación y afrontar el cambio*, no se señaló particularmente *Equilibrio entre vida y trabajo*.

Como puede observarse, las aportaciones de los participantes en la Fase 1 de este trabajo realizada con la metodología mixta paralela convergente arrojan como resultado, la importancia de las competencias conductuales para la Industria 4.0 (Pritfi et al., 2017; Alhosani & Ismail, 2021).

Con estas evidencias empíricas, se rechaza la hipótesis H0a, la cual planteaba que las habilidades que requieren los futuros egresados de las carreras de Tecnologías de la Información y áreas afines a la industria manufacturera para incorporarse a la Industria 4.0 son técnicas.

En consecuencia, las competencias consideradas en el perfil fueron incluidas en el instrumento aplicado a los estudiantes de último grado de programas educativos en áreas afines al sector manufactura para continuar con los análisis.

5.4 Consulta a los estudiantes.

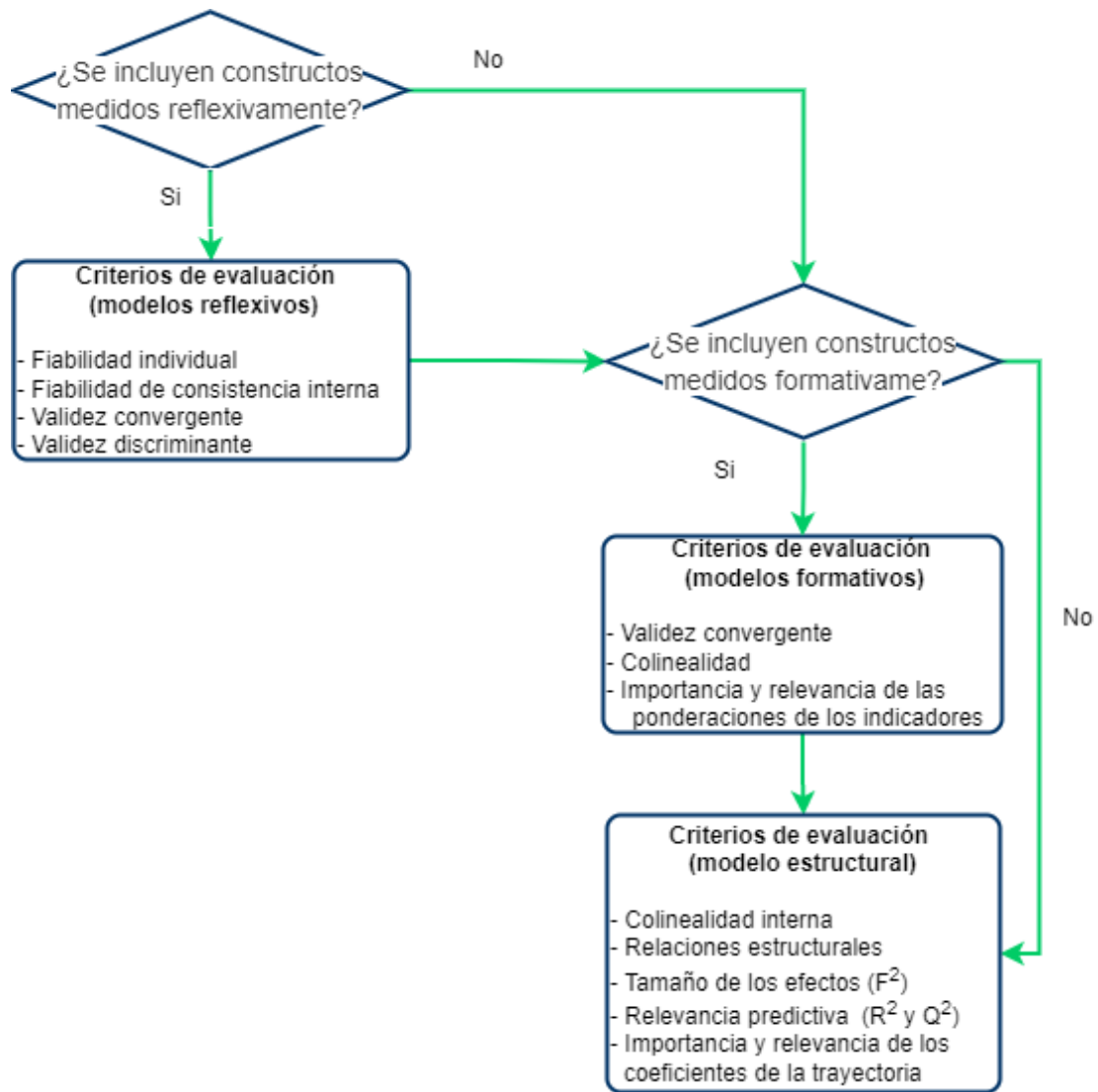
El 74% de los estudiantes son del género masculino y 26% corresponden al femenino.

La edad promedio muestral es de 23 años y el promedio de las calificaciones acumuladas en los estudios universitarios de los estudiantes de la muestra es de 9.14.

Para realizar el análisis cuantitativo de los datos obtenidos mediante el cuestionario aplicado a los estudiantes, se diseñó un modelo de ecuaciones estructurales a través de la técnica multivariable *Partial Least Squares* (PLS).

El análisis PLS, implica la realización de dos etapas, descritas en la Figura 20.

Figura 20. Procedimiento para implementar PLS.



Fuente: Elaboración propia con base en Sarstedt, Ringle, Smith, Reams & Hair (2014).

Como punto de partida, se realizaron pruebas (Esfericidad de Bartlett y Kaiser-Meyer-Olkin) para garantizar la viabilidad de los métodos, es decir establecer que existe relación hipotética entre las variables latentes y las observadas; con los análisis posteriores obtener las relaciones correctas.

5.4.1 Análisis Factorial Exploratorio.

Con la finalidad de obtener un primer análisis de la dimensionalidad de las escalas de medida y una mayor información de los indicadores utilizados en el modelo propuesto, se decide realizar un Análisis Factorial Exploratorio (AFE), técnica estadística que busca identificar interdependencia entre las variables analizadas (Ferrando & Lorenzo-Seva 2014; Lloret-Segura et al., 2014; Ramayah et al., 2017; Rodríguez et al., 2019).

En AFE todas las variables se analizan en conjunto, se busca un número más pequeño de dimensiones latentes (factores) no observables que, perdiendo el mínimo de información, expliquen suficientemente las relaciones existentes entre las variables observadas y de la manera más sencilla posible, con el propósito de reconocer las variables que son más relevantes antes de aplicar otros análisis (Pérez & Medrano, 2010; Méndez & Rodón, 2012; Calderón et al., 2018; Ledesma et al., 2019).

Se utilizó la técnica de componentes principales con rotación varimax, que trabaja con variables numéricas; debido a que el cuestionario aplicado incluyó variables categóricas, éstas fueron codificadas para ser procesadas en la herramienta STATA 15.1 (<https://www.stata.com/stata15/>).

Para justificar la aplicación de AFE, se validó el supuesto de normalidad de las variables mediante la prueba de esfericidad de Bartlett con la hipótesis nula de que no existen correlación entre las variables.

Se obtuvo un resultado menor a 0.05 por lo que se rechaza la hipótesis nula al existir algún grado de correlación estadísticamente significativa (Bartlett, 1937) suficiente para continuar con el análisis.

Adicionalmente, se aplicó el análisis Kaiser-Meyer-Olkin (KMO) para medir la homogeneidad de las variables estudiadas. El valor obtenido fue de 0.826,

superior a 0.6 (Cureton & D'Agostino, 2013) por lo que se rechaza la hipótesis nula de no homogeneidad de los datos.

Ambos análisis (Bartlett y KMO) arrojan resultados que presentan evidencia estadística de que existe correlación entre las variables de interés.

Por otra parte, los análisis de Bartlett y KMO sirvieron para detectar ítems redundantes con aportación poco relevante que se decidió eliminarlos antes de iniciar la siguiente fase. Se dejaron fuera los ítems relacionados con la dimensión *Medios digitales de que dispone el estudiante* (12 ítems), dado que los resultados obtenidos reflejaron su no idoneidad para continuar formando parte del análisis.

Al término del análisis AFE, se obtuvo una matriz rotada donde todos los indicadores obtienen valores superiores a 0.5 respecto a sus constructos. Se obtuvieron 32 componentes, cuyos ítems cargan de acuerdo con los parámetros establecidos y explican el 87.45% de la varianza total (Anexo 3).

La fiabilidad interna del cuestionario se evaluó mediante el alfa (α) de Cronbach para comprobar el grado de similitud e interrelación entre los ítems de la escala (Shelby, 2011).

El coeficiente de alfa de Cronbach = 0.9054 asegura la confiabilidad del instrumento usado, el nivel de fiabilidad de las escalas de medición y el grado de covariación entre los criterios establecidos (Santiago_Sáenz et al., 2021).

A partir de los resultados del Análisis Factorial Exploratorio se revisa el modelo inicial propuesto y se incluyen los indicadores finalmente considerados, ya que por el análisis previo se eliminan los ítems relacionados con los *Medios digitales de que dispone el estudiante* e (Anexo 2).

En la Tabla 38 se muestran los indicadores conservados para el posterior análisis mediante PLS.

Se consideran cinco constructos (tres variables asociadas a motivadores internos y dos variables asociadas a motivadores externos), incidiendo en la Preparación para la Industria 4.0, los cuales fueron presentados a través de 63 ítems (sin considerar los ítems de identificación).

Tabla 38. Indicadores conservados para análisis PLS.

Constructo	Indicadores	
Importancia del uso de dispositivos digitales personales	UTI1 Correo electrónico UTI2 Servicios de mensajería instantánea UTI3 Redes sociales UTI4 Plataformas de aprendizaje a distancia UTI5 Blog UTI6 Wiki UTI7 Sitio web UTI8 Videollamadas UTI9 Compartir documentos en la nube	
	Motivadores internos	
	Hábitos digitales básicos desarrollados	US1 Enviar un correo electrónico formal US2 Usar aplicaciones de la suite de Office US3 Utilizar herramientas para trabajo remoto US4 Leer y descargar documentos de la web US5 Investigar en bibliotecas digitales
	Realiza actividades como creador de contenido	CRE1 Administrar un sitio web CRE2 Tener una wiki CRE3 Tener un canal de streaming CRE4 Tener un canal de YouTube propio CRE5 Generar un podcast CRE6 Generar contenido en un blog CRE7 Administrar un perfil en una red social
	Motivadores Externos	FI41 Big Data y Analítica de datos FI42 Robots autónomos FI43 Simulación por computadora FI44 Integración de sistemas horizontal y vertical FI45 Internet de las Cosas (IoT) FI46 Ciberseguridad FI47 Manufactura aditiva FI48 Realidad aumentada FI49 Cómputo en la nube FI4A Tecnologías móviles FI4B Inteligencia artificial FI4C Sistemas de ubicación en tiempo real con sistemas de radiofrecuencia o GPS FI4D Impresión 3D
	Percepción de la importancia de prepararse para la I4.0	IC ¿Cuál cree que es el nivel de importancia que tiene desarrollar habilidades para la Industria 4.0 en su futuro ejercicio profesional?

Preparación para I4.0

SK1 Comunicación
SK2 Comunicación en idioma inglés
SK3 Habilidades sociales
SK4 Resolución de problemas
SK5 Aplicación del método científico
SK6 Inteligencia emocional
SK7 Empatía
SK8 Fluidez en el manejo de tecnologías
SK9 Pensamiento Sistémico
SK10 Pensamiento de negocios
SK11 Alfabetización digital
SK12 Aprendizaje continuo a lo largo de la vida
SK13 Creatividad
SK14 Conocimiento multidisciplinario e integral
SK15 Trabajo en equipo
SK16 Flexibilidad
SK17 Mente abierta
SK18 Iniciativa propia
SK19 Pensamiento crítico
SK20 Auto aprendizaje
SK21 Liderazgo
SK22 Emprendimiento digital
SK23 Transformación digital
SK24 Innovación
SK25 Persistencia
SK26 Resiliencia
SK27 Estadística
SK28 Diseño de tecnología y programación

Fuente: Elaboración propia.

5.3.2 Validación del modelo mediante PLS.

PLS es una técnica de Modelización de Ecuaciones Estructurales (SEM) que puede contrastar simultáneamente las relaciones del modelo de medida entre los indicadores o variables manifiestas, sus correspondientes constructos o variables latentes y el modelo estructural (Hair et al., 2017).

Para ello se utilizó el programa estadístico Smart PLS 3, desarrollado por la Universidad Técnica de Hamburgo, Alemania (Ringle et al., 2015).

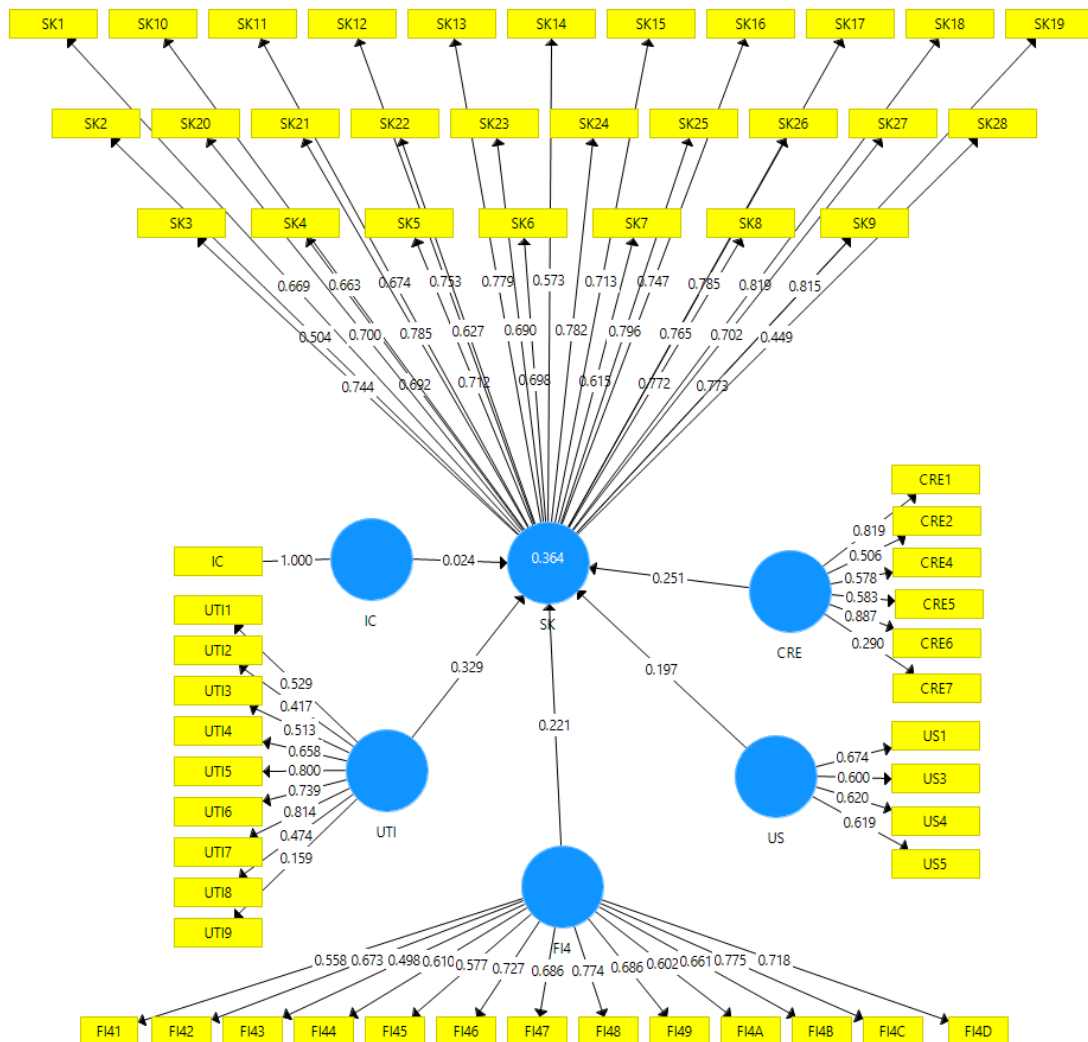
Asimismo, el PLS tiene la potencia de manejar modelos muy complejos con una elevada cantidad de constructos, indicadores y relaciones (Lohmöller, 1989; Henningsson et al., 2001; Sarstedt, & Cheah, 2019).

En esta técnica, los procedimientos generan cargas entre los constructos reflexivos y sus indicadores y pesos entre los constructos formativos y sus indicadores. Asimismo, se producen coeficientes de regresión estandarizados entre los constructos y coeficientes de determinación múltiple.

En el PLS, la correspondencia entre un constructo y sus indicadores puede modelarse como formativa o reflexiva. Los indicadores formativos también se conocen como indicadores de causa o inducidos, mientras que los indicadores reflexivos también se conocen como indicadores de consecuencia (Duarte & Raposo, 2010). El modelo propuesto tiene constructos de tipo reflexivo.

La representación gráfica del modelo propuesto y el cálculo del algoritmo PLS se presenta en la Figura 21.

Figura 21. Representación gráfica PLS del modelo propuesto.



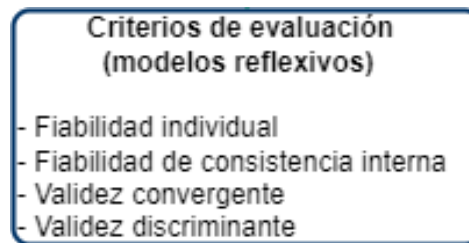
Fuente: Elaboración propia.

Nota: UTI=Importancia del uso de dispositivos digitales personales; US=Hábitos digitales básicos desarrollados; CRE= Realiza actividades como creador de contenido; FI= Formación en temas relacionados con I4.0; IC= Percepción de la importancia de prepararse para la I4.0; SK= Preparación para I4.0.

5.4.2.1 Evaluación del modelo de medida.

La valoración del modelo de medida inició con el estudio de la fiabilidad y validez (Figura 22), para verificar si los conceptos teóricos están adecuadamente medidos a través de las variables seleccionadas.

Figura 22. Resumen análisis del modelo de medida.



Nota: Fragmento de la Figura 20 (ver sección 5.4). Elaboración propia con base en Sarstedt, Ringle, Smith, Reams & Hair (2014).

Fiabilidad individual

La fiabilidad individual de cada constructo se obtiene a través de los coeficientes Alfa (α) de Cronbach (Cho & Kim, 2015). En los resultados cinco de los coeficientes son mayores al nivel recomendado de 0.7. El único constructo que presenta una fiabilidad dudosa es el de “*Hábitos digitales básicos desarrollados*”, cuyo Alfa de Cronbach tiene un valor de 0.516, por lo que se valoró su eliminación del modelo. Sin embargo, se decidió mantenerlo para comprobar el resto de los indicadores de fiabilidad que se calculan a continuación.

Fiabilidad de consistencia interna

Los valores de la fiabilidad compuesta de los constructos se presentan en la Tabla 39, al considerar las cargas de las variables tal y como aparecen en el modelo causal, se observa que superan el límite recomendado de 0.6 (Cronbach y Shavelson, 2004) e incluso de 0.7 (Gliem J. & Gliem, R., 2003).

De acuerdo con Hair et al. (2009), las variables con cargas entre 0.4 y 0.7 deben eliminarse exclusivamente si la fiabilidad compuesta del constructo se encuentra por debajo de los límites sugeridos y, además, al excluir el indicador se mejoran o superan dichos límites, en caso contrario, debe mantenerse la variable.

Tomando en cuenta los criterios anteriores, debido a que el valor de la fiabilidad compuesta del constructo “*Hábitos digitales básicos desarrollados*” tiene un valor de 0.702, se decidió que siguiera formando parte del modelo.

Tabla 39. Fiabilidad y validez de constructo

	Constructo	Alfa de Cronbach	Fiabilidad compuesta
Motivadores internos	Importancia del uso de dispositivos digitales personales (UTI).	0.756	0.819
	Hábitos digitales básicos desarrollados (US).	0.516	0.702
Motivadores Externos	Realiza actividades como creador de contenido (CRE).	0.766	0.822
	Formación en temas relacionados con I4.0 (FI).	0.897	0.909
Variable dependiente	Percepción de la importancia de prepararse para la I4.0 (IC).	1.000	1.000
	Preparación (competencias personales) para I4.0 (SK).	0.963	0.966

Fuente: Elaboración propia.

Validez convergente

La validez convergente, representada a través de la varianza extraída media (AVE), presenta valores para todos los constructos superiores a 0.5 (Fornell y Lacker, 1981). De forma conjunta, las cargas de las variables con sus respectivos constructos (Anexo 4) resultaron mayores a 0.7 (Henseler, et al., 2014).

De este modo, dado que todos los parámetros superan los valores de referencia, se consideró de utilidad de continuar los análisis con todas las variables, incluida la variable “*Hábitos digitales básicos desarrollados*”.

Validez discriminante

Para confirmar si los constructos son diferentes entre sí se estima la validez discriminante con los siguientes métodos:

El criterio de Fornell-Larcker (1981), mide las correlaciones entre los constructos. Para este modelo, todos los valores de la raíz cuadrada del AVE son superiores a las correlaciones entre constructos (Tabla 40). Los valores de la diagonal de la matriz de correlaciones son superiores a los valores situados por debajo de la diagonal (que son las correlaciones bivariadas entre constructos).

Tabla 40. Criterio de Fornell-Larcker.

	CRE	FI4	IC	SK	US	UTI
CRE	0.644					
FI4	0.082	0.662				
IC	-0.085	-0.081	1.000			
SK	0.359	0.314	0.026	0.712		
US	0.145	0.239	-0.143	0.313	0.576	
UTI	0.226	0.080	0.227	0.422	0.066	0.601

Fuente: Elaboración propia.

Nota: UTI=Importancia del uso de dispositivos digitales personales; US=Hábitos digitales básicos desarrollados; CRE= Realiza actividades como creador de contenido; FI= Formación en temas relacionados con I4.0; IC= Percepción de la importancia de prepararse para la I4.0; SK= Preparación para I4.0.

Derivado de este criterio, se afirma que las variables se diferencian claramente, asegurando así la validez discriminante. Según el criterio de las cargas cruzadas de una variable con todos los factores, cada ítem debe correlacionar más con el factor al que pertenece que con el resto de los factores. Atendiendo a los valores de la tabla en el Anexo 4, este criterio también se cumple.

Finalmente, la relación Heterotrait - Monotrait (HT/MT) debe ser inferior a 0.9 para cada par de estructuras (Franke & Sarstedt, 2019). La correlación de variables pertenecientes a un factor debe ser mayor que la correlación entre variables que miden factores diferentes. Con base en los valores calculados y mostrados en la Tabla 41, la relación HT/MT entre cada par de factores es inferior a 0.9.

Los resultados obtenidos en la estimación del modelo de medida aseguran una alta confiabilidad y cumplen con los criterios de validez convergente y discriminante, en consecuencia, se procede a realizar el análisis del modelo estructural.

Tabla 41. Relación Heterotrait-Monotrait (HT/MT).

	CRE	FI4	IC	SK	US	UTI
CRE						
FI4	0.246					

IC	0.116	0.116			
SK	0.346	0.290	0.090		
US	0.430	0.390	0.246	0.417	
UTI	0.328	0.219	0.302	0.467	0.349

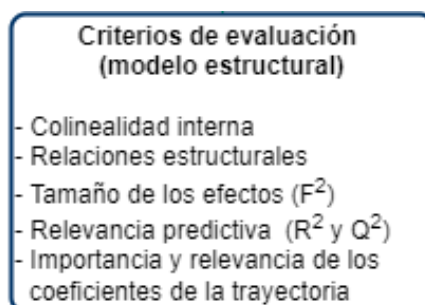
Fuente: Elaboración propia.

Nota: UTI=Importancia del uso de dispositivos digitales personales; US=Hábitos digitales básicos desarrollados; CRE= Realiza actividades como creador de contenido; FI= Formación en temas relacionados con I4.0; IC= Percepción de la importancia de prepararse para la I4.0; SK= Preparación para I4.0.

5.3.3 Evaluación del modelo estructural.

La evaluación del modelo estructural mediante el análisis con PLS supone evaluar el peso y la magnitud de las relaciones entre los diferentes constructos. Para ello se sigue el proceso que se describe en la Figura 23.

Figura 23. Análisis del modelo estructural



Nota: Fragmento de la Figura 20 (ver sección 5.4). Elaboración propia con base en Sarstedt, Ringle, Smith, Reams & Hair (2014).

Análisis de la colinealidad interna

Inicialmente, se analizó si existen problemas de colinealidad en el modelo estructural para valorar si dos constructos pueden ser redundantes y medir el mismo fenómeno, por medio del cálculo del Factor de la Inflación de la Varianza (VIF). De acuerdo con Hair et al. (2017), estos valores deben ser inferiores a 5 para ratificar que no existen problemas de colinealidad.

Los resultados de la Tabla 42 muestran que los valores de las combinaciones de los constructos exógenos con el constructo endógeno están por debajo del

umbral de 5. Por consiguiente, la colinealidad entre los constructos predictores no resulta un conflicto en el modelo estructural.

Tabla 42. Colinealidad entre constructos (valores VIF).

Constructo		Preparación para I4.0
		1.488
		1.376
		1.278
		1.479
	Importancia del uso de dispositivos digitales personales	2.379
		2.070
		1.940
		1.198
		1.084
Motivadores internos		1.145
		1.178
	Hábitos digitales básicos desarrollados	1.263
		1.076
		1.143
		1.624
		1.837
		2.168
	Realiza actividades como creador de contenido	1.379
		1.365
		1.941
		1.059
		1.742
		1.979
		1.550
		1.937
Motivadores externos		2.670
	Formación en temas relacionados con I4.0	3.604
		2.242
		2.522
		2.434
		2.264

	2.281
	2.377
	1.956
Percepción de la importancia de prepararse para la I4.0	1.000

Fuente: Elaboración propia.

Magnitud y significatividad de las relaciones estructurales

Los coeficientes path o coeficientes de regresión estandarizados (columna “Muestra original” de la Tabla 43) muestran en qué medida cada variable exógena contribuye a la varianza explicada de la variable latente endógena. El valor del coeficiente, su signo y la significación estadística alcanzada son la base para valorar las hipótesis enunciadas.

En lo que respecta a la valoración de la significatividad de las relaciones, se ha recurrido a la técnica del Bootstrapping. En la Tabla 43 se muestran los valores de la t-Student de una cola, ya que en las hipótesis del modelo propuesto se especificaba la dirección de la relación.

Tabla 43. Resultados del análisis Bootstrap.

	Muestra original (O)	Media de la muestra (M)	Desviación estándar (STDEV)	Estadísticos t (O/STDEV)	P Valores
Importancia del uso de dispositivos personales -> Preparación para I4.0	0.333	0.334	0.076	4.394	0.000
Hábitos digitales básicos desarrollados -> Preparación para I4.0	0.207	0.215	0.066	3.143	0.002
Realiza actividades como creador de contenido -> Preparación para I4.0	0.238	0.245	0.077	3.069	0.002
Formación en temas relacionados con I4.0 -> Preparación para I4.0	0.220	0.243	0.085	2.604	0.009

Percepción de la importancia de prepararse para la I4.0 -> Preparación para I4.0	0.018	0.024	0.074	0.246	0.805*
--	-------	-------	-------	-------	--------

*El resultado no es significativo a ningún nivel de significación aceptado (0,01, 0,05, 0,10).

Fuente: Elaboración propia.

Por otra parte, los intervalos de confianza de los coeficientes path por Bootstrapping permiten comprobar si el coeficiente path es significativamente distinto de cero. Para ello, el intervalo no debe incluir el cero (Hair et al., 2017). Puede observarse en la Tabla 44 que la relación con la variable exógena del constructo *Percepción de la importancia de prepararse para la I4.0* no es significativo para los resultados que se obtienen en sus intervalos de confianza.

Tabla 44. Análisis Bootstrapping.

		Muestra original (O)	Media de la muestra (M)	Sesgo	2.5%	97.5%
	Importancia del uso de dispositivos digitales personales -> Preparación para I4.0	0.333	0.334	0.001	0.174	0.472
Motivadores internos	Hábitos digitales básicos desarrollados -> Preparación para I4.0	0.207	0.215	0.008	0.056	0.322
	Realiza actividades como creador de contenido -> Preparación para I4.0	0.238	0.245	0.008	0.076	0.381
Motivadores Externos	Formación en temas relacionados con I4.0 -> Preparación para I4.0	0.220	0.243	0.023	-0.277	0.325
	Percepción de la importancia de prepararse para la I4.0 -> Preparación para I4.0	0.018	0.024	0.005	-0.120	0.161

Fuente: Elaboración propia.

Varianza explicada por el modelo y tamaño de los efectos.

El coeficiente de determinación R^2 proporciona la varianza de las variables latentes dependientes que viene explicada por los constructos que la predicen. Según Drapper y Smith (1998), la R^2 no debería tener un valor inferior a 0.1.

Los resultados R^2 del modelo cumplen con los niveles recomendados, en la Tabla 45 se presenta el valor R^2 para la variable dependiente de 0.360 (0.334 la R^2 ajustada), resultado que indica que la variable endógena *Preparación para adoptar I4.0* es explicada en suficiente medida por los constructos propuestos en el modelo.

Tabla 45. R^2 de la variable latente dependiente.

	R^2	R^2 ajustada
Preparación para I4.0	0.360	0.334

Fuente: Elaboración propia.

Por otra parte, el impacto de las variables latentes exógenas sobre la endógena se recoge a través del tamaño del efecto f^2 . En la Tabla 46 se muestra el valor f^2 de los constructos del modelo.

Tabla 46. f^2 de los constructos del modelo

Constructo	Preparación para I4.0	
Motivadores internos	Importancia del uso de dispositivos digitales personales	0.152
	Hábitos digitales básicos desarrollados	0.061
	Realiza actividades como creador de contenido	0.081
Motivadores Externos	Formación en temas relacionados con I4.0	0.071
	Percepción de la importancia de prepararse para la I4.0	0.000

Fuente: Elaboración propia.

El constructo *Percepción de la importancia de prepararse para la I4.0* tiene un valor no representativo de f^2 inferior a 0.04. Las variables *Formación en temas relacionados con I4.0* con $f^2= 0.071$ y *Hábitos digitales básicos desarrollados* con $f^2=0.061$ presentan efectos medios ($f^2 > 0.06$).

Los efectos mayores los encontramos en las relaciones *Realiza actividades como creador de contenido*-> *Preparación para adoptar I4.0* con $f^2=0.081$, y especialmente, en la relación del constructo *Importancia del uso de dispositivos digitales personales* -> *Preparación para adoptar I4.0* con $f^2=0.152$.

Relevancia predictiva del modelo

Por último, se realizó la prueba Stone-Geisser mediante la técnica del Blindfolding, para obtener la capacidad predictiva del modelo. Dicha prueba proporciona el parámetro Q^2 , el cual debe ser positivo, para concluir que el modelo tiene relevancia predictiva (Sullivan & Feinn 2012; Hahn & Ang, 2017). En la Tabla 47 el valor Q^2 del constructo dependiente es mayor que cero (0.166) y permite confirmar que el modelo tiene relevancia predictiva.

Tabla 47. Resultado de la relevancia predictiva (Q^2).

Constructo	SSO	SSE	$Q^2 (=1-SSE/SSO)$
Motivadores internos	Importancia del uso de dispositivos digitales personales	1161.000	1161.000
	Hábitos digitales básicos desarrollados	516.000	516.000
	Realiza actividades como creador de contenido	774.000	774.000
Motivadores Externos	Formación en temas relacionados con I4.0	1677.000	1677.000
	Percepción de la importancia de prepararse para la I4.0	129.000	129.000
	Preparación para I4.0	3612.000	3012.613

Fuente: Elaboración propia.

5.4.4 Análisis a posteriori de potencia estadística.

Con posterioridad al análisis PLS se llevó a cabo un análisis de la potencia estadística de la muestra.

Para realizar análisis se utilizó al programa *G Power 3.1.9.7* (disponible en <https://www.psychologie.hhu.de/arbeitsgruppen/allgemeine-psychologie-und-arbeitspsychologie/gpower>), mediante la estimación del estadístico F^2 a partir del coeficiente de determinación R^2 obtenido en el modelo estructural (Faul et al., 2009).

Derivado de este cálculo se puede definir si el tamaño del efecto puede ser considerado alto, medio o bajo al contrastar con valores de referencia establecidos en la literatura.

En conjunto, las cinco variables predictoras incorporadas en el modelo explican el 64.8% de la varianza total de la variable dependiente, siendo el valor del tamaño del efecto obtenido mediante el programa $f^2= 1.8418295$ (Anexo 5).

Se trata de un valor grande como evidencia estadística del efecto de las variables incorporadas en el modelo es sustantivo (Cohen, 2013). Por tanto, el análisis anterior determina y confirma la potencia estadística definitiva de la muestra.

5.4.5 Resultados de las pruebas de hipótesis.

La prueba de hipótesis es un proceso para determinar la validez de una aseveración hecha a priori sobre la población basándose en evidencia muestral. Por tanto, basado en los valores obtenidos de pruebas T, VIF y F^2 (Tabla 48).

Tabla 48. Pruebas de hipótesis.

Hipótesis	T-value	Decisión	VIF	F ²
H0c	4.394	Soportado	1.138	0.152
H0d	3.143	Soportado	1.097	0.061
H0e	3.069	Soportado	1.091	0.081
H0f	2.6.4	Soportado	1.071	0.071
H0g	0.246	No soportado	1.104	0.000

Fuente: Elaboración propia.

De acuerdo con los resultados obtenidos y presentados en la Tabla 43, se aceptan las hipótesis,

H0c: El uso de las herramientas digitales como un recurso de aprendizaje influye en el desarrollo de habilidades en los estudiantes que favorecer la adopción de la Industria 4.0.

H0d: Los hábitos digitales desarrollados por los estudiantes influyen en el desarrollo de habilidades relacionadas con la adopción de la Industria 4.0.

H0e: Las actividades de los estudiantes en el rol de creadores de contenido, influyen en el desarrollo de habilidades que permiten estar preparados para la adopción de la Industria 4.0.

H0f: Abordar temas identificados en la literatura como pilares de la Industria 4.0 en las asignaturas disciplinares de los programas educativos, influye en el desarrollo de habilidades que permiten a los estudiantes estar preparados para la adopción de la Industria 4.0.

Mientras que se rechaza la hipótesis H0g: La percepción que tienen los estudiantes de la importancia de prepararse para la Industria 4.0, influye en el desarrollo de habilidades que les permiten estar preparados para su adopción. Derivado de las pruebas (T value, VIF, F²) no hay evidencias estadísticas de que exista tal influencia.

Capítulo 6. Conclusiones y trabajo futuro.

La primera fase del estudio se abordó con un enfoque cualitativo, a través de la entrevista con líderes promotores de la adopción de la Industria 4.0, del análisis de sus respuestas se obtuvieron las siguientes conclusiones en relación con las condiciones y necesidades para la adopción de la Industria 4.0 en México.

- Coinciden en que los cambios que trae consigo la Industria 4.0 impulsarán mejoras en la productividad y competitividad.
- Con ello, se requerirá de nuevos conocimientos y habilidades para lograr los beneficios esperados.
- Consideran como un factor promotor la investigación y desarrollo, tanto en la empresa como en los centros de investigación, para lograr las capacidades que requiere el estándar de calidad internacional junto con la inversión de cada una de las partes involucradas. Específicamente para el sector manufactura, consideran que los efectos en productividad y la integración de la organización con agentes externos es indispensable; además, enfatizan la importancia de desarrollar una cultura en torno a los temas de Industria 4.0 al interior de la organización y una capacitación constante.
- Señalan como relevante el contar con las tecnologías e infraestructuras requeridas para esa industria; además, mencionan los beneficios como factor promotor de la utilización de tecnologías de la Industria 4.0.

En relación con la adopción de las tecnologías de la Industria 4.0 en las empresas del sector manufactura en México, los empresarios señalan que:

- Las tecnologías digitales que se están aplicando en mayor grado en México son tecnologías móviles, cómputo en la nube, internet de las cosas y ciberseguridad.

- Las razones que motivan la adopción y uso de tecnologías de la Industria 4.0 en mayor medida es por apoyo de la dirección de la empresa, voluntad para asumir riesgos y motivación para trabajar con las nuevas tecnologías.
- Los principales factores que actúan como barrera son, la falta de personal calificado en las tecnologías digitales, falta de comprensión de la interacción entre la tecnología y los seres humanos, falta de protección de datos (ciberseguridad) y que se da más atención a la operación cotidiana que al desarrollo de la empresa a largo plazo.

Se obtuvo un perfil general del trabajador profesional de manufactura en la Industria 4.0 resultado del análisis de la información brindada por los líderes en adopción y empresarios, incluye 28 competencias:

1. Dirigir y decidir: iniciativa propia y liderazgo.
2. Apoyar y Cooperar: trabajo en equipo, nuevas formas de colaborar, trabajar con las personas y comunicación.
3. Interactuar y presentar: tener conocimientos sobre clústeres, contar con habilidades sociales, inteligencia emocional y empatía, comunicarse en idioma inglés, aplicar el método científico y contar con alfabetización digital.
4. Analizar e interpretar: fluidez en el manejo de tecnologías, transformación digital, diseño de tecnología y programación, estadística, resolución de problemas y aplicación del método científico.
5. Crear y conceptualizar: aprendizaje continuo a lo largo de la vida, la gestión (en general), innovación, creatividad, pensamiento de negocios, abstracción y pensamiento sistémico.
6. Adaptarse y afrontar: conocimiento multidisciplinario e integral, flexibilidad, resiliencia y mente abierta.
7. Emprender y ejecutar: auto aprendizaje, persistencia, pensamiento de negocios y emprendimiento digital.

Hay diferencias importantes con el referente alemán (Bartram, 2012; Pritfi et al., 2017; Alhosani & Ismail, 2021), los líderes en adopción de Industria 4.0 y empresarios no hicieron recomendaciones sobre competencias para “adherirse a principios y valores, planeación y organización, entrega de resultados y cumplir con las expectativas del cliente, así como seguir instrucciones y procedimientos”.

De igual forma, no se señaló “Equilibrio entre vida y trabajo ni Mantener las relaciones con los clientes”.

Finalmente, los resultados del análisis estadístico de la consulta a estudiantes permitieron demostrar que las habilidades en el uso de las herramientas digitales, los hábitos digitales básicos desarrollados, el desarrollo actividades de creación de contenido, así como el hecho de que en las asignaturas disciplinares que cursa, se aborden temas identificados en la literatura como pilares de la Industria 4.0, permiten el desarrollo de habilidades facilitadoras de la adopción de la I4.0.

Sin embargo, los resultados indican que la percepción que tiene el estudiante sobre la importancia de prepararse para la Industria 4.0, no incide en que el alumno desarrolle las habilidades en cuestión.

Esta investigación contribuye al conocimiento que se tiene sobre el avance en la adopción de Industria 4.0 en México y los retos que enfrenta, incluyendo las percepciones de actores que lideran la promoción de la adopción, la experiencia de las empresas que ya han abordado el proceso de adopción y las actitudes y percepciones de la gente que se está preparando para formar parte de la fuerza laboral en el contexto de la Industria 4.0, todo ello, analizado a través de un método mixto.

El enfoque integrador utilizado en esta investigación, combina los resultados de los cuestionarios y las entrevistas, dicho método, no se utiliza con frecuencia en la investigación en ciencias sociales, lo cual es otra contribución importante de este trabajo. El enfoque de métodos mixtos empleado en este estudio ha

permitido desarrollar una comprensión intrincada y holística del fenómeno de adopción de la Industria 4.0 en el país.

Con esta investigación, se desarrollaron acciones que derivaron en las siguientes aportaciones originales.

- La descripción del contexto mexicano en relación con la adopción de la Industria 4.0 en el sector manufactura desde la mirada de los líderes promotores y los empresarios participantes de este proceso.
- El perfil general del trabajador profesional de manufactura que describe las competencias requeridas para favorecer la adopción de la Industria 4.0 en el contexto de México.
- Instrumento para recolectar datos sobre los factores que influyen en el desarrollo de competencias para detonar la Industria 4.0 en el sector manufacturero de México.
- La propuesta de un modelo de ecuaciones estructurales que describe los factores que inciden en el desarrollo de las competencias para desarrollarse con éxito en empresas de manufactura que utilizan Industria 4.0.

Trabajo futuro.

Resulta interesante conocer con más detalle las iniciativas para promover la adopción de la Industria 4.0 y sus resultados. Hay una escasez de investigaciones relacionadas con casos de éxito que pueden servir como referente para que otras empresas tengan una ruta clara a seguir.

Las investigaciones futuras podrían centrarse en clústeres específicos que tengan relevancia para el sector manufactura en México. También es relevante estudiar las actitudes de los actores que lideran los procesos de adopción en las organizaciones para detectar relaciones con la efectividad de los procesos emprendidos.

Por otra parte, un acercamiento con mayor precisión al sector educativo tanto público como privado permitirá identificar los avances que se tienen en temas de vinculación con el sector productivo, en iniciativas de la educación dual y sus impactos en el avance en la formación, adopción y aprovechamiento de la Industria 4.0.

Además, este estudio se realizó durante los dos años de pandemia COVID 19, sería interesante identificar los avances e impactos en la adopción de la Industria 4.0 como resultado de esta experiencia.

Las iniciativas de formación dentro de las empresas son un tema de interés no cubierto en este trabajo, por lo que resulta interesante indagar sobre esta vertiente.

De igual forma, es importante analizar las políticas públicas que el gobierno mexicano ha dispuesto para promover la adopción de la Industria 4.0. Es imperativo desarrollar las políticas educativas para formar a la fuerza laboral encargada de aprovechar el potencial que tiene la industria 4.0, es imprescindible tomar acciones de fortalecimiento puesto que, de no ser capaces de aprovechar la coyuntura, las nuevas generaciones pueden verse afectadas por el tema de desplazamiento y sustitución de la fuerza laboral.

Limitaciones del estudio.

Los resultados y el análisis de este estudio deben considerarse tomando en cuenta algunas limitaciones a las que se enfrentó el investigador. En primer lugar, este estudio se desarrolló en plena pandemia de COVID 19, lo cual limitó la posibilidad de realizar observación directa y la interacción cara a cara con los entrevistados.

En segundo lugar, sólo se pudo encuestar a estudiantes de una universidad pública, lo que permitió tener la perspectiva y aportación de los estudiantes; sin embargo, se dejó fuera al sector privado en este análisis.

En tercer lugar, en México se carece de un directorio específico sobre la Industria 4.0, por lo cual la elección de los participantes pudo excluir a agentes importantes, a pesar de emplear una metodología probada en otros estudios. Además, solo participaron quienes tuvieron la buena voluntad de contestar.

Finalmente, se reconoce que se necesita una investigación cuantitativa a mayor escala para explorar y apoyar los resultados planteados en este estudio.

Comentarios finales.

Esta investigación exploratoria presenta formas eficientes de combinar los métodos de investigación, en las etapas de recolección de datos, análisis y presentación de los resultados. Llena algunas lagunas de la literatura relacionadas con la importancia de los actores principales en el ecosistema de innovación de México.

Este estudio se suma a los conocimientos y la comprensión existente sobre cómo los tres principales participantes del proceso experimentan la adopción de la Industria 4.0 desde su propia perspectiva y en el marco de la cuarta revolución industrial.

Los resultados presentan similitudes y diferencias con investigaciones anteriores en países europeos y añaden nuevos conocimientos a la bibliografía relacionada con los temas estudiados.

Producción científica

Durante el desarrollo de esta investigación, se realizaron acciones que derivaron en productos científicos publicados como parte del compromiso de compartir conocimiento que sea de utilidad para la sociedad (Anexo 6).

1. Producción relacionada con el tema de investigación:

Clavel-Maqueda, M., Cornejo-Velazquez, E., & Ovando-Chico, M. C. (2021).
Desafíos para las instituciones de educación superior ante las

disrupciones de la Cuarta Revolución Industrial (4IR). *Boletín Científico de las Ciencias Económico Administrativas del ICEA*, 9(18), 1-9.
<https://repository.uaeh.edu.mx/revistas/index.php/icea/article/view/6730>

Clavel-Maqueda, M., Ovando-Chico, M. C., Gaeta-González, M. L., & Cornejo-Velazquez, E. (2022, 28 marzo). *Industry 4.0: using science mapping to understand the strategic themes, main challenges, trends, and opportunities*. *International Journal of Applied Science and Research*.
<https://www.ijasr.org/paper/IJASR0042679.pdf>

2. Producción no relacionada con el tema de investigación:

Cornejo-Velazquez, E., Clavel-Maqueda, M., Acevedo-Sandoval, O. A., & Romero-Trejo, H. (2022). Technological Innovation Strategy to Strengthen the Competitive Advantages of Smallholder Farmers. *Innovation in Small-Farm Agriculture: Improving Livelihoods and Sustainability*.
<https://doi.org/10.1201/9781003164968>

Cornejo-Velazquez, E., Romero-Trejo, H., Acevedo-Sandoval, O. A., Toriz-Palacios, A., & Clavel-Maqueda, M. (2020). Use of unmanned aerial vehicles (UAV) as an innovation in agriculture. *African Journal of Agricultural Research*, 16(12), 1665-1673.
<https://doi.org/10.5897/AJAR2020.15101>

Cornejo-Velazquez, E., Clavel-Maqueda, M., Perez-Lopez-Portillo, H., & Lyubimova, E. Business Model of Learning Platforms in Sharing Economy.
<https://doi.org/10.34190/EJEL.20.18.1.008>

Referencias bibliográficas.

- Abramovici, M., Gebus, P. & Savarino, P. (2018). Engineering smarter Produkte und Services Plattform Industrie 4.0 studie. *Acatech–Deutsche Akademie der Technikwissenschaften, München*.
https://www.acatech.de/wp-content/uploads/2018/04/PI40_Forschungsbeirat_SmartEngineering_web_bf.pdf
- Acosta, M. (2018). *Skills needed in industry 4.0 and related challenges A response to Industry 4.0 challenges* [Tesis de doctorado]. Aalto University.
- Agostini, L., Galati, F. & Gastaldi, L. (2020). The digitalization of the innovation process: Challenges and opportunities from a management perspective. *European Journal of Innovation Management*. 23(1), 1-12. <https://doi.org/10.1108/EJIM-11-2019-0330>
- Akdeniz, C. (2019). *Industry 4.0. Strategy&*.
<https://www.strategyand.pwc.com/gx/en/insights/industry4-0.html>
- Alario-Hoyos, C., Estévez-Ayres, I., Pérez Sanagustín, M., Leony, D. & Delgado Kloos, C. (2015). MyLearningmentor: A mobile app to support learners participating in MOOCs. *Journal of Universal Computer Science*, 21(5), 735-753.
- Alhosani, H. & Ismail, N. (2021). Industrial revolution 4.0 (IR 4.0) Competencies: A Literature review of manufacturing industry. *Journal of Legal, Ethical and Regulatory Issues*, 24, 1-17.
- Almada-lobo, F. (2015). The Industry 4.0 revolution and the future of Manufacturing Execution Systems (MES) *Cyber-physical Systems*, 4, 16–21.
- Autor, D. H. (2015). Why Are There Still So Many Jobs? The History and Future of Workplace Automation. *Journal of Economic Perspectives*, 29(3), 3-30.

- Babbie, E. R. (2009) *The Practice of Social Research* (12th Edition). Belmont, CA: Wadsworth Publishing. ISBN-13: 9780495598411
- Baena, F., Guarin, A., Mora, J., Sauza, J. & Retat, S. (2017). Learning Factory: The Path to Industry 4.0. *Procedia Manufacturing*, 9, 73–80. <https://doi.org/10.1016/j.promfg.2017.04.022>
- Bahri, S., Waremra, R. S., Reski, A., Silubun, H. C., & Rettob, A. L. (2019). Early conditions of physics learning reviewed from teacher pedagogic competencies in Smp Negeri 11 Merauke (Ri-Png Border Area). *International Journal of Mechanical Engineering and Technology (IJMET)*, 10(02), 1391-1396.
- Bahrin, M. A. K., Othman, M. F., Azli, N. H. N. & Talib, M. F. (2016). Industry 4.0: A review on industrial automation and robotic. *Jurnal teknologi*, 78(6-13). <https://doi.org/10.11113/jt.v78.9285>
- Bartlett, M. S. (1937). Properties of sufficiency and statistical tests. *Proceedings of the Royal Statistical Society, Series A*, 160, 268–282.
- Bartram, D. (2006). *The SHL universal competency framework*. SHL White paper. *Thames Ditton, UK: SHL Group*. <https://www2.shl.com/en/c/united-kingdom/universal-competency-framework/>
- Bartram, D. (2011). *The SHL Universal Competency Framework. Report*, SHL Group. <https://connectingcredentials.org/wp-content/uploads/2015/02/The-SHL-Universal-Competency-Framework.pdf>
- Bartram, D. (2012). *The SHL Universal Competency Framework*. SHL White Paper. *Thames Ditton, UK: SHL Group*. <http://ceb.shl.com/assets/resources/White-Paper-SHL-Universal-Competency-Framework.pdf>.
- Battaglia, M., Sampling, N. & Lavrakas, P. J. (2008). Encyclopedia of survey research methods. *Publication date*.
- Baum, M. & Kabst, R. (2014). The effectiveness of recruitment advertisements and recruitment websites: Indirect and interactive

effects on applicant attraction. *Human Resource Management*, 53(3), 353-378.

Baygin, M., Yetis, H., Karakose, M. & Akin, E. (sep 8-10, 2016). *An effect analysis of industry 4.0 to higher education* [Conference Presentation Summary]. 2016 15th International Conference on Information Technology Based Higher Education and Training, ITHET 2016. USA. <https://doi.org/10.1109/ITHET.2016.7760744>

Becerra Gálvez, M. & Campos Ahumada, F. (2012). El enfoque por competencias y sus aportes en la gestión de recursos humanos. [Tesis de pregrado, Universidad de Chile]. <http://repositorio.uchile.cl/bitstream/handle/2250/116913/Memoria%20MBecerra%20FCampos.pdf>

Beke, E., Horvath, R., & Takacs-Gyorgy, K. (2020). Industry 4.0 and Current Competencies. *Naše gospodarstvo/Our economy*, 66(4), 63-70.

Benešová, A. & Tupa, J. (2017). Requirements for Education and Qualification of People in Industry 4.0. *Procedia Manufacturing*, 11(June), 2195–2202. <https://doi.org/10.1016/j.promfg.2017.07.366>

Benesova, A., Hirman, M., Steiner, F. & Tupa, J. (may 2-6, 2018). *Analysis of Education Requirements for Electronics Manufacturing within Concept Industry 4.0* [Conference Presentation Summary]. Proceedings of the International Spring Seminar on Electronics Technology. Zlatibor, Serbia. <https://doi.org/10.1109/ISSE.2018.8443681>

Benz, C. R., Ridenour, C. S., & Newman, I. (2008). *Mixed methods research: Exploring the interactive continuum*. SIU Press.

Bisquerra, R. (1992). Orientació psicopedagògica i desenvolupament de recursos humans. La Llar del Llibre. Barcelona, España.

Bissola, R. & Imperatori, B. (2019). HRM in the Industry 4.0 Era: Are Workers Still in The Center? *HRM 4.0 For Human-Centered Organizations*. Advancedseries in management.

- Blanchet, M., Rinn, T. & Dujin, A. (2016), The Industrie 4.0 Transition Quantified, *Roland Berger GMBH* 14-18.
- Bongomin, O., Gilibrays Ocen, G., Oyondi Nganyi, E., Musinguzi, A. & Omara, T. (2020). Exponential disruptive technologies and the required skills of industry 4.0. *Journal of Engineering, 2020*. <https://doi.org/10.1155/2020/4280156>
- Brackett, M. A., Lopes, P. N., Ivcevic, Z., Mayer, J. D. & Salovey, P. (2004). Integrating emotion and cognition: The role of emotional intelligence. *Motivation, emotion, and cognition: Integrating perspectives on intellectual functioning*, 175-194.
- Bryman, A. (2006). Integrating quantitative and qualitative research: how it is done? London, Qualitative research, Sage publications.
- Calderón C. J., Ortiz C. K. M. & Alcibar T. C. (2018). Análisis factorial exploratorio como método multivariante para validación de datos académicos en plataformas virtuales. *Revista Lasallista De Investigación*, 15(2). DOI 10.22507/rli.v15n2a1
- Cardoso, W. C., Junior, W. A., Bertosse, J. F., Bassi, E. & Ponciano, E. S. (2017). Digital manufacturing, Industry 4.0, cloud computing and thing internet: Brazilian contextualization and reality. *Independent Journal of Management and Production*, 8(2), 459-473.
- CASEL. (2020). Marco de SEL de CASEL: ¿Cuáles son las áreas de competencias principales y dónde se promueven? CASEL. <https://casel.org/wpcontent/uploads/2020/10/SEL-Framework-Spanish.pdf>
- Centro de Productividad Industrial e Innovación 4.0. (2018). CEPRODI 4.0. <https://www.ceprodi4-0.org/que-es-industria-4-0.html>
- Cerezo-Narvaez, A., Otero-Mateo, M., & Pastor-Fernandez, A. (October 11–13, 2017). *Development of professional competences for industry 4.0 project management* [Conference summary]. 7th International Conference on Industrial Engineering and Systems Management, Saarbrücken, Germany.

- Chen, C.L. (2020). Cross-disciplinary innovations by Taiwanese manufacturing SMEs in the context of Industry 4.0. *Journal of Manufacturing Technology Management*, 31(6), 1145-1168. <https://doi.org/10.1108/JMTM-08-2019-0301>
- Chis, A. E., Moldovan, A. N., Murphy, L., Pathak, P. & Muntean, C. H. (2018). Investigating flipped classroom and problem-based learning in a programming module for computing conversion course. *Journal of Educational Technology & Society*, 21(4), 232-247.
- Cho, E. & Kim, S. (2015). Cronbach's coefficient alpha: Well-known but poorly understood. *Organizational Research Methods*, 18(2), 207–230.
- Cho, H. S. & Woo, T. H. (2017). Cyber security in nuclear industry – Analytic study from the terror incident in nuclear power plants (NPPs). *Annals of Nuclear Energy*, 99, 47–53.
- Cicek, K., Akyuz, E. & Celik, M. (2019). Future skills requirements analysis in maritime industry. *Procedia Computer Science*, 158, 270–274.
- Ciolacu, M., Tehrani, A. F., Beer, R. & Popp, H. (2018). *Education 4.0- Fostering student's performance with machine learning methods*. 2017 IEEE 23rd International Symposium for Design and Technology in Electronic Packaging, SIITME 2017 - Proceedings, 2018–Janua, 438–443. <https://doi.org/10.1109/SIITME.2017.8259941>
- Ciolacu, M., Tehrani, A. F., Binder, L., & Svasta, P. M. (2019a). *Education 4.0 - Artificial Intelligence Assisted Higher Education: Early recognition System with Machine Learning to support Students' Success*. 2018 IEEE 24th International Symposium for Design and Technology in Electronic Packaging (SIITME), (MI), 23–30. <https://doi.org/10.1109/siitme.2018.8599203>
- Ciolacu, M. I., Binder, L., Svasta, P., Tache, I. & Stoichescu, D. (2019b). *Education 4.0–jump to innovation with IoT in higher education*. 2019 IEEE 25th International Symposium for Design and Technology in Electronic Packaging (SIITME), 135-141. IEEE.

- Clavert, M., (2019). *Industry 4.0 Implications for Higher Education Institutions State of maturity and competence needs. Collaborative Digital Shift Towards a New Framework for Industry and Education*. https://www.universitiesofthefuture.eu/wp-content/uploads/2019/02/State-of-Maturity_Report.pdf
- Cohen, J. (2013). *Statistical power analysis for the behavioral sciences*. Routledge.
- Comisión Económica para América Latina y el Caribe [CEPAL]. (2018). *Monitoreo de la Agenda Digital para América Latina y el Caribe eLAC2018, 78*. CEPAI
https://repositorio.cepal.org/bitstream/handle/11362/43444/1/S1800256_es.pdf
- Comunidades Europeas [CE]. (2007). Competencias clave para el aprendizaje permanente. Un marco de referencia europeo. *Luxemburgo: Oficina de Publicaciones Oficiales de las Comunidades Europeas*. <http://www.mecd.gob.es/dctm/ministerio/educacion/mecu/movilidad-europa/competenciasclave.pdf>.
- Conner, B. P., Manogharan, G. P., Martof, A. N., Rodomsky, L. M., Rodomsky, C. M., Jordan, D. C. & Limperos, J. W. (2014). Making sense of 3-D printing: Creating a map of additive manufacturing products and services. *Additive Manufacturing*, 1, 64-76.
- Coşkun, S., Kayıkçı, Y. & Gençay, E. (2019). Adapting Engineering Education to Industry 4.0 Vision. *Technologies*, 7(1), 10. <https://doi.org/10.3390/technologies7010010>
- Cotet, G. B., Carutasu, N. L. & Chiscop, F. (2020). Industry 4.0 diagnosis from an imillennial educational perspective. *Education Sciences*, 10(1), 21.
- Creswell, J. W., Klassen, A. C., Plano Clark, V. L., & Smith, K. C. (2011). Best practices for mixed methods research in the health sciences. *Bethesda (Maryland): National Institutes of Health*, 2013, 541-545.

- Creswell, J. W. (2013). Pasos para realizar un estudio académico de métodos mixtos. Serie de altavoces DBER. 48.
- Creswell, J. W. (2014). *A concise introduction to mixed methods research*. SAGE publications.
- Cronbach, L. J., & Shavelson, R. J. (2004). My Current Thoughts on Coefficient Alpha and Successor Procedures. *Educational and Psychological Measurement*, 64(3), 391–418.
- Cureton, E. E. & D'Agostino, R. B. (1993). *Factor Analysis: An Applied Approach* (1st ed.). Psychology Press.
<https://doi.org/10.4324/9781315799476>
- daSilva, L. B. P., Soltovski, R., Pontes, J., Treinta, F. T., Leitão, P., Mosconi, E., de Resende, L. M. & Yoshino, R. T. (2022). Human Resources Management 4.0: Literature Review and Trends. *Computers & Industrial Engineering*, 108111.
<https://doi.org/10.1016/j.cie.2022.108111>
- Dagnoni, J. A. & Santini, P. V. (2019). Competências do profissional jornalista na perspectiva da indústria 4.0. *Revista de Ciências da Administração*, 22(58) <https://doi.org/10.5007/2175-8077.2020.e78232>
- Dalenogare, L. S., Benitez, G. B., Ayala, N. F., & Frank, A. G. (2018). The expected contribution of Industry 4.0 technologies for industrial performance. *International Journal of Production Economics*, 204(August), 383–394. <https://doi.org/10.1016/j.ijpe.2018.08.019>
- de Sousa Jabbour, A. B. L., Jabbour, C. J. C., Foropon, C. & Godinho-Filho, M. (2018). When titans meet – Can industry 4.0 revolutionise the environmentally-sustainable manufacturing wave? The role of critical success factors, *Technological Forecasting and Social Change*, 132, 18–25.
<https://doi.org/10.1016/j.techfore.2018.01.017>
- Delloite. (2014). *Engaging the 21st-century workforce*. Deloitte Development LLC.
https://www2.deloitte.com/content/dam/Deloitte/ar/Documents/human-capital/arg_hc_global-human-capital-trends-

2014_09062014%20(1).pdf

- Delloite. (2018). *The Fourth Industrial Revolution is here—are you ready?* Deloitte Development LLC.
https://www2.deloitte.com/content/dam/Deloitte/tr/Documents/manufacturing/Industry4-0_Are-you-ready_Report.pdf
- Delloite. (2019). *Liderando la empresa social: reinención con un enfoque humano*. Tendencias Globales de Capital Humano 2019. <https://www2.deloitte.com/cr/es/pages/human-capital/articles/human-capital-trends-2019.html>
- Dhanpat, N., Buthelezi, Z. P., Joe, M. R., Maphela, T. V., & Shongwe, N. (2020). Industry 4.0: The role of human resource professionals. *SA Journal of Human Resource Management*, 18(1), 1-11.
- Díaz-Bermúdez, M. & Flores-Juárez, B. (2017). *Competencies to adopt Industry 4.0 for operations management personnel at automotive parts suppliers in Nuevo Leon*. [Resumen de presentación de la conferencia]. Proceedings of the International Conference on Industrial Engineering and Operations Management, Bogota, Colombia.
- Donménech, R., García, J. R., Montáñez, M. & Neut, A. (2018). *¿Cuán vulnerable es el empleo en España a la revolución digital?*, BBVA Research: Observatorio Económico.
- Doyle, L., Brady, A. M., & Byrne, G. (2009). An overview of mixed methods research. *Journal of research in nursing*, 14(2), 175-185.
- Draper, N. R. & Smith, H. (1998). *Applied Regression Analysis*. Wiley-Interscience.
- Duarte, P. A. O., & Raposo, M. L. B. (2010). A PLS model to study brand preference: An application to the mobile phone market. In *Handbook of partial least squares*, 449-485. Springer, Berlin, Heidelberg.

- Ducci, M. A. (1997). El enfoque de competencia laboral en la perspectiva internacional. *Formación basada en competencia laboral: situación actual y perspectivas*, 15-26.
- Erboz, G. (2017). How to define industry 4.0: main pillars of industry 4.0. *Managerial trends in the development of enterprises in globalization era*, 761-767.
- Erro-Garcés, A., & Aranaz-Núñez, I. (2020). Catching the wave: Industry 4.0 in BRICS. *Journal of Manufacturing Technology Management*. 31(6), 1169-1184. <https://doi.org/10.1108/JMTM-09-2019-0344>
- Fareri, S., Fantoni, G., Chiarello, F., Coli, E., & Binda, A. (2020). Estimating Industry 4.0 impact on job profiles and skills using text mining. *Computers in industry*, 118, 103222.
- Faul, F., Erdfelder, E., Buchner, A. & Lang, A.-G. (2009). Statistical power analyses using G*Power 3.1: Tests for correlation and regression analyses. *Behavior Research Methods*, 41, 1149-1160.
- Felix, A., & Rosa, E. (2010). A Gestão Documental Como Suporte Ao Governo Eletrônico : Caso Da Secretaria De Estado Da Saúde De Santa Catarina. <https://doi.org/10.1561/22000000016>
- Ferrando, P. J. & Lorenzo-Seva, U. (2014). Exploratory item factor analysis: Additional considerations. *Anales de psicología*, 30(3), 1170-1175.
- Fitsilis, P., Tsoutsas, P. & Gerogiannis, V. (2018). Industry 4.0: Required personnel competences. *Industry 4.0*, 3(3), 130–133.
- Flores, E., Xu, X. & Lu, Y. (2020). Human Capital 4.0: A workforce competence typology for Industry 4.0. *Journal of Manufacturing Technology Management*, 31(4), 687-703. <https://doi.org/10.1108/JMTM-08-2019-0309>
- Ford, M. (March 26, 2018). *Industry 4.0 Technologies: If Only I Had Known*. IConnect007. <https://smt.iconnect007.com/index.php/article/109693/industry-40-technologies-if-only-i-had-known/109696/?skin=smt>

- Fornell, C. G. & Larcker, D. F. (1981). Evaluating structural equation models with unobservable variables and measurement error. *Journal of Marketing Research*, 18(1), 39–50.
- Franke, G. & Sarstedt, M. (2019). Heuristics versus statistics in discriminant validity testing: a comparison of four procedures. *Internet Research*, 29(3) 430-447. <https://doi.org/10.1108/IntR-12-2017-0515>
- Frazier, W. E. (2014). Metal additive manufacturing: a review. *Journal of Materials Engineering and performance*, 23(6), 1917-1928.
- Frey, O. B. & Osborne, M. A. (2013). *The Future of Employment: How Susceptible are Jobs to Computerization?* Oxford Martin Programme on Technology and Employment
- Gajdzik, B., & Grzybowska, K. (2014). Qualifications versus useful knowledge in metallurgical enterprise. *Metalurgija*, 53(1), 119-122.
- Gartner. (November 8-12, 2015). Analysts to Explore the Value and Impact of IoT on Business at Gartner Symposium, Barcelona, Spain.
- Gilchrist, A. (2016). *Industry 4.0: The Industrial Internet of Things*. Library of Congress Control Number. <https://doi.org/10.1007/978-1-4842-2047-4>
- Gliem, J. A., & Gliem, R. R. (2003). Calculating, interpreting, and reporting Cronbach's alpha reliability coefficient for Likert-type scales. *Midwest Research-to-Practice Conference in Adult, Continuing, and Community Education*. 4(3), 82-88
- Goleman, D. (2014). *Liderazgo. El poder de la inteligencia emocional*. B de books.
- Gospel, H. (2015). Varieties of qualifications, training, and skills in long-term care: A German, Japanese, and UK Comparison. *Human Resource Management*, 54(5), 833-850.

- Götz, M. (2019). The industry 4.0 induced agility and new skills in clusters. *Форсајм*, 13(2 (eng)), 72-83.
- Graczyk-Kucharska, M., Szafranski, M., Golinski, M., Spychala, M. & Borsekova, K. (2018). *Model of competency management in the network of production enterprises in industry 4.0*. *Advances in Manufacturing*, 195-204
- Groves, R.M., Fowler, F.J. Jr., Couper, M.P., Lepkowski, J.M., Singer, E., Tourangeau, R. (2009) *Survey Methodology* (2nd Edition). Hoboken, N.J.: Wiley & Sons ISBN-13: 978-0-470-46546-2
- Grundke, R., Jamet, S., Kalamova, M., Keslair, F. & Squicciarini, M. (2017). Skills and global value chains: A characterisation. *OECD Science, Technology and Industry Working Papers*, No. 2017/05, OECD Publishing, Paris, <https://doi.org/10.1787/cdb5de9b-en>
- Grzybowska, K., & Łupicka, A. (2017). Key competencies for Industry 4.0. *Economics & Management Innovations*, 1(1), 250–253.
- Gutiérrez, A., Faúndez, F., Castillo, J., Pantoja, L., Audibert, M. A., Ponce, M., Riquelme, P., García, R. & Contreras, S. (2012). Variables que inciden en la inserción laboral de titulados universitarios. *GOP Cinda*, 153-178.
- Habraken, M. & Bondarouk, T. (2017). *Smart industry research in the field of HRM: Resetting job design as an example of upcoming challenges*. In *Electronic HRM in the smart era*. Emerald Publishing Limited.
- Hahn, E. D. & Ang, S. H. (2017). From the editors: new directions in the reporting of statistical results in the *Journal of World Business*. *Journal of World Business*, 52, 125–126.
- Hair Jr, J. F., Sarstedt, M., Ringle, C. M. & Gudergan, S. P. (2017). *Advanced issues in partial least squares structural equation modeling*. SaGe publications.
- Hair, J. F., Black, W. C., Babin, B. J. & Anderson, R.E. (2009). *Multivariate data analysis. A global perspective* (7th edition). New Jersey: Pearson Prentice Hall.

- Hair Jr, J. F., Babin, B. J., & Krey, N. (2017). Covariance-based structural equation modeling in the Journal of Advertising: Review and recommendations. *Journal of Advertising*, 46(1), 163-177.
- Hansson, F., Norn, M. T. & Vad, T. B. (2014). Modernize the public sector through innovation? A challenge for the role of applied social science and evaluation. *Evaluation*, 20(2), 244-260.
- Harris, R., Simons, M., & McCarthy, C. (2006). *Private Training Providers in Australia: Their Characteristics and Training Activities. A National Vocational Education and Training Research and Evaluation Program Report*. National Centre for Vocational Education Research Ltd.
- Haug, A., Pedersen, S. G., & Arlbjørn, J. S. (2011). IT readiness in small and medium-sized enterprises. *Industrial Management & Data Systems*.
- Haug, K. C., Kretschmer, T. & Strobel, T. (2016). Cloud adaptiveness within industry sectors—Measurement and observations. *Telecommunications policy*, 40(4), 291-306.
- Hecklau, F., Orth, R., Kidschun, F., & Kohl, H. (December 7-8, 2017). *Human resources management: Meta-study-analysis of future competences in Industry 4.0* [Conference Presentation Summary]. 14th International Conference on Intellectual Capital, Knowledge Management & Organizational Learning, Hong Kong, China.
- Henningsson, M., Sundbom, E., Armelius, B. Å., & Erdberg, P. (2001). PLS model building: A multivariate approach to personality test data. *Scandinavian journal of psychology*, 42(5), 399-409.
- Hensel, M. U. & Nilsson, F. (Eds.). (2019). *The Changing Shape of Architecture: Further Cases of Integrating Research and Design in Practice*. Routledge.
- Henseler, J., Ringle, C. M. & Sarstedt, M. (2014). A new criterion for assessing discriminant validity in variance-based structural equation modeling. *Journal of the Academy of Marketing Science* 43 (1), 115–135.

- Hernandez-de-Menendez, M., Díaz, C. A. E. & Morales-Menendez, R. (2020). Engineering education for smart 4.0 technology: a review. *International Journal on Interactive Design and Manufacturing (IJIDeM)*, 14(3), 789–803.
- Hernández-Sampieri, R. & Torres, C. P. M. (2018). *Metodología de la investigación* (Vol. 4). McGraw-Hill Interamericana.
- Heyvaert, M., Maes, B., & Onghena, P. (2013). Mixed methods research synthesis: definition, framework, and potential. *Quality & Quantity*, 47(2), 659-676.
- Hipkins, R., Bolstad, R., Boyd, S. & McDowall, S. (2014). *Key competencies for the future*. Wellington: NZCER Press.
- Hirsch-Kreinsen, H. (2016). Digitization of industrial work: development paths and prospects. *Journal for Labour Market Research*, 49(1), 1-14.
- Hizam-Hanafiah, M., Soomro, M. A., & Abdullah, N. L. (2020). Industry 4.0 readiness models: a systematic literature review of model dimensions. *Information*, 11(7), 364.
- Hualde A. A. & López M. C. (2018). La exportación de servicios ligados a las tic y el programa nacional de software en México: alcances y limitaciones de una política industrial. *Cepal*, 151, 10–17.
<https://doi.org/10.1145/3132847.3132886>
- Huang, M., Jie, T. & Huang, X. (2018). Research Series on the Chinese Dream and China's Development Path. *Study on Digital Technology in BRICS, BRICS Innovative Competitiveness Report 2017* (pp. 221-240). Springer, Singapore.
https://doi.org/10.1007/978-981-10-8078-4_9
- Indústria. (2016). *Sondagem Especial*.
<https://www.portaldaindustria.com.br/cni/estatisticas/sondagem-especial/>
- Industrial Transformation México [ITM]. (2019, 2 octubre). *El boom de la robótica en México*. Industrial Transformation Mexico.

<https://industrialtransformation.mx/el-boom-de-la-robotica-en-mexico/>

- Ismail, A. A. & Hassan, R. (2019). Technical competencies in digital technology towards industrial revolution 4.0. *Journal of Technical Education and Training*, 11(3).
- Ivlev, I., Kneppo, P., & Barták, M. (2015). Method for selecting expert groups and determining the importance of expert´s judgments for the purpose of managerial decision-making tasks in health system.
- Iyer, A. (2018), Moving from Industry 2.0 to Industry 4.0: a case study from India on leapfrogging in smart manufacturing. *Procedia Manufacturing*, 21, 663-670.
<https://doi.org/10.1016/j.promfg.2018.02.169>
- Jääskelä, P., Nykänen, S. & Tynjälä, P. (2018). Models for the development of generic skills in Finnish higher education. *Journal of Further and Higher Education*, 42(1), 130-142.
- Jayasekara, P. K. (2017). Webometric Analysis on Leading Course Providers in MOOC: A Study Based on Alexa Ranking. *INFLIBNET Centre*. <http://ir.inflibnet.ac.in/handle/1944/2101>
- Jelonek, D., Nitkiewicz, T. & Koomsap, P. (2020). Soft skills of engineers in view of industry 4.0 challenges. In *Conference Quality Production Improvement–CQPI*, 2, 107–116.
<https://doi.org/10.2478/cqpi-2020-0013>
- Jerman, A., Bertoncej, A., Dominici, G., Bach, M. P. & Trnavčević, A. (2020). Conceptual key competency model for smart factories in production processes. *Organizacija*, 53(1), 68–79.
- Jerman, A., Pejić Bach, M., & Aleksić, A. (2020). Transformation towards smart factory system: Examining new job profiles and competencies. *Systems Research and Behavioral Science*, 37(2), 388–402.

- Ji, W. & Wang, L.(2017). Big data analytics-based fault prediction for shop floor scheduling. *Journal of Manufacturing Systems*, 43, pp.187–194.
- Jick, T. D. (1979). Mixing qualitative and quantitative methods: Triangulation in action. *Administrative science quarterly*, 24(4), 602-611.
- Johnson, R. B. & Christensen, L. B. (2013). *Educational research: Quantitative, qualitative, and mixed approaches*. Fifth edition. SAGE Publications.
- Juszczyński, M., & Kowalski, A. (2013). Achieving desired cycle times by modelling production systems. In *IFIP International Conference on Computer Information Systems and Industrial Management*. Springer, Berlin, Heidelberg.
- Kadir, B.A., Broberg, O. & da Conceição, C.S. (2019). Current research and future perspectives on human factors and ergonomics in Industry 4.0. *Computers & Industrial Engineering*, 137, [106004]. <https://doi.org/10.1016/j.cie.2019.106004>
- Kagermann, H., Lukas, D. & Wahlster, W. (april 1, 2011). Industrie 4.0: Mit dem Internet der Dinge auf dem Weg zur 4. industriellen Revolution. *VDI nachrichten*. http://www.wolfgang-wahlster.de/wordpress/wp-content/uploads/Industrie_4_0_Mit_dem_Internet_der_Dinge_auf_dem_Weg_zur_vierten_industriellen_Revolution_2.pdf
- Kagermann, H., Wahlster, W., & Helbig, J. (2013). Recommendations for implementing the strategic initiative INDUSTRIE 4.0: Final report of the Industrie 4.0 Working Group. *Final Report of the Industrie 4.0*. National Academy of Science and Engineering.
- Kai, P., Feldt, R., Mujtaba, S. & Mattsson, M. (2008). *Systematic Mapping Studies in Software Engineering*. EASE, 8: 68-77. http://www.robertfeldt.net/publications/petersen_ease08_sysmap_studies_in_se.pdf
- Kamble, S. S., Gunasekaran, A., & Sharma, R. (2018). Analysis of the driving and dependence power of barriers to adopt industry 4.0 in

- Indian manufacturing industry. *Computers in Industry*, 101(May), 107–119. <https://doi.org/10.1016/j.compind.2018.06.004>
- Karasar, N. (2012). *Scientific research method*. Ankara: Nobel Publisher
- Katz, R. L. (2009). Skills of an effective administrator. *Harvard Business Review*.
- Kaur, R., Awasthi, A. & Grzybowska, K. (2020). Evaluation of key skills supporting industry 4.0—A review of literature and practice. In *Sustainable Logistics and Production in Industry 4.0* (19–29). Springer.
- Kazancoglu, Y., & Ozkan-Ozen, Y. D. (2018). Analyzing Workforce 4.0 in the Fourth Industrial Revolution and proposing a road map from operations management perspective with fuzzy DEMATEL. *Journal of enterprise information management*.
- Kechagias, K. (2011). *Teaching and assessing soft skills*. Thessaloniki
- Khujomov, B., & Tangriyev, A. (2019). Professional competencies as integral qualities of a specialist's personality. *European Journal of Research and Reflection in Educational Sciences*,7(4).
- Kirchner, B. M. (2018). *Industry 4.0 Careers of the Future*. Products Finishing. <https://www.pfonline.com/columns/industry-40-elicits-careers-of-the-future>
- Kitchenham B. A. & Charters, S. (2007). *Guidelines for performing Systematic Literature Reviews in Software Engineering*. University of Durham, Durham, UK
- Kłosowski, G., Gola, A. & Świć, A. (2016). Application of fuzzy logic in assigning workers to production tasks. In *Distributed Computing and Artificial Intelligence, 13th International Conference* (pp. 505-513). Springer, Cham.
- Kluemper, D. H., Mitra, A., & Wang, S. (2016). Social media use in HRM. In *Research in personnel and human resources management*. Emerald Group Publishing Limited.

- Knolle, K. (2016). Pervichnoe Utolshchenie 'Endokarda V Rannem Detskom Vozraste. *Arkhiv Patologii*, 25(25), 60–64.
<https://doi.org/10.1016/j.ifacol.2016.12.002>
- Kohnke, O. (2017). It's not just about technology: The people side of digitization. In *Shaping the digital enterprise*, 69-91. Springer, Cham.
- Ksenofontova, K. Z., Emtseva, O. V. & Khayrova, K.Z. (2020). Impact of digitalization on construction of competency models of managerial personnel in sector of industry. In *Russian Conference on Digital Economy and Knowledge Management (RuDEcK 2020)* (pp. 358–363). Atlantis Press.
- Kvale, S. (1996). *InterViews an Introduction to Qualitative Research Interviewing*, Thousand Oaks, CA: Sage Publications.
- Ledesma, R. D., Ferrando, P. J. & Tosi, J. D. (2019). Uso del Análisis Factorial Exploratorio en RIDEP. Recomendaciones para autores y revisores. *Revista Iberoamericana de Diagnóstico y Evaluación-e Avaliação Psicológica*, 3(52), 173-180.
- Lewis-Beck, M., Bryman, A. E., & Liao, T. F. (2003). *The Sage encyclopedia of social science research methods*. Sage Publications.
- Li, Q., Tang, Q., Chan, I., Wei, H., Pu, Y., Jiang, H. & Zhou, J. (2018), Smart manufacturing standardization: architectures, reference models and standards framework. *Computers in Industry*, 101, 91-106.
- Liboni, L. B., Cezarino, L. O., Jabbour, C. J. C., Oliveira, B. G. & Stefanelli, N. O. (2019). Smart industry and the pathways to HRM 4.0: Implications for SCM. *Supply Chain Management: An International Journal*, 24 (1). 124-146.
<http://doi.org/10.1108/SCM-03-2018-0150>
- Lin, Y., Livesey, A. & Tuzinski, K. (2021). Assessing Competencies in the Workplace: Developing a Modular Measure with Universal Applicability. *Journal of Applied Testing Technology*. 22(2), 1-20.

- Ling, Y. M., Hamid, N. A. A. & Te Chuan, L. (2020). Is Malaysia ready for Industry 4.0? Issues and challenges in manufacturing industry. *International Journal of Integrated Engineering*, 12(7), 134–150.
- Lira, C., Carlos, F. & Ramirez, H. (2005). Gestión por competencias. Fundamentos y bases para su implantación. [Tesis de pregrado, Universidad de los Lagos]. Santiago de Chile. Chile.
<https://www.gestiopolis.com/gestion-por-competencias-fundamentos-y-bases-para-su-implantacion/>
- Lloret-Segura, S., Ferreres-Traver, A., Hernández-Baeza, A. & Tomás-Marco, I. (2014). El análisis factorial exploratorio de los ítems: una guía práctica, revisada y actualizada. *Anales de Psicología/Annals of Psychology*, 30(3), 1151-1169.
- Lohmöller, J. B. (1989). *Latent Variable Path Modeling with Partial Least Squares*. Heidelberg: Physica.
- Lorenz, M., Rüßmann, M., Strack, R., Lueth, K. L., & Bolle, M. (2015). Man, and machine in industry 4.0: How will technology transform the industrial workforce through 2025. *The Boston Consulting Group*, 2. <http://hdl.voced.edu.au/10707/405644>.
- Luthra, S. & Mangla, S. K. (2018). Evaluating challenges to Industry 4.0 initiatives for supply chain sustainability in emerging economies. *Process Safety and Environmental Protection*, 117, 168–179.
<https://doi.org/10.1016/j.psep.2018.04.018>
- Maisiri, W., Darwish, H. & Van Dyk, L. (2019). An investigation of Industry 4.0 skills requirements. *South African Journal of Industrial Engineering*, 30(3), 90-105.
- Majid, F. A. (2018). A Comparative Study on the Current TESL Curriculum: Identifying a Match for Industry Revolution (IR) 4.0. *International Journal of Applied Linguistics and English Literature*, 7(6), 214-220. <https://doi.org/10.7575/aiac.ijalel.v.7n.6p.214>
- Manufactura. (2017, 6 agosto). México es el 4o importador de robots en el mundo. <https://manufactura.mx/industria/2017/07/31/mexico-es-el-4o-importador-de-robots-en-el-mundo>

- Manufactura. (2019, 15 mayo). *Región Bajío-Occidente, oportunidad de crecimiento para México*.
<https://manufactura.mx/industrias/2019/05/15/region-bajio-occidente-oportunidad-de-crecimiento-para-mexico>
- Manyika, J., Chui, M., Miremadi, M., Bughin, J., George, K., Willmott, P. & Dewhurst, M. (2017). A future that works: Automation, employment, and productivity. *Mckinsey Global Institute*, (January), 148.
- Mayer, J. D. & Salovey, P. (1993). The intelligence of emotional intelligence. *intelligence*, 17(4), 433-442.
[https://doi.org/10.1016/0160-2896\(93\)90010-3](https://doi.org/10.1016/0160-2896(93)90010-3)
- McClelland, D. (1973). Testing for competence rather than for “intelligence”. *American Psychologist*, 28, 1-14.
<https://doi.org/10.1037/h0034092>
- Mdluli, S., & Makhupe, O. (2017). Defining leadership competencies needed for the fourth industrial revolution: leadership competencies 4.0. *Africa Expansion Project*.
- Méndez, C., & Rodón, M. A. (2012). Introducción al análisis factorial exploratorio. *Revista colombiana de psiquiatría*, 41(1), 197-207.
- Mertens, L. (1996). Sistemas de competencia laboral: surgimiento y modelos. *Formación basada en competencia laboral*. Oficina Internacional del Trabajo.
https://www.oitcinterfor.org/sites/default/files/file_publicacion/mertens.pdf
- MexicoIndustry. (2020, 1 septiembre). *Bajío genera el 10% de la oferta laboral de México: OCCMundial*. Recuperado 25 de abril de 2022, de <https://mexicoindustry.com/noticia/bajio-genera-el-10-de-la-oferta-laboral-de-mexico-occmundial>
- Mikhailov, A. N., Rodin, A. B. & Smirnova, M. I. (2018a). Humanization of Engineering Education in Conditions of the Process of Industry

4.0 Forming. *2018 4th International Conference on Information Technologies in Engineering Education, Inforino 2018 - Proceedings*, 1–4.

<https://doi.org/10.1109/INFORINO.2018.8581805>

Mikhailov, A. N., Rodin, A. B. & Smirnova, M. I. (2018b, October). Humanization of engineering education in conditions of the process of industry 4.0 forming. In *2018 IV International Conference on Information Technologies in Engineering Education (Inforino)*, 1-4. IEEE.

Miles, M. B., & Huberman, A. M. (1994). *Qualitative data analysis: An expanded sourcebook*. sage.

Mishra, B. (2015). Innovative ways of English language teaching in rural India through technology. *International Journal of English and Literature*, 6(2), 38-44.

Mitchell, G. W., Skinner, L. B. & White, B. J. (2010). Essential soft skills for success in the twenty-first century workforce as perceived by business educators. *Delta Pi Epsilon Journal*, 52(1), 43-53.
<https://eric.ed.gov/?id=EJ887222>

Motyl, B., Baronio, G., Uberti, S., Speranza, D. & Filippi, S. (2017). How will Change the Future Engineers' Skills in the Industry 4.0 Framework? A Questionnaire Survey. *Procedia Manufacturing*, 11(June), 1501–1509.
<https://doi.org/10.1016/j.promfg.2017.07.282>

Mourtzis, D. (2018). Development of skills and competences in manufacturing towards Education 4.0: A teaching factory approach. In *International Conference on the Industry 4.0 model for Advanced Manufacturing* (pp. 194–210). Springer.

Mulyani, H. & Djatmiko, I. W. (October 28, 2019). The readiness of vocational secondary schools on forming working characteristics for industry 4.0. In *Innovative Teaching and Learning Methods in Educational Systems: Proceedings of the International Conference on Teacher Education and Professional Development (INCOTE PD 2018)*, Yogyakarta, Indonesia.

- Muñoz-La Rivera, F., Hermosilla, P., Delgadillo, J. & Echeverría, D. (2020). The Sustainable Development Goals (SDGs) as a Basis for Innovation Skills for Engineers in the Industry 4.0 Context. *Sustainability*, 12(16), 1-14.
- Navarro, M. & Sabalza, X. (2016). Reflexiones sobre la Industria 4.0 desde el caso vasco. *Ekonomiaz: Revista vasca de economía*, (89), 142-173.
- Nowotarski, P. & Paslawski, J. (2017). Industry 4.0 Concept Introduction into Construction SMEs. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 245(5). <https://doi.org/10.1088/1757-899X/245/5/052043>
- O’Cathain, A., E. Murphy y J. Nicholl. 2007. Integration and publications as indicators of “yield” from mixed methods studies. *Journal of Mixed Methods Research* 1, No. 2: 147-163.
- Okkonen, J., Vuori, V. & Palvalin, M. (2019, February). Digitalization changing work: Employees’ view on the benefits and hindrances. In *International Conference on Information Technology & Systems*, 165-176. Springer, Cham.
- Ollington, N., Gibb, J., & Harcourt, M. (2013). Online social networks: an emergent recruiter tool for attracting and screening. *Personnel Review*.
- Olmo, R. Del. (2017). Solutions to Ease, (August).
- Olojuolawe, S. R. & Amin, F.N. B. (2019). Determination of employability skills required by electrical technology students in colleges of education in Nigeria. *International Journal of Engineering Education*, 1(1), 57–66. <http://dx.doi.org/10.12777/ijee.1.1.57-66>
- Olsson, J. G. & Xu, Y. (2018). Industry 4.0 Adoption in the Manufacturing Process: Multiple case study of electronic manufacturers and machine manufacturers. *Digitala Vetenskapliga Arkivet*, 2(37.8). <http://urn.kb.se/resolve?urn=urn%3Anbn%3Ase%3Alnu%3Adiva-74989>

- Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos [OCDE]. (2016). *Perspectivas Económicas de América Latina 2017*. París: OCDE. https://www.oecd.org/dev/americas/E-book_LEO2017_SP.pdf
- Pass, C., Lowes, B., Pendleton, A., Chadwick, L., O'Reilly, D. & Afferson, M. (2005). Collins Dictionary of Business. <https://www.google.com/url?sa=t&source=web&rct=j&url=https://www.worldcat.org/title/collins-dictionary-of-business/oclc/77553310/editions%3Fpreferer%3Ddi%26editionsView%3Dtrue&ved=2ahUKEwjxurSq7ar3AhU7D0QIHRPhB5wQFn0EAgQAQ&usg=AOvVaw2qehR31xA6A6BrIJQxTJBi>. 22 marzo 2021
- Patton, M. Q. (2002). Two decades of developments in qualitative inquiry: A personal, experiential perspective. *Qualitative social work*, 1(3), 261-283.
- Peña-Jimenez, M., Battistelli, A., Odoardi, C. & Antino, M. (2021). Exploring skill requirements for the Industry 4.0: A worker-oriented approach. *Anales de Psicología*, 37(3), 577-588. :10.6018/analesps.444311
- Pérez, E. R. & Medrano, L. A. (2010). Análisis factorial exploratorio: bases conceptuales y metodológicas. *Revista Argentina de Ciencias del Comportamiento (RACC)*, 2(1), 58-66.
- Petrides, K. V. & Furnham, A. (2001). Trait emotional intelligence: Psychometric investigation with reference to established trait taxonomies. *European journal of personality*, 15(6), 425-448. <https://doi.org/10.1002/per.416>
- Piccarozzi, M., Aquilani, B. & Gatti, C. (2018). Industry 4.0 in management studies: A systematic literature review. *Sustainability (Switzerland)*, 10(10), 1–24. <https://doi.org/10.3390/su10103821>
- Plastics Technology México. (2020, 23 enero). Industria 4.0, el mayor reto para la industria manufacturera será el foco de Expo Manufactura. *Plastics Technology México*. <https://www.pt->

mexico.com/noticias/post/industria-40-el-mayor-reto-para-la-
industria-manufacturera-sera-el-foco-de-expo-manufacturera

Ponce-Espinosa, G., Espinoza, Diana L., Ríos-Zaruma, J., & Tapia, K. G. (2017). Capacidades organizacionales generadoras de valor: análisis del sector industrial. *RETOS. Revista de Ciencias de la Administración y Economía*, 7(13). 143-162.
<https://doi.org/10.17163/ret.n13.2017.09>

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

Pranckuté, R. (2021). Web of Science (WoS) and Scopus: The Titans of Bibliographic Information in Today's Academic World. *Publications*, 9(1), 12.

Pricewaterhousecoopers [PCW]. (2016). Global Industry 4.0 Survey. <https://www.pwc.com/gx/en/industries/industries4.0/landing-page/industry-4.0-building-your-digital-enterpriseapril-2016.pdf>

Prieto, M. I. A. (2018). Planeación para la automatización en el proceso de maquinado [Tesis de pregrado, Universidad Tecnológica del Centro de Veracruz].
http://reini.utcv.edu.mx/bitstream/123456789/328/1/IMI_MIGUEL%20DIMAS_FLORES.pdf

Prifti, L., Knigge, M., Kienegger, H. & Krcmar, H. (2017). A Competency Model for "Industrie 4.0" Employees. *Wirtschaftsinformatik und Angewandte Informatik*.

ProMéxico, N. (2016). The Mexican automotive industry: Leading the World.

Qi, Q., Tao, F., Zuo, Y. & Zhao, D. (2018). Digital twin service towards smart manufacturing. *Procedia Cirp*, 72, 237-242.
<https://doi.org/10.1016/j.procir.2018.03.103>

Ramayah, T., Yeap, J. A., Ahmad, N. H., Halim, H. A. & Rahman, S. A. (2017). Testing a confirmatory model of Facebook usage in

SmartPLS using consistent PLS. *International Journal of Business and Innovation*, 3(2), 1-14.

Rawboon, K., Yamazaki, A. K., Klomklieng, W., & Thanomsub, W. (2021). Future competencies for three demanding careers of industry 4.0: Robotics engineers, data scientists, and food designers. *The Journal of Competency-Based Education*, 6(2), e01253.

Reuter, M., Oberc, H., Wannöffel, M., Kreimeier, D., Klippert, J., Pawlicki, P. & Kuhlenkötter, B. (2017). Learning Factories' Trainings as an Enabler of Proactive Workers' Participation Regarding Industrie 4.0. *Procedia Manufacturing*, 9, 354–360.
<https://doi.org/10.1016/j.promfg.2017.04.020>

Ringle, C.M., Wende, S. & Becker, J.M. (2015) SmartPLS. SmartPLS GmbH, *Boeningstedt*. <http://www.smartpls.com>

Robley, W., Whittle, S. & Murdoch-Eaton, D. (2005). Mapping generic skills curricula: a recommended methodology. *Journal of Further and Higher Education*, 29(3), 221–231.
doi:10.1080/03098770500166801

Rocha, L., Savio, E., Marxer, M. & Ferreira, F. (2018). Education and training in coordinate metrology for industry towards digital manufacturing. *Journal of Physics: Conference Series*, 1044(1).
<https://doi.org/10.1088/1742-6596/1044/1/012026>

Rodríguez G. C., Padilla F. G. & Valenzuela O. M. (2019). Análisis factorial exploratorio para las percepciones estudiantiles en torno a la evaluación académica. *Páginas de Educación*, 12(1), 150-163.

Rose, J., Lukic, V., Milon, T.. & Cappuzzo, A. (2016). Sprinting to value in Industry 4.0. *BCG Perspectives*.
<https://www.bcg.com/publications/2016/lean-manufacturing-technology-digital-sprinting-to-value-industry-40>

Rüßmann M., Lorenz M., Gerbert P., Waldner M., Justus J., Engel P. & Harnisch M. (2015) Industry 4.0: the future of productivity and growth in manufacturing industries. *BCG Perspect* 9.
https://www.bcg.com/publications/2015/engineered_products_pro

ject_business_industry_4_future_productivity_growth_manufacturing_industries

Rychen, D. S. E. & Salganik, L. H. E. (2000). *Defining and selecting key competencies*. hogrefe & huber publishers.

Saarni, C. (1999). *The development of emotional competence*. Guilford press.

Sagar, B. & Jadhav, P. (2016). A study on impact of Industry 4.0 in India. *International Advanced Research Journal in Science, Engineering and Technology*, 4 (7), 24-28.
<https://iarjset.com/upload/2017/si/REPSE%2017/IARJSET-REPSE%206.pdf>

Sakuneka, T., Marnewick, A. & Pretorius, J.-H. (2019). Industry 4.0 competencies for a control systems engineer. *In 2019 IEEE Technology & Engineering Management Conference (TEMSCON)* (1–6). IEEE.

Santiago-Sáez A, García-Martín A. F, Olivares-Pardo E, Liano-Riera M, Labajo-González E. & Perea-Pérez B. (2021). Balance del asesoramiento médico legal hospitalario mediante análisis factorial exploratorio. *Rev Esp Med Legal*.
<https://doi.org/10.1016/j.reml.2020.10.002>

Sarstedt, M. & Cheah, J. H. (2019). Partial least squares structural equation modeling using: a software review. *Journal of Marketing Analytics*, 7(6), 196-202. <https://doi.org/10.1057/s41270-019-00058-3>

Sarstedt, M., Ringle, C. M., Smith, D., Reams, R. & Hair Jr, J. F. (2014). Partial least squares structural equation modeling (PLS-SEM): A useful tool for family business researchers. *Journal of family business strategy*, 5(1), 105-115.

Schneider, P., & Sting, F. J. (2020). Employees' perspectives on digitalization-induced change: Exploring frames of industry 4.0. *Academy of Management Discoveries*, 6(3), 406-435.
<https://doi.org/10.5465/amd.2019.0012>

- Schroeder, W. (2016). *Germany's Industry 4.0 strategy*. Friedrich Eberto Stifitung. https://www.fes-london.org/fileadmin/user_upload/publications/files/FES-London_Schroeder_Germanys-Industrie-40-Strategy.pdf
- Schuh, G., Potente, T., Wesch-Potente, C., Weber, A. R. & Prote, J. P. (2014). Collaboration Mechanisms to increase Productivity in the Context of Industrie 4.0. *Procedia Cirp*, 19, 51-56. <https://doi.org/10.1016/j.procir.2014.05.016>
- Schwab. K. (2018). The global competitiveness report. *World Economic Forum*, 5. <https://www.weforum.org/reports/the-global-competitiveness-report-2018>
- Secretaría de Economía [SE]. (2016). Crafting the future: a roadmap for industry 4.0 in Mexico, 1–98. <https://amiti.org.mx/wp-content/uploads/2018/01/Crafting-the-future-10-agosto-2016.pdf>
- Secretaría de Economía de México [SE]. (2018). Política Pública Intersectorial. Innovación e Industria 4.0. <https://prosoft.economia.gob.mx/doc/PresentacionIndustria.pdf>
- Seele, P., (2017). Predictive Sustainability Control: A review assessing the potential to transfer big data driven “predictive policing” to corporate sustainability management. *Journal of Cleaner Production*, 153, pp.673–686.
- Shannon-Baker, P. (2016). Making paradigms meaningful in mixed methods research. *Journal of mixed methods research*, 10(4), 319-334.
- Shelby L.B. (2011) Beyond Cronbach's Alpha: Considering Confirmatory Factor Analysis and Segmentation, *Human Dimensions of Wildlife: An International Journal*, 16(2), 142-148.
- SHL. (2019). Updated Universal Competency Framework Technical Manual. <https://www.shl.com/solutions/products/assessments/behavioral-assessments/universal-competency-framework/>

- Silva, V. L., Kovaleski, J. L., Pagani, R. N., Corsi, A., & Gomes, M. A. S. (2020). Human factor in smart industry: A literature review. *Future Studies Research Journal: Trends and Strategies*, 12(1), 87-111. <https://doi.org/10.24023/FutureJournal/2175-5825/2020.v12i1.473>
- Simic, M. & Nedelko, Z. (2019). Development of competence model for Industry 4.0: A theoretical approach. *Economic and Social Development: Book of Proceedings*, 1288–1298.
- Slavich, B. (2009). *Disciplining creativity: social mechanisms and human resource management practices in creativity-driven organizations*. [Tesis de doctorado Universitat Ramon Llull].
- Sony, M. & Mekoth, N. (2022). Employee adaptability skills for Industry 4.0 success: a road map. *Production & Manufacturing Research*, 10(1), 24-41.
- Stachová, K., Papula, J., Stacho, Z. & Kohnová, L. (2019). External partnerships in employee education and development as the key to facing industry 4.0 challenges. *Sustainability (Switzerland)*, 11(2). <https://doi.org/10.3390/su11020345>
- Stasiak-Betlejewska, R. & Sujanová, J. (2020). Value engineering in the workers' competences shaping. In *Conference Quality Production Improvement–CQPI*, 2, 140–149.
- Statista. (2022, 8 abril). *La industria manufacturera en México – Datos estadísticos*. <https://es.statista.com/temas/7853/la-industria-manufacturera-en-mexico/>
- Stentoft, J., Wickstrøm, K., Philipsen, K. & Haug, A. (2020). Drivers and barriers for Industry 4.0 readiness and practice: empirical evidence from small and medium-sized manufacturers. *Production Planning & Control*, <https://doi.org/10.1080/09537287.2020.1768318>
- Storberg-Walker, J. B. (2004). *Towards a theory of human capital transformation through human resource development*. University of Minnesota.

- Sullivan, G. M. & Feinn, R. (2012). Using Effect Size - or why the p Value is not enough. *Journal of Graduate Medical Education*, 4(3), 279–282.
- Sung, T. K. (2018). Industry 4.0: A Korea perspective. *Technological Forecasting and Social Change*, 132(October), 40–45.
<https://doi.org/10.1016/j.techfore.2017.11.005>
- Talavera, E. R. & Pérez-González, J. C. (2007). Formación en competencias socioemocionales a través de las prácticas en empresas. *Revista europea de formación profesional*, (40), 92-112.
- Tang, J., Zhang, J., Yao, L., Li, J., Zhang, L., & Su, Z. (2008, August). Arnetminer: extraction and mining of academic social networks. In *Proceedings of the 14th ACM SIGKDD international conference on Knowledge discovery and data mining* (pp. 990-998).
- Terán, A. (2013). *El capital humano, la estrategia y el desarrollo y acumulación de capacidades, competencias organizacionales: su impacto en innovación en el sector biofarmacéutico en México*. XVIII Congreso Internacional Contaduría Administración e Informática.
- Thames, L. (2017). *Cybersecurity for Industry 4.0*. Springer.
<https://doi.org/10.1007/978-3-319-50660-9>
- Toro, C., Seif, A. & Akhtar, H. (2020). Modeling and connecting asset administrative shells for mini factories. *Cybernetics and Systems*, 51(2), 232-245.
- Tortorella, G. L., Cawley Vergara, A. Mac, Garza-Reyes, J. A. & Sawhney, R. (2020). Organizational learning paths based upon industry 4.0 adoption: An empirical study with Brazilian manufacturers. *International Journal of Production Economics*, 219, 284–294. <https://doi.org/10.1016/j.ijpe.2019.06.023>
- Tutty, L. M., Rothery, R. M., & Grinnell, J. R. (1996). Analyzing your data: Qualitative research for social workers.

- Uhlemann, T. H. J., Lehmann, C. & Steinhilper, R. (2017). The digital twin: Realizing the cyber-physical production system for industry 4.0. *Procedia Cirp*, 61, 335-340. 10.1016/j.procir.2016.11.152
- Urbizagástegui A. R. (2016). El crecimiento de la literatura sobre la ley de Bradford. *Investigación bibliotecológica*, 30(68), 51-72.
- Van de Ven, A. H., & Poole, M. S. (2005). Alternative approaches for studying organizational change. *Organization studies*, 26(9), 1377-1404.
- Van-Dijck, J., & Poell, T. (2013). Understanding social media logic. *Media and communication*, 1(1), 2-14.
- Varney, S. (2017, 4 abril). Tijuana se ha convertido en una capital mundial en la fabricación de dispositivos médicos. *The New York Times*. <https://www.nytimes.com/es/2017/04/04/espanol/america-latina/tijuana-tlcan-dispositivos-medicos.html?rref=collection/sectioncollection/index>
- Velásquez, N., Estevez, E. & Pesado, P. (2018). Cloud Computing, Big Data and the Industry 4.0 Reference Architectures, *Journal of Computer Science and Technology*, 18(3), 258–267. <https://doi.org/10.24215/16666038.18>
- Veile, J. W., Kiel, D., Müller, J. M., & Voigt, K. I. (2019). Lessons learned from Industry 4.0 implementation in the German manufacturing industry. *Journal of Manufacturing Technology Management*.
- Verhoeven, J. & Dom, L. (2002). Flemish Eurydice report 2001: education policy and education organisation in Flanders. Brussel: Ministerie van de Vlaamse Gemeenschap. 10.13140/2.1.1190.3689
- Vrchota, J., Maříková, M., Řehoř, P., Rolínek, L., & Toušek, R. (2019). Human resources readiness for industry 4.0. *Journal of Open Innovation: Technology, Market, and Complexity*, 6(1), 3.
- Wang, S., Wan, J., Zhang, D., Li, D. & Zhang, C. (2016). Towards smart factory for industry 4.0: a self-organized multi-agent

system with big data based feedback and coordination.
Computer networks, 101, 158-168.

- Weyer, S., Meyer, T., Ohmer, M., Gorecky, D. & Zuhike, D. (2016) Future Modeling and Simulation of CPS-based Factories: an Example from the Automotive Industry. *IFAC-PapersOnLine*, 49(31), 97–102. <https://doi.org/10.1016/j.ifacol.2016.12.168>
- Widayani, A., Astuti, E.S. & Saifi, M. (2020). Competence and readiness of small and medium industries against of industrial revolution 4.0. In *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 485, 12114. IOP Publishing.
- World Economic Forum [WEF]. (2016). The future of jobs: Employment, skills and workforce strategy for the fourth industrial revolution. *Global Challenge Insight Report*.
- World Economic Forum [WEF]. (2018). *Fourth Industrial Revolution. Growth Strategies*, <http://doi.org/10.1177/1946756712473437>orkforce . *Growth Strategies*, (january), 2–3. <https://doi.org/10.1177/1946756712473437>
- World Economic Forum. (2018). *The Future of Jobs Report 2018 Insight Report Centre for the New Economy and Society*. <https://doi.org/10.1177/1946756712473437>
- World Economic Forum. (2020). *The Future of Jobs Report 2020 OCTOBER 2020*. <https://www.weforum.org/reports/the-future-of-jobs-report-2020>, Accessed 10.02.2021
- World Economic Forum. (2022). Strategic Intelligence. https://intelligence.weforum.org/topics/a1Gb0000001RIhBEAW/key-issues/a1Gb00000027vYXEAY?utm_source=sfmc&utm_medium=email&utm_campaign=2773127_Si-WeeklyNewsletterV5-Live-10-01-2022&utm_term=
- Yang, J., Yu, H., & Chen, N. S. (2019). Using blended synchronous classroom approach to promote learning performance in rural

area. *Computers & Education*, 141, 103619.
10.1016/J.COMPEDU.2019.103619

- Zangiacomi, A., Pessot, E., Fornasiero, R., Bertetti, M., & Sacco, M. (2020). Moving towards digitalization: a multiple case study in manufacturing. *Production Planning & Control*, 31(2-3), 143-157. <https://doi.org/10.1080/09537287.2019.1631468>
- Zhang, J., Tang, J., & Li, J. (2007, April). Expert finding in a social network. In *International conference on database systems for advanced applications* (pp. 1066-1069). Springer, Berlin, Heidelberg.
- Zhong, R. Y., Xu, X., Klotz, E. & Newman, S. T. (2017). Intelligent Manufacturing in the Context of Industry 4.0: A Review. *Engineering*, 3(5), 616–630. <https://doi.org/10.1016/J.ENG.2017.05.015>
- Zhou, K., Liu, T., & Zhou, L. (2016). Industry 4.0: Towards future industrial opportunities and challenges. *2015 12th International Conference on Fuzzy Systems and Knowledge Discovery, FSKD 2015*, 2147–2152. <https://doi.org/10.1109/FSKD.2015.738228>
- Zohrabi, M. (2013). Mixed Method Research: Instruments, Validity, Reliability and Reporting Findings. *Theory & practice in language studies*, 3(2).

Anexos.

Anexo 1. 50 candidatos para entrevista a líderes en adopción de Industria 4.0.

No.	Función
1	Economic Advisor at Secretaría de Desarrollo Económico de la Ciudad de México
2	Co-Founder and CEO @ AI Edge Technology & Cognitsys. Artificial Intelligence Solutions for Automotive, Real State, Retail and Education. Certified Customer Discovery and Lean Startup Instructor. Coach and Mentor
3	IT and Digital Transformation Sr Manager. Chihuahua, México
4	Global Business Development Manager Digital Supply Chain & IOT / IOT Pilot Factory Manager at SAP
5	Director Oficina México de WECO Consult GmbH Director de Proyecto Solar Power Mexico & Industrial Transformation MEXICO
6	Coord. de Comité de Responsabilidad Social y Capacitacion Cluster de la Industria Automotriz de Coahuila A.C DIRECCION ESTATAL DEL CONALEP COAHUILA
7	Director General - Tecnoap (Mx) Líder IE "Casos de Éxito" - NL 4.0 (Mx)
8	Industry 4.0 Manager at Prolec GE
9	Administrador Alianza 4 San Luis Potosí
10	Gerente Iniciativa Industria 4.0 Monterrey N. L.
11	CEPRODI Innovación para la Industria. Industria 4.0 en FUMEC
12	Dirección Cluster Automotriz de Guanajuato
13	Embajador 4.0 Nuevo León 4.0
14	Gerente Iniciativa Industria 4.0 Monterrey, N.L.
15	IT Specialist Leader at Robert Bosch Mexico. Guadalajara, Jalisco.
16	Connected Enterprise Manager (Industria 4.0)
17	I4.0 Coordinator & AUT en Robert Bosch GmbH
18	Sr. Manager Network and Operations Strategy broad experience in Supply Chain, Manufacturing, Strategic Planning
19	VP and General Manager en AT&T, México
20	Interfaces actuales y venideras de IoT
21	I4.0 Coordinator & ITM en Bosch México. Aguascalientes, México
22	Systems Sales Engineer at ifm, Monterrey, N. L.
23	Enterprise Account Manager Motorola Solutions
24	Experto en Impulsar Empresas con Ciencia de Datos y Alta Tecnología Founder Partner en MB Innovation Lab Emprendedo
25	Founder and CEO Quattrozero, LLC
26	Emprendedor de Políticas Públicas. Innovación e Industria 4.0. Empresario de Base Tecnológica. Consultor
27	Gerente de Calidad, Seguridad y Medio Ambiente en Walter Pack Group AUTOMOTIVE
28	Machine Learning Engineer at Apex Systems
29	CEO: work from ART to Industrie4.0 (Automotive Medical Devices), Member "Cuarto de Junto"
30	Digitalization & Future Factory Industry 4.0 at SKF Group
31	Consejo Nacional de la Industria Maquiladora y Manufacturera de Exportación
32	IT Regional Leader at Bosch Mexico
33	Head of Industry 4.0 - Digital Transformation+Innovation. Development of the strategy to implement Industry 4.0 Development of I4.0 projects portfolio and project managemen
34	Consultor Digital Industria 4.0 Gerente de posventa & preventa Ingeniería de aplicaciones. Automatización
35	Experiencia en IT Project Management, implementaciones e Infraestructura de red, IT Rooms, proyectos I4.0, IT manufacturing, SAP
36	Director of CIDESI Nuevo Leon

37	Innovation, Entrepreneurship and Strategic Alliance Director. Oaxaca, México
38	Gerente de Canales para Motorola Solutions en México.
39	Socia directora de empresa Expertus - SPIEE S. A. de C. V. y Coordinadora de Programa Industria 4.0 en Nuevo León.
40	Representante de la academia nacional y coach en la Secretaría Regional de la organización internacional: Sistemas Inteligentes de Manufactura (IMS).
41	Vicepresidente Brovedani General Production Manager
42	Director de proyectos Deutsche Messe AG (Hannover Fairs México)
43	Responsable técnico de proyectos CONACYT-CONCYTEQ Querétaro.
44	Presidente de la Asociación Mexicana de I4.0 CDMX
45	Consultor, analista y promotor de soluciones sobre la Industria 4.0 y sobre las tendencias tecnológicas de la Industria 4.0
46	Gerente de Desarrollo Connected Enterprise Manager (Industria 4.0) Grupo ABSA Jalisco
47	Business Manager Development in Tecnoap
48	Profesora Investigadora. Miembro Regular de la AMC.
49	Miembro del Comité Rector de la iniciativa Nuevo León 4.0.
50	CIM: 4.0 Lean, WCM, TWI, Innovation, Business Intelligence

Fuente: Elaboración propia

Anexo 2. Cuestionario diseñado para obtener la información sobre las habilidades desarrolladas en los estudiantes de Ti y áreas afines a la manufactura. Preguntas que conforman el Cuestionario (proceso de validación de investigadores)

Dimensión	Pregunta	Significado de la pregunta	Nota	Por favor escriba en este espacio su opinión / recomendaciones para mejorar el instrumento
Identificación	1. Universidad de adscripción / campus:	La pregunta se realiza para identificar la procedencia del estudiante.	Con esta pregunta se busca tener un referente para identificar la zona geográfica en la que radica y si hay diferencias en los conocimientos que se imparten entre diferentes localidades.	
	2. Programa educativo que cursa:	La pregunta se hace para tener organizadas las respuestas por programa educativo	Se hace la pregunta para poder organizar categorías.	
	3. Semestre / cuatrimestre en que está inscrito:	La pregunta identifica en qué semestre está inscrito el estudiante.	Se hace la pregunta para poder identificar si las respuestas tienen diferencias relacionadas con el avance en el programa.	
	4. Género:	Se quiere saber si lo contestan hombres o mujeres	Se busca identificar si el género tiene que ver con las respuestas que se obtienen.	
	5. Edad:	Se refieren a los años cumplidos del encuestado	Se busca identificar si la edad tiene que ver con las respuestas que se obtienen.	
	6. Promedio acumulado en sus estudios de licenciatura:	Esta pregunta solicita que el cuestionado indique el promedio de sus calificaciones.	Se busca identificar si el promedio tiene que ver con las respuestas que se obtienen.	

Medios digitales de que dispone el estudiante	7. ¿Posee alguno de los siguientes dispositivos? O ¿tiene acceso a ellos en la escuela? Indique uno o más dispositivos de la lista o especifique otros	La pregunta busca identificar si el estudiante cuenta (en casa o proporcionadas por la escuela) con los recursos para desarrollar las habilidades digitales en su formación universitaria.	Se busca identificar si el contar con dispositivos digitales, es un factor que incide en la calidad de su preparación y las habilidades desarrolladas.
	Computadora de escritorio (PC) de uso individual		
	Computadora de escritorio (PC) de uso familiar		
	Laptop de uso individual		
	Laptop de uso familiar		
	Smartphone		
	Tablet		
	e-reader		
	Consola de videojuegos		
	Smartwatch		
	Visor VR		
	Dispositivos robóticos		
	Asistente virtual (Amazon Alexa, Siri, Cortana)		
Otro			
Hábitos digitales básicos desarrollados	8. ¿Realiza regularmente alguna de las siguientes actividades como usuario? Indique una o más opciones de la lista o especifique otros	La pregunta busca establecer si el estudiante ha desarrollado como un hábito las habilidades básicas durante su formación.	Es diferente de la pregunta 3 porque aquí se identifica el manejo básico como un usuario de tecnologías digitales.
	Enviar un correo electrónico formal		
	Usar aplicaciones de la suite de Office, (Word, Excel PowerPoint, ...)		
	Utilizar herramientas para trabajo remoto		
	Leer y descargar documentos de la web		
	Investigar en bibliotecas digitales		

	Otro			
	9. ¿Realiza regularmente alguna de las siguientes actividades como creador de contenidos?			
	Indique una o más opciones de la lista o especifique otros	La pregunta busca determinar si el estudiante ha desarrollado habilidades como creador de contenidos por medio del uso de tecnología digital	Es diferente de la pregunta 2 porque aquí se identifica el manejo como un creador de contenidos digitales.	
	Administrar un sitio web			
	Tener una wiki			
	Tener un canal de streaming			
	Tener un canal de YouTube propio			
	Generar un podcast			
	Generar contenido en un blog			
	Administrar un perfil en una red social			
	Otro			
	10. ¿Cuál cree que es el nivel de importancia de poder interactuar con el profesor, mediante el uso de los siguientes dispositivos digitales personales:			
	Indique el nivel de importancia	La pregunta busca determinar si el estudiante ha desarrollado habilidades en el uso de las herramientas digitales como un recurso de aprendizaje.	Además de que se busca identificar si se ha adaptado rápidamente al uso de medios digitales para el aprendizaje a distancia.	
	Correo electrónico			
	Servicios de mensajería instantánea			
	Redes sociales			
	Plataformas de aprendizaje a distancia			
	Blog			
	Wiki			
	Sitio web			
	Videollamadas			
	Compartir documentos en la nube			
Formación en temas relacionados con I4.0	11. ¿Aprendes estos temas sobre Industria 4.0 en las asignaturas disciplinares de tu programa educativo?	Esta pregunta solicita que el cuestionado indique en qué medida se abordan en sus asignaturas disciplinares los	Servirán para determinar si se encuentran suficientemente preparados para abordar	

	<p>Indica la frecuencia con que aprendes sobre los siguientes temas</p> <p>Big Data y Analítica de datos</p> <p>Robots autónomos</p> <p>Simulación por computadora</p> <p>Integración de sistemas horizontal y vertical</p> <p>Internet de las Cosas (IoT)</p> <p>Ciberseguridad</p> <p>Manufactura aditiva</p> <p>Realidad aumentada</p> <p>Cómputo en la nube</p> <p>Tecnologías móviles</p> <p>Inteligencia artificial</p> <p>Sistemas de ubicación en tiempo real con sistemas de radiofrecuencia o GPS</p> <p>Impresión 3D</p>	temas identificados en la literatura como pilares de la Industria 4.0.	la I4.0 a su egreso del programa educativo.	
Percepción de la importancia que tiene prepararse para la I4.0	<p>12. ¿Cuál cree que es el nivel de importancia que tiene desarrollar habilidades para la Industria 4.0 en su futuro ejercicio profesional?</p> <p>Indique el nivel de importancia</p>	Se quiere conocer la opinión del estudiante sobre la importancia que tiene para él desarrollar habilidades para la a Industria 4.0 en su futuro ejercicio profesional.	Servirá para identificar si existe una relación entre la importancia otorgada y el desarrollo de las habilidades.	
Nivel de dominio de competencias del perfil general del trabajador profesional de manufactura en la Industria 4.0	<p>13. ¿En qué grado considera que ha desarrollado las siguientes habilidades?</p> <p>Indique el grado de dominio de la habilidad</p> <p>Comunicación</p> <p>Comunicación en idioma inglés</p> <p>Habilidades sociales</p> <p>Resolución de problemas</p> <p>Aplicación del método científico</p> <p>Inteligencia emocional</p>	La pregunta cuestiona el nivel de dominio que tiene el estudiante sobre las competencias	Se requiere conocer el nivel de dominio en las competencias que la literatura reporta como necesarias para adaptarse a los cambios que supone la adopción de la Industria 4.0	

Empatía
Fluidez en el manejo de tecnologías
Pensamiento Sistémico
Pensamiento de negocios
Alfabetización digital
Aprendizaje continuo a lo largo de la vida
Creatividad
Conocimiento multidisciplinario e integral
Trabajo en equipo
Flexibilidad
Mente abierta
Iniciativa propia
Pensamiento crítico
Auto aprendizaje
Liderazgo
Emprendimiento digital
Transformación digital
Innovación
Persistencia
Resiliencia
Estadística
Diseño de tecnología y programación

Instrumento final para consultar a los estudiantes

Datos de identificación

Item	Columna			
1. Universidad de adscripción / campus:	1			
2. Programa educativo que cursa:	2			
3. Semestre / cuatrimestre en que está inscrito:	3			
4. Género:	4			
5. Edad:	5			
6. Promedio acumulado en sus estudios de licenciatura:	6			
Variable	ítem	Categorías	Códigos	Columnas
Hábitos digitales básicos desarrollados	7. ¿Realiza regularmente alguna de las siguientes actividades como usuario? Indique una o más opciones de la lista o especifique otros ...			
	Enviar un correo electrónico formal	Sí	1	1
		No	0	
	Usar aplicaciones para trabajos e investigaciones escolares (como Word, Excel, PowerPoint, Google Docs u otros.)	Sí	1	2
		No	0	
	Utilizar herramientas de colaboración (como Microsoft Teams, Google Meet, Zoom u otros)	Sí	1	3
		No	0	
	Leer y descargar documentos de Internet	Sí	1	4
		No	0	
	Investigar en bibliotecas digitales	Sí	1	5
No		0		
Otro	texto			
8. ¿Cuál cree que es el nivel de importancia de poder interactuar con el profesor, mediante el uso de los				

	siguientes dispositivos digitales personales?			
	Indique una o más opciones de la lista o especifique otros ...			
	Administrar un sitio web	Sí	1	6
		No	0	
	Tener una wiki	Sí	1	7
		No	0	
	Tener un canal de streaming	Sí	1	8
		No	0	
	Tener un canal de YouTube propio	Sí	1	9
		No	0	
	Generar un podcast	Sí	1	10
		No	0	
	Generar contenido en un blog	Sí	1	11
		No	0	
	Administrar un perfil en una red social	Sí	1	12
		No	0	
	Otro	texto		
	9. ¿Qué nivel de importancia tiene para ti poder interactuar con el profesor mediante el uso de los siguientes dispositivos digitales personales?			
	Indique el nivel de importancia			
	Correo electrónico	1	Nada importante	13
		2	Poco importante	
		3	Medianamente importante	
		4	Sumamente importante	
		5	Indispensable	
	Servicios de mensajería instantánea	1	Nada importante	14
		2	Poco importante	
		3	Medianamente importante	
		4	Sumamente importante	
		5	Indispensable	
	Redes sociales	1	Nada importante	15
		2	Poco importante	
		3	Medianamente importante	
		4	Sumamente importante	
		5	Indispensable	

	Plataformas de aprendizaje a distancia	1	Nada importante	16
		2	Poco importante	
		3	Medianamente importante	
		4	Sumamente importante	
		5	Indispensable	
	Blog	1	Nada importante	17
		2	Poco importante	
		3	Medianamente importante	
		4	Sumamente importante	
		5	Indispensable	
	Wiki	1	Nada importante	18
		2	Poco importante	
		3	Medianamente importante	
		4	Sumamente importante	
		5	Indispensable	
	Sitio web	1	Nada importante	19
		2	Poco importante	
		3	Medianamente importante	
		4	Sumamente importante	
		5	Indispensable	
	Videollamadas	1	Nada importante	20
		2	Poco importante	
		3	Medianamente importante	
		4	Sumamente importante	
		5	Indispensable	
Compartir documentos en la nube	1	Nada importante	21	
	2	Poco importante		
	3	Medianamente importante		
	4	Sumamente importante		
	5	Indispensable		

10. ¿Aprendes estos temas sobre Industria 4.0 en las asignaturas disciplinares de tu programa educativo?

Indica la frecuencia con que aprendes sobre los siguientes temas

Formación en temas relacionados con I4.0	Big Data y Analítica de datos	1	Nunca	22
		2	Muy raramente	
		3	Raramente	
		4	Algunas veces	
		5	Frecuentemente	
	Robots autónomos	1	Nunca	23
		2	Muy raramente	
		3	Raramente	
		4	Algunas veces	
		5	Frecuentemente	
	Simulación por computadora	1	Nunca	24
		2	Muy raramente	
		3	Raramente	
		4	Algunas veces	
		5	Frecuentemente	
	Integración de sistemas horizontal y vertical	1	Nunca	25
		2	Muy raramente	
		3	Raramente	
		4	Algunas veces	
		5	Frecuentemente	
Internet de las Cosas (IoT)	1	Nunca	26	
	2	Muy raramente		
	3	Raramente		
	4	Algunas veces		
	5	Frecuentemente		
Ciberseguridad	1	Nunca	27	
	2	Muy raramente		
	3	Raramente		
	4	Algunas veces		

	Manufactura aditiva	5	Frecuentemente	28
		1	Nunca	
		2	Muy raramente	
		3	Raramente	
		4	Algunas veces	
	Realidad aumentada	5	Frecuentemente	29
		1	Nunca	
		2	Muy raramente	
		3	Raramente	
		4	Algunas veces	
	Cómputo en la nube	5	Frecuentemente	30
		1	Nunca	
		2	Muy raramente	
		3	Raramente	
		4	Algunas veces	
	Tecnologías móviles	5	Frecuentemente	31
		1	Nunca	
		2	Muy raramente	
		3	Raramente	
		4	Algunas veces	
	Inteligencia artificial	5	Frecuentemente	32
		1	Nunca	
		2	Muy raramente	
		3	Raramente	
		4	Algunas veces	
	Sistemas de ubicación en tiempo real con sistemas de radiofrecuencia o GPS	5	Frecuentemente	33
		1	Nunca	
		2	Muy raramente	
3		Raramente		
4		Algunas veces		
Impresión 3D	5	Frecuentemente	34	
	1	Nunca		
		2	Muy raramente	

		3	Raramente	
		4	Algunas veces	
		5	Frecuentemente	
Percepción de la importancia que tiene prepararse para la I4.0	11. ¿Cuál cree que es el nivel de importancia que tiene desarrollar habilidades para la Industria 4.0 en su futuro ejercicio profesional?			
	Indique el nivel de importancia			
		1	Nada importante	35
		2	Poco importante	
		3	Medianamente importante	
		4	Sumamente importante	
	5	Indispensable		
12. ¿En qué grado considera que ha desarrollado las siguientes habilidades?				
Indique el grado de dominio de la habilidad				
Nivel de dominio de competencias para I4.0	Comunicación	1	Nulo	36
		2	Bajo	
		3	Medio	
		4	Alto	
		5	Muy alto	
	Comunicación en idioma inglés	1	Nulo	37
		2	Bajo	
		3	Medio	
		4	Alto	
		5	Muy alto	
	Habilidades sociales	1	Nulo	38
		2	Bajo	
		3	Medio	
		4	Alto	
		5	Muy alto	
	Resolución de problemas	1	Nulo	39
		2	Bajo	
		3	Medio	
		4	Alto	
		5	Muy alto	
Aplicación del método científico	1	Nulo	40	
	2	Bajo		
	3	Medio		
	4	Alto		
	5	Muy alto		
Inteligencia emocional	1	Nulo	41	

	2	Bajo	
	3	Medio	
	4	Alto	
	5	Muy alto	
Empatía	1	Nulo	42
	2	Bajo	
	3	Medio	
	4	Alto	
	5	Muy alto	
Fluidez en el manejo de tecnologías	1	Nulo	43
	2	Bajo	
	3	Medio	
	4	Alto	
	5	Muy alto	
Pensamiento Sistémico	1	Nulo	44
	2	Bajo	
	3	Medio	
	4	Alto	
	5	Muy alto	
Pensamiento de negocios	1	Nulo	45
	2	Bajo	
	3	Medio	
	4	Alto	
	5	Muy alto	
Alfabetización digital	1	Nulo	46
	2	Bajo	
	3	Medio	
	4	Alto	
	5	Muy alto	
Aprendizaje continuo a lo largo de la vida	1	Nulo	47
	2	Bajo	
	3	Medio	
	4	Alto	
	5	Muy alto	
Creatividad	1	Nulo	48
	2	Bajo	
	3	Medio	
	4	Alto	
	5	Muy alto	
Conocimiento multidisciplinario e integral	1	Nulo	49
	2	Bajo	
	3	Medio	
	4	Alto	
	5	Muy alto	
Trabajo en equipo	1	Nulo	50
	2	Bajo	
	3	Medio	
	4	Alto	
	5	Muy alto	
Flexibilidad	1	Nulo	51

	2	Bajo	
	3	Medio	
	4	Alto	
	5	Muy alto	
Mente abierta	1	Nulo	52
	2	Bajo	
	3	Medio	
	4	Alto	
	5	Muy alto	
Iniciativa propia	1	Nulo	53
	2	Bajo	
	3	Medio	
	4	Alto	
	5	Muy alto	
Pensamiento crítico	1	Nulo	54
	2	Bajo	
	3	Medio	
	4	Alto	
	5	Muy alto	
Auto aprendizaje	1	Nulo	55
	2	Bajo	
	3	Medio	
	4	Alto	
	5	Muy alto	
Liderazgo	1	Nulo	56
	2	Bajo	
	3	Medio	
	4	Alto	
	5	Muy alto	
Emprendimiento digital	1	Nulo	57
	2	Bajo	
	3	Medio	
	4	Alto	
	5	Muy alto	
Transformación digital	1	Nulo	58
	2	Bajo	
	3	Medio	
	4	Alto	
	5	Muy alto	
Innovación	1	Nulo	59
	2	Bajo	
	3	Medio	
	4	Alto	
	5	Muy alto	
Persistencia	1	Nulo	60

		2	Bajo		
		3	Medio		
		4	Alto		
		5	Muy alto		
	Resiliencia		1	Nulo	61
			2	Bajo	
			3	Medio	
			4	Alto	
			5	Muy alto	
	Estadística		1	Nulo	62
			2	Bajo	
			3	Medio	
			4	Alto	
			5	Muy alto	
	Diseño de tecnología y programación		1	Nulo	63
2			Bajo		
3			Medio		
4			Alto		
5			Muy alto		

Fuente: Elaboración propia

Anexo 3. Principal components/correlation

Principal components/correlation

Number of obs = 172

Number of comp. = 32

Trace = 63

Rotation: orthogonal varimax (Kaiser off) Rho = 0.8745

Component	Variance	Difference	Proportion	Cumulative
Comp1	3.01865	.00402404	0.0487	0.0487
Comp2	3.01463	.0422447	0.0486	0.0973
Comp3	2.97238	.152585	0.0479	0.1453
Comp4	2.8198	.280049	0.0455	0.1907
Comp5	2.53975	.180623	0.0410	0.2317
Comp6	2.35913	.172081	0.0381	0.2697
Comp7	2.18705	.158185	0.0353	0.3050
Comp8	2.02886	.0103659	0.0327	0.3377
Comp9	2.01849	.105055	0.0326	0.3703
Comp10	1.91344	.152817	0.0309	0.4012
Comp11	1.76062	.092252	0.0284	0.4296
Comp12	1.66837	.122532	0.0269	0.4565
Comp13	1.54584	.00691386	0.0249	0.4814
Comp14	1.53892	.0641795	0.0248	0.5062
Comp15	1.47474	.0147201	0.0238	0.5300
Comp16	1.46002	.0316893	0.0235	0.5536
Comp17	1.42834	.0458637	0.0230	0.5766
Comp18	1.38247	.0125362	0.0223	0.5989
Comp19	1.36994	.0118298	0.0221	0.6210
Comp20	1.35811	.0710883	0.0219	0.6429
Comp21	1.28702	.015266	0.0208	0.6637
Comp22	1.27175	.0039366	0.0205	0.6842

Comp23	1.26781	.0507099	0.0204	0.7046
Comp24	1.2171	.0200661	0.0196	0.7242
Comp25	1.19704	.00193868	0.0193	0.7436
Comp26	1.1951	.00280357	0.0193	0.7628
Comp27	1.1923	.00591084	0.0192	0.7821
Comp28	1.18639	.0285718	0.0191	0.8012
Comp29	1.15781	.0165987	0.0187	0.8199
Comp30	1.14121	.00690781	0.0184	0.8383
Comp31	1.13431	.0230269	0.0183	0.8566
Comp32	1.11128	.	0.0179	0.8745

Fuente: Elaboración propia

Anexo 4. Cargas cruzadas

	CRE	FI4	IC	SK	US	UTI
CRE1	0.791	0.142	-0.051	0.329	0.109	0.184
CRE2	0.561	0.046	-0.006	0.117	0.127	0.113
CRE3	0.656	0.071	0.087	0.148	-0.035	0.171
CRE4	0.589	-0.083	-0.066	0.160	-0.013	0.104
CRE5	0.588	0.139	-0.028	0.136	0.188	0.134
CRE6	0.869	-0.010	-0.147	0.387	0.139	0.191
CRE7	0.288	0.211	-0.076	0.066	0.227	0.117
FI41	0.060	0.558	-0.042	0.089	0.079	0.090
FI42	-0.017	0.673	0.099	0.072	0.046	- 0.095
FI43	-0.091	0.498	0.076	0.145	0.079	- 0.041
FI44	-0.120	0.610	-0.050	0.226	-0.014	0.080
FI45	0.063	0.576	0.056	0.078	0.182	0.025
FI46	0.128	0.727	0.009	0.181	0.197	0.021
FI47	0.004	0.686	-0.124	0.251	0.121	0.138
FI48	0.081	0.773	-0.068	0.257	0.225	0.032
FI49	0.060	0.686	-0.019	0.151	0.228	0.144
FI4A	0.088	0.602	0.083	0.059	0.264	- 0.050
FI4B	0.242	0.661	-0.111	0.231	0.250	0.080

FI4C	0.033	0.775	-0.088	0.197	0.169	0.032
FI4D	0.106	0.718	-0.133	0.336	0.210	0.051
IC	-0.085	-0.081	1.000	0.026	-0.143	0.227
SK1	0.183	0.153	0.110	0.670	0.197	0.332
SK10	0.202	0.215	0.029	0.663	0.185	0.369
SK11	0.044	0.048	0.131	0.673	0.155	0.334
SK12	0.251	0.245	0.013	0.753	0.300	0.348
SK13	0.285	0.168	0.063	0.779	0.255	0.386
SK14	0.010	0.154	0.136	0.574	0.285	0.217
SK15	0.035	0.275	0.026	0.713	0.251	0.280
SK16	0.147	0.163	0.001	0.747	0.226	0.238
SK17	0.306	0.205	-0.004	0.785	0.288	0.341
SK18	0.374	0.188	0.019	0.819	0.255	0.322
SK19	0.314	0.123	0.015	0.815	0.268	0.251
SK2	0.094	0.197	0.086	0.505	0.217	0.223
SK20	0.230	0.237	0.048	0.699	0.180	0.143
SK21	0.227	0.124	0.010	0.785	0.188	0.267
SK22	0.212	0.403	-0.054	0.627	0.156	0.303
SK23	0.333	0.461	-0.109	0.690	0.281	0.271
SK24	0.321	0.358	-0.072	0.782	0.273	0.334
SK25	0.350	0.284	-0.075	0.795	0.164	0.290
SK26	0.383	0.269	-0.057	0.765	0.241	0.322
SK27	0.337	0.242	-0.088	0.702	0.252	0.335
SK28	0.257	0.161	0.009	0.448	0.117	0.149
SK3	0.221	0.175	0.119	0.745	0.115	0.368
SK4	0.284	0.177	0.046	0.692	0.246	0.327
SK5	0.181	0.219	-0.030	0.711	0.212	0.319
SK6	0.133	0.124	-0.033	0.698	0.093	0.246
SK7	0.068	0.133	0.121	0.616	0.096	0.325
SK8	0.443	0.258	0.081	0.771	0.355	0.308
SK9	0.412	0.217	0.164	0.772	0.202	0.333
US1	0.030	0.219	-0.143	0.218	0.671	- 0.033
US2	-0.103	-0.037	-0.076	0.046	0.295	- 0.065
US3	0.053	0.060	-0.054	0.177	0.620	0.007
US4	0.141	0.080	0.037	0.225	0.601	0.133
US5	0.183	0.281	-0.220	0.164	0.615	0.077
UTI1	0.071	-0.032	0.151	0.160	0.059	0.530
UTI2	0.166	0.046	0.255	0.143	0.139	0.417
UTI3	0.182	0.058	-0.012	0.177	-0.131	0.513
UTI4	0.028	0.024	0.255	0.305	0.185	0.658

UTI5	0.153	0.027	0.084	0.338	0.023	0.800
UTI6	0.172	0.121	0.058	0.334	0.032	0.739
UTI7	0.220	0.072	0.187	0.364	0.086	0.813
UTI8	0.200	0.021	0.224	0.142	-0.099	0.474
UTI9	0.069	0.072	0.162	0.121	-0.079	0.158

Fuente: Elaboración propia

Anexo 5. f^2 calculada con G*Power

The screenshot shows the G*Power 3.1.9.7 interface. The main window displays the following information:

- Central and noncentral distributions** / **Protocol of power analyses**
- [2] -- Friday, March 04, 2022 -- 22:14:24**
- F tests** – Linear multiple regression: Fixed model, R^2 deviation from zero
- Analysis:** Post hoc: Compute achieved power
- Input:**
 - Effect size f^2 = 1.8418295
 - α err prob = 0.05
 - Total sample size = 129
 - Number of predictors = 5
- Output:**
 - Noncentrality parameter λ = 237.596
 - Critical F = 2.2879724
 - Numerator df = 5
 - Denominator df = 123
 - Power ($1-\beta$ err prob) = 1.0000000

Below the main window, the configuration is as follows:

- Test family:** F tests
- Statistical test:** Linear multiple regression: Fixed model, R^2 deviation from zero
- Type of power analysis:** Post hoc: Compute achieved power – given α , sample size, and effect size

The **Input Parameters** section shows:

Determine =>	Effect size f^2	1.8418295
	α err prob	0.05
	Total sample size	129
	Number of predictors	5

The **Output Parameters** section shows:

Noncentrality parameter λ	237.596
Critical F	2.2879724
Numerator df	5
Denominator df	123
Power ($1-\beta$ err prob)	1.0000000

At the bottom, there are buttons for **X-Y plot for a range of values** and **Calculate**.

Fuente: Elaboración propia

Anexo 6. Producción científica