



SECRETARÍA DE EDUCACIÓN PÚBLICA  
TECNOLÓGICO NACIONAL DE MÉXICO  
INSTITUTO TECNOLÓGICO DE MÉRIDA

ITM

TESIS

CAPACIDADES DE FORMACIÓN, INNOVACIÓN, INFRAESTRUCTURA  
TECNOLÓGICA, TRANSFERENCIA DE TECNOLOGÍA Y VINCULACIÓN  
DE LOS INSTITUTOS TECNOLÓGICOS DEL ESTADO DE YUCATÁN  
PARA LA INDUSTRIA 4.0

PARA OPTAR AL GRADO DE:

MAESTRO EN PLANIFICACIÓN DE EMPRESAS Y DESARROLLO  
REGIONAL

PRESENTA:

ING. RUBÉN MOISÉS CANUL ALCOCER

ASESORA:

DRA. ANA MARÍA CANTO ESQUIVEL

CO-ASESORA:

DRA. PILAR PAZOS LAGO

MÉRIDA, YUCATÁN, MÉXICO

30 SEPTIEMBRE 2021



DEPENDENCIA: DIV. DE EST. DE POSG. E INV.  
No. DE OFICIO: X-233/21  
Mérida, Yucatán, 20/agosto/2021

ASUNTO: AUTORIZACIÓN DE IMPRESIÓN

**C. RUBEN MOISES CANUL ALCOCER  
PASANTE DE LA MAESTRÍA EN PLANIFICACIÓN  
DE EMPRESAS Y DESARROLLO REGIONAL  
PRESENTE.**

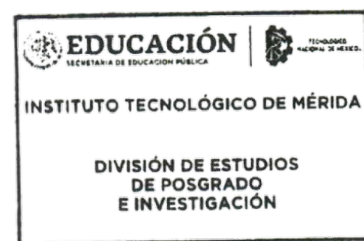
De acuerdo al fallo emitido por su directora **Ana María Canto Esquivel** y la comisión revisora integrada su coasesora Pilar Pazos Lago, Raúl Alberto Santos Valencia, Andrés Miguel Pereyra Chan y Jorge Carlos Canto Esquivel, considerando que cubre los requisitos establecidos en el Reglamento de Titulación de los Institutos Tecnológicos le autorizamos la impresión de su trabajo profesional con la TESIS:

**“CAPACIDADES DE FORMACIÓN, INNOVACIÓN, INFRAESTRUCTURA TECNOLÓGICA, TRANSFERENCIA DE TECNOLOGÍA Y VINCULACIÓN DE LOS INSTITUTOS TECNOLÓGICOS DEL ESTADO DE YUCATÁN PARA LA INDUSTRIA 4.0.”**

**ATENTAMENTE**

*Excelencia en Educación Tecnológica*

**HERMILA ANDREA ULIBARRÉ BENÍTEZ  
JEFA DE LA DIVISION DE ESTUDIOS DE  
POSGRADO E INVESTIGACIÓN**



C.p. Archivo  
HAUB/AMPC/zac



Km.5 Carretera Mérida-Progreso A.P 911 C.P 97118 Mérida Yucatán, México, Tels. 964-50-00, Ext. 10001, 10401 10601,10201  
email: contacto@merida.tecnm.mx  
web: [itmerida.mx](http://itmerida.mx)



## RESUMEN

El presente estudio tuvo como objetivo evaluar las capacidades de formación, innovación, transferencia de tecnología, infraestructura tecnológica, y vinculación con la industria que tienen los Institutos Tecnológicos (ITs) del estado de Yucatán, desde el enfoque de la I4.0 para diseñar estrategias que permitirían alinear estas capacidades al desarrollo de las necesidades del nuevo paradigma. Para el cumplimiento del objetivo, se realizó una investigación con enfoque cuantitativo, a través de diseño no experimental, transversal y con alcance descriptivo. Para la recolección de datos, se diseñaron tres cuestionarios medidos mediante: escalas nominales, preguntas cerradas con diferentes categorías de respuestas, así como una escala tipo *Likert*. Dichos instrumentos fueron aplicados a todos los subdirectores académicos o jefes de división académica, los subdirectores de planeación y vinculación o jefes del departamento de gestión y vinculación, y a los jefes del centro de cómputo y encargados de área de tecnologías de la información y comunicación, de los siete Institutos Tecnológicos del estado de Yucatán. Los resultados fueron analizados mediante estadística descriptiva, en los cuales se identificaron los mecanismos que utilizan los ITs para conocer las necesidades y tendencias de las organizaciones en la I4.0, donde las visitas periódicas a empresas y otras organizaciones, y asegurar que el currículum y las asignaturas respondan a las necesidades del mercado laboral en la I4.0, son las actividades más recurrentes, llevadas a cabo por cuatro de siete instituciones. Además, se encontró que todos los ITs cuentan con cuerpos académicos (CA) dedicados a las actividades de investigación, innovación y docencia. Por otra parte, los resultados denotaron que los ITs pudieron afrontar los cambios que la pandemia sanitaria por COVID-19 ha traído al sistema educativo, mediante el uso de plataformas de aprendizaje educativos y acervos bibliográficos digitales, que ha permitido a los estudiantes seguir con su formación de manera remota. Por último, es importante recalcar que a pesar de que los ITs apuestan fuertemente por la investigación, básica y aplicada, servicios de asesoría y consultoría, y residencias profesionales como servicios de innovación y vinculación, existe nula importancia por el desarrollo tecnológico y la transferencia de tecnología como actividades pilares para el desarrollo y vigencias de los ITs en el paradigma de la I4.0

## **ABSTRACT**

The objective of this study was to evaluate the formation, innovation, technology transfer, technological infrastructure, and industry linkage capabilities of the Technological Institutes (ITs) of the state of Yucatan from the I4.0 approach, to design strategies that would allow aligning these capabilities to the development of the needs of the new paradigm. In order to achieve the objective, a quantitative research approach was used, through a non-experimental, cross-sectional and descriptive design. For data collection, three questionnaires were designed using nominal scales, closed questions with different response categories, as well as a Likert-type scale. These instruments were applied to all the academic sub-directors or heads of academic divisions, the sub-directors of planning and linking or heads of the department of management and linking, and the heads of the computer center and area managers of information and communication technologies of the seven Technological Institutes of the state of Yucatan. The results were analyzed through descriptive statistics, in which the mechanisms used by ITs to know the needs and trends of organizations in the I4.0 were identified, where periodic visits to companies and other organizations, and ensuring that the curriculum and subjects respond to the needs of the labor market in the I4.0, are the most recurrent activities, carried out by four of seven institutions. In addition, it was found that all ITs have academic bodies (CA) dedicated to research, innovation and teaching activities. On the other hand, the results denoted that the ITs were able to face the changes that the COVID-19 health pandemic has brought to the educational system, through the use of educational learning platforms and digital bibliographic collections, which has allowed students to continue their training remotely. Finally, it is important to emphasize that although ITs are strongly committed to basic and applied research, advisory and consulting services, and professional residencies as innovation and liaison services, there is a lack of importance for technological development and technology transfer as pillar activities for the development and validity of ITs in the I4.0 paradigm.

## ÍNDICE DE CONTENIDO

CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN .....	1
1.1 Antecedentes.....	1
1.2 Planteamiento del problema .....	5
1.2.1 Pregunta general .....	7
1.2.2 Preguntas específicas .....	7
1.2.3 Objetivo general.....	8
1.2.4 Objetivos específicos .....	8
1.3 Justificación.....	9
1.4 Limitaciones y Delimitaciones.....	10
1.5 Contenido de los capítulos.....	10
CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO .....	12
2.1 Capacidades tecnológicas .....	12
2.1.1 Capacidad de formación .....	13
2.1.2 Capacidad de innovación y transferencia de tecnología.....	16
2.1.3 Capacidad de infraestructura tecnológica.....	19
2.1.4 Capacidad de vinculación.....	23
2.2 Industria 4.0.....	26
2.2.1 Antecedentes de la industria 4.0 .....	27
2.3 Estudios empíricos.....	33
2.3.1 Estudios empíricos de capacidades tecnológicas en las instituciones de educación superior .....	34
2.3.2 Estudios empíricos sobre conocimientos y competencias necesarias en la industria 4.0 .....	35

2.3.3 Estudios empíricos del modelo de formación profesional dual.....	38
CAPÍTULO III. MARCO CONTEXTUAL .....	41
3.1 Institutos de educación superior en México .....	41
3.2 Tecnológico Nacional de México .....	43
3.3 Institutos de educación superior en Yucatán.....	45
3.4 Institutos Tecnológicos del Estado de Yucatán .....	49
3.4.1 Instituto Tecnológico de Mérida.....	51
3.4.2 Instituto Tecnológico de Conkal.....	52
3.4.3 Instituto Tecnológico de Tizimín.....	52
3.4.4 Instituto Tecnológico Superior de Motul.....	53
3.4.5 Instituto Tecnológico Superior del Sur del Estado de Yucatán .....	53
3.4.6 Instituto Tecnológico Superior De Valladolid.....	54
3.4.7 Instituto Tecnológico Superior De Progreso .....	54
3.5 Estudio de la ANUIES sobre capacidades de las IES en la industria 4.0 .....	55
CAPÍTULO IV. METODOLOGÍA .....	58
4.1 Enfoque de la investigación.....	58
4.2 Clasificación de la investigación .....	58
4.3 Unidad de Análisis y sujetos de estudio .....	60
4.4 Definición de variables/factores y/o categorías .....	60
4.5 Diseño de la investigación.....	65
4.6 Instrumentos de recolección de información .....	65
4.6.1 Proceso de recolección de datos .....	67
4.6.2 Validez.....	68
4.6.3 Confiabilidad .....	68

4.6.4 Procedimiento de análisis de información .....	69
CAPÍTULO V. RESULTADOS .....	71
5.1 Mecanismos para conocer las necesidades y tendencias en la I4.0.....	73
5.2 Capacidad de formación .....	74
5.3 Capacidad de infraestructura .....	77
5.4 Capacidad de innovación y transferencia de tecnología.....	82
5.5 Capacidad de vinculación .....	85
5.6 Áreas de conocimiento y competencias necesarias en la I4.0.....	88
5.7 Estrategias para alinear las capacidades de los ITs de Yucatán al desarrollo del paradigma de la industria 4.0.....	91
CAPÍTULO VI. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES .....	95
6.1 Conclusiones.....	95
6.2 Recomendaciones .....	99
REFERENCIAS.....	103
ANEXO 1. Cuestionario de capacidad de formación, áreas de conocimiento y competencias necesarias en la I4.0 .....	113
ANEXO 2. Cuestionario de capacidad de innovación, transferencia de tecnología, vinculación, áreas de conocimiento y competencias necesarias en la I4.0.....	117
ANEXO 3. Cuestionario de infraestructura tecnológica.....	122
ANEXO 4. Cartas de validación de instrumentos de investigación .....	124

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 2.1 Conceptos de capacidad de formación.....	14
Tabla 2.2 Indicadores de capacidad de formación.....	15
Tabla 2.3 Indicadores de capacidad de innovación y transferencia de tecnología .....	18
Tabla 2.4 Indicadores de capacidad de infraestructura tecnológica.....	21
Tabla 2.5 Indicadores de capacidad de vinculación.....	26
Tabla 2.6 Tecnologías habilitadoras .....	31
Tabla 3.1 Estadísticas de IES a nivel licenciatura por estado de la República Mexicana .	42
Tabla 3.2 Estadísticas de IES a nivel posgrado por estado de la República Mexicana .....	43
Tabla 3.3 Información del docente .....	44
Tabla 3.4 Matrícula TecNM.....	45
Tabla 3.5 IES que ofrecen programas de ingenierías en el estado de Yucatán.....	46
Tabla 3.6 Programas relacionados con la ingeniería y las ciencias en el estado de Yucatán .....	47
Tabla 3.7 Planes de estudio de los ITs del estado de Yucatán en relación con la I4.0 .....	50
Tabla 3.8 IES y empresas involucradas en Talento I4.0 MX .....	55
Tabla 3.9 Brecha academia-empresa y plataforma I4.0.....	57
Tabla 4.1 Variables/Factores y/o categorías .....	63
Tabla 4.2 Resumen de objetivos, unidad de análisis, sujetos de estudio e instrumentos...69	
Tabla 5.1 Sujetos que participaron en el estudio .....	71
Tabla 5.2 Actividades para conocer necesidades y tendencias de las empresas en la I4.0	73
Tabla 5.3 PTC con perfil deseable PRODEP y que pertenecen al SNI .....	76
Tabla 5.4 Cuerpos académicos .....	77
Tabla 5.5 Laboratorios y talleres de cada IT.....	79
Tabla 5.6 Actividades de seguridad y privacidad de la red informática .....	81
Tabla 5.7 Actividades de mantenimiento de los equipos y programas informáticos.....	81
Tabla 5.8 Actividades de investigación y desarrollo .....	82
Tabla 5.9 Actividades para el fortalecimiento a la docencia y la investigación .....	83
Tabla 5.10 Actividades de emprendimiento .....	84
Tabla 5.11 Actividades de difusión.....	84



Tabla 5.12 Actividades de formación profesional .....85

Tabla 5.13 Actividades que se llevan a cabo dentro del programa institucional de vinculación .....86

Tabla 5.14 Actividades de acceso a la infraestructura .....88

Tabla 5.15 Resumen de las estrategias para alinear las capacidades de los ITs al desarrollo de la I4.0 en el estado de Yucatán.....94

Tabla 6.1 Resumen de las conclusiones..... 102

Tabla 6.2 Resumen de las recomendaciones..... 102

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 2.1 Transición de triple hélice a cuádruple hélice .....	25
Figura 2.2 Línea del tiempo de las revoluciones industriales .....	27
Figura 2.3 Demanda de las habilidades en el sector de la manufactura para 2030.....	36
Figura 2.4 Evaluación de áreas de conocimiento entre empresas e instituciones educativas .....	38
Figura 2.5 Diagrama del MEDTecNM .....	39
Figura 3.1 Número de matriculados, egresados y titulados de IES públicas y privadas ...	41
Figura 3.2 Ubicación de los institutos tecnológicos del estado de Yucatán .....	49
Figura 5.1 PTC con posgrado .....	75
Figura 5.2 PA con posgrado.....	76
Figura 5.3 Equipo de cómputo disponible para docentes, estudiantes e investigadores....	78
Figura 5.4 Evaluación de las áreas de conocimiento .....	89
Figura 5.5 Evaluación de las competencias técnicas .....	90
Figura 5.6 Evaluación de las competencias personales .....	91

## **CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN**

### **1.1 Antecedentes**

La velocidad con la que la tecnología avanza implica cambios en la manera de producir y ofrecer servicios en las empresas. Actividades productivas que en décadas pasadas necesitaban de múltiples personas, lugares físicos y competencias específicas para realizarse, hoy en día, han sido suprimidos a través de la automatización, esto indica que las personas que se encuentren mejor preparadas profesionalmente podrán moverse a los nuevos trabajos que surjan en el futuro, mientras que los menos preparados serán reemplazados totalmente (Naji, 2018).

Actualmente la industria 4.0 (I4.0) está transformando las competencias técnicas y personales con las que los profesionales deben egresar de la universidad, por este motivo, la formación académica de los universitarios, tiene que estar en tendencia con las nuevas tecnologías para mejorar sus capacidades profesionales. La consultora de negocios PricewaterhouseCoopers (PwC, 2016) menciona que para las empresas que solicitan consultorías sobre I4.0, lo más difícil es encontrar empleados que puedan operar las nuevas tecnologías implementadas en las empresas, por lo que, es necesario atraer y retener a los nativos digitales y por otra parte capacitar y crear una cultura digital en los trabajadores que necesiten conservar sus trabajos.

Las instituciones de educación superior (IES) juegan un papel importante en la I4.0 y la gestión del conocimiento, creando capital humano que pueda enfrentar los nuevos retos que la sociedad demanda, donde la innovación tecnológica es la que más apremia. Para la Asociación Nacional de Universidades e Instituciones de Educación Superior (ANUIES, 2018a) los estudiantes al egresar deben tener la capacidad de seguir aprendiendo porque se deberán adaptar a tecnologías que en nuestro contexto aún no concebimos y por ende a nuevos trabajos, donde, además de desarrollar las habilidades analíticas y lógicas, tendrán que desarrollar habilidades blandas que les permitan trabajar en equipo y entornos multiculturales.

Para la Unión General de Trabajadores de Castilla y León en España (UGTCyL, 2016) el perfil de profesionista que las empresas demandan en la digitalización Industrial, son los especializados en ciencia, tecnología, ingeniería y matemáticas, que además estén cualificados en habilidades como capacidad de análisis y resolución de problemas. De igual forma, Peña (2019) enfatiza que en el sector TIC de Yucatán, valoran las competencias personales, sobre todo la gestión de fracaso y construir una red de contactos, además que se necesita capacitación técnica en el mantenimiento de equipos e implementación de tecnologías de la I4.0. De igual manera, el sector TIC está demandando estudiantes que realicen proyectos, estadías, residencias y prácticas profesionales para que desarrollen habilidades y experiencia profesional antes de ingresar al mercado laboral de la I4.0.

Por lo tanto, las universidades enfrentan ahora el reto de mejorar los mecanismos de educación y vinculación con los que afrontan la cuarta revolución industrial. Para Pedroza (2018), las universidades deben reinventar los modelos clásicos de aprendizaje haciendo de la investigación su principal motor de innovación, a esto, él le llama la Universidad 4.0 (U 4.0). En México, el Instituto Politécnico Nacional (IPN), reconocida como una de las principales universidades del país, lanza en el año 2019, su agenda estratégica de transformación cuyo principal eje rector es la Educación 4.0 (E 4.0). Para el IPN (2019) la E 4.0 tiene como principal objetivo “formar investigadores, profesionistas y técnicos para que se incorporen a la nueva realidad de la industria, donde las tecnologías digitales tienen un papel fundamental, con una regulación que incluya periodos de adaptación, desarrollo e implementación” (p. 15).

Por su parte, el gobierno de Nuevo León, en 2017, lanza la iniciativa Nuevo León 4.0 (NL 4.0), cuyo objetivo es que el estado sea referente de la economía inteligente en América para 2025. Para NL 4.0 (2019) uno de los principales mecanismos de transformación es el análisis de las capacidades de talento e infraestructura con el que cuenta el estado ante la I4.0. De igual manera, busca el desarrollo de talento a través de modificaciones de los planes de estudios, para que afronten la I4.0. En respuesta a la iniciativa NL 4.0 , la Universidad Autónoma de Nuevo León (UANL, 2019), en su plan de desarrollo institucional 2019 – 2030, menciona que se desarrollarán líneas de investigación sobre las tecnologías habilitadoras de la I4.0, además, se buscará aumentar la oferta educativa con

respecto a las competencias técnicas que necesitan los egresados en la cuarta revolución industrial.

Al igual que el IPN y la UANL, en 2017, la Universidad Tecnológica de Querétaro (UTEQ) presentó una iniciativa para adentrar su sistema educativo a la I4.0, a través del Creativity and Innovation Center 4.0 (CIC 4.0). Para la UTEQ (2019) es necesario mejorar las capacidades de los alumnos manteniendo la vigencia de la oferta educativa, de acuerdo a las necesidades de la industria manufacturera a nivel local y de la región. Además, el CIC 4.0 funciona como un centro de soluciones tecnológicas para emprendedores, pequeñas y medianas empresas.

En el estado de Yucatán, para responder a las necesidades de talento humano en el sector TIC, se crea la Universidad Politécnica de Yucatán (UPY) en 2016, bajo el modelo bilingüe, internacional y sustentable (BIS). El modelo BIS surge como proyecto por parte de la Subsecretaría de Educación Superior (SES) en el año 2013. Con este modelo la SES (2013) busca que la formación profesional sea 70% teórica y 30% práctica, con estadías y programas en instituciones del extranjero y que, además, desde el ingreso hasta el egreso del estudiante, este tenga formación en el idioma inglés. Según datos de la Secretaría de Gobernación (SEGOB, 2018) son 26 instituciones las que ofertan este modelo educativo. La oferta educativa de la UPY responde las tendencias de la I4.0 con tres carreras principales: Ingeniería en sistemas embebidos computacionales, ingeniería en robótica computacional e ingeniería de datos (UPY, 2019).

Como se puede ver, para llevar a cabo una transición educativa que tenga como objetivo el desarrollo de capacidades y competencias para la I4.0 es necesario un cambio en el modelo educativo de las IES. Para Kahale (2016), si las empresas desean que los trabajadores posean experiencia profesional se debe apostar por la formación dual. En junio de 2015, se publica en el Diario Oficial de la Federación (DOF), la formación dual como una opción educativa. El DOF (2015) menciona que el modelo de educación dual pretende que el aprendizaje se desarrolle de manera equitativa, tanto lo teórico como lo práctico, para buscar que los jóvenes se vinculen desde temprana edad al sector productivo y, con esto, desarrollar sus competencias laborales.

La ANUIES (2018a) hace referencia a la Educación Dual en su propuesta para renovar la educación superior en México, ya que, para esta asociación debe existir un vínculo entre la academia y la industria que permita a los alumnos desarrollar competencias personales y técnicas, a través de experiencias reales en las empresas, con el objetivo que estos tengan mejores oportunidades en el entorno laboral. Por lo tanto, en 2018, como resultado del trabajo en conjunto de la Fundación Educación Superior–Empresa (FESE) y la ANUIES, se desarrolló una propuesta documentada de Educación Dual. En esta propuesta participaron 18 IES que recibieron el nombre de Grupo Técnico de Instituciones de Educación Superior (GTIES), cabe resaltar que ningún instituto del Tecnológico Nacional de México (TecNM) participó en el estudio. La FESE (2019a) con este documento promueve la vinculación de las IES con el sector empresarial y expone un marco de referencia que sirve como guía y orientación para implementar el modelo de formación dual, a través de criterios regulatorios administrativos y políticos, diseños curriculares y cambios organizacionales de las IES.

De igual manera, en 2018, la FESE y la ANUIES presentaron el proyecto Talento I4.0 MX. Este proyecto busca generar información sobre la brecha que existe entre la academia y la industria con respecto a la adopción de la I4.0. A partir de la información obtenida se busca desarrollar contenidos educativos sobre I4.0, que ayuden a complementar los planes de estudio y modificar planes curriculares (FESE, 2018). Además el principal objetivo de la FESE con Talento I4.0 MX es desarrollar un plataforma informática que “permita la identificación, vinculación y aprovechamiento de una infraestructura compartida y vinculación de capacidades entre los actores del ecosistema de I4.0 (IES, Centro de Innovación Industrial, Clústeres TI y Consejo Consultivo Industria 4.0 MX)” (FESE, 2018, p.12).

La educación dual y la I4.0 tienen estrecha relación, en la formación de los alumnos y de cómo estos satisfacen las necesidades del mercado laboral actual de acuerdo a sus competencias técnicas y personales. La ANUIES (2018a) sugiere la creación de bases de datos donde se recolecte y analice información sobre las necesidades de competencias profesionales para entender las tendencias actuales del mercado laboral, ya que, al no tener información reciente de estas necesidades, aunque las IES propongan nuevos planes

educativos, estos últimos quedan obsoletos debido al tiempo que transcurre entre el ingreso y egreso de los estudiantes.

Los ejemplos mostrados, dan indicios que el gobierno y las IES en México están haciendo esfuerzos de manera individual y en conjunto para no quedar detrás de las innovaciones tecnológicas del mercado. Por su parte en septiembre de 2015, el TecNM presenta el modelo de Educación Dual para nivel Licenciatura, que recibe el nombre de MEDTecNM. El TecNM (2015) menciona que el propósito de este modelo es que los estudiantes realicen, al menos, un año de vinculación con empresas o dependencias de gobierno, para desarrollar competencias profesionales de acuerdo al perfil de egreso de cada plan de estudio.

Cabe mencionar que, el TecNM a través de sus 248 IES, entre Institutos Tecnológicos (ITs) federales y descentralizados, busca dar respuesta a la demanda de talento que la industria y sociedad exigen. Según la Secretaría de Gobernación (SEGOB, 2018) el 43% de los ingenieros que egresan al año se forman en algún programa del TecNM y el 65% consiguen trabajo en los primeros 6 meses de haber egresado. Con estos datos se reafirma la importancia del TecNM ante la cuarta revolución industrial, como uno de los actores principales en la formación de talento humano en México.

## **1.2 Planteamiento del problema**

A lo largo de la historia, las revoluciones industriales han tenido algo en común, la búsqueda de mejorar la eficiencia del trabajo. La cuarta revolución industrial supone de nueva cuenta cambios en las maneras de producir y ofertar servicios, a través de la digitalización y automatización en todos los procesos de las organizaciones. Estos cambios harán desaparecer puestos laborales que hoy en día existen para dar paso a nuevos puestos laborales que requerirán nuevas competencias y mayor grado de especialización (Brynjolfsson & McAfee, 2013; Moreno, 2016; Naji, 2018; Oliván, 2016).

Asimismo, la digitalización y las nuevas tecnologías no solo sustituirán las tareas repetitivas y poco calificadas como suponen los principios de la automatización (Sanchis, Romero, & Ariño, 2010), sino que están modificando labores cognitivas que antes se pensaba que solo las personas podían hacer, por ejemplo, actualmente los sistemas

inteligentes pueden tomar llamadas o responder sistemas de chat de servicio al cliente, o igualmente gracias a los cajeros automáticos inteligentes ya no se necesita pasar por grandes filas de espera para realizar depósitos de dinero (incluso se puede realizar este tipo de transacciones desde teléfonos inteligentes), de igual manera, gracias a las aplicaciones móviles de los teléfonos inteligentes se pueden realizar diagnósticos médicos, planificar viajes, hacer pedidos de comida a distancia, aprender un idioma, etc., sin la necesidad de que exista otra persona del otro lado de la pantalla (Basco, Beliz, Coatz, & Garnero, 2018).

De esta manera la adopción de la innovación digital en los procesos industriales y de servicio, ofrece ventajas que permiten elevar significativamente la productividad de los diferentes sectores, generando más unidades de negocio para las empresas y favoreciendo la creación de nuevos puestos de trabajo especializados (Albrieu et al., 2019). Pero el desarrollo de estas innovaciones tecnológicas, necesitan resolver en simultaneo el problema de profesionales que estén capacitados en las nuevas tecnologías disruptivas que la digitalización industrial demanda, y no solo eso, sino que manejen las habilidades blandas para adaptarse de manera óptima a las empresas (Naji, 2018). Por lo tanto, es necesario que las empresas, el gobierno y las IES favorezcan la adopción y capacitación de las nuevas habilidades y competencias que los profesionistas necesitan en la cuarta revolución industrial.

Ante esta nueva dinámica que afronta la sociedad, las IES deben ser las encargadas de proveer a las empresas recurso humano de calidad que pueda adaptarse a los cambios en esta cuarta revolución industrial, ya que, los empresarios necesitan enriquecer su planta laboral con profesionales cuya capacidad haya sido validada y certificada. Los países de primer mundo cuentan con estructuras educativas que permiten a las empresas en conjunto con las IES estar compitiendo en el mercado global de la I4.0, teniendo como principales herramientas la transferencia de tecnología, la innovación y la vinculación academia – empresa.

En este sentido, el Diario Oficial del Gobierno del Estado de Yucatán (2019), en el Plan Estatal de Desarrollo 2018-2024, menciona que el estado tiene el reto de posicionarse como un polo importante en innovación y desarrollo tecnológico, a través de la generación,



aprovechamiento y transferencia de conocimiento, fortaleciendo la infraestructura y condiciones de las IES, incrementando la formación de capital humano especializado (desarrollando ofertas de educación superior en perspectiva de la I4.0) e impulsando la vinculación del sector productivo con las IES.

Con base en lo anterior, los ITs del estado de Yucatán como principales formadores de ingenieros en la región, no pueden permanecer al margen de las tendencias que exige la digitalización industrial y el desarrollo tecnológico que el gobierno del estado de Yucatán y las empresas demandan. Bajo este contexto, resulta necesario evaluar las capacidades de formación, innovación, infraestructura tecnológica, transferencia de tecnología y vinculación con la industria, con las que cuentan los ITs del estado de Yucatán, para establecer estrategias o acciones que permitan que éstas capacidades se alineen a las necesidades que las empresas demandan en el entorno de la I4.0, y de esta manera proveer a los egresados las herramientas necesarias para defenderse en el mercado laboral, con esto, prevenir que el recurso humano formado en los ITs del estado de Yucatán se quede sin oportunidades de empleo en la cuarta revolución industrial.

### **1.2.1 Pregunta general**

¿Cuáles son las capacidades de formación, innovación, transferencia de tecnología, infraestructura tecnológica, y vinculación con la industria que tienen los Institutos Tecnológicos del estado de Yucatán y cuáles estrategias permitirían alinear estas capacidades al desarrollo del paradigma de la industria 4.0?

### **1.2.2 Preguntas específicas**

1. ¿Qué mecanismos utilizan los Institutos Tecnológicos del estado de Yucatán para conocer las necesidades y tendencias de las empresas en relación a la industria 4.0?
2. ¿Cuáles son las capacidades de formación que tienen los Institutos Tecnológicos del estado de Yucatán desde el enfoque de la industria 4.0?
3. ¿Cuáles son las capacidades de innovación y transferencia de tecnología que tienen los Institutos Tecnológicos del estado de Yucatán desde el enfoque de la industria 4.0?

4. ¿Cuáles son las capacidades de infraestructura tecnológica que tienen los Institutos Tecnológicos del estado de Yucatán desde el enfoque de la industria 4.0?
5. ¿Cuáles son las capacidades de vinculación que tienen los Institutos Tecnológicos del estado de Yucatán desde el enfoque de la industria 4.0?
6. ¿Cuáles son las áreas de conocimiento y nuevas competencias en las que los estudiantes necesitan preparación para enfrentar los retos del mercado laboral que generará la industria 4.0?
7. ¿Cuáles estrategias permitirían alinear las capacidades de los Institutos Tecnológicos del estado de Yucatán al desarrollo del paradigma de la industria 4.0?

### **1.2.3 Objetivo general**

Evaluar las capacidades de formación, innovación, transferencia de tecnología, infraestructura tecnológica, y vinculación con la industria que tienen los Institutos Tecnológicos del estado de Yucatán, desde el enfoque de la I4.0, para diseñar estrategias que permitirían alinear estas capacidades al desarrollo de las necesidades del nuevo paradigma.

### **1.2.4 Objetivos específicos**

1. Identificar los mecanismos que utilizan los Institutos Tecnológicos del estado de Yucatán para conocer las necesidades y tendencias de las empresas en relación a la industria 4.0.
2. Evaluar las capacidades de formación que tienen los Institutos Tecnológicos del estado de Yucatán desde el enfoque de la industria 4.0.
3. Evaluar las capacidades de innovación y transferencia de tecnología que tienen los Institutos Tecnológicos del estado de Yucatán desde el enfoque de la industria 4.0.
4. Evaluar las capacidades de infraestructura tecnológica que tienen los Institutos Tecnológicos del estado de Yucatán desde el enfoque de la industria 4.0.
5. Evaluar las capacidades de vinculación que tienen los Institutos Tecnológicos del estado de Yucatán desde el enfoque de la industria 4.0.

6. Identificar las áreas de conocimiento y nuevas competencias en las que los estudiantes necesitan preparación para enfrentar los retos del mercado laboral que generará la industria 4.0.
7. Diseñar estrategias que permitirían alinear las capacidades de los Institutos Tecnológicos del estado de Yucatán al desarrollo del paradigma de la industria 4.0.

### **1.3. Justificación**

La presente investigación proporcionará información que podrá ser de utilidad para los actores principales del modelo de cuádruple hélice de la I4.0. El primero, la academia, para conocer la situación actual en la que se encuentran los ITs del estado de Yucatán, en materia de capacidades de formación, innovación, infraestructura tecnológica, transferencia de tecnología y vinculación, y las necesidades de conocimiento y habilidades que la sociedad y las empresas demandan en el entorno de la I4.0, con esto, poder destinar recursos e impulsar estrategias que permitan a los ITs del estado de Yucatán aumentar estas capacidades, conocimientos y habilidades, con el fin de seguir estando a la vanguardia y ser competitivos en la dinámica actual de la industria. Segundo, las empresas, las cuales podrán conocer la capacidad de vinculación, innovación y transferencia de tecnología con las que cuentan los ITs del estado, para desarrollar planes o programas en conjunto, que permitan impulsar estas capacidades con el objetivo de obtener profesionales que cumplan con sus necesidades. Tercero, el gobierno del estado de Yucatán en búsqueda de cumplir el plan de desarrollo estatal 2018 – 2024, podría utilizar esta información para establecer acciones que permitan impulsar la innovación y desarrollo tecnológico del estado a través de las IES. Por último, la sociedad, en este caso la sociedad estudiantil, se espera se beneficien de los cambios que podrán promover la industria, la academia e incluso el gobierno, pues esto resultará en programas que se alineen al mercado laboral. De igual manera, este estudio es conveniente porque podría servir como referencia para que se realicen estudios similares en otras IES en Yucatán.

## **1.4 Limitaciones y Delimitaciones**

### *Delimitaciones*

El proyecto de Investigación se llevará a cabo en el Estado de Yucatán en el período de tiempo comprendido de septiembre 2019 a junio de 2021. Aunque en el ecosistema de la I4.0 existen cuatro actores principales (cuádruple hélice), en esta investigación solo se incluye a la Academia como sujeto de estudio. La investigación se realizará en los siete Institutos Tecnológicos del Estado de Yucatán que se dividen en tres Institutos Tecnológicos Federales, que son el Instituto Tecnológico de Conkal, el Instituto Tecnológico de Tizimín y el Instituto Tecnológico de Mérida, y cuatro Institutos Tecnológicos Descentralizados que son el Instituto Tecnológico Superior de Motul, el Instituto Tecnológico Superior De Progreso, el Instituto Tecnológico Superior De Valladolid y el Instituto Tecnológico Superior Del Sur Del Estado De Yucatán.

### *Limitaciones*

La principal limitación que se identifica en la investigación, es la disponibilidad de tiempo de los sujetos de estudio para responder los instrumentos de investigación, que en este caso son directivos y jefes de departamentos de los diferentes Institutos Tecnológicos del estado de Yucatán.

## **1.5 Contenido de los capítulos**

Para el cumplimiento del objetivo planteado, la presente investigación está dividida en seis capítulos, donde se describe el soporte teórico y contextual, los medios y procedimientos que se utilizaron para recabar la información, el análisis de los datos, las conclusiones y recomendaciones derivadas de los resultados obtenidos.

En el capítulo II titulado “Marco teórico” se presentan la información más relevante recabada de la literatura existente que sustenta a la temática investigada con el fin de su óptima comprensión. Por lo tanto, en este apartado se hace énfasis en la conceptualización de las capacidades tecnológicas y el término de I4.0, así como en la mención de estudios empíricos similares en contextos ajenos al presente estudio.

Asimismo, en el capítulo III denominado “Marco contextual” se describe el estado de la información actual del entorno en el cual se desarrolla la problemática. En este apartado, se incluyen datos estadísticos del sistema de educación superior en México, además se describe la situación actual de la planta docente y la matrícula total del TecNM y de las universidades en Yucatán, y aún más específico, de los siete ITs del estado de Yucatán.

De igual forma, en el capítulo IV llamado “Metodología” se hace la descripción detallada de los procedimientos llevados a cabo en la presente investigación, los cuales incluyen el enfoque y clasificación de la investigación, la unidad de análisis y sujetos de estudio, se definen los factores e indicadores usados para la elaboración de los instrumentos de recolección de datos, así como, los procesos de validación de dichos instrumentos. Por último, se incluye el procedimiento del análisis de la información obtenida.

Para el capítulo V “Resultados” se estructura el análisis de los datos obtenidos de los instrumentos de recolección de manera descriptiva, de acuerdo a los objetivos específicos establecidos en la presente investigación. Los resultados descritos en este capítulo hacen referencia al contenido del marco teórico y contextual.

Por último, el capítulo VI “Conclusiones y recomendaciones” hace énfasis en el cumplimiento de cada uno de los objetivos específicos planteados para la consecución del objetivo general. Además, se señalan futuras líneas de investigación derivadas del presente documento, así como las recomendaciones dirigidas a las IES y gobierno del estado de Yucatán.

## CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO

### 2.1 Capacidades tecnológicas

En el mercado globalizado y de alta competitividad, las organizaciones deben tener la capacidad de cumplir los objetivos planteados en los planes estratégicos para no fracasar a través del tiempo. El Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD, 2010) menciona que la capacidad es “la habilidad de los individuos, instituciones y sociedades para desarrollar funciones, resolver problemas, definir y alcanzar objetivos de forma sostenible”(p. 2). Así, la capacidad es el proceso de mejora de habilidades que poseen las organizaciones e individuos para la satisfacción de sus necesidades de desarrollo (Rosas, 2008). En este sentido, las capacidades cambian de un contexto a otro, y es un proceso inherente de cada determinado actor.

Por otro lado, para las empresas adaptar las tecnologías disruptivas a sus procesos productivos, de servicios y organizativos se traduce como una ventaja competitiva en el paradigma de la I4.0. Según Bower y Christensen (1995), las tecnologías disruptivas son las innovaciones tecnológicas en los procesos productivos, que se dan en pequeños nichos de mercado, pero que eventualmente interrumpen en todo el mercado actual, y que terminan desplazando las tecnologías convencionales, redefiniendo a la industria y la sociedad. Actualmente las tecnologías disruptivas, son las llamadas tecnologías pilares o habilitadoras de la I4.0: Robots autónomos, simulación, *big data*, sistemas ciberfísicos (SCF), internet de las cosas (IoT), ciberseguridad, la nube, manufactura aditiva y realidad aumentada (Joyanes, 2017).

Por lo tanto, Irfan-Ul-Haque, Bell, Dahlman, Lall y Pavitt (1995) mencionan que las habilidades y conocimientos para gestionar tecnologías que proporcionen a las empresas formas de adaptarse al entorno competitivo en el mercado globalizado, son las llamadas Capacidades Tecnológicas (CT). Carbajal (2010) expone que las CT son aquellas habilidades de aprendizaje, innovación, transferencia de conocimiento y tecnología que permiten obtener bienes tecnológicos. Las CT permiten a las empresas determinar las necesidades y oportunidades en materia de tecnología, y a partir de esto, evaluar la

adquisición, mantenimiento, diseño, adaptación y mejora de la infraestructura, de los procesos de aprendizaje y de los procesos de transferencia de tecnología (Tapias, 2005).

### **2.1.1 Capacidad de formación**

En la actualidad las empresas exigen capital humano calificado en las tecnologías disruptivas de la I4.0 y además personal cualificado para enfrentar y adaptarse en el entorno cambiante del mercado. Para Bravo (2009) el personal cualificado es aquel que cuenta con las competencias profesionales, adquiridas en el entorno productivo y laboral, para desempeñar un puesto trabajo. Por su parte, Irigoín y Vargas (2002) y Mertens (1996) mencionan, que el personal calificado es el que tiene las capacidades, conocimientos tecnológicos y habilidades para desempeñar una actividad u ocupación laboral de manera satisfactoria, y que a diferencia de la cualificación, están sustentadas en pruebas ocupacionales, diplomas o títulos de instituciones de educación.

Para Vargas (2012) es vital que el capital humano cuente con capacidades de investigación y gestión de proyectos de innovación, ya que son vitales para el éxito de una empresa que busca satisfacer las necesidades de los clientes. Es bajo este nuevo paradigma, donde el papel de la estructura organizacional de las IES se vuelve protagónico, por lo que deben ofrecer servicios de educación de calidad basados en investigación científica y en las tecnologías habilitadoras de la I4.0, que permitan a los estudiantes formarse en estas e innovar en el sector industrial desarrollando y usando las nuevas tecnologías de manera eficiente (Pedroza, 2018).

Con base en el Programa Integral de Fortalecimiento Institucional (PIFI) de la SEP, la calidad de los servicios educativos que ofrecen las IES públicas tiene una estrecha relación con la capacidad académica, que está en función de las fortalezas de su planta académica y el grado de consolidación de sus cuerpos académicos, el PIFI es una iniciativa del gobierno federal de México, desde el 2001, para mejorar la calidad de la oferta educativa y planificación estratégica de las IES, a través de la medición de las capacidades y competitividad de los Cuerpos Académicos (CA) y las Dependencias de Educación Superior (DES) (Lourdes, Díaz, & Mendoza, 2007). A través de los cambios de Gobierno en México, el PIFI cambió de nombre para los periodos 2016-2017 y 2018-2019 al

Programa de Fortalecimiento de Calidad Educativa (PFCE), pero mantuvo el mismo objetivo. Para la convocatoria 2020-2021 recibe el nombre de Programa de Fortalecimiento de la Excelencia Educativa (PROFEXCE) (Universidad de Guadalajara, 2019).

De acuerdo con la Universidad de Guadalajara (2013) y Arcos, Ramiro y Corrales (2010) para medir la capacidad de formación o académica, en el marco del PIFI, como indicadores se tienen que numerar y establecer el porcentaje de los Profesores de Tiempo Completo (PTC) que estén en el Sistema Nacional de Investigadores (SNI), que tengan perfil deseable por el Programa de Mejoramiento del Profesorado (PROMEP) actualmente llamado Programa para el Desarrollo Profesional Docente (PRODEP) para el tipo superior, que tengan doctorado, maestría, especialidad, y que estén inscritos en programas de tutorías, además se tiene que enumerar y establecer el porcentaje de los CA consolidados, en consolidación y en formación, y por último establecer el número de PTC que han tomado cursos y actualizaciones para mejorar sus habilidades, en la **Tabla 2.1** se definen estos conceptos. Para la SEP (2019), en el PROFEXCE, se mantienen los indicadores mencionados en el marco del PIFI.

**Tabla 0.1**

**Conceptos de capacidad de formación**

Concepto	Definición
Cuerpos académicos (CA)	Grupos de PTC que comparten objetivos y metas académicas, a través de, líneas en temas multidisciplinarios de generación de conocimiento, investigación aplicada o desarrollo tecnológico e innovación. Si en los CA la mayoría de sus profesores cuentan con posgrados (preferiblemente doctorado), perfil deseable y cumplen con la divulgación de productos académicos de calidad sobre líneas de investigación consolidadas, reciben el nombre de cuerpos académicos consolidados (CAC). Por otra parte, reciben el nombre de cuerpos académicos en consolidación (CAEC), si la tercera parte de los profesores de los CA, cuentan con posgrados, perfil deseable y cumplen con la divulgación de productos académicos de calidad sobre líneas de conocimiento que ellos mismos cultivan. Por último, si en los CA no todos sus profesores cuentan con posgrados y perfil deseable, pero al menos tienen líneas definidas de conocimiento que ellos mismos cultivan, son llamados cuerpos académicos en formación (CAEF) (DOF, 2019)..
Profesores de tiempo completo (PTC)	Profesores de IES que están dedicados a la formación profesional de los alumnos y que dedican parte de su tiempo a la investigación o aplicaciones innovativas del conocimiento (ANUIES, 1996).
Perfil deseable	Reconocimiento de la SES a los PTC que cumplen y tienen evidencia (mínimo de tres años) del cumplimiento satisfactorio de sus funciones universitarias (DOF, 2019).



Programa para el Desarrollo Profesional Docente (PRODEP)	Para la educación superior, el programa busca profesionalizar y capacitar a los PTC, para fortalecer sus capacidades de investigación, docencia, desarrollo tecnológico e innovación, además de, contribuir a que los PTC se formen en CA y CAC capaces de generar soluciones a problemas de su entorno y la sociedad (DOF, 2019).
Sistema nacional de investigadores (SNI)	Agencia gubernamental que “tiene por objeto promover y fortalecer, a través de la evaluación, la calidad de la investigación científica y tecnológica, y la innovación que se produce en el país”(CONACYT, 2019, párr.2).

Fuente: Elaboración propia basada en autores.

Por otro lado, existen estudios como el de Romero, Suárez y Rodríguez (2018), que evalúan las habilidades de las IES para gestionar la participación de los docentes dedicados a la investigación, utilizando indicadores que miden el porcentaje de horas destinadas a la formación docente en investigación y el porcentaje de docentes dedicados a formar a estudiantes en investigación. De igual forma, Henao, López y Garcés (2014), exponen indicadores de capacidades referentes al nivel académico que tienen los profesores que se dedican a la investigación, evaluando por ejemplo, el porcentaje de PTC que cuentan con doctorado, porcentaje de profesores con doctorado y maestría que se dediquen a la investigación, porcentaje de grupos de investigación reconocidos, etc. En la **Tabla 2.2** se resumen los indicadores de la capacidad de formación según los autores mencionados anteriormente.

**Tabla 0.2**

**Indicadores de capacidad de formación**

Indicador	Arcos, Ramiro y Corrales (2010)	Universidad de Guadalajara (2013)	Henao, López y Garcés (2014)	Romero, Suárez y Rodríguez (2018)	SEP (2019)
Número de PTC con posgrados	x	x	x		x
Número de PTC con perfil deseable	x	x			x
Número de PTC adscritos al SNI	x	x			x
Número de cuerpos académicos consolidados	x	x			x
Número de cuerpos académicos en consolidación	x	x			x
Número de cuerpos académicos en formación	x	x			x
Número de PTC que han mejorado sus habilidades docentes (a través de cursos y actualizaciones)	x	x			x
Número de PTC que imparten tutorías	x				x

Porcentaje de horas destinadas a la formación docente en investigación (posgrados)				x	
Porcentaje de participación de los docentes en la formación en investigación (posgrados)				x	
Porcentaje de eventos desarrollados por la institución para promover la investigación				x	
Porcentaje de estudiantes en posgrado			x		
Porcentaje de PTC con especialización y posgrados dedicados a la investigación			x		
Porcentaje de grupos de investigación reconocidos			x		

Fuente: Elaboración propia.

### 2.1.2 Capacidad de innovación y transferencia de tecnología

Las revoluciones industriales han traído consigo nuevas y novedosas formas de gestionar la cadena de suministro de las organizaciones a través de avances tecnológicos. Heijs y Buesa (2016) plantean que los países de primer mundo y las empresas multinacionales basan su crecimiento económico y ventajas competitivas en la innovación y el desarrollo tecnológico. Schumpeter (1983) menciona, que la innovación es la introducción de un nuevo bien o método de producción al mercado y la industria, la apertura de nuevos mercados, la aparición de nuevas fuentes de suministro de materias primas para la elaboración de productos y la creación de nuevas formas de procesos organizativos.

Para Lugones, Gutti y Le Clech (2007) la capacidad tecnológica es una combinación de otras dos capacidades: capacidad de absorción y capacidad de innovación. Cohen y Levinthal (1990) mencionan que la capacidad de absorción se puede definir como las habilidades que tienen las organizaciones para evaluar conocimiento externo y aplicarlo en el desarrollo de innovación interna, a través de la identificación, asimilación (aprendizaje) y explotación del conocimiento (solución de problemas). La capacidad de innovación se refiere a las habilidades que poseen las organizaciones para modificar y aplicar el conocimiento adquirido en la creación y mejora de procesos productivos y/o de servicio (Lawson & Samson, 2001).

En consecuencia, las IES tienen un reto importante ya que, no pueden convertirse tan solo un generador de recurso humano al servicio de las empresas. Por lo tanto, la academia debe ser capaz de desarrollar y crear nuevos conocimientos, productos, procesos, patentes y servicios innovadores para las empresas y la sociedad. Este proceso de transmisión de innovación entre una organización generadora y una usuaria, a través del apoyo de instituciones reguladoras que permitan una vinculación legal entre las partes, es llamado transferencia de tecnología (Aguilar, 2018). Asimismo, el objetivo de la transferencia de tecnología según González (2011), es que la innovación en la organización usuaria, tenga los mismos beneficios para los que fue concebida en la organización proveedora, y que esta última obtenga una retribución de económica.

De acuerdo con Serrano y Robledo (2013) las capacidades de transferencia de tecnología de las IES, están ligadas con las capacidades de producción y mercadeo empresariales, es decir, son las habilidades de las organización para ofrecer productos de investigación (divulgación de artículos científicos con visibilidad internacional, ponencias, revistas, etc) e innovación (prototipos y patentes). En 1992, surge el Manual de Oslo, como un referente importante para la evaluación de la capacidad de innovación y transferencia de tecnología en el sector empresarial, a través del uso de indicadores sobre actividades de innovación en los productos y servicios, en la organización, en investigación y desarrollo, en mercadotecnia y en la transferencia de tecnología con otras organizaciones (OCDE y EUROSTAT, 2006).

Asimismo, existen diversos estudios de medición de capacidades de innovación y transferencia de tecnología en las IES latinoamericanas, que hacen propuestas metodológicas mixtas. Henao et al. (2014) expone indicadores dicotómicos para determinar si la institución cuenta con: un estatuto de propiedad intelectual, una unidad de apoyo en temas de propiedad intelectual, oficina de transferencia de resultados de investigación, unidad de mercadeo para llevar al mercado sus nuevos productos o servicios exitosamente, vigilancia tecnológica constante, objetivos claros y medibles para la innovación, procesos o métodos para gestionar la innovación, promoción para la creación y la transformación de nuevas ideas esquemas de incentivos y reconocimiento a la innovación, unidad de emprendimiento e incubación de ideas de negocio. De igual forma, Henao et al. (2014)

incluye indicadores para medir el número de grupos de investigación con proyectos de innovación, número de patentes concedidas en el último año, número de asesorías, consultorías y proyectos de gestión tecnológica, y el ingreso por regalías.

Por su parte, Casalet y Casas (1998) proponen indicadores que miden el número de actividades que realizan las IES para la innovación y transferencia de tecnología con respecto a: investigación y desarrollo, fortalecimiento a la docencia e investigación, y la difusión. En esa misma línea, Casillas (2016), ofrece una serie de indicadores para medir el número de actividades que promueven la innovación, el emprendimiento y la transferencia de tecnología en las IES, así como indicadores para determinar el número de: empresas que se han generado en la incubadora de empresas de la institución en los últimos cinco años, patentes tramitadas por las oficinas de vinculación en los últimos cinco años, patentes otorgadas en los últimos cinco años, y patentes tramitadas y otorgadas pertenecientes al IES. En la **Tabla 2.3**, se muestran los indicadores mencionados por Casalet y Casas (1998), Casillas (2016), y Henao, López y Garcés (2014).

**Tabla 0.3**

**Indicadores de capacidad de innovación y transferencia de tecnología**

Indicador	Casalet y Casas (1998)	Henao, López y Garcés (2014)	Casillas (2016)
La institución cuenta con un estatuto de propiedad intelectual		x	
La institución cuenta con una unidad de apoyo en temas de propiedad intelectual		x	
La institución cuenta con una oficina de transferencia de resultados de investigación		x	
La institución realiza vigilancia tecnológica constante		x	
La institución posee unidad de mercadeo para llevar al mercado sus nuevos productos o servicios exitosamente		x	
Número de grupos de investigación con proyectos de innovación		x	
Número de patentes concedidas en el último año		x	
Hay objetivos claros y medibles para la innovación		x	
Existen procesos o métodos para gestionar la innovación		x	
Se promueve la creación y la transformación de nuevas ideas		x	
Existen esquemas de incentivos y reconocimiento a la innovación		x	
La institución cuenta con unidad de emprendimiento e incubación de ideas de negocio		x	
Ingresos por regalías		x	
Número de asesorías, consultorías y proyectos de gestión tecnológica		x	

Número de actividades que promueven la innovación			x
Número de actividades que promueven el emprendimiento			x
Número de empresas que se han generado en la incubadora de empresas de la institución en los últimos cinco años			x
Número de actividades de investigación y desarrollo	x		x
Número de actividades para el fortalecimiento a la docencia e investigación	x		x
Número de actividades que promueven la transferencia de tecnología			x
Número de patentes tramitadas por las oficinas de vinculación en los últimos cinco años			x
Número de patentes otorgadas en los últimos cinco años			x
Número de patentes tramitadas y otorgadas pertenecientes al IES			x
Número de actividades de difusión	x		x

Fuente: Elaboración propia.

### 2.1.3 Capacidad de infraestructura tecnológica

Las IES deben ofrecer a la sociedad estudiantil, la infraestructura adecuada que les permitan prepararse ante las demandas del mercado laboral, generando conocimiento en las aulas, talleres, laboratorios, etc. El Banco Interamericano de Desarrollo (BID, 2000) menciona que la infraestructura, es el capital de estructuras y recursos de ingeniería, equipos, herramientas e instalaciones, que ofrecen los servicios de soporte considerados necesarios, para el desarrollo de objetivos económicos, productivos, sociales, ambientales y de generación de conocimiento. Por su parte, el PNUD (2014) acota que la infraestructura son las estructuras tangibles e intangibles que satisfacen las necesidades de la sociedad y su economía.

Con el surgimiento de las Tecnologías de Información (TI), se desarrolló el término infraestructura de TI, que son las estructuras tecnológicas que tienen las organizaciones para la mantención e innovación en sus sistemas (Duncan, 1995). Para López, Delgado y Maciá (2010) la infraestructura de TI se definen como un conjunto de dispositivos físicos (hardware) y aplicaciones digitales (software) que se necesitan para gestionar los procesos de información de las organizaciones.

Además de adecuadas instalaciones, las IES deben hacer uso efectivo de las TI que han revolucionado al sector educativo a través de nuevos medios de apoyo a la docencia, investigación y administración de los servicios escolares. Por ejemplo, gracias a las TI se han creado bibliotecas virtuales donde se puede acceder a información calificada y de todas

partes del mundo. Por lo tanto, las IES deben de tener la capacidad de ofrecer la infraestructura tecnológica necesaria, entendida como el hardware tecnológico y software de sistemas de información interconectados, que pueda satisfacer las necesidades de los estudiantes, docentes e investigadores (Acosta, Miquilena, & Riveros, 2014).

La capacidad de infraestructura en IES es definida por Romero et al. (2018) como las habilidades que tienen las IES de gestionar recursos, equipos y espacios físicos para el desarrollo de la innovación en la organización. Con respecto a las capacidades relacionadas con las TI, Menguzzato (2009) señala que son las habilidades intangibles para gestionar la información de una organización por medio de hardware. Los indicadores que proponen Romero et al. (2018) para medir las capacidades de infraestructura son los relacionados con el porcentaje de metros cuadrados de laboratorios disponibles, el porcentaje de computadoras destinadas para la investigación y la innovación, así como, indicadores que evalúan la existencia de procedimientos de solicitud de los recursos de infraestructura en pro de la investigación e innovación.

Por su parte, la SEP (2017) expone indicadores referente al número de equipo de cómputo dedicada a profesores, alumnos y personal de apoyo, así como el número de bibliotecas con conexión a internet y el número de cubículos que existen para los PTC (individuales o compartidos). También hace referencia a indicadores de la cantidad de acervo de libros y revistas que hay en las bibliotecas de las IES de acuerdo a diversas áreas de conocimiento. Además, la SEP (2017) propone indicadores dicotómicos para saber la existencia en las IES de: mecanismos para conocer la opinión de profesores y alumnos sobre la calidad de los servicios informáticos y bibliotecarios, y políticas institucionales para la adquisición de material informático y material bibliográfico.

Asimismo, la CIEES (2016) menciona en su “guía para la Autoevaluación de Programas de Educación Superior”, indicadores para evaluar la infraestructura de las IES, de acuerdo a cada programa educativo, a través del enlistado, descripción y valoración de: aulas y espacios para la docencia y su equipamiento, laboratorios, talleres y espacios específicos para la realización de prácticas y su equipamiento, instalaciones para uso fuera de la institución, acervo impreso, acervo digital, otro tipo de acervo disponible, espacios

disponibles para profesores (unitario o compartido), conservación y mantenimiento de instalaciones y equipo, servicios de cómputo y telecomunicaciones disponibles para el apoyo de los alumnos y profesores, software disponible y el número de licencias con las que se cuenta, y procedimientos para conocer el nivel de satisfacción de los alumnos con el servicio de cómputo y telecomunicaciones.

Para la organización Educación Superior Virtual Inclusiva-América Latina, (ESVI-AL, 2015), los indicadores para medir la infraestructura tecnológica se dan a través de la identificación y determinación de: disponibilidad y la funcionalidad de la infraestructura tecnológica (software y hardware), la arquitectura o configuración de los equipos informáticos, la capacidad de acceso a internet, velocidad de las conexiones a internet, oferta de información sobre las necesidades o requerimientos tecnológicos, y oferta de herramientas tecnológicas específicas. Además, se proponen una serie de indicadores complementarios para medir actividades de: disponibilidad, accesibilidad, rendimiento y capacidad de los equipos y sistemas informáticos, de seguridad y privacidad de datos, de usabilidad y navegabilidad, y de mantenimiento de los equipos y programas informáticos. Por último, Casalet y Casas (1998) hacen mención de indicadores que determinan el uso de infraestructura por parte de las IES y empresas para el desarrollo de proyectos de vinculación. En la **Tabla 2.4**, se muestran los indicadores antes mencionados de Casalet y Casas (1998), CIEES (2016), ESVI-AL (2015), SEP (2017) y Romero et al (2018).

**Tabla 0.4**

**Indicadores de capacidad de infraestructura tecnológica**

Indicador	Casalet y Casas (1998)	ESVI-AL (2015)	CIEES (2016)	SEP (2017)	Romero, Suárez y Rodríguez (2018)
Porcentaje de metros cuadrados disponibles en laboratorios de desarrollo experimental					x
Porcentaje de computadoras para investigación					x
Porcentaje de computadoras para innovación					x
Procedimiento documentado para la solicitud de recursos destinados a la innovación					x
Procedimiento documentado para la solicitud de recursos destinados a la investigación					x

Número de equipo de cómputo dedicada a profesores			X	X	
Número de equipo de cómputo dedicada a alumnos			X	X	
Número de equipo de cómputo dedicada a personal de apoyo				X	
Número de bibliotecas con conexión a internet				X	
Número de cubículos que existen para los PTC				X	
Cantidad de acervo de libros y revistas que hay en las bibliotecas			X	X	
Existencia de mecanismos para conocer la opinión de profesores y alumnos sobre la calidad de los servicios informáticos			X	X	
Existencia de mecanismos para conocer la opinión de profesores y alumnos sobre la calidad de los servicios bibliotecarios				X	
Existencia de políticas institucionales para la adquisición de material informático				X	
Existencia de políticas institucionales para la adquisición de material bibliográfico				X	
Aulas y espacios para la docencia y su equipamiento			X		
Laboratorios, talleres y espacios específicos para la realización de prácticas y su equipamiento			X		
Instalaciones para uso fuera de la institución			X		
Acervo digital			X		
Otro tipo de acervo disponible			X		
Espacios disponibles para profesores (unitario o compartido)			X		
Conservación y mantenimiento de instalaciones y equipo			X		
Software disponible y el número de licencias con las que se cuenta			X		
Disponibilidad y la funcionalidad de la infraestructura tecnológica		X			
La arquitectura o configuración de los equipos informáticos		X			
Acceso a internet		X			
Velocidad de las conexiones a internet		X			
Oferta de información sobre las necesidades o requerimientos tecnológicos		X			
Actividades disponibilidad, accesibilidad, rendimiento y capacidad de los equipos y sistemas informáticos		X			
Actividades de seguridad y privacidad de datos		X			
Actividades de usabilidad y navegabilidad		X			
Actividades de mantenimiento de los equipos y programas informáticos		X			



Uso de infraestructura por parte de las IES y empresas para el desarrollo de proyectos de vinculación	x				
---	---	--	--	--	--

Fuente: Elaboración propia.

#### 2.1.4 Capacidad de vinculación

En el contexto de I4.0, la digitalización y automatización de los procesos en las organizaciones, a través de las tecnologías disruptivas, obligan a las empresas a replantearse las formas de contratación de recurso humano, debido a que las tecnologías de la I4.0 inciden directamente sobre la experiencia y competencias requeridas por las empresas.

Es bajo este contexto donde la vinculación entre IES y empresas toma mayor relevancia. Para Gould (1997) la vinculación es la relación que existe entre las IES con las empresas, a través de oferta de sus servicios profesionales mediante contratos y convenios. La ANUIES (2006) se refiere a la vinculación como las actividades que involucran a los estudiantes, docentes e investigadores en convenios, entre las IES y las organizaciones en general, para mejorar las competencias de los estudiantes y proveerles de experiencia laboral, a través de estancias, prácticas y residencias profesionales. Asimismo, Casalet y Casas (1998) definen la vinculación como la relación que existe entre las IES con el sector productivo, con el objetivo que la parte académica se beneficie en el avance del desarrollo científico y la parte empresarial con la solución de problemas específicos.

De esta manera, las empresas son un actor fundamental en la generación de conocimiento en la digitalización industrial, y está en sus manos cambiar las formas de aprendizaje del sistema educativo para que se adapten a las necesidades reales del sector y con ello generar ocupación laboral (Blázquez, Masclans, & Canals, 2019). Ante la necesidad de establecer modelo de vinculación empresa-academia que permita a las industrias cubrir las necesidades de recurso humano cualificado, surge en 1969 en Alemania, con la ley de educación y formación profesional, el modelo de formación profesional dual (FPD), que también es llamado solo formación dual, educación dual o sistema dual, este modelo alemán tiene como objetivo la formación profesional de los jóvenes que hayan terminado la educación obligatoria y quieran seguir sus estudios

profesionalizantes teniendo un empleo que les reditué y les genere experiencia, y sobretodo, que les permita tener un empleo en el futuro (Morales, 2014).

La formación dual para Rindfleisch y Maennig-Fortmann (2015) básicamente es que el alumno aprenda lo teórico en la escuela y aplique estos conocimientos en situaciones reales a través de la práctica en una empresa, en Alemania los jóvenes, bajo este modelo, pasan alrededor de tres a cuatro días en las empresas y el resto en las escuelas. De igual manera, DUALVET (2015) la define como la alternancia de alumno entre la escuela y la empresa, donde esta última es el verdadero centro de formación que tiene la facultad de proveer la cualificación a los estudiantes de acuerdo a sus necesidades.

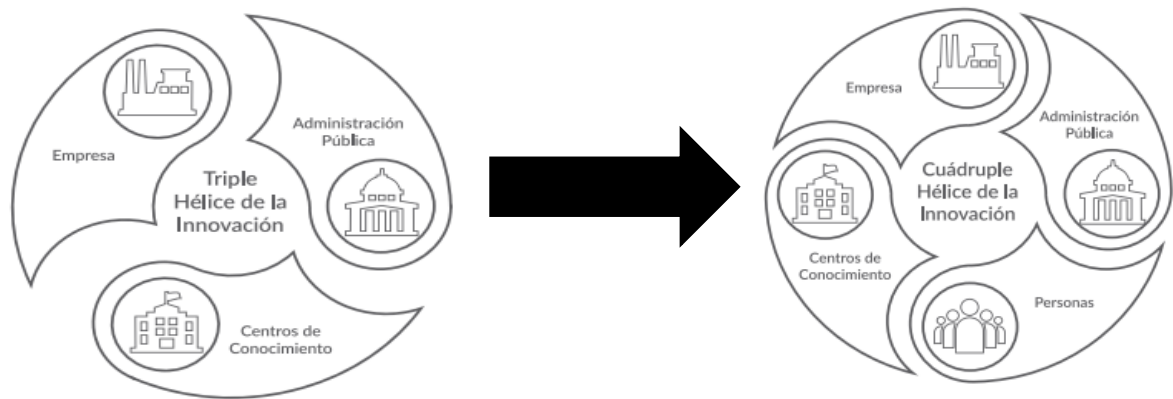
Además de la vinculación entre las IES y las empresas, de acuerdo al modelo de innovación de triple hélice de Etzkowitz (2002), existe un tercer actor, el estado o gobierno, que tiene la función principal de regular legalmente las relaciones entre estos dos actores importantes. De igual forma, el estado debe proveer, entre otros aspectos, facilidades como financiamientos, atracción de inversión extranjera, programas educativos y empresariales, desarrollo de incubadoras, ferias de trabajo, difusión en medios de comunicación, y desarrollo de infraestructura donde pueda converger físicamente las relaciones entre las IES y las empresas, por ejemplo oficinas de transferencia de tecnología (OTT), instalaciones para capacitaciones y cursos, laboratorios públicos, parques tecnológicos e incluso secretarías o instituciones públicas de innovación, investigación, educación, etc.

Sin embargo, el modelo de triple hélice no toma en cuenta una parte importante de la cadena de suministro, las personas que integran una sociedad (Leydesdorff, 2012), las cuales son el consumidor y beneficiario final de las interacciones existentes entre los tres actores antes mencionados (academia, empresas y estado), que demandan productos y servicios en este sistema de innovación, además de participar activamente en la retroalimentación a cada uno de los actores del sistema, y cuyo papel está evolucionando a través de los emprendedores sin experiencia empresarial, que salen de la sociedad para insertarse en el modelo económico actual (Rodríguez, 2017). La integración de la sociedad como actor del sistema de innovación reconfigura el modelo de triple hélice para dar paso a un modelo de cuádruple hélice como se muestra en la **Figura 2.1**. Por lo tanto, debido a

que la presente investigación busca proporcionar información a las empresas, IES, estado y sociedad sobre las capacidades de formación, innovación, infraestructura tecnológica, transferencia de tecnología y vinculación ante el paradigma de la I4.0, se toma como base el modelo de cuádruple hélice, aunque solo se trabaje directamente con la academia (representado por los ITs del estado de Yucatán).

**Figura 0.1**

**Transición de triple hélice a cuádruple hélice**



Fuente: Adaptado de Rodríguez (2017).

Por otro lado, Barrios et al. (2017) plantean que las habilidades de las IES para establecer vínculos con el sector productivo son las capacidades de relacionamiento. Serrano y Robledo (2013) definen las capacidades de relacionamiento como las habilidades que propician la colaboración de las organizaciones con clientes y proveedores en sistemas de innovación. Del mismo modo Mendoza (2013) menciona que “es la capacidad de establecer contacto efectivo con los actores del entorno” (p. 70). Y es a través de este contacto efectivo, donde Gould (2002) propone ciertos mecanismos para fortalecer las relaciones entre las IES y las empresas, a través, de acciones que permiten conocer las necesidades de recurso humano, innovación y desarrollo tecnológico de las empresas.

Asimismo, como se muestra en la **Tabla 2.5**, la propuesta de Toto y García (2012) para medir la capacidad de vinculación en las IES, es a través de indicadores que miden: los servicios de vinculación ofertados al sector productivo, número de convenios y programas formalizados, calificaciones emitidas por el sector productivo de acuerdo a los servicios

ofertados, alumnos de vinculación contratados por las empresas y frecuencia del uso de los medios de comunicación para promoción de los servicios de las IES. Además, a través de la adaptación del estudio de Casalet y Casas (1998) por parte de Casillas (2016), se exponen los siguientes indicadores para medir la capacidad de vinculación entre las IES y el sector productivo: número de actividades que realiza la institución para la formación profesional del alumno, número de actividades que se llevan a cabo dentro del programa institucional de vinculación, número de estructuras de vinculación, número de proyectos de vinculación en los últimos cinco años, porcentaje de recursos económicos que se destina para actividades de vinculación y porcentaje de los lugares (IT o empresa) donde han surgido las iniciativas de vinculación en los últimos 5 años.

**Tabla 0.5**

**Indicadores de capacidad de vinculación**

Indicador	Casalet y Casas (1998)	Toto y García (2012)	Casillas (2016)
Número de actividades de vinculación que realiza la institución para la formación profesional del alumno	x		x
Número de actividades que se llevan a cabo dentro del programa institucional de vinculación	x		x
Número de estructuras de vinculación	x		x
Número de proyectos de vinculación en los últimos cinco años	x		x
Porcentaje de los lugares donde han surgido las iniciativas de vinculación en los últimos 5 años	x		x
Porcentaje de recursos económicos que se destina para actividades de vinculación			x
Servicios de vinculación ofertados al sector productivo.		x	
Convenios, contratos o programas formalizados con las IES de la región.		x	
Calificación emitida por el sector productivo de los servicios que tiene formalizados con las IES		x	
Profesionistas contratados por el sector productivo de las IES de la región.		x	
Frecuencia del uso de los medios de comunicación para promoción de los servicios de las IES		x	

Fuente: Elaboración propia.

**2.2 Industria 4.0**

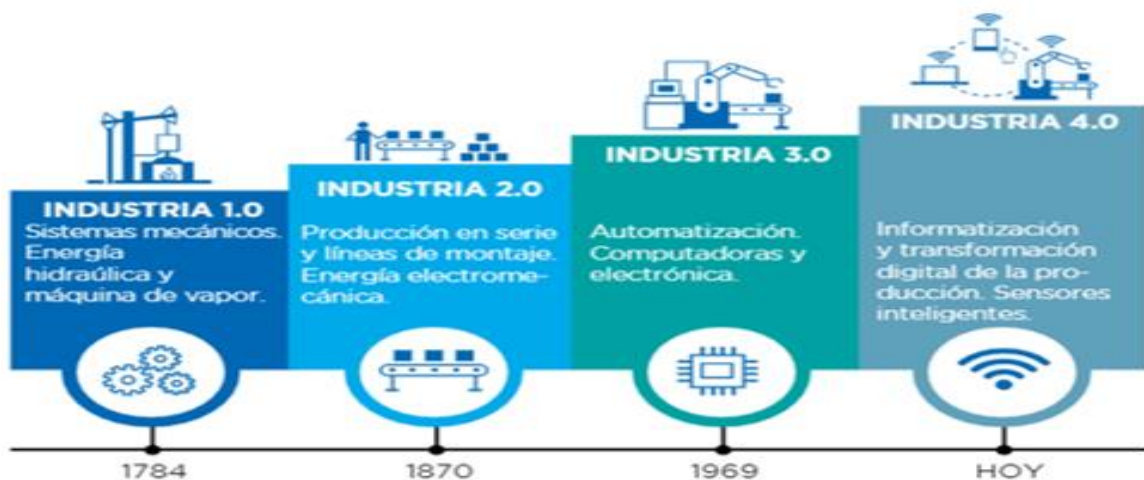
En esta sección se establecen los antecedentes claves de la cuarta revolución industrial, las múltiples tecnologías actuales para su desarrollo en la manufactura y los servicios, así como la relación que existe entre las instituciones de educación superior y el paradigma de la I4.0.

### 2.2.1 Antecedentes de la industria 4.0

Los antecedentes de las revoluciones industriales aparecen desde que el hombre domesticó a los animales para realizar trabajos de agricultura. Como se muestra en la **Figura 2.2**, la primera revolución industrial tuvo lugar en Inglaterra en la segunda mitad del siglo XVIII y principios del siglo XIX, entre los años 1760 y 1840, y tuvo como principal precursor la invención de la máquina de vapor y su uso en la innovación del transporte y el sector textil, a través del ferrocarril y la máquina de hilar. La segunda revolución, considerada una de las más importantes debido a los descubrimientos y avances tecnológicos bélicos, sucedió alrededor del año 1850 hasta los inicios de la “gran guerra” en 1914, con la generación de la electricidad y el descubrimiento de petróleo, que dio paso a la sustitución del motor de vapor por el de combustión interna y su uso en la producción en masa de bienes, desarrollado a partir de los estudios de optimización industrial de Frederick Taylor. La tercera revolución industrial se da en la década de 1960 hasta principio del siglo XXI, con la automatización de los procesos, derivado de los avances en electrónica, computación y la aparición del internet (Basco, Beliz, Coatz, & Garnero, 2018; Joyanes, 2017; Núñez, 2016; Schwab, 2017; Yáñez, 2017).

**Figura 0.2**

#### Línea del tiempo de las revoluciones industriales



Fuente: Basco, Beliz, Coatz, & Garnero (2018).

Así, en una sociedad más inmersa y conectada por el internet, aparece en Alemania, la cuarta revolución industrial en el 2011. Para Yang, Raghavendra, Kaminski y Pepin (2018), la I4.0 es la automatización de las organizaciones mediante sistemas ciberfísicos (SCF), que se conectan a través de sensores y redes virtuales, y proporcionan ayuda en el análisis de datos y toma de decisiones. Incluso en la cuarta revolución industrial las maquinarias de producción toman decisiones sin intervención humana a través del Internet de las cosas (Bunse, Kagermann, & Wahlster, 2014). De igual manera, Del Val (2016) define la I4.0 como la gestión de la cadena de suministros apoyado por las tecnologías de la información, uso de sensores y la robótica. Este nuevo paradigma tiene como principal objetivo, no solo la digitalización de la industria sino también de la sociedad, configurando un nuevo modo de trabajar e interactuar en el mundo, en el que se interconectan en tiempo real todos los actores del mercado a través de dispositivos y plataformas digitales (Basco et al., 2018).

A pesar de que Alemania es la precursora de la digitalización industrial, y el líder mundial en el desarrollo y exportación de tecnologías ligadas a la I4.0, hoy en día China es una de las potencias impulsoras más importantes de la cuarta revolución industrial. A través de la iniciativa lanzada en 2015, llamada *Made in China 2025*, esta nación tiene como principal objetivo volverse potencia mundial en el sector manufacturero, siendo líder en ciencia e innovación tecnológica (Casalet, 2018). Asimismo, según Ortega (2019), el 40% del comercio electrónico global es proveniente de China, además a pesar de ser el país más contaminando por sus prácticas industriales, es líder en energías renovables y vende el 50% de los vehículos eléctricos del mundo, se ha convertido en una sociedad que ha reducido el dinero en efectivo, en 2017 presentó 1.38 millones de patentes y para 2049 esperan ser líderes en el uso de las tecnologías habilitadoras de la I4.0.

Asimismo, existen otras iniciativas de políticas referentes a la I4.0, por ejemplo, de igual manera en 2015, en España se lanza la iniciativa Industria Conectada 4.0, en la cual, a través de la colaboración del sector público y privado, buscan aumentar el producto interno bruto (PIB) del sector industrial mediante la integración y desarrollo de las tecnologías habilitadoras en la pequeñas y medias empresas del sector, así como de las competencias necesarias para afrontar la I4.0 (Gobierno de España, 2015). Por su parte, en 2017, Italia promueve el Plan nacional I4.0, el cual busca la atracción de inversión

extranjera para la investigación y desarrollo (I+D) en tecnologías habilitadoras de la I4.0, el desarrollo de programas educativos en las IES para afrontar la nueva oferta de empleos que traerá la I4.0, y el desarrollo y maduración de los clústeres tecnológicos de fábricas inteligentes (European Commission, 2017).

Por otro lado, en América Latina existen iniciativas similares a las mencionadas en el párrafo anterior. Para el año 2019, el Ministerio de ciencia, tecnología, innovación y comunicación (MCTIC) de Brasil, a través de la cámara de la I4.0, presenta un plan de acción para el periodo 2019-2022, que tiene por objetivo aumentar la productividad de las empresas, capacitando al recurso humano y promoviendo la incorporación de tecnologías de la I4.0 en las pequeñas y medianas empresas (MCTIC, 2019). Según la Confederación Nacional de Industria de Brasil (CNI, 2018), en su estudio prospectivo para 2027, menciona que solo el 22% de las empresas tendrán en su cadena de valor las tecnologías habilitadoras de la I4.0.

De igual manera, en el año 2019, Argentina presenta el Plan Industria Argentina 4.0 para: aumentar la competitividad de la industria a través del uso de tecnologías de la I4.0, favorecer la gestión del conocimiento y transferencia de tecnología, estimular la creación de clústeres de tecnología, crear instituciones que ofrezcan servicios de solución tecnológica, mejorar los sistemas educativos a fin de que se inserten en este nuevo paradigma y promover las tecnologías de la I4.0 en el sector público y privado, así como, ofertar capacitaciones en el sector industrial sobre el uso de las tecnologías de la I4.0 (Boletín oficial de la República Argentina, 2019).

Por su parte, la iniciativa de México para el tránsito hacia una economía basada en las tendencias de la I4.0, que según la Secretaría de Economía (2020), encuentra su rezago en este paradigma debido a las ineficientes competencias y conocimientos del recurso humano, la falta vinculación efectiva entre la academia y las empresas, la capacidad faltante de las instituciones en I+D y el poco apoyo en crédito financiero para las empresas que desean invertir en innovación; se da a través del Programa Sectorial de Economía 2020-2024, que tiene entre otros objetivos prioritarios “fomentar la innovación y el desarrollo

económico de los sectores productivos” (p.13). A través de este objetivo se espera que la innovación sea un eje principal para el crecimiento económico y competitivo de México.

Además, algunas de las acciones para el cumplimiento del objetivo mencionado en el párrafo anterior por parte de la Secretaría de Economía (2020) son: fomentar la adopción de las tecnologías habilitadoras de la I4.0 y el desarrollo de la economía digital, realizar estudios especializados (reportes, mapas rutas, etc) para impulsar a las industrias estratégicas hacia el tránsito hacia la I4.0, apoyar la creación y fortalecer centros de innovación industrial del país, formar capital humano especializados en tecnologías de la información, promover la transferencia de tecnología y la vinculación entre empresas, fomentar el *big data* en el modelo de la triple hélice de innovación, desarrollar normas tecnológicas, fomentar el empleo de infraestructura tecnológica de la academia o del estado por parte del sector productivo, desarrollar mecanismos de vinculación entre academia y empresa para conocer las necesidades reales de la industria y replantar los planes de estudio, fomentar certificaciones con estándares internacionales en manufactura de alta tecnología, modular instrumentos que acrecienten el conocimiento y capacidades de los innovadores industriales, aumentar la eficiencia de los trámites de derechos de propiedad industrial y gestionar soluciones tecnológicas en los diferentes sectores productivos.

A través de las iniciativas mencionadas anteriormente, se observa que los países latinoamericanos se encuentran rezagados ante las potencias europeas y asiáticas. A pesar de esto, es alentador que se den cuenta que el tránsito hacia la I4.0 es el camino para crear ventaja competitiva y desarrollo económico en las naciones y así aumentar la calidad de vida de sus habitantes.

### **2.2.2 Tecnologías habilitadoras**

Así como sus antecesoras, esta cuarta revolución industrial tiene su desarrollo en ciertas tecnologías clave. No existe un consenso de cuantas y cuáles son las tecnologías “pilares” de la I4.0, algunos autores como Blanco, Fontodrón y Poveda (2017), mencionan que son nueve las tecnologías que fundamentan la digitalización industrial: Big data, robots autónomos, simulación, SCF, internet de las cosas (IoT), ciberseguridad, la nube, manufactura aditiva y realidad aumentada. Por el contrario para Basco et al. (2018) son



diez las tecnologías habilitadoras en la I4.0 agregando la inteligencia artificial (IA). Incluso Brixner, Isaak, Mochi, Ozono y Yoguel (2019) postulan catorce tecnologías habilitadoras, agregando a las anteriores clasificaciones la realidad virtual, manufactura digital sustractiva, realidad mixta, y cadena de bloques. Como se puede observar al paso de los años se van agregando nuevos tipos de tecnología a la lista, en la **Tabla 2.6** se muestra una clasificación de acuerdo a las diferentes propuestas.

**Tabla 0.6**  
**Tecnologías habilitadoras**

Tecnología	Descripción
IoT	Son todos aquellos dispositivos físicos (máquinas, equipos, herramientas, servidores, etc.) que de alguna manera están conectados a internet y que pueden ser modificados con independencia de los humanos (OECD, 2016).
SCF	Son aquellos dispositivos integrados de tecnologías de la información y comunicación, que cuentan con inteligencia y autonomía para tomar decisiones entre los diferentes sistemas físicos y virtuales de la cadena de suministros de la empresa (Brixner et al., 2019).
IA	Es dotar de capacidad a una computadora para identificar patrones, aprender procesos, analizar información y actuar con base en los datos procesados, simulando los procesos de razonamiento de la inteligencia humana (ACAN, 2017).
Realidad virtual	Es un entorno virtual creado mediante una computadora, que simula o replique un sistema, el cual mediante un dispositivo, le permite al usuario interactuar con este en tiempo real (Otegui, 2017).
Realidad aumentada	Es la visualización en tiempo real, mediante un dispositivo, de objetos virtuales en entornos reales (Brixner et al., 2019).
Realidad mixta	Es la combinación de la realidad virtual y aumentada con el IoT, donde la realidad virtual proporciona información a la realidad aumentada para la toma de decisiones en entornos reales, el IoT permite conectar el entorno del usuario con el de otras personas (Kunkel & Soechtig, 2017).
Manufactura digital aditiva o fabricación aditiva	Según la American Society for Testing and Materials (ASTM, 2017) es “el proceso de unión de materiales para crear objetos desde un modelo 3D, la unión se produce usualmente capa tras capa, en contraposición a las tecnologías de fabricación sustractiva” (p. 2).
Manufactura digital sustractiva	Es el proceso de creación de objetos a través del desbaste o corte de materiales a partir de un archivo CAD (Torreblanca, 2016).
Simulación	Es la representación computarizada de un sistema, que permite replicar y predecir el comportamiento del sistema en diversas situaciones (ACAN, 2017).
La nube	Es una plataforma que sirve para gestionar recursos informáticos a través del internet (Basco et al., 2018).
Big data y análisis de datos	Es la tecnología para la toma de decisiones que permite analizar e interpretar grandes cantidades de datos provenientes de SCF o el IoT (Salazar, 2016).
Robots autónomos y robótica colaborativa	Son aquellas máquinas flexibles que automatizan y comparten tareas que antes estaban previstas solo para el ser humano (Basco et al., 2018).
Ciberseguridad	Para Abusaid, Cristofori, MacGregor y Waisser (2018) “es el conjunto de acciones tomadas por organizaciones e individuos para mitigar los riesgos que enfrentan en el ciberespacio, con el propósito de disminuir la probabilidad de sufrir un ciberataque”(p. 21).

Cadena de bloques (Blockchain)	Es un software que permite la gestión de transacciones de información y monetarias con criptomonedas, a través de una red colaborativa en internet (EquiSoft, 2017).
--------------------------------	--

Fuente: Elaboración propia basada en autores.

Por otro lado, estas tecnologías habilitadoras están marcando las tendencias económicas en el mundo, por ejemplo, según Basco et al. (2018), el 75% de los robots industriales que se encuentran repartidos alrededor de las fábricas en el mundo se concentra en China, Corea del Sur, Japón, Estados Unidos y Alemania, siendo la industria automotriz y la industria de la eléctrica y electrónica las que más acaparan esta tecnología habilitadora, cabe mencionar que hasta el 2016, el promedio mundial de robots por número de empleados fue de 74 robots por cada 10,000 empleados.

### 2.2.3 Industria 4.0 y las IES

Así como las revoluciones industriales han cambiado las formas de producción y ofrecer servicios, igualmente los sistemas educativos han tenido que adaptarse a estas revoluciones para no quedarse rezagadas en el tiempo. Sin embargo, debido a la cantidad de innovaciones e información que existe en este nuevo paradigma, los modelos educativos no se están adaptando a la velocidad requerida por la industria (Sánchez, 2019).

Por su parte, las profesiones que demanda actualmente la I4.0 según la UGTCyL (2016), son las relacionadas con: *Machine learning*, manufactura esbelta matemáticas, estadística, ciencia de datos, *marketing digital*, programación, mantenimiento, ingeniería de sistemas, calidad, ingeniería de procesos, manejo de máquinas de control numérico, ingeniería en electrónica y automatización. Además, se menciona que en los próximos diez años se necesitarán cubrir los siguientes perfiles debido a la transformación digital: Calidad de software, arquitectura de *big data*, *project manager* en tecnologías de la información, diseño de experiencia de usuario (*UX design*) y desarrollador de aplicaciones de Android o IOS.

Por lo tanto, ante la I4.0 surge el término de Educación 4.0 (E4.0), que le hace equidad desde el sistema educativo para contrarrestar las necesidades de la industria y la sociedad (Martínez, 2019). Para De la Iglesia (2019) en la E4.0 debe existir cooperación y comunicación más profunda entre alumno y el profesor, donde este último no debe ser el

único medio de aprendizaje pero si la persona que debe tener la experiencia y conocimientos en las áreas de tecnologías disruptivas, además las TI deben ser medios de generación de conocimiento e interacción para el alumno dentro de las aulas y fuera de ellas.

Además, con todos los avances tecnológicos de la I4.0, las IES que ofrecen carreras dedicadas a la ingeniería son las que deben de tomar acciones en el sistema educativo. Ante esto, Carvajal (2017) propone el término de ingeniería 4.0 en las IES, el cual debe de cumplir con las necesidades de la industria, a través de vinculación empresa-universidad, desarrollando planes curriculares donde los alumnos pasen menos tiempo en el aula y sea complementado con residencias profesionales o pasantías, de igual manera bajo este término se debe desarrollar nuevas formas de aprendizajes y enseñanza donde el aprendizaje por e-learning o a distancia debería ser obligatorio.

Sin embargo, para que las IES puedan desarrollarse en el paradigma de la I4.0 necesitan apoyo por parte de los gobiernos, instituciones públicas o asociaciones, por ejemplo, la estrategia de ciberseguridad del Reino Unido busca que para el 2021 existan programas de educación en todos los niveles educativos y posgrados de calidad en materia de cibereducación con el fin de posicionar a la nación como líder mundial en ciberciencia y en cibertecnología (HM Government, 2016). En México la ANUIES (2018a) espera que para el 2030 la mayoría de los egresados de las IES tengan las competencias necesarias para responder a las exigencias de la I4.0, para esto impulsará financiamientos en busca de desarrollo de nuevo proyectos y modelos educativos en todos los subsistemas de educación superior.

### **2.3 Estudios empíricos**

En esta sección se mencionan los estudios más relevantes que se han llevado a cabo para medir las capacidades tecnológicas de las instituciones de educación superior en Latinoamérica, así como los estudios que se han hecho sobre las competencias técnicas y personales que se necesitan en la I4.0, además de estudios sobre programas de educación dual que se llevaron a cabo en instituciones pertenecientes al Tecnológico Nacional de México.

### **2.3.1 Estudios empíricos de capacidades tecnológicas en las instituciones de educación superior**

Se han hecho varios estudios empíricos para medir diferentes capacidades tecnológicas en las IES. En Colombia, Romero et al. (2018) evaluaron las capacidades de dirección estratégica, gestión de la innovación, de aprendizaje, infraestructura y vinculación de dos IES, mediante indicadores cuantitativos y cualitativos, con el nombre de recursos y rutinas respectivamente. Los indicadores de recursos les permitieron cuantificar los elementos necesarios para la operación de la IES (porcentajes que miden el uso de laboratorios, patentes concedidas, presupuesto destinado a la innovación, etc.) y con los indicadores de rutina cualificaron que existieran los procedimientos documentados para que los recursos se puedan operar.

De igual manera, Henao et al. (2014) evalúan la capacidad de formación, infraestructura, transferencia de tecnología y vinculación de la Universidad de Antioquia, a través de una clasificación de indicadores, llamados, de posiciones, de procesos y de trayectoria. Los indicadores de posiciones miden la capacidad académica que tienen las IES para la investigación y la innovación (porcentaje de estudiantes y profesores en posgrado, porcentaje de estudiantes y profesores dedicados a proyectos de innovación, porcentaje de profesores con doctorado, etc.), los indicadores de procesos miden la capacidad de infraestructura y transferencia de tecnología (porcentaje de laboratorios disponibles para la investigación, existencia de oficinas de transferencia, porcentaje de patentes concedidas, etc.) y los indicadores de trayectoria evalúan la capacidad de vinculación con empresas privadas y otras IES.

Por otro lado, hay casos particulares donde se evaluó solo un tipo de capacidad, por ejemplo, Ortiz et al., (2008) evaluaron la capacidad de innovación mediante indicadores que miden los montos económicos y las veces que se gastó en infraestructura tecnológica. De igual manera, Toto y García (2012) evalúan las capacidades de vinculación de una IES en Veracruz, México, a través de indicadores cuantitativos y cualitativos, lo interesante de este caso es que los indicadores cualitativos miden percepciones y opiniones por parte del sector industrial, sobre los servicios, el prestigio, la calidad académica, el posicionamiento e incluso la imagen institucional de la IES.

### **2.3.2 Estudios empíricos sobre conocimientos y competencias necesarias en la industria 4.0**

El rol de las IES es de vital importancia para preparar a los profesionistas ante el nuevo paradigma de I4.0, a continuación, se muestran investigaciones empíricas realizadas por Bughin et al. (2018), Blázquez et al. (2019) y Peña (2019), para saber las competencias y habilidades exigidas por la I4.0 a los jóvenes que egresan de las IES y los trabajadores en general.

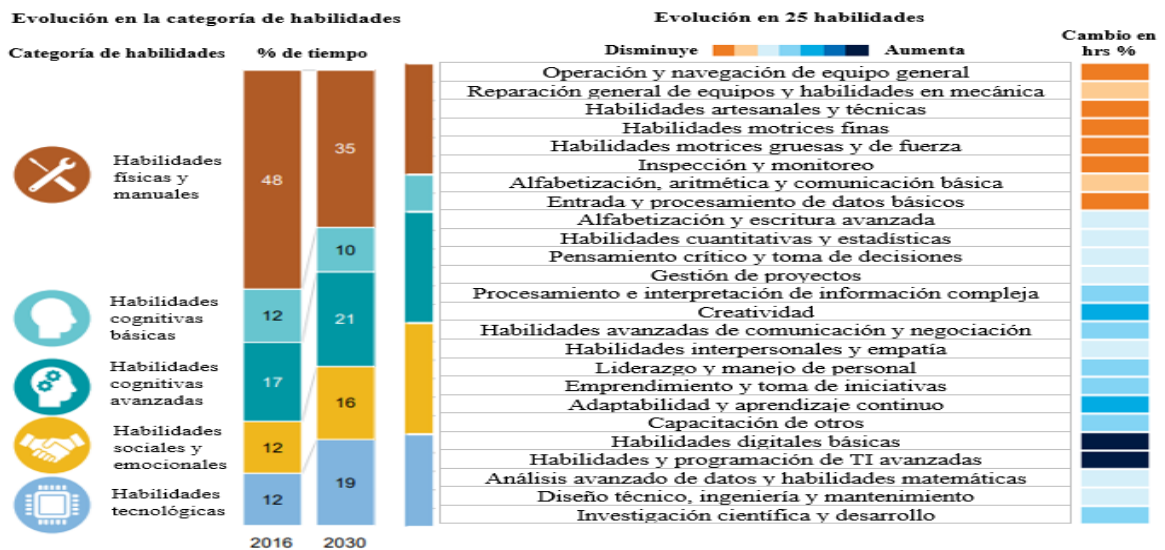
Según el informe prospectivo de Bughin et al. (2018) desarrollado en empresas de Estados Unidos y Europa Occidental, señala que en 2030 con la adopción acelerada de la automatización y la inteligencia artificial en la manufactura, afectará la demanda en horas de trabajo en cinco categorías de habilidades: Las físicas y manuales, las cognitivas básicas, las cognitivas avanzadas, las sociales y emocionales, y las tecnológicas. Como se muestra en la figura 2.3, aumentará en promedio de 4%, la demanda en horas de la categoría de las habilidades sociales y emocionales, esta categoría la componen habilidades como: la adaptabilidad y aprendizaje continuo, la capacitación de otros, el emprendimiento y toma de iniciativas, el liderazgo y manejo de personal, las habilidades interpersonales y empatía, y las habilidades avanzadas de comunicación y negociación. De igual forma, la categoría de habilidades cognitivas avanzadas aumentará 4%, a esta categoría de habilidades pertenecen: la alfabetización y escritura avanzada, habilidades cuantitativas y estadísticas, pensamiento crítico y toma de decisiones, gestión de proyectos, procesamiento e interpretación de información compleja y la creatividad. Las habilidades tecnológicas por su parte, aumentarán en promedio 7%, esta categoría esta compuesta por habilidades como: las digitales básicas, habilidades y programación de tecnologías de la información avanzadas, el análisis avanzado de datos y habilidades matemáticas, el diseño técnico, ingeniería y mantenimiento, y la investigación científica y desarrollo.

Por otro lado, siguiendo con el estudio de Bughin et al. (2018), la demanda de habilidades físicas y manuales disminuirá en promedio hasta 13%, a esta categoría pertenecen: La operación y navegación de equipo general, la reparación general de equipos y habilidades en mecánica, las habilidades artesanales y técnicas, la habilidades motrices finas, las habilidades motrices gruesas y de fuerza, y la inspección y monitoreo. Asimismo,

las habilidades como la alfabetización, aritmética y comunicación básica, y la entrada y procesamiento de datos básicos, que entran en la categoría de habilidades cognitivas básicas, disminuirán en promedio 2%, como se observa en la **Figura 2.3**. Por lo tanto, debido a los cambios en las habilidades que se necesitarán en el 2030, se requerirá que las empresas y las IES consideren reconfigurar las formas de aprendizaje y enseñanza de los estudiantes y trabajadores, ya que, según el estudio solamente las personas altamente calificadas y cualificadas tienen más probabilidades de ser contratadas, recibir nuevas capacitaciones, y aumentar su salario.

**Figura 0.3**

**Demanda de las habilidades en el sector de la manufactura para 2030**



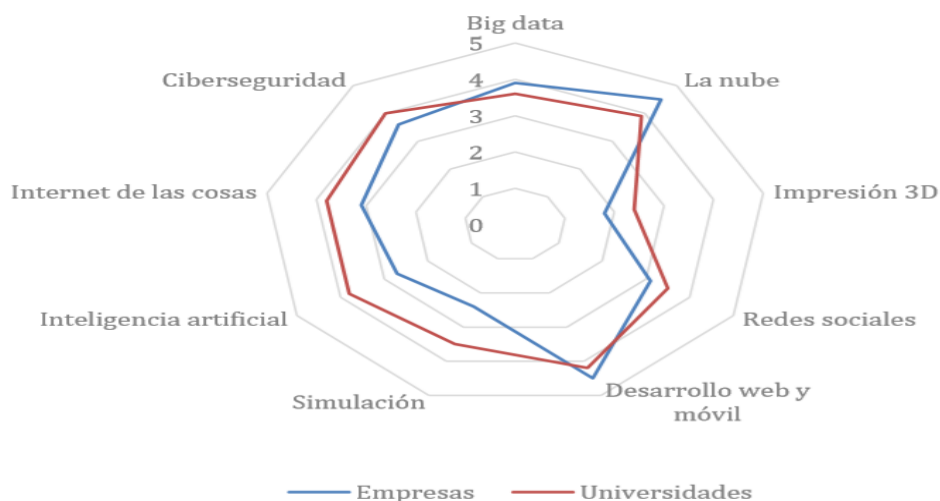
Fuente: Adaptado de Bughin et al. (2018).

Blázquez et al. (2019) en búsqueda de saber las razones de desempleo en los jóvenes menores de 25 años, realizaron un estudio para conocer las perspectivas de creación de empleo y competencias requeridas por la industria española en la cuarta revolución industrial, aplicando entrevistas y encuestas a 53 empresas importantes. Entre los resultados obtenidos del estudio, se señala que, el 67% de los trabajos los ocupan empleados formados en IES, el 72 % de las empresas consideran que la digitalización industrial influye en los nuevos perfiles de trabajo y que tienen dificultades para cubrir los puestos que ofrecen, el 68% mencionan que los empleados contratados de IES no tienen los conocimientos en

tecnologías habilitadoras y además el 52% indican que los empleados provenientes de estas instituciones no tienen el nivel de inglés requerido. De igual manera, el estudio destaca que el 100% de las empresas consideran importantes las habilidades de trabajo en equipo y la capacidad de ejecución de las tareas, así como el 91% considera importante la capacidad de comunicación, igualmente, las empresas hacen referencia que para 2023 las áreas de conocimiento en el que se requerirá más talento humano, son las ligadas al big data, marketing digital, IA, idiomas, cadena de bloques y finanzas.

Por su parte, Peña (2019), realizó un estudio en Yucatán, México, para identificar las competencias y áreas de conocimiento de las IES y las empresas del sector TIC, además de analizar las acciones que está tomando el gobierno para la implementación de la I4.0, entrevistando y encuestando a 39 empresas, 22 programas educativos que tienen en su plan curricular relación con las TIC, una cámara de TIC y una secretaría pública. Entre los resultados del estudio se afirma que el 67% de las empresas conocen el término de I4.0, el 48% realiza actividades correspondientes a las tecnologías habilitadoras, siendo el big data, IoT, IA y el desarrollo de programas ERP, el 42% de estas actividades, pero solo el 35% de las empresas considera importante que su capital humano se capacite o certifique en las tecnologías disruptivas. Igualmente, los empresarios consideran que las competencias técnicas y personal más importantes que tienen que tener los empleados, son los conocimientos en programación, capacidad de análisis de datos, resolución de problemas, creatividad y aprendizaje, adaptabilidad al cambio y la confianza en tecnologías de la I4.0. Con respecto a las nuevas tecnologías de la industria TIC, en promedio el 67% de las empresas consideran como más importantes la nube y el desarrollo web y móvil, este último siendo de igual importancia para coordinadores de los programas de las IES. La **Figura 2.4** resume la comparación de la importancia de las áreas de conocimiento en la I4.0, para las empresas y universidades de este estudio.

**Figura 0.4 Evaluación de áreas de conocimiento entre empresas e instituciones educativas**



Fuente: Peña (2019).

Por último, algo importante a destacar entre los dos estudios, es que las empresas afirman la importancia de las IES en el nuevo paradigma. En el estudio de Blázquez et al. (2019) las empresas destacan la vital importancia de la educación dual y las prácticas profesionales para el desarrollo de los alumnos, además de que el 87% de las empresas quisieran tener contacto con la academia para definir en conjunto, las habilidades y conocimientos que consideran importantes incluir en los planes educativos. En esa misma línea, en el estudio de Peña (2019), el 100% de las empresas reconocen la importancia de IES y la necesidad que tienen de vincularse con éstas para afrontar los cambios tecnológicos.

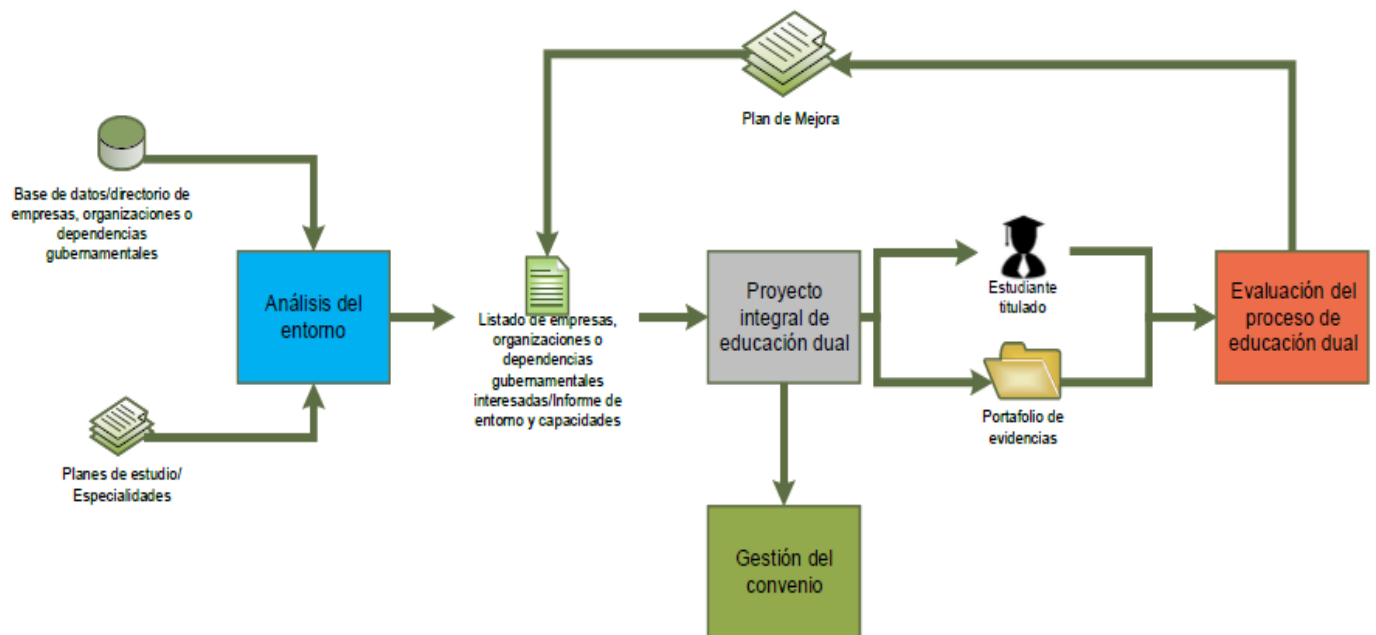
### **2.3.3 Estudios empíricos del modelo de formación profesional dual**

Debido a la importancia que la ANUIES (2018a), y autores como Blázquez et al. (2019) y Kahale (2016) le dan a la FPD en las IES, a continuación se expone el caso del TecNM. El modelo de educación dual del TecNM o también llamado MEDTecNM, es una opción de titulación integral, que puede optar cada carrera de los diferentes ITs, y que consiste en formar y desarrollar las competencias de los alumnos en un entorno laboral real, de acuerdo al perfil de egreso de cada una, por medio de un plan formativo o proyecto integral, elaborado entre los ITs y las empresas o dependencias de gobierno. Como mínimo



el plan formativo que se genere para el alumno, debe ser de al menos mil horas de estancia (TecNM, 2015). En la **Figura 2.5** se ilustra el proceso del MEDTecNM.

**Figura 0.5 Diagrama del MEDTecNM**



Fuente: TecNM (2015).

Como se mencionó en el párrafo anterior el MEDTecNM es una opción más, actualmente son pocos los casos documentados de carreras que hayan optado por este modelo como medio de titulación. En el Instituto Tecnológico de Tijuana, Vargas, Ríos, Borja y Carey (2016), documentaron tres casos de programas educativos diferentes que ofrecieron el MEDTecNM a los estudiantes. El primero fue una vinculación, en el año 2014, entre las carreras de arquitectura e ingeniería civil con una empresa de construcción llamada SEICA, lo interesante de este caso es que el objetivo de estos programas educativos era concretar una nueva especialidad en gestión de proyectos operativos, a través, del modelo dual. Para el año 2016, treinta estudiantes de las carreras de arquitectura e ingeniería civil ya se habían beneficiado del programa. El segundo caso, igualmente en el año 2014, es una vinculación entre la carrera de ingeniería en logística con Rogers Foam, una empresa manufacturera de plásticos, al final de la pasantía los alumnos cumplieron con los objetivos delimitados por la empresa como: gestionar la planeación de procesos

productivos mejorando el servicio al cliente, reducir el scrap en un 30% y diseñar métricos de control logístico, el estudio no menciona cuantos estudiantes se beneficiaron en este programa. Por último, el tercer caso, es un programa de vinculación del 2014, entre el ITT y otras IES con Turbo tecnología de reparaciones, una empresa dedicada al diseño y producción de partes de turbinas. Este último caso tiene la particularidad que la empresa buscaba desarrollar un centro de capacitación de manufactura avanzada, con 1200 horas de curso, con el objetivo de preparar talento humano de clase mundial especializados en programación de control numérico computacional de cinco ejes. El perfil del talento humano que buscaba la empresa eran estudiantes de ingeniería mecánica, electromecánica, aeronáutica o aeroespacial con especialidad en diseño y manufactura, que manejaran el idioma inglés a un nivel intermedio, que tengan horarios flexibles, que cuenten con visa, entre otros. Para el año 2014, cuatro alumnos del ITT fueron admitidos en el programa de capacitación, en el año 2015, seis estudiantes fueron aceptados y en el 2016 la misma cantidad que el año anterior.

En el caso de Yucatán, en 2017, la carrera de ingeniería en sistemas computacionales del Instituto Tecnológico de Mérida, adoptó el MEDTecNM para la titulación integral de los estudiantes. Está primera generación contó con seis estudiantes de veinticinco que se postularon para realizar una pasantía de un año, con una empresa líder en el desarrollo de software (no revelan nombre). Al final del periodo de pasantía cinco estudiantes fueron contratados por la empresa. Además, para el primer semestre de 2018, diez estudiantes ya se encontraban realizando pasantía en la misma empresa, y se esperaba que para el segundo semestre de 2018, dos empresas más de desarrollo de software se vincularan bajo el MEDTecNM (Sánchez, García, & Álvarez, 2018).

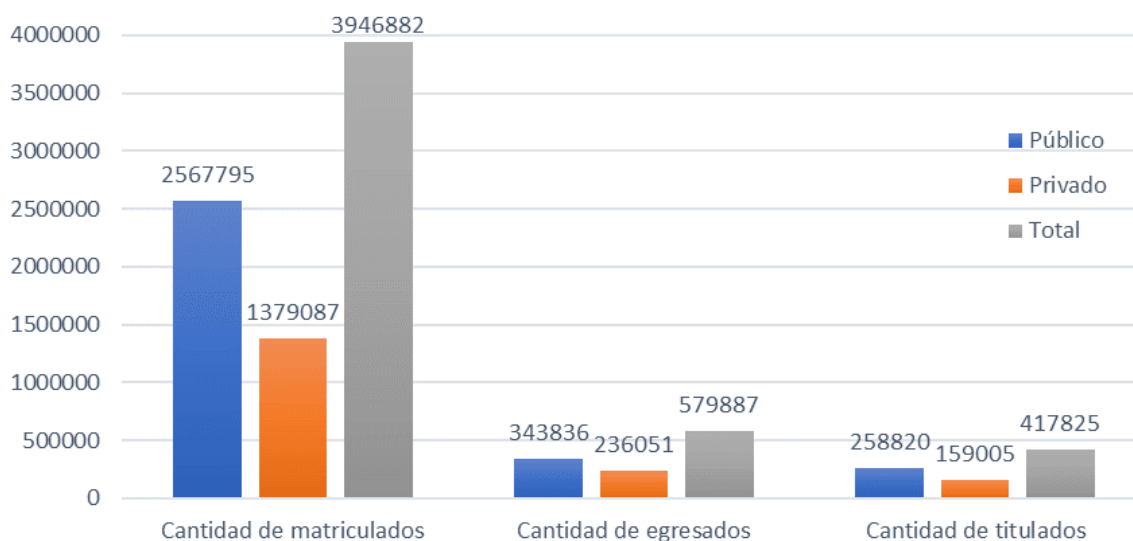
## CAPÍTULO III. MARCO CONTEXTUAL

### 3.1 Institutos de educación superior en México

De acuerdo a la ANUIES (2018b), México cuenta con 2,771 institutos de educación superior (sin contar IES de educación normal) distribuidos en los 32 estados del país, de los cuáles, el 75.14% son IES privadas y solo el 24.86% son públicas. Además, la matrícula a nivel licenciatura para el periodo 2017-2018 fue de 3,946,882 alumnos, egresaron 579,887 y se titularon 417,825. En la **Figura 3.1** se resumen cuantos alumnos matriculados, egresados y titulados provinieron de IES públicos y privados.

**Figura 0.1**

#### Número de matriculados, egresados y titulados de IES públicas y privadas



Fuente: Elaboración propia con información de ANUIES (2018b).

Por otro lado, como se muestra en la **Tabla 3.1**, el estado de Puebla tiene el mayor número de IES con 225 y Baja California Sur el menor, con tan solo 17, aunque, el estado con mayor número de alumnos matriculados para el periodo 2017-2018, es la Ciudad de México con 649,734, de igual manera la Ciudad de México contó con el mayor número de egresados con 83,399, sin embargo, el estado con mayor número de titulados fue el Estado de México.

**Tabla 0.1**

**Estadísticas de IES a nivel licenciatura por estado de la República Mexicana**

Estado	IES pública	IES privada	Total de IES	Total de matriculados	Total de egresados	Total de titulados
Puebla	44	181	225	243,572	30,977	23,857
Estado de México	48	170	218	444,820	66,270	48,278
Ciudad de México	44	162	206	649,734	83,399	43,922
Veracruz	43	129	172	225,732	29,827	25,808
Jalisco	22	106	128	246,567	37,753	27,459
Chiapas	18	108	126	111,147	23,451	15,819
Guanajuato	27	99	126	148,043	20,709	16,516
Nuevo León	15	99	114	199,153	26,182	22,213
Michoacán	29	74	103	108,626	16,980	13,069
Coahuila	28	65	93	93,104	13,751	8,766
Guerrero	22	69	91	68,560	12,531	8,223
Hidalgo	25	64	89	88,026	14,992	13,602
Tamaulipas	25	62	87	107,920	18,712	14,281
Morelos	11	73	84	57,895	9,317	6,668
Chihuahua	26	51	77	112,551	16,181	11,735
Oaxaca	31	43	74	70,800	11,269	6,889
Yucatán	14	56	70	63,827	11,150	9,102
Baja California	11	58	69	122,781	18,490	11,786
Sinaloa	23	38	61	138,774	22,659	14,848
Querétaro	12	48	60	69,871	11,558	9,686
San Luis Potosí	15	39	54	80,304	10,461	8,313
Sonora	26	27	53	98,520	12,574	10,851
Tabasco	21	31	52	75,398	10,991	7,528
Nayarit	10	40	50	38,958	6,801	5,125
Quintana Roo	15	33	48	38,638	5,788	3,907
Durango	19	26	45	46,654	7,021	5,805
Zacatecas	19	21	40	47,597	6,284	4,816
Aguascalientes	11	27	38	45,644	7,293	5,026
Tlaxcala	8	29	37	32,092	5,131	4,247
Campeche	14	18	32	25,731	3,722	3,755
Colima	5	27	32	24,871	4,785	3,588
Baja California Sur	8	9	17	20,972	2,878	2,337

Fuente: Elaboración propia con información de ANUIES (2018b).

Asimismo, como se observa en la **Tabla 3.2**, el total de IES que ofrecen posgrados en la República Mexicana son 1,627 que se dividen en 392 públicas y 1,235 privadas. La matrícula de los posgrados corresponde solo al 7.47% del total de la matrícula de licenciatura en México para el periodo 2017 -2018 (ANUIES, 2018b). La Ciudad de México tiene el mayor número de IES que ofrecen posgrados teniendo de igual manera el mayor número de IES privados con esta característica, sin embargo, el Estado de México cuenta con más IES públicos que ofrecen algún programa de posgrado (ver tabla 3.2).

**Tabla 0.2**

**Estadísticas de IES a nivel posgrado por estado de la República Mexicana**

Estado	IES pública	IES privada	Total de IES	Total de matriculados	Total de egresados	Total de titulados
Aguascalientes	8	16	24	3,399	1,049	708
Baja California	15	33	48	7,951	2,774	1,864
Baja California Sur	7	5	12	1,043	330	210
Campeche	11	14	25	3,276	735	539
Chiapas	8	74	82	11,811	5,568	3,265
Chihuahua	14	29	43	6,244	2,407	1,944
Coahuila	15	24	39	6,663	1,953	1,201
Colima	3	13	16	1,349	606	428
Ciudad De México	26	142	168	78,982	14,318	15,141
Durango	14	28	42	3,758	1,408	973
Guanajuato	19	51	70	10,240	3,786	2,160
Guerrero	9	24	33	2,135	1,126	766
Hidalgo	9	41	50	3,937	2,067	973
Jalisco	18	65	83	14,023	5,617	3,299
Estado de México	30	85	115	30,905	10,630	6,699
Michoacán	14	27	41	7,002	2,454	1,333
Morelos	10	34	44	5,182	1,922	1,389
Nayarit	4	31	35	3,239	1,628	878
Nuevo León	10	75	85	16,303	6,609	4,174
Oaxaca	13	22	35	2,461	1,136	662
Puebla	13	106	119	24,150	15,506	9,648
Querétaro	11	21	32	5,051	1,300	1,023
Quintana Roo	10	20	30	2,562	867	732
San Luis Potosí	9	18	27	5,413	1,555	1,300
Sinaloa	14	26	40	5,280	2,371	1,748
Sonora	15	18	33	4,601	2,015	1,704
Tabasco	8	19	27	2,992	1,312	892
Tamaulipas	14	26	40	5,144	2,593	2,200
Tlaxcala	5	10	15	1,664	584	310
Veracruz	18	83	101	10,905	5,134	3,332
Yucatán	11	37	48	4,139	1,729	1,319
Zacatecas	7	18	25	2,880	1,111	480

Fuente: Elaboración propia con información de ANUIES (2018b).

**3.2 Tecnológico Nacional de México**

Desde el año 1984, los Institutos Tecnológicos de México han formado y capacitado, en su mayoría, a los ingenieros del país, siendo el 43% de los ingenieros que se forman en el país egresado de algún plan educativo del TecNM (SEGOB, 2018). Luego de una larga reestructuración, en 2014, a través del DOF se decretó la creación del Tecnológico Nacional de México (TecNM), como un órgano desconcentrado de la SEP, con el propósito de

formar profesionistas que solucionen los problemas de la sociedad a nivel regional y nacional, a través del desarrollo de pensamiento crítico, la ética, el emprendimiento, y la innovación (TecNM, 2019a).

Actualmente el TecNM cuenta con 254 instituciones alrededor del país, los cuales ofrecen programas educativos de licenciatura, maestría, doctorado y especialidades. Las 254 instituciones se dividen en: 126 son Institutos Tecnológicos Federales, 122 Institutos Tecnológicos Descentralizados, 4 Centros Regionales de Optimización y Desarrollo de Equipo (CRODE), un Centro Interdisciplinario de Investigación y Docencia en Educación Técnica (CIIDET) y un Centro Nacional de Investigación y Desarrollo Tecnológico (CENIDET) (TecNM, 2019b).

El TecNM en su oferta educativa, según los datos del Sistema Nacional de Estadística del Tecnológico Nacional de México (SNETecNM, 2018), tiene 37 planes de estudio de ingenierías, 6 de licenciaturas económicas-administrativas y 102 de posgrados (65 maestrías, 24 doctorados y 13 especialidades). De igual manera, el TecNM cuenta con 28,988 docentes, de los cuales, 12,458 tienen algún posgrado, solo 13,529 son de tiempo completo, 2,174 tienen perfil deseable PRODEP y 705 pertenecen al SNI, en la **Tabla 3.3** se muestra más a detalle esta información.

**Tabla 0.3**

**Información del docente**

INFORMACIÓN DEL PERSONAL DOCENTE	NIVEL DE ESTUDIOS					
	Licenciatura	Especialidad	Maestría con Grado	Maestría sin Grado	Doctorado con Grado	Doctorado sin Grado
	14,992	237	10,076	1,538	1,865	280
Profesores con Posgrado	Profesores de Tiempo Completo (PTC)	PTC's con Posgrado	Profesores con Perfil Deseable		Profesores en el SNI	
12,458	13,529	7,497	2,174		705	

Fuente: SNETecNM (2018).

Por otra parte, en la **Tabla 3.4** se puede observar entre otros datos que, la matrícula total de alumnos pertenecientes en algún plan del TecNM, para el periodo 2017-2018, fue de 597,031, de los cuales 591,771 fueron de licenciatura, 5,042 de posgrado y 218 técnicos superiores universitarios. La matrícula total de egresados, del periodo 2016-2017, fue de 71,152 y la de titulados 54,185 alumnos (SNETecNM, 2018).

**Tabla 0.4**  
**Matrícula TecNM**

	TOTAL		ESCOLARIZADA		NO ESCOLARIZADA	
	<b>MATRÍCULA</b>	<b>597,031</b>		<b>580,128</b>		<b>16,903</b>
	Mujeres	Hombres	Mujeres	Hombres	Mujeres	Hombres
	224,133	372,898	216,937	363,191	7,196	9,707
	TÉCNICO SUPERIOR UNIVERSITARIO		LICENCIATURA		POSGRADO	
<b>MATRÍCULA POR NIVEL EDUCATIVO</b>	<b>218</b>		<b>591,771</b>		<b>5,042</b>	
	Mujeres	Hombres	Mujeres	Hombres	Mujeres	Hombres
	55	163	222,190	369,581	1,888	3,154
	Ingenierías	510,818	Económico-Administrativas		80,953	
	EGRESADOS		TITULADOS			
<b>EGRESADOS Y TITULADOS 2016-2017</b>	Total	Ago-Dic 2016	Ene-Jun 2017	Total	Ago-Dic 2016	Ene-Jun 2017
	<b>71,152</b>	41,206	29,946	<b>54,185</b>	21,653	32,532

Fuente: SNETecNM (2018).

Por último, el TecNM, a través de una valoración hecha de sus deficiencias en los ITs del país, identificó una serie de problemas que se manifiestan en cuatro rubros: infraestructura (necesidad de estrategias de mantenimiento y modernización, insuficiencia de infraestructura TI, edificios inconclusos, etc.), personal académico (profesionales sin perfil académico adecuado, profesores sin competencias para una docencia moderna, contrataciones de profesores por honorarios, etc.), docencia e investigación ( baja matrícula de posgrado, modelo educativo obsoleto, falta de fideicomiso de ciencia y tecnología, etc.), y gobernanza ( falta de control presupuestal, falta de normatividad, criterios poco claros para la asignación de recursos, etc.). El TecNM buscará solucionar estas deficiencias en un lapso de tiempo de 2019 a 2024 (TecNM, 2019a) .

### 3.3 Institutos de educación superior en Yucatán

De acuerdo con el Gobierno del Estado de Yucatán (2019), para el periodo 2018-2024 el estado contará con un crecimiento en la población de jóvenes de 20 a 24 años de edad, que demandarán programas educativos especializados por parte de las IES del estado, que les permitan tener mejores oportunidades en el mercado laboral. Actualmente el estado de Yucatán cuenta con 14 IES públicas y 56 IES privadas (sin contar IES de educación normal), como se muestra en la tabla 3.1, con 63,827 alumnos matriculados en el periodo 2017-2018.

Para Carvajal (2017), las IES que cuenten con programas de ingeniería son las que impulsarán a la sociedad hacia a la I4.0, ya que, se encargarán de formar personas calificadas y cualificadas para afrontar el entorno que la cuarta revolución industrial conllevara en los próximos años en América Latina. Aunado a lo anterior, como se observa en la **Tabla 3.5** las IES que ofrecen algún programa referente a ingenierías en el estado de Yucatán son 17 en total, siendo 10 privadas y solo 7 públicas, la matrícula de este tipo de IES representa el 24.89% del total de la matrícula del estado.

**Tabla 0.5**

**IES que ofrecen programas de ingenierías en el estado de Yucatán**

IES	Pública	Privada	Matrícula total	Egresados total	Titulados total
Enseñanza E Investigación Superior, A.C.		x	128	10	10
Filantrópica Y Educativa, A.C.		x	6	0	0
Instituto De Educación Superior Excelencia Y Humanismo		x	20	0	0
Instituto Tecnológico De Conkal	x		748	156	123
Instituto Tecnológico De Mérida	x		4,751	524	518
Instituto Tecnológico Del Petróleo Y Energía		x	52	0	0
Instituto Tecnológico Superior De Motul	x		830	121	141
Instituto Tecnológico De Tizimin	x		553	86	72
Instituto Tecnológico Superior De Valladolid	x		1,186	174	188
Instituto Tecnológico Superior Del Sur Del Estado De Yucatán	x		1,093	171	146
Instituto Tecnológico Superior Progreso	x		993	108	115
Universidad Aliat Campus Mérida		x	0	0	22
Universidad Anáhuac		x	456	55	49
Universidad Autónoma De Yucatán	x		2,574	332	267
Universidad Del Sur		x	26	20	11



Universidad Del Valle De México		x	165	22	14
Universidad Interamericana Para El Desarrollo		x	48	15	10
Universidad Interglobal		x	8	4	0
Universidad Latinoamericana, S.C.		x	14	0	0
Universidad Marista De Mérida		x	271	38	29
Universidad Mesoamericana De San Agustín		x	138	17	10
Universidad Modelo		x	509	52	38
Universidad Politécnica De Yucatán	x		253	0	0
Universidad Privada De La Península		x	88	14	11
Universidad Tecnológica Metropolitana	x		959	419	419
Universidad Valle Del Grijalva		x	0	6	0

Fuente: Elaboración propia con información de ANUIES (2018b).

En Yucatán solo existen tres universidades que ofrecen posgrados de ingeniería: la Universidad Autónoma de Yucatán con una maestría y un doctorado en ingeniería, el Instituto Tecnológico de Mérida con una maestría en ingeniería, y la Universidad Modelo con una maestría en ingeniería mecatrónica. Sin embargo, en Yucatán, existen IES y centros de investigación con posgrados relacionados a las ingenierías, las ciencias, las tecnologías y las matemáticas, donde solo el 8.02% de la matrícula total de este tipo de programas, en el ciclo 2017-2018, pertenece a las IES privadas como se observa en la **Tabla 3.6**.

**Tabla 0.6 Programas relacionados con la ingeniería y las ciencias en el estado de Yucatán**

IES	Programa	Matrícula total	Egresados total	Titulados total
Centro De Investigación Científica De Yucatán, A.C. (IES Pública)	Doctorado en ciencias (energía renovable)	21	1	3
	Doctorado en ciencias con especialidad en biotecnología de plantas	76	8	11
	Doctorado en materiales poliméricos	30	12	11
	Maestría en ciencias con especialidad en biotecnología de plantas	58	25	36

	Maestría en ciencias del agua	21	4	4
	Maestría en ciencias en energía renovable	32	12	11
	Maestría en materiales poliméricos	23	7	11
Centro De Investigación Y De Estudios Avanzados Del IPN (IES Pública)	Doctorado en ciencias con especialidad en física aplicada y física teórica	66	13	13
	Maestría en ciencias	21	8	8
	Maestría en ciencias especialidad física aplicada	27	23	23
Instituto Tecnológico De Conkal (IES Pública)	Doctorado en ciencias en agricultura tropical sustentable	21	4	3
	Maestría en ciencias en horticultura tropical	37	19	11
	Maestría en ciencias en producción pecuaria tropical	28	14	7
Instituto Tecnológico De Mérida (IES Pública)	Doctorado en ciencias de los alimentos y biotecnología	8	1	1
	Maestría en ciencias de los alimentos y biotecnología	19	13	13
	Maestría en ingeniería	20	3	3
Instituto Tecnológico De Tizimín (IES Pública)	Maestría en ciencias en agrosistemas sostenibles	7	0	0
Universidad Autónoma De Yucatán (IES Pública)	Doctorado en ciencias agropecuarias	3	5	5
	Doctorado en ingeniería	8	0	3
	Maestría en ciencias de la computación	18	9	9
	Maestría en ingeniería	64	25	23
Enseñanza E Investigación Superior, A.C. (IES privada)	Maestría en gestión de tecnologías de la información	0	7	7
Universidad Anáhuac (IES privada)	Maestría en gestión de la tecnología de la información	0	0	4
Universidad Interamericana para el Desarrollo (IES privada)	Maestría en tecnologías de la información y la comunicación	15	0	0
Universidad Marista De Mérida (IES privada)	Maestría en energías renovables	17	0	0
Universidad Modelo (IES privada)	Maestría en ingeniería mecatrónica	21	0	0

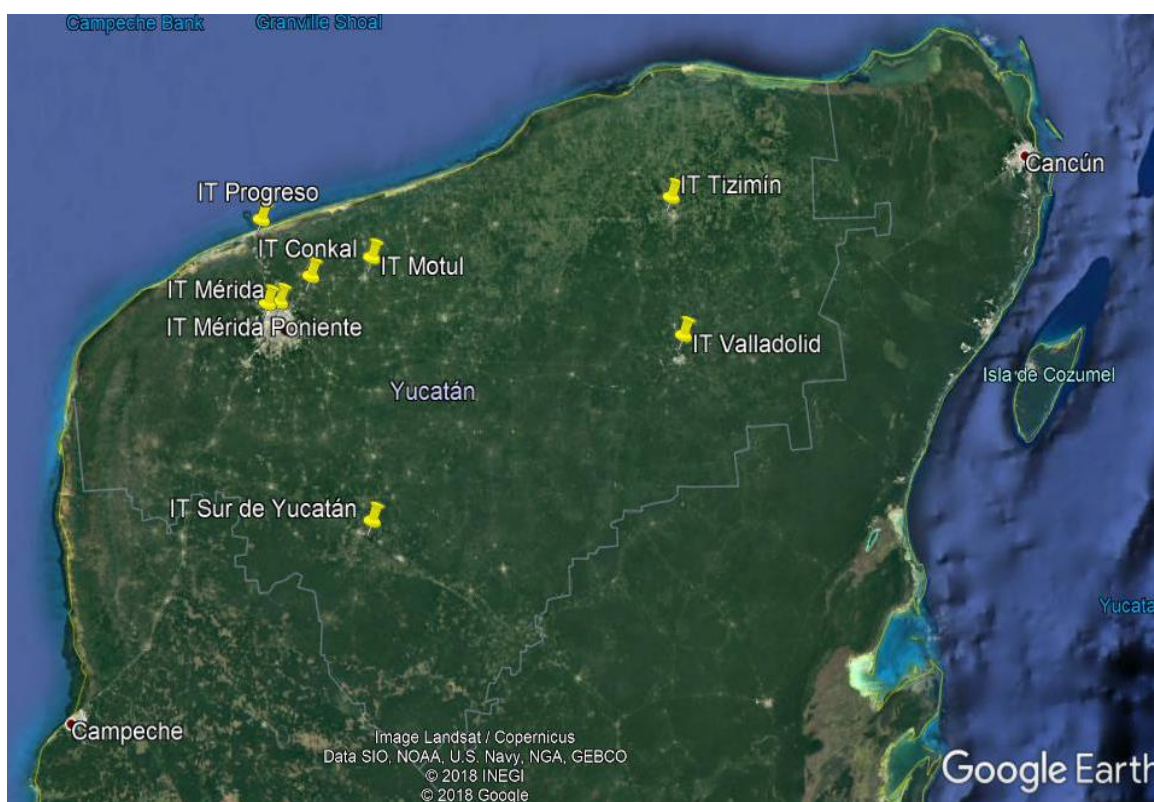
Fuente: Elaboración propia con información de ANUIES (2018b).

### 3.4 Institutos Tecnológicos del Estado de Yucatán

Derivado de la industrialización del país en el siglo XX, en 1961 se funda el Instituto Tecnológico de Mérida, en busca de fortalecer la economía del estado de Yucatán que hasta ese momento se basa en monocultivos (ITM, 2019a). Actualmente en el estado de Yucatán, como se muestra en la **Figura 3.2**, existen tres Institutos Tecnológicos Federales: el Instituto Tecnológico de Conkal (ITC), el Instituto Tecnológico de Tizimín (ITT) y el Instituto Tecnológico de Mérida (ITM, con un campus al poniente de la ciudad); y cuatro Institutos Tecnológicos Descentralizados que son: el Instituto Tecnológico Superior de Motul (ITSM), el Instituto Tecnológico Superior De Progreso (ITSP), el Instituto Tecnológico Superior De Valladolid (ITSVA) y el Instituto Tecnológico Superior Del Sur Del Estado De Yucatán (ITSSY).

**Figura 0.2**

**Ubicación de los institutos tecnológicos del estado de Yucatán**



Fuente: Google Earth (2019).

Para el ciclo 2017–2018, la matrícula total de alumnos que pertenecían a las IES en el estado de Yucatán era de 63,827 alumnos, de los cuales 11,973 pertenecían a algún programa educativo que ofrecen los Institutos Tecnológicos del estado de Yucatán. La matrícula de egresados fue de 1,601 alumnos y 1,553 pasantes se pudieron titular. Asimismo, la planta de docentes era de 734, de los cuales 426 contaban con posgrado, 399 eran de tiempo completo, 92 tenían perfil deseable y 33 pertenecían al SNI (SNETecNM, 2018).

De igual manera, el 63.91% de la matrícula total de las IES que tienen programas referentes a las ingenierías proviene de los Institutos Tecnológicos del estado de Yucatán (ver en la tabla 3.5). La **Tabla 3.7** muestra que los Institutos Tecnológicos del estado de Yucatán, ofrecen 20 planes de estudios de ingenierías, 5 de maestría y 2 de doctorado, que pertenecen al perfil especializado en ciencia, tecnología, ingeniería y matemáticas, requerido por las empresas, de acuerdo con la UGTCyL (2016). Cada uno de los planes señalados en la tabla 3.7 están relacionados (unos más que otros) directa o indirectamente con la I4.0, por lo tanto, los programas educativos del TecNM deberán permitir el desarrollo de competencias y habilidades en la digitalización de la industria.

**Tabla 0.7**

**Planes de estudio de los ITs del estado de Yucatán en relación con la I4.0**

Programa Educativo	Institutos Tecnológicos de Yucatán						
	ITC	ITM	ITT	ITSM	ITSP	ITSVVA	ITSSY
Ingeniería ambiental		x				x	
Ingeniería biomédica		x					
Ingeniería bioquímica		x					x
Ingeniería civil		x				x	
Ingeniería eléctrica		x					
Ingeniería electromecánica				x	x		
Ingeniería electrónica		x		x			
Ingeniería en administración	x				x	x	
Ingeniería en agronomía	x		x				
Ingeniería en animación digital y efectos visuales					x		
Ingeniería en desarrollo comunitario	x						x
Ingeniería en energías renovables				x	x		
Ingeniería en gestión empresarial		x	x		x		x
Ingeniería en logística					x		

Ingeniería en sistemas computacionales		x		x	x	x	x
Ingeniería en TIC's	x		x				
Ingeniería industrial		x		x		x	x
Ingeniería informática			x				
Ingeniería mecánica		x					
Ingeniería química		x					
Maestría en ciencias de los alimentos y biotecnología		x					
Maestría en ciencias en agroecosistemas sostenibles			x				
Maestría en horticultura tropical	x						
Maestría en ingeniería		x					
Maestría en producción pecuaria tropical	x						
Doctorado en agricultura tropical sustentable	x						
Doctorado en ciencias de los alimentos y biotecnología		x					

Fuente: Elaboración propia con información de ITC (2019); ITM (2019) ; ITSM (2019); ITSP (2019); ITSSY (2019); ITSVA (2019); ITT (2019).

### 3.4.1 Instituto Tecnológico de Mérida

Con una economía basada en la agricultura y debido a la transformación industrial que requería la península de Yucatán, en septiembre de 1961, el Instituto Tecnológico de Mérida (ITM) con una de las infraestructuras más avanzadas en el estado de Yucatán (talleres de fundición, soldadura y forja, y de preparación y conservación de productos alimenticios) inicia actividades con cinco niveles de enseñanza: Secundaria técnica, preparación técnica para trabajadores, subprofesional, vocacional de Ingeniería y profesional de Ingeniería Industrial (ITM, 2019a). Actualmente, el ITM cuenta con once programas educativos de ingeniería: Ingeniería ambiental, ingeniería biomédica, ingeniería bioquímica, ingeniería civil, ingeniería eléctrica, ingeniería electrónica, ingeniería en gestión empresarial, ingeniería en sistemas computacionales, ingeniería industrial, ingeniería mecánica e ingeniería química. De igual manera el ITM cuenta con una licenciatura en administración (escolarizada y a distancia). Además, esta institución cuenta con cuatro maestrías y un doctorado: Maestría en administración, maestría en ciencias de los alimentos y biotecnología, maestría en ingeniería, maestría en planificación de empresas y desarrollo regional, y doctorado en ciencias de los alimentos (ITM, 2019b).

En el ciclo 2017-2018, el ITM contó con una matrícula de 5,554 alumnos (106 alumnos de posgrado), 620 alumnos egresados y 661 profesionales titulados. Asimismo, el personal docente de la planta lo componían 121 mujeres y 264 hombres, de los cuales 174 poseían maestría terminada, 31 doctorado terminado, 47 contaban con perfil deseable y 10

pertenecían al SNI. De igual forma, el ITM para el ciclo 2017-2018 contaba con 6 cuerpos académicos en formación, y 5 en consolidación (SNETecNM, 2018).

### **3.4.2 Instituto Tecnológico de Conkal**

Fundado en 1974, en el municipio de Conkal en Yucatán, para formar profesionales en las ciencias agropecuarias, el Instituto Tecnológico de Conkal (ITC) actualmente cuenta con cuatro programas de ingeniería: Ingeniería en administración, ingeniería en agronomía, ingeniería en desarrollo comunitario e ingeniería en tecnologías de la información y comunicación (TIC's). De igual manera cuenta con una licenciatura en biología y además cuenta con dos maestrías: maestría en horticultura tropical y maestría en producción pecuaria tropical; y un doctorado en agricultura tropical sustentable (SIIDETHEY, 2011).

En el ciclo 2017-2018, el ITC contó en todos sus programas educativos con una matrícula de 1,240 alumnos (1,154 provenientes de licenciatura y 86 de posgrado), 252 egresados y 200 titulados. El personal docente total de la planta lo componían 109 docentes (78 hombres y 31 mujeres), de los cuales 69 tenían posgrado terminado, 73 eran PTC, 27 contaban con perfil deseable y 15 pertenecían al SNI. Además el ITC contaba con 4 cuerpos académicos en formación y 3 en consolidación (SNETecNM, 2018).

### **3.4.3 Instituto Tecnológico de Tizimín**

Siendo una ubicación estratégica entre la ciudad de Mérida, Yucatán y la ciudad de Cancún, Quintana Roo, se funda en 1976, el Instituto Tecnológico de Tizimín (ITT) en el municipio de Tizimín en Yucatán, para formar profesionales agrónomos zootecnistas. Actualmente el ITT ofrece cuatro programas educativos de ingeniería, dos de licenciatura y uno de maestría: Ingeniería en agronomía, ingeniería en gestión empresarial, ingeniería informática, ingeniería en TIC's, licenciatura en administración, licenciatura en biología y maestría en ciencias en agroecosistemas sostenibles (ITT, 2015).

Para el ciclo 2017-2018, el ITT contaba con una matrícula de 1061 alumnos (9 de posgrado), 144 egresados y 100 profesionales titulados. Asimismo, el número total de docentes que laboraba en la planta eran 60 (47 hombres y 13 mujeres), de los cuales 40 tenían posgrado terminado, 30 eran PTC, 7 docentes contaban con perfil deseable y 4

pertenecían al SNI. Cabe recalcar que para este ciclo el ITT solo contaba con un cuerpo académico en formación (SNETecNM, 2018).

#### **3.4.4 Instituto Tecnológico Superior de Motul**

En el año 2000, para posibilitar que los jóvenes del municipio de Motul en Yucatán (y sus alrededores) no tuvieran que trasladarse a otros municipios para continuar sus estudios luego del bachillerato, se funda el Instituto Tecnológico Superior de Motul (ITSM), antes llamado “Felipe Carrillo Puerto”, con dos programas educativos: Ingeniería industrial e Ingeniería electromecánica. Actualmente este instituto únicamente cuenta con cinco programas educativos de ingeniería: Ingeniería electromecánica, ingeniería electrónica, ingeniería en energías renovables, ingeniería en sistemas computacionales e ingeniería industrial (ITSM, 2019b).

El ITSM contó con 830 alumnos matriculados, 121 egresados y 141 titulados para el ciclo 2017-2018. Además, el personal docente de la planta se componía por 53 profesores (37 hombres y 16 mujeres), 20 de estos tenían maestría terminada, solamente uno contaba con doctorado terminado y 12 eran PTC. Cabe mencionar que este instituto no cuenta profesores con perfil deseable, ni con profesores en el SNI y tampoco cuenta con cuerpos académicos (SNETecNM, 2018).

#### **3.4.5 Instituto Tecnológico Superior del Sur del Estado de Yucatán**

Debido a la demanda de educación superior en la región sur del estado de Yucatán se crea en 1998, el Instituto Tecnológico Superior del Sur del estado de Yucatán (ITSSY) en el municipio de Oxkutzcab. En la actualidad el ITSSY cuenta con seis programas educativos de ingeniería: Ingeniería bioquímica, ingeniería en desarrollo comunitario, Ingeniería en gestión empresarial, ingeniería en sistemas computacionales e ingeniería industrial (ITSSY, 2019b).

Para el ciclo 2017-2018, había 1,093 alumnos matriculados en el ITSSY, 171 egresados y 146 profesionales titulados. Por su parte, el número de docentes en este instituto fue de 69 profesores (52 hombres y 17 mujeres), 21 contaban con maestría y 3 con doctorado terminado, 19 eran PTC y solamente un profesor tenía perfil deseable. Asimismo, el ITSSY tenía tres cuerpos académicos en formación para el ciclo 2017-2018 (SNETecNM, 2018).

### **3.4.6 Instituto Tecnológico Superior De Valladolid**

El Instituto Tecnológico Superior De Valladolid (ITSVA) fue fundado en el año 2000, en Valladolid, Yucatán, con tres programas educativos: Licenciatura en administración, licenciatura en informática e ingeniería industrial. Desde el 2011, se imparten cinco programas educativos: Ingeniería en sistemas computacionales, ingeniería en administración, ingeniería industrial, ingeniería ambiental e ingeniería civil (ITSSY, 2019b; ITSVA, 2019).

El ITSVA tuvo 1,186 alumno matriculados, 174 egresados y 188 profesionales titulados para el ciclo 2017-2018. Además. el ITSVA para este ciclo contó con 53 docentes (20 mujeres y 33 hombres), de los cuales 27 contaban con maestría terminada, 21 eran PTC y 3 profesores contaban con perfil deseable. Asimismo, este instituto no cuenta con profesores pertenecientes al SNI y tampoco tiene cuerpos académicos (SNETecNM, 2018).

### **3.4.7 Instituto Tecnológico Superior De Progreso**

Al igual que el ITSVA y el ITSM, el Instituto Tecnológico Superior De Progreso (ITSP) fue fundado en el año 2000 con la finalidad de brindar educación superior a los jóvenes de la zona costera del estado de Yucatán, en el municipio de progreso, con tres programas educativos: Licenciatura en informática, licenciatura en administración e ingeniería electromecánica (ITSP, 2018; ITSSY, 2019b). Actualmente el ITSP cuenta con siete programas educativos de: Ingeniería electromecánica, ingeniería en administración, ingeniería en animación digital y efectos visuales, ingeniería en energías renovables, ingeniería en gestión empresarial, ingeniería logística e ingeniería en sistemas computacionales. De igual forma este instituto cuenta con una maestría en administración de negocios (ITSP, 2019).

Para el ciclo 2017-2018, el ITSP tenía una matrícula de 1,002 alumnos (9 de maestría), 119 titulados y 117 egresados. De igual manera, el personal docente de la planta lo componían 33 hombres y 25 mujeres, de los cuales 30 tenían maestría terminada, 11 contaban con doctorado terminado, 20 eran PTC, 7 profesores tenían perfil deseable y 4 profesores pertenecían al SNI. Además, para este ciclo, habían 5 cuerpo académicos en formación en el ITSP (SNETecNM, 2018).



### 3.5 Estudio de la ANUIES sobre capacidades de las IES en la industria 4.0 <sup>1</sup>

Entre las instituciones que más promueven un cambio educativo importante de las IES en la digitalización industrial, es la Asociación Nacional de Universidades e Instituciones de Educación Superior (ANUIES). En el año 2018, la ANUIES hace propuestas para renovar la educación superior en México con visión a 2030, en esta publicación expone la importancia de las IES en la generación de talento humano para la I4.0 y la necesidad de nuevos modelos educativos que permitan a la IES, en conjunto con las empresas y el apoyo gubernamental, formar y capacitar a los estudiantes en este nuevo paradigma (ANUIES, 2018a).

De acuerdo con lo antes mencionado, en búsqueda de afrontar la cuarta revolución industrial a través de acciones entre las IES de México, la ANUIES con apoyo de la Fundación Educación Superior–Empresa (FESE), la secretaría de economía, 20 IES y 30 empresas emprendieron un proyecto relacionado con la I4.0, llamado Talento I4.0 MX, en la **Tabla 3.8** se muestran las IES y las empresas que están involucradas en dicho proyecto.

**Tabla 0.8**

#### IES y empresas involucradas en Talento I4.0 MX

Nombre	Tipo	Entidad
Universidad Autónoma De Ciudad Juárez	IES	Chihuahua
Madata	Empresa	
NK Consultoría	Empresa	
Intelectix	Empresa	
Admexus	Empresa	
Tekmart	Empresa	
Lear	Empresa	
Keytronic	Empresa	
Instituto Politécnico Nacional	IES	Ciudad de México
Corcimex	Empresa	
Global Denim	Empresa	
Honeywell	Empresa	
Intelisis	Empresa	
Kio Networks	Empresa	
Softel	Empresa	
Microsys	Empresa	
Chassix	Empresa	
Universidad Autónoma De Coahuila	IES	Coahuila
Instituto Tecnológico De Durango	IES	Durango

<sup>1</sup> A la fecha no ha salido información documentada más que lo citado en esta sección.

Universidad Tecnológica De León	IES	Guanajuato
Universidad Tecnológica Del Suroeste De Guanajuato	IES	
Textiles León	Empresa	
Novateo León	Empresa	
Instituto Tecnológico Superior Del Oriente Del Estado De Hidalgo	IES	Hidalgo
Universidad Autónoma Del Estado De Hidalgo	IES	Jalisco
Universidad Tecnológica De Jalisco	IES	
IMAQ	Empresa	
Continetal	Empresa	
Universidad Autónoma Del Estado De México	IES	México
Industria americana de la innovación	Empresa	
Diltex	Empresa	
Kaltex	Empresa	
Baby Creysi	Empresa	
Centrum Transgenia	Empresa	
AppHive	Empresa	
Instituto Tecnológico Y De Estudios Superiores De Monterrey	IES	Nuevo León
Universidad Autónoma De Nuevo León	IES	
Mariscal	Empresa	
Benemérita Universidad Autónoma De Puebla	IES	Puebla
Skytex	Empresa	
Apolo Textil	Empresa	
RPC	Empresa	
Universidad Autónoma De Querétaro	IES	Querétaro
Instituto Tecnológico De Querétaro	IES	
Universidad Autónoma De San Luis Potosí	IES	San Luis Potosí
Evolución en Moldes	Empresa	
Instituto Tecnológico De Hermosillo	IES	Sonora
Universidad Autónoma De Tamaulipas	IES	Tamaulipas
Universidad Veracruzana	IES	Veracruz
Universidad Autónoma De Yucatán	IES	Yucatán

Fuente: FESE (2019b)

La primera fase busca diagnosticar el estado de la brecha existente entre los conocimientos y competencias que ofrecen las IES y las necesidades de talento humano del sector empresarial, para desarrollar estrategias que permitan a las IES adaptarse a estas necesidades a través de la vinculación y el ajuste curricular de los planes de estudio. Por otra parte, la segunda fase del proyecto es el lanzamiento de una plataforma digital que permite a las IES determinar la capacidad en infraestructura tecnológica y de cuerpo académico con las que cuentan, y a partir del resultado, establecer una guía (mapa de ruta) que permitan a las IES mejorar dichas capacidades (FESE, 2018). La plataforma podrá vincular a las IES con empresas, clústeres y centros avanzados de manufactura. La **Tabla 3.9** presenta las fases, etapas, estrategias y acciones que se llevan a cabo para realizar el proyecto mencionado anteriormente.

**Tabla 0.9**

**Brecha academia-empresa y plataforma I4.0**

Fase	Etapa	Estrategia	Acciones	
Brecha Academia- Industria	1	Segmentación y diagnóstico de conocimientos y competencias de los egresados y necesidades de la industria	Determinación de grado de flexibilidad y agilidad para la incorporación de I4.0 en actividades sustantivas.	
			Diagnóstico de planes de estudio de las IES y competencias de egresados.	
			Análisis de necesidades sectoriales y tecnológicas de I4.0.	
			Diplomados, seminarios y cursos complementarios en I4.0	Desarrollo de las propuestas de contenidos para formación complementaria de acuerdo al resultado diagnóstico de las universidades.
	2		Prácticas profesionales	Propuesta de actividades especializadas para prácticas profesionales en I4.0 y su acreditación como acercamiento a formación dual
			Formación dual	Fomento de actividades de los programas de formación dual y propuesta de alianzas Universidad-Empresa para desarrollo específico de I4.0.
	3		Ajuste curricular	Propuesta de ajuste curricular para la adecuación de los programas de formación hacia la adopción de la I4.0.
Creación de nuevas carreras			Pertinentes a las nuevas tendencias tecnológicas.	
Plataforma I4.0	1	Estudio y metodología de implementación	Desarrollo conceptual y metodológico de la escala de adopción de I4.0 para detectar recursos, segmento, prioridades y flexibilidad.	
		Diagnóstico de I4.0	Diagnóstico de capacidades y adaptabilidad de las IES considerando su cuerpo académico, infraestructura y tecnologías.	
	2	Mapa de navegación	Guía que permita determinar la ruta crítica para la implementación de estrategias y acciones para escalar la adopción de I4.0.	
			Generación de alianzas con actores del ecosistema con recursos para la adopción de I4.0 (Centros de innovación industrial).	
		Plataforma	Socialización de plataforma y mapa de navegación para su adopción en las IES.	
3		Recomendaciones de política pública	Resultado de la experiencia y conocimientos generados en los pasos anteriores, tomando en cuenta viabilidad y estabilidad para preservarse como acción estratégica.	

Fuente: Adaptación de FESE (2018).

## **CAPÍTULO IV. METODOLOGÍA**

### **4.1 Enfoque de la investigación**

En la presente investigación se siguió un proceso secuencial derivado de las preguntas y objetivos de investigación. En consecuencia, como resultado del análisis del problema de investigación y la información recabada en los capítulos anteriores, la presente investigación se desarrolló bajo un enfoque cuantitativo. Este enfoque se utiliza cuando se requiere recolectar y analizar datos numéricos medibles para responder la problemática que está bajo estudio (Hernández, Fernández, & Baptista, 2014).

Bajo el enfoque cuantitativo se obtuvo información a partir de tres encuestas que permitieron identificar los mecanismos para conocer las necesidades y tendencias de las empresas en relación a la I4.0, evaluar las capacidades de formación, innovación y transferencia de tecnología, infraestructura tecnológica y vinculación de los siete Institutos Tecnológicos del estado de Yucatán, e identificar las áreas de conocimiento y nuevas competencias en las que los estudiantes necesitan preparación para enfrentar los retos del mercado laboral que generará la I4.0.

Para evaluar las capacidades de formación e infraestructura, los cuestionarios se aplicaron a los subdirectores académicos de los siete Institutos Tecnológicos del estado de Yucatán. Asimismo, para identificar los mecanismos para conocer las necesidades y tendencias de las empresas en relación con la I4.0, y evaluar las capacidades de innovación y transferencia de tecnología, y vinculación se encuestó a los jefes de departamento de vinculación de los siete Institutos Tecnológicos del estado de Yucatán. De igual forma, se aplicaron cuestionarios a los sujetos antes mencionados, para identificar las áreas de conocimiento y nuevas competencias en las que los estudiantes necesitan preparación para enfrentar los retos del mercado laboral que generará la I4.0.

### **4.2 Clasificación de la investigación**

Según el objeto de estudio, la presente investigación se clasifica como factual, debido a que se estudió la situación actual, en el contexto de la I4.0, de los mecanismos para conocer las necesidades y tendencias de las empresas, las capacidades de formación, innovación y transferencia de tecnología, infraestructura tecnológica y vinculación con las

que cuentan los siete Institutos Tecnológicos del estado de Yucatán, y las necesidades de conocimiento y competencias de los estudiantes bajo este paradigma. Además, esta investigación se puede catalogar como aplicada, ya que, con el estudio se diseñaron estrategias que permitieran alinear los mecanismos, capacidades, conocimientos y competencias mencionadas anteriormente, al desarrollo actual del paradigma de la I4.0. Una investigación aplicada es aquella que busca resolver problemas e incrementar el bienestar de la sociedad (Hernández et al., 2014).

Debido a las fuentes que se utilizaron para obtener la información, la investigación se catalogó como mixta, ya que, la información para realizarla provino de fuentes documentales donde se recabó información de reportes y documentos estadísticos, así como de investigaciones previas que tienen similitud con la presente, además para recolectar la información y responder las preguntas de investigación, se utilizaron fuentes de campo: tres encuestas. Asimismo, según el método, la investigación es empírica, porque para los objetivos del 1 al 6 se recolectaron y analizaron los datos a partir de las encuestas mencionadas anteriormente (Hernández et al., 2014).

Por su alcance, la investigación es definida como descriptiva, ya que, para Hernández et al. (2014), en este tipo de estudios no se busca una correlación entre los factores o variables, solo se busca describirlos. Por lo tanto, el conjunto de capacidades de formación, innovación, transferencia de tecnología, infraestructura tecnológica, y vinculación con la industria que tienen los Institutos Tecnológicos del estado de Yucatán desde el enfoque de la I4.0, así como los mecanismos y tendencias para conocer las necesidades y tendencias de las empresas, y los conocimientos y competencias necesarias en el contexto de la I4.0, se evaluarán de manera independiente y no se buscará una correlación entre estos para establecer las estrategias que permitirían alinear estos factores al desarrollo de las necesidades del nuevo paradigma.

Por último, la presente investigación se puede clasificar, según el periodo de tiempo que abarca, como transversal, porque la aplicación de las tres encuestas mencionadas anteriormente, se aplicarán a los sujetos de estudio solamente en una ocasión (Bernal, 2010).

### **4.3 Unidad de Análisis y sujetos de estudio**

De acuerdo a los objetivos de la investigación, la unidad de análisis del presente estudio son los siete Institutos Tecnológicos del estado de Yucatán, que se dividen en federales: el Instituto Tecnológico de Conkal, el Instituto Tecnológico de Tizimín y el Instituto Tecnológico de Mérida; y en cuatro Institutos Tecnológicos Descentralizados: el Instituto Tecnológico Superior de Motul, el Instituto Tecnológico Superior de Progreso, el Instituto Tecnológico Superior de Valladolid y el Instituto Tecnológico Superior del Sur Del estado De Yucatán.

Debido a la delimitación de la investigación, la población de los sujetos de estudio a los que se aplicarán los instrumentos de recolección de datos son todos los subdirectores académicos o jefes de división académica, los subdirectores de planeación y vinculación o jefes del departamento de gestión y vinculación, y los jefes del centro de cómputo y encargados de área de tecnologías de la información y comunicación, de los siete Institutos Tecnológicos del estado de Yucatán anteriormente mencionados. Por lo tanto, el presente estudio puede considerarse un censo, ya que estamos incluyendo todos los sujetos de estudio de la población delimitada (Hernández et al., 2014).

### **4.4 Definición de variables/factores y/o categorías**

De acuerdo al planteamiento del problema, se utilizaron ocho factores para cumplir los objetivos de la presente investigación. El primer factor, se compone de los mecanismos para conocer las necesidades y tendencias de las empresas en la I4.0. Con este tipo de factor se busca medir que tan fuerte es la colaboración y el entendimiento entre los ITs y las empresas para externar sus problemas (Gould, 2002). Dicho factor tiene como principal indicador el número de actividades que realiza el IT para conocer las necesidades y tendencias de las empresas en el contexto de la I4.0.

El segundo factor es la capacidad académica con la que cuenta el IT, que es el grado de consolidación de su planta académica y de sus cuerpos académicos, cuyos indicadores son directamente proporcionales con: el número de profesores según el tipo de nombramiento, el número de profesores de tiempo parcial y tiempo completo según el tipo de grado de estudios, el número de profesores de tiempo completo que cumplen con perfil

deseable PRODEP, que pertenecen al SNI o SNC y que participan en el programa de tutorías, y el número de cuerpos académicos consolidados, en consolidación y en formación (SEP, 2019).

El tercer factor es la capacidad de innovación, entendida como las habilidades con las que cuentan las empresas para crear y mejorar procesos, productos y servicios (Lawson & Samson, 2001), y que tiene como indicadores: el número de actividades de innovación, número de actividades de emprendimiento, número de empresas que se han generado en la incubadora en los últimos cinco años, número de actividades de investigación y desarrollo (I+D) y el número de actividades para el fortalecimiento a la docencia e investigación (Casalet y Casas, 1998; Casillas, 2016).

El cuarto factor hace referencia a la capacidad de transferencia de tecnología con la que cuenta el IT para difundir y ofrecer productos de investigación e innovación al sector productivo (Serrano & Robledo, 2013). De acuerdo con Casalet y Casas (1998) y Casillas (2016), este factor tiene como indicadores: el número de actividades de transferencia de tecnología, número de patentes que se han tramitado en los últimos cinco años, número de patentes otorgadas en los últimos cinco años, número de patentes tramitadas y otorgadas que son proyectos del IT y el número de actividades de difusión.

El quinto factor a tratar es la capacidad de infraestructura tecnológica con la que cuenta el IT para gestionar los recursos tangibles e intangibles, sistemas de información interconectados, equipos y espacios físicos que satisfagan las necesidades de los estudiantes, docentes e investigadores (Acosta, Miquilena, & Riveros, 2014; Romero et al, 2018). Este quinto factor tiene como indicadores: el número de equipos de cómputo que existen en la institución, número de redes de acceso a internet gratuito y su velocidad máxima, cantidad de acervo digital existente, uso de plataformas educativas, número de licencias de software, número de actividades de adquisición y calidad del servicio informático, número de actividades de seguridad y privacidad, número de actividades de mantenimiento de los equipos y programas informáticos, número de actividades de acceso a la infraestructura física, número de salas de cómputo de acceso para los alumnos e

investigadores, y el número de espacios específicos disponibles para el desarrollo de los programas educativos (Casalet y Casas, 1998; CIEES 2016; ESVI-AL, 2015; SEP, 2019).

Asimismo, el sexto factor es la capacidad de vinculación con la que cuenta el IT para establecer contacto efectivo, relaciones y colaboraciones con empresas, gobierno y sociedad, a través de la oferta de servicios profesionales pertinentes de una IES (Barrios et al, 2017; Gould, 1997; Mendoza, 2013; Serrano y Robledo, 2013). De acuerdo al estudio realizado por Casalet y Casas (1998) y la investigación de Casillas (2016), los indicadores son: el número de actividades de formación profesional, porcentaje de alumnos contratados después de las residencias profesionales, número de actividades de vinculación, número de estructuras de vinculación y el porcentaje de valor que se destina a impulsar actividades clave.

Por su parte, el séptimo factor del presente estudio está determinado por las necesidades de conocimiento de los estudiantes para la I4.0, cuyo indicador son las áreas de conocimiento específicas para el desarrollo de este paradigma y que están ligadas directamente con las tecnologías habilitadoras de la I4.0: big data, impresión 3D, desarrollo web y móvil, inteligencia artificial, ciberseguridad, la nube, redes sociales, simulación, internet de las cosas, sistemas ciberfísicos (SCF), realidad virtual, realidad aumentada, manufactura digital asistida por computadora, robots autónomos y cadena de bloques (Brixner, Isaak, Mochi, Ozono y Yoguel , 2019; EOI y Google Actívate, 2018; Peña, 2019).

Por último, debido a que las competencias profesionales requeridas por las empresas están en constante cambio y más en esta era de la digitalización industrial, el octavo factor lo componen las competencias necesarias que permitirán el desarrollo de los estudiantes dentro de las empresas en la I4.0. Peña (2019) y Terrés, Lleó, Viles, y Santos (2017) definen las competencias técnicas y personales como indicadores de este factor, los cuáles evalúan una serie de características que debe poseer el profesional para afrontar el contexto de la I4.0, siendo las competencias personales las siguientes: gestión y asignación de responsabilidades, capacidad de liderazgo, gestión de conflictos, creatividad y aprendizaje, toma de decisiones, capacidad de trabajar bajo presión, gestión del fracaso, confianza en nuevas tecnologías, comunicación, construir una red de contactos (Networking),



habilidades sociales, trabajo en equipo y cooperación y adaptabilidad, flexibilidad ante el cambio, y ética laboral. Asimismo, las competencias técnicas para afrontar la I4.0 son: seguridad de la información y protección de datos, implantar tecnologías de la I4.0, mantenimiento y reparación de equipos, conocimientos de aspectos legales, conocimientos de programación, capacidad de análisis de datos, conocimiento de estadística o visualización de datos, conocimiento de organización y procesos, resolución de problemas, dominio del idioma inglés, diseño en 2D y 3D, conocimiento de matemáticas aplicadas, conocimientos de mecatrónica, conocimientos en comunicaciones inalámbricas y bases de datos, y conocimientos en manufactura esbelta.

En la **Tabla 4.1** se resumen los ocho factores mencionados anteriormente con los respectivos indicadores que usaron para su medición, además, se exponen los autores de los cuáles se obtuvieron y adaptaron dichos indicadores que sirvieron como base para el diseño de los instrumentos de recolección de datos.

**Tabla 0.1**  
**Variables/Factores y/o categorías**

Factores	Indicadores	Autor
Mecanismos para conocer las necesidades y tendencias en la I4.0	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Número de actividades que realiza el IT para conocer las necesidades y tendencias de las empresas en el contexto de la I4.0.</li> </ul>	Gould (2002)
Capacidad de formación	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Número de profesores según el tipo de nombramiento</li> <li>• Número de profesores de tiempo parcial según el tipo de grado de estudios</li> <li>• Número de profesores de tiempo completo según el tipo de grado de estudios</li> <li>• Número de profesores de tiempo completo que cumplen con perfil deseable PRODEP, al SNI o SNC y que participan en el programa de tutorías</li> <li>• Número de cuerpos académicos consolidados, en consolidación y en formación</li> </ul>	SEP (2019)
Capacidad de innovación	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Número de actividades de innovación</li> <li>• Número de actividades de emprendimiento</li> <li>• Número de empresas que se han generado en la incubadora en los últimos cinco años</li> <li>• Número de actividades de I+D</li> <li>• Número de actividades para el fortalecimiento a la docencia e investigación</li> </ul>	Casalet y Casas (1998) y Casillas (2016)
Capacidad de transferencia de tecnología	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Número de actividades de transferencia de tecnología</li> <li>• Número de patentes que se han tramitado en los últimos cinco años</li> <li>• Número de patentes otorgadas en los últimos cinco años</li> <li>• Número de patentes tramitadas y otorgadas que son proyectos del IT</li> <li>• Número de actividades de difusión</li> </ul>	
Capacidad de infraestructura tecnológica	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Número de equipos de cómputo que existen en la institución</li> <li>• Número de redes de acceso a internet gratuito y su velocidad máxima</li> <li>• Cantidad de acervo digital existente</li> <li>• Uso de plataformas educativas</li> </ul>	Casalet y Casas (1998), CIEES

	<ul style="list-style-type: none"> <li>Número de licencias de software</li> <li>Número de actividades de adquisición y calidad del servicio informático</li> <li>Número de actividades de seguridad y privacidad</li> <li>Número de actividades de mantenimiento de los equipos y programas informáticos</li> <li>Número de actividades de acceso a la infraestructura física</li> <li>Número de salas de cómputo de acceso para los alumno e investigadores</li> <li>Número de espacios específicos disponibles para el desarrollo de los programas educativos</li> </ul>	2016), ESVI-AL (2015) y SEP (2019)
Capacidad de vinculación	<ul style="list-style-type: none"> <li>Número de actividades de formación profesional</li> <li>Porcentaje de alumnos contratados después de las residencias profesionales</li> <li>Número de actividades de vinculación</li> <li>Número de estructuras de vinculación</li> <li>Porcentaje de presupuesto que se destina a impulsar actividades clave</li> </ul>	Casalet y Casas (1998) y Casillas (2016)
Necesidades de conocimiento de los estudiantes para la I4.0	<b>Áreas de conocimiento para la I4.0</b>	
	<ul style="list-style-type: none"> <li>Big data</li> <li>Impresión 3D</li> <li>Desarrollo web y móvil Inteligencia artificial</li> <li>Ciberseguridad</li> <li>La nube</li> <li>Redes sociales</li> <li>Simulación</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Internet de las cosas</li> <li>Sistemas ciberfísicos (SCF)</li> <li>Realidad virtual</li> <li>Realidad aumentada</li> <li>Manufactura asistida por computadora</li> <li>Robots autónomos</li> <li>Cadena de bloques (Blockchain)</li> </ul>
Competencias que permitirán el desarrollo de los estudiantes dentro de las empresas en la I4.0	<b>Competencias personales</b>	
	<ul style="list-style-type: none"> <li>Gestión y asignación de responsabilidades</li> <li>Capacidad de liderazgo</li> <li>Gestión de conflictos</li> <li>Creatividad y aprendizaje</li> <li>Toma de decisiones</li> <li>Capacidad de trabajar bajo presión</li> <li>Gestión del fracaso</li> <li>Confianza en nuevas tecnologías</li> <li>Comunicación</li> <li>Construir una red de contactos (Networking)</li> <li>Habilidades sociales</li> <li>Trabajo en equipo y cooperación</li> <li>Adaptabilidad y flexibilidad ante el cambio</li> <li>Ética laboral</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Seguridad de la información y protección de datos</li> <li>Implantar tecnologías de la I4.0</li> <li>Mantenimiento y reparación de equipos</li> <li>Conocimientos de aspectos legales</li> <li>Conocimientos de programación</li> <li>Capacidad de análisis de datos</li> <li>Conocimiento de estadística o visualización de datos</li> <li>Conocimiento de organización y procesos</li> <li>Resolución de problemas</li> <li>Dominio del idioma inglés</li> <li>Diseño en 2D y 3D</li> <li>Conocimiento de matemáticas aplicadas</li> <li>Conocimiento de mecatrónica</li> <li>Conocimientos en comunicaciones inalámbricas y bases de datos</li> <li>Conocimientos en manufactura esbelta</li> </ul>

Fuente: Elaboración propia.

#### **4.5 Diseño de la investigación**

Con el fin de obtener información para responder las preguntas planteadas en la presente investigación, se usó el diseño no experimental, porque no se manipularon las variables de forma intencional para obtener las respuestas de los sujetos de estudio, únicamente se limitó a la obtención de datos a través de los instrumentos de recolección de la información y su posterior análisis. De acuerdo a Hernández et al. (2014), en el diseño no experimental, las variables independientes se encuentran en el contexto natural del fenómeno a estudiar en un momento determinado del tiempo, por lo que no es posible influir o estimularlas.

#### **4.6 Instrumentos de recolección de información**

Los instrumentos utilizados para recolectar la información son tres cuestionarios que se incluyen en los anexos del presente documento. El primer cuestionario, que se puede observar en el **Anexo 1**, dirigido a los subdirectores académicos o jefes de la división académica de los siete ITs del estado de Yucatán, consta de cinco secciones. Con la primera sección se obtuvieron los datos generales del encuestado y los datos de control del IT. La segunda sección cuenta con cinco reactivos que están formulados a base de preguntas cerradas donde se apuntaron las cifras pedidas para medir la capacidad de formación del IT. Por su parte, la tercera sección hace referencia a la capacidad de innovación, a través de las actividades para el fortalecimiento a la docencia y la investigación, que se responde mediante la selección de siete categorías de respuesta. Asimismo, la cuarta sección se compone de dos reactivos para medir la capacidad de infraestructura tecnológica, que se contesta enlistando los nombres de: acervo digital con el que cuenta el IT y espacios físicos disponibles para el desarrollo de los programas educativos. Debido a las funciones específicas de los subdirectores académicos o jefes de la división académica, como en la detección de necesidades de servicios de educación, la gestión de planes y programas de estudio e investigación, la detección de las necesidades de capacitación y desarrollo del personal docente, entre otras cosas, el primer cuestionario finaliza con la quinta sección que se divide en tres preguntas cerradas, las cuales hacen mención a las áreas de conocimiento y competencias necesarias por los estudiantes en la I4.0, dichas preguntas se responden a través de una escala impar de *Likert*: nada importante, poco importante,

regular, importante, muy importante. Cabe mencionar, que esta primera encuesta está elaborada con base en los indicadores de capacidad académica de la “Guía para la formulación de la planeación estratégica académica y de la gestión institucional 2020 - 2021”, que está dentro del Programa de Fortalecimiento de la Excelencia Educativa (PROFEXCE) de la SEP (2019), y los indicadores de EOI y Google Actívate (2018) y Terrés, Lleó, Viles, y Santos (2017), con la adaptación de Peña (2019), para establecer las áreas de conocimiento y las competencias necesarias en la I4.0.

Como se muestra en el **Anexo 2**, el segundo cuestionario, que se compone de seis secciones, lo respondieron los jefes de departamento de gestión y vinculación, y en su caso los subdirectores de planeación y vinculación de los siete ITs del estado de Yucatán. Con la primera sección, al igual que en el primer cuestionario, se obtuvieron los datos generales del encuestado y la institución. La segunda sección está diseñada y adaptada en el contexto de la I4.0 a partir de las recomendaciones que hace Gould (2002) para establecer mecanismos que fortalezcan las relaciones entre las IES y las empresas, se compone de una sola pregunta cerrada con doce categorías de respuesta, en esta los encuestados seleccionaron aquellas opciones que el departamento de vinculación del IT realiza para conocer las necesidades y tendencias de las empresas en relación a la I4.0. La tercera sección del cuestionario se basa en la encuesta realizada por Casalet y Casas , aplicada en 1996 y publicada en 1998, y la adaptación de Casillas (2016), para conocer las características de vinculación entre las IES y las empresas, dicha sección se compone de seis preguntas cerradas, las cuales evalúan la capacidad de vinculación del IT de manera general, existen cuatro preguntas donde se seleccionaron múltiples categorías de respuesta y dos reactivos donde se anotaron cifras nominales (porcentajes). La cuarta sección cuenta con solo un reactivo para determinar las actividades de acceso a la infraestructura física con cuatro categorías de respuesta. La quinta sección también se basa en el estudio de Casalet y Casas (1998) y Casillas (2016), y la componen cinco reactivos de preguntas cerradas con múltiples categorías de respuesta y cuatro reactivos con respuestas donde se recabaron cifras nominales para evaluar la capacidad de innovación y transferencia de tecnología de forma general y en relación a la I4.0. Por último, al igual que en el primer instrumento, por la naturaleza de las funciones de los subdirectores de planeación y vinculación, y los jefes

del departamento de gestión y vinculación en la gestión de convenios de vinculación con el sector productivo para el desarrollo de proyectos tecnológicos y programas de vinculación (SEP, 1992), en la quinta sección se exponen las tres preguntas cerradas para identificar las áreas de conocimiento y competencias necesarias por los estudiantes en la I4.0, que se respondieron a través de una escala impar de *Likert*.

Por último, el tercer cuestionario contó con dos secciones (ver **Anexo 3**), la primera para recabar datos generales y la segunda se estructuró para evaluar la capacidad de infraestructura tecnológica de los ITs. Este cuestionario, por la naturaleza de sus indicadores, está dirigido a los jefes de centro de cómputo o encargados de las áreas de tecnologías de la información y comunicación de los siete ITs del estado de Yucatán, ya que estos tienen como función la gestión de los servicios tecnológicos de hardware y software de los ITs en cuestión (SEP, 1992). La segunda sección del cuestionario la componen tres preguntas cerradas, donde el participante seleccionó múltiples categorías de respuesta, una pregunta dicotómica, y cuatro reactivos que se respondieron con valores nominales y enlistando objetos y espacios físicos. Este cuestionario se basa en los estudios y modelos de Casalet y Casas (1998), CIEES (2016), ESVI-AL (2015) y SEP (2019).

#### **4.6.1 Proceso de recolección de datos**

Para recolectar los datos, se contactó y se les explicaron los objetivos perseguidos por la presente investigación a los sujetos de estudio antes mencionados: los subdirectores académicos y los jefes del departamento de vinculación de los siete ITs del estado de Yucatán. Además, se les comentó, a los sujetos de estudio, de la confidencialidad de los datos personales y de la institución que serán solo utilizados para los fines de esta investigación. Debido a la contingencia sanitaria del COVID-19, parte de la aplicación de los instrumentos se realizó de manera remota, a través de correos electrónicos con los instrumentos mostrados en los anexos 1 ,2 y 3, así como de manera presencial visitando a los sujetos en los ITs del estado de Yucatán.

#### **4.6.2 Validez**

La validación de los instrumentos de recolección de datos se realizó a través de dos tipos de evidencia: la relacionada con el contenido y el juicio de expertos (Hernández et al., 2014). La validez relacionada con el contenido se desarrolló a partir de la revisión de la literatura sobre temas de mecanismos para conocer las necesidades de las empresas, capacidades de vinculación, innovación y transferencia de tecnología, formación e infraestructura tecnológica, así como, sobre las áreas de conocimiento y competencias necesarias en el contexto de la I4.0. A través de esta revisión de la literatura, se encontraron estudios similares a la presente investigación con instrumentos probados y puestos en práctica en más de una ocasión como es el caso de los estudios de vinculación de Casalet y Casas (1998) y la aplicación y adaptación posterior de Casillas (2016) o por otro lado la aplicación de Peña (2019) del instrumento de Terrés et al. (2017), con este tipo de literatura se definieron los indicadores más representativos de los factores mencionados anteriormente, así como la adaptación de algunos indicadores al paradigma de la I4.0 para postular los ítems y elaborar los cuestionarios pertinentes.

Además de la validez de contenido, los instrumentos se validaron a través del apoyo del juicio calificado de expertos relacionados con el tema de investigación, quienes realizaron ajustes y sugerencias a los cuestionarios para su corrección. Luego de realizar los cambios sugeridos, los cuestionarios se reenviaron a los expertos para su verificación y aprobación que puede observarse en el anexo IV.

#### **4.6.3 Confiabilidad**

Para lograr que los instrumentos a lo largo de su aplicación a los sujetos de estudio produzcan resultados consistentes y coherentes (Hernández et al., 2014), se contó con el apoyo de los profesores de la Maestría en planificación de Empresas y Desarrollo Regional que tienen experiencia en temas relacionados con la presente investigación. Para lograr la confiabilidad, los profesores sometieron a juicio los cuestionarios a lo largo de su desarrollo y estructuración, así como, en su aplicación y análisis de los datos obtenidos (Hernández et al., 2018).

#### 4.6.4 Procedimiento de análisis de información

Después de la aplicación de los instrumentos de recolección a los sujetos de estudio, se utilizó el software *Microsoft Excel* para la creación de una base de datos de la información obtenida con base en la codificación de los reactivos de cada instrumento. Además, se utilizó el mismo software para hacer el análisis descriptivo de los datos obtenidos. En la **Tabla 4.2** se presentan cada uno de los objetivos de la presente investigación con los respectivos instrumentos, factores y reactivos (ítems) utilizados para realizar el análisis estadístico previsto.

**Tabla 0.2**

**Resumen de objetivos, unidad de análisis, sujetos de estudio e instrumentos**

Objetivo	Sujeto de estudio	Instrumento	Factores	Autores	Ítems
1. Identificar los mecanismos para conocer las necesidades y tendencias de las empresas en relación a la I4.0.	Subdirectores de planeación y vinculación o los jefes de departamento de gestión y vinculación de los siete Institutos Tecnológicos del estado de Yucatán	Encuesta 2	Mecanismos para conocer las necesidades y tendencias en la I4.0	Gould (2002)	1
2. Evaluar las capacidades de formación que tienen los Institutos Tecnológicos del estado de Yucatán desde el enfoque de la I4.0.	Subdirectores académicos y jefes de la división académica de los siete Institutos Tecnológicos del estado de Yucatán	Encuesta 1	Capacidad de formación	SEP (2019)	1,2,3,4,5
3. Evaluar las capacidades de innovación y transferencia de tecnología que tienen los Institutos Tecnológicos del estado de Yucatán desde el enfoque de la I4.0.	Subdirectores de planeación y vinculación o los jefes de departamento de gestión y vinculación de los siete Institutos Tecnológicos del estado de Yucatán	Encuesta 1	Capacidad de innovación	Casalet y Casas (1998), Casillas (2016)	6
		Encuesta 2	Capacidad de innovación		8,9,10,11
			Capacidad de transferencia de tecnología		12,13,14,15,16
4. Evaluar las capacidades de infraestructura tecnológica que tienen los Institutos Tecnológicos del estado de Yucatán desde el enfoque de la I4.0.	Jefes del centro de cómputo y encargados de las áreas de tecnologías de la información y comunicación de los siete Institutos Tecnológicos del estado de Yucatán	Encuesta 2	Capacidad de infraestructura tecnológica	Casalet y Casas (1998)	7
		Encuesta 1		CIEES 2016), ESVI-AL, (2015) y SEP (2019)	7, 8
		Encuesta 3			1,2,3,4,5,6,7,8

5. Evaluar las capacidades de vinculación que tienen los Institutos Tecnológicos del estado de Yucatán desde el enfoque de la I4.0.	Jefes de departamento de vinculación de los siete Institutos Tecnológicos del estado de Yucatán	Encuesta 2	Capacidad de vinculación	Casalet y Casas (1998), Casillas (2016)	2,3,4,5 6
6. Identificar las áreas de conocimiento y nuevas competencias en las que los estudiantes necesitan preparación para enfrentar los retos del mercado laboral que generará la I4.0.	Subdirectores académicos y jefes de la división académica de los siete Institutos Tecnológicos del estado de Yucatán	Encuesta 1	Áreas de conocimiento en la I4.0. Competencias técnicas. Competencias personales.	EOI y Google Actívate (2018), Peña (2019) y Terrés, Lleó, Viles, y Santos (2017)	9, 10, 11
	Subdirectores de planeación y vinculación o los jefes de departamento de gestión y vinculación de los siete Institutos Tecnológicos del estado de Yucatán	Encuesta 2	Áreas de conocimiento en la I4.0. Competencias técnicas. Competencias personales.	EOI y Google Actívate (2018), Peña (2019) y Terrés, Lleó, Viles, y Santos (2017)	17, 18, 19
7. Diseñar estrategias que permitirían alinear las capacidades de los Institutos Tecnológicos del estado de Yucatán al desarrollo del paradigma de la I4.0.	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A

Fuente: Elaboración propia.



## CAPÍTULO V. RESULTADOS

En el presente capítulo, se muestran los principales resultados obtenidos de los instrumentos de recolección aplicados a los sujetos de estudio. Como se observa en la **Tabla 5.1**, de los 21 participantes contemplados para el estudio, únicamente el encargado del departamento de vinculación del ITSP no respondió la encuesta correspondiente. Además, se determinó que solo el 20% de los participantes son mujeres y que el promedio de años de antigüedad en su puesto actual (al momento de la aplicación) es de 4.2 años.

**Tabla 0.1**

**Sujetos que participaron en el estudio**

Institución	Clasificación	Puesto	Género	Antigüedad en el puesto
Instituto Tecnológico de Mérida	Federal	Subdirector académico	Masculino	1
		Jefe departamento de gestión y vinculación	Masculino	1
		Jefe de centro de cómputo	Masculino	1
Instituto Tecnológico de Conkal		Subdirector académico	Masculino	3
		Subdirectora de planeación y vinculación	Femenino	3
		Jefe de centro de cómputo	Masculino	6
Instituto Tecnológico de Tizimín		Subdirector académico	Masculino	1
		Jefe departamento de gestión y vinculación	Masculino	2
		Jefe de centro de cómputo	Masculino	2
Instituto Tecnológico Superior de Motul	Descentralizado	Jefe de división académica	Masculino	8
		Jefe de departamento de vinculación	Masculino	1
		Jefe de departamento de tecnologías de la información	Masculino	17
Instituto Tecnológico Superior De Valladolid		Subdirector académico	Masculino	1
		Jefe de departamento de vinculación	Femenino	4
		Jefe de centro de cómputo	Masculino	3
Instituto Tecnológico Superior De Progreso		Subdirector académico y de vinculación	Femenino	2
		Coordinador de tecnologías de la información	Masculino	13
Instituto Tecnológico Superior Del Sur Del estado De Yucatán		Subdirector académico	Femenino	2
		Subdirector de planeación y vinculación	Masculino	2
		Encargado de área de tecnologías de la información y comunicación	Masculino	11

Fuente: Elaboración propia.

Para presentar los resultados correspondientes, el capítulo se divide en siete apartados donde se describen a detalle los datos obtenidos de acuerdo a cada uno de los objetivos específicos de esta investigación. Así, en el primer apartado se detallan los mecanismos que poseen los ITs de Yucatán para establecer contacto con las empresas y conocer sus necesidades y tendencias en relación a la I4.0.

En el segundo apartado se muestran los resultados sobre la capacidad académica con la que cuentan los ITs para desarrollar investigación en el tránsito a la I4.0. Igualmente, en el apartado tres, se señalan la capacidad de infraestructura tecnológica que poseen los ITs para afrontar las necesidades de sus usuarios en el contexto de la I4.0.

El cuarto apartado contiene los resultados sobre la capacidad de innovación y transferencia de tecnología que tienen los ITs, donde se señalan aquellas actividades que poseen y cuáles no, bajo esos dos rubros. Bajo esta misma línea, en el apartado cinco se detallan los resultados de la capacidad de vinculación que tienen los ITs para afrontar los cambios y necesidades de las empresas en el entorno de la I4.0. Cabe señalar que estos apartados solo contienen las respuestas de 6 de los 7 encuestados participantes.

Por otra parte, en el sexto apartado se presentan las perspectivas de los subdirectores académicos y jefes de departamento de vinculación, sobre la importancia de las áreas de conocimiento, competencias técnicas y competencias personales necesarias en la preparación de los estudiantes para afrontar los retos del mercado laboral que generará la cuarta revolución industrial.

Por último, de acuerdo a los objetivos planteados y a través del análisis hecho de los anteriores apartados del presente capítulo, en el apartado siete, se mencionan estrategias que permitirían alinear las capacidades de los ITs del estado de Yucatán al desarrollo del paradigma de la I4.0.

## 5.1 Mecanismos para conocer las necesidades y tendencias en la I4.0

Con los resultados del presente estudio, se identificaron los mecanismos, en forma de actividades, que utilizan los ITs del estado de Yucatán para conocer las necesidades y tendencias de las empresas en el contexto de la I4.0. Como se observa en la **Tabla 5.2**, las actividades que más se llevan a cabo por los ITs son: 1) las visitas periódicas a empresas y otras organizaciones privadas para conocer sus necesidades, y 2) se asegura que el currículum y las asignaturas respondan a las necesidades del mercado laboral en la I4.0. Además, el ITM, ITC e ITSVA realizan intercambios de docentes e investigadores para que pueden realizar proyectos vinculados a la I4.0 en empresas y otras organizaciones. Asimismo, en el ITM y el ITSM se invita a representantes del sector privado a participar en foros de discusión sobre problemáticas relacionadas a la I4.0 de sus respectivos sectores, y la propuesta de solución por parte del IT. De igual forma, en el ITT e ITSVA se ayuda a las empresas a identificar sus necesidades de servicio en el paradigma de la I4.0, desarrollando los proyectos de alta calidad correspondientes. Igualmente, en el ITT e ITSSY se organizan reuniones periódicas con las cámaras empresariales, que permiten a los académicos y estudiantes comentar sobre sus proyectos de investigación en las líneas de conocimiento de la I4.0, e identificar oportunidades para proyectos relacionados con este paradigma. También, el ITSSY e ITSM llevan a cabo cambios en las estructuras y programas académicos que favorezcan la interdisciplinariedad requerida para la I4.0. Sin embargo, solamente el ITM programa conferencias y talleres sobre temas correspondientes a la I4.0, en las cámaras de comercio e industria, para promover la vinculación con la agenda de trabajo de los empresarios.

**Tabla 0.2**

### Actividades para conocer necesidades y tendencias de las empresas en la I4.0

Actividad	ITM	ITC	ITT	ITSM	ITSVA	ITSSY	Presencia
Se invita a representantes del sector privado a participar en foros de discusión sobre problemáticas relacionadas a la I4.0 de sus respectivos sectores, y la propuesta de solución por parte del IT	x			x			$\frac{2}{6}$
Se realizan intercambios de docentes e investigadores que pueden realizar proyectos vinculados a la I4.0 en empresas y otras organizaciones	x	x			x		$\frac{3}{6}$
Se ayuda a las empresas a identificar sus necesidades de servicio en el paradigma de la I4.0, desarrollando los proyectos de alta calidad correspondientes			x		x		$\frac{2}{6}$

Se realizan visitas periódicas a empresas y otras organizaciones privadas para conocer sus necesidades en el paradigma de la I4.0, además de dar a conocer los avances en los programas de vinculación que se desarrollan en el IT y promover proyectos relacionados a la I4.0		x	x		x	x	$\frac{4}{6}$
Se programan conferencias y talleres sobre temas correspondientes a la I4.0 en las cámaras de comercio e industria, para promover la vinculación con la agenda de trabajo de los empresarios	x						$\frac{1}{6}$
Se organizan reuniones periódicas con las cámaras empresariales, que permiten a los académicos y estudiantes comentar sobre sus proyectos de investigación en las líneas de conocimiento de la I4.0, e identificar oportunidades para proyectos relacionados con esta			x			x	$\frac{2}{6}$
Se lleva a cabo cambios en las estructuras y programas académicos que favorezcan la interdisciplinariedad requerida para la I4.0				x		x	$\frac{2}{6}$
Se asegura que el currículum y las asignaturas respondan a las necesidades del mercado laboral en la I4.0		x	x	x		x	$\frac{4}{6}$

Fuente: Elaboración propia.

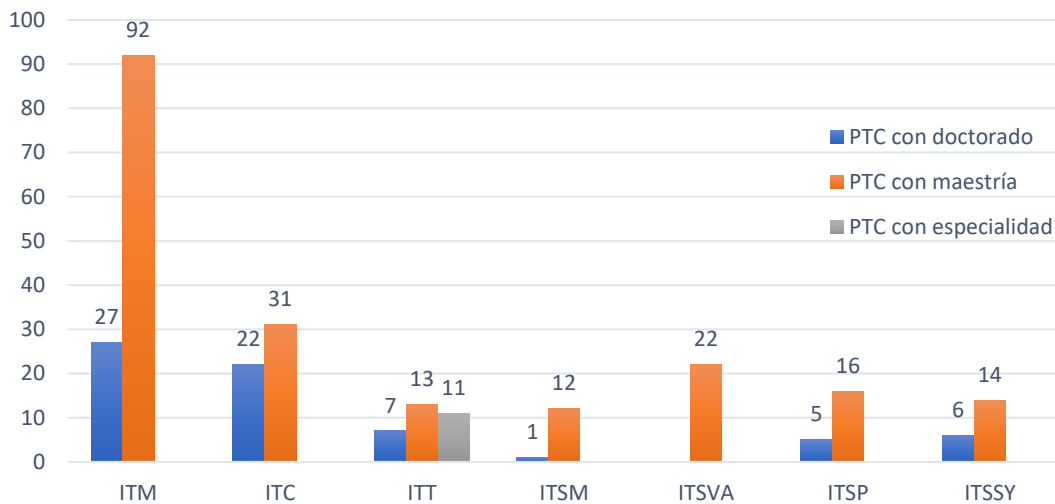
Ante esta dinámica, los ITs están haciendo esfuerzos por establecer mecanismos que les permitan estar a la par con las tendencias que existen en la realidad industrial, ya que como se observó, todos los ITs realizan al menos tres actividades para conocer las necesidades y tendencias en la I4.0. Sin embargo, cabe resaltar que existen cuatro actividades que ningún IT realiza, que se podrían tomar como oportunidades y convertirlas en ventajas competitivas: 1) se invita a representantes del sector privado a asistir a conferencias sobre temas correspondientes a la I4.0, que se realizan en el seno del IT y que pueden ser de su interés, 2) se invita a representantes del sector privado a escribir artículos sobre temas correspondientes a la I4.0, para que sean difundidos a través de los medios de comunicación del IT, tales como gacetas, boletines académicos y otras publicaciones, 3) se ofrecen cursos de capacitación vinculados a la I4.0 en incubadoras y parques tecnológicos e industriales, y 4) se han creado centros especializados en las tecnologías habilitadoras de la I4.0, coadministrados entre el IT y el sector privado.

## 5.2 Capacidad de formación

Para ofrecer educación de calidad que le permita a los jóvenes profesionistas afrontar las necesidades de las organizaciones en el tránsito hacia la I4.0, es necesario que las universidades fortalezcan su plantas y cuerpos académicos, a través de, la investigación científica con múltiples líneas de investigación y el desarrollo tecnológico (Gómez,

González y Ávila, 2019). Por lo tanto, de acuerdo a los lineamientos de la SEP (2019), para evaluar la capacidad de las plantas y cuerpos académicos de las IES, se tiene que, en los ITs del estado de Yucatán hay 408 PTC que siguen la siguiente distribución: 227 en el ITM, 74 en el ITC, 31 en el ITT, 13 en el ITSM, 22 en el ITSVA, 21 en el ITSP y 20 en el ITSY. Del total de PTC, 68 cuentan con doctorado, 200 con maestría y 11 con especialidad, en la **Figura 5.1** se muestra la distribución de esta clasificación en cada IT.

**Figura 0.1**  
**PTC con posgrado**



Fuente: Elaboración propia.

Además, como se muestra en la **Tabla 5.3**, la capacidad de investigación de la planta académica de los ITs del estado de Yucatán, está determinada, a través del 36% de los PTC que cuentan con perfil deseable PRODEP, y los 37 PTC que pertenecen al SNI: 13 en el ITM, 18 en el ITC, 3 en el ITT y 3 en el ITSSY. Cabe destacar, como se observa en los resultados, en todo los ITs hay PTC con perfil deseable PRODEP, sin embargo, no en todos hay PTC que pertenezcan al SNI.

**Tabla 0.3**

**PTC con perfil deseable PRODEP y que pertenecen al SNI**

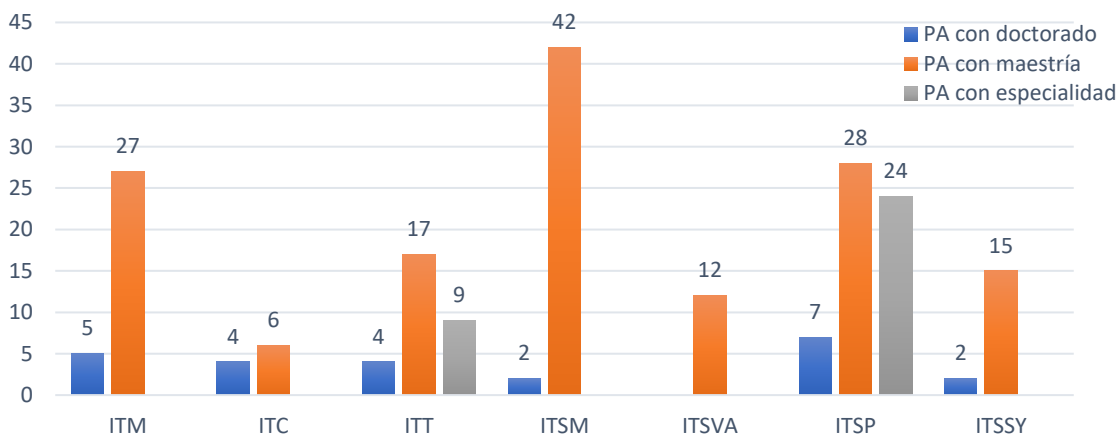
PTC	ITM	ITC	ITT	ITSM	ITSVA	ITSP	ITSSY
PTC con perfil deseable PRODEP	66	23	6	8	16	21	7
PTC que pertenecen al sistema nacional de investigadores (SNI)	13	18	3	0	0	0	3

Fuente: Elaboración propia.

Igualmente, existen 46 PMT en los ITs encuestados: 37 en el ITM (4 con doctorado y 16 con maestría), 7 en el ITC (7 con doctorado y 17 con maestría) y 2 en el ITT (1 con doctorado y 1 con maestría). Por otro lado, es notable la cantidad de PA existente en los ITs, donde 305 cumplen esta clasificación: 24 con doctorado, 147 con maestría, 33 con especialidad y el resto solo cuenta con licenciatura. En la **Figura 5.2**, se muestra la clasificación de los PA de acuerdo al grado de estudio.

**Figura 0.2**

**PA con posgrado**



Fuente: Elaboración propia.

Por último, como se ve en la **Tabla 5.4**, solo existe un cuerpo académico consolidado en los ITs del estado de Yucatán, el cual pertenece al ITC. Sin embargo, hay 12 cuerpos académicos en consolidación: 7 en el ITM, 3 en el ITC, y 1 en el ITT y el ITSSY; y 23 cuerpos académicos en formación: 6 en el ITSP, 4 en el ITM, 3 en el ITSM, ITSVA e ITSSY, y 2 en el ITC e ITT.

**Tabla 0.4**  
**Cuerpos académicos**

Cuerpos académicos	ITM	ITC	ITT	ITSM	ITSVA	ITSP	ITSSY
Cuerpos académicos consolidados (CAC)	0	1	0	0	0	0	0
Cuerpos académicos en consolidación (CAEC)	7	3	1	0	0	0	1
Cuerpos académicos en formación (CAEF)	4	2	2	3	3	6	3

Fuente: Elaboración propia.

### 5.3 Capacidad de infraestructura

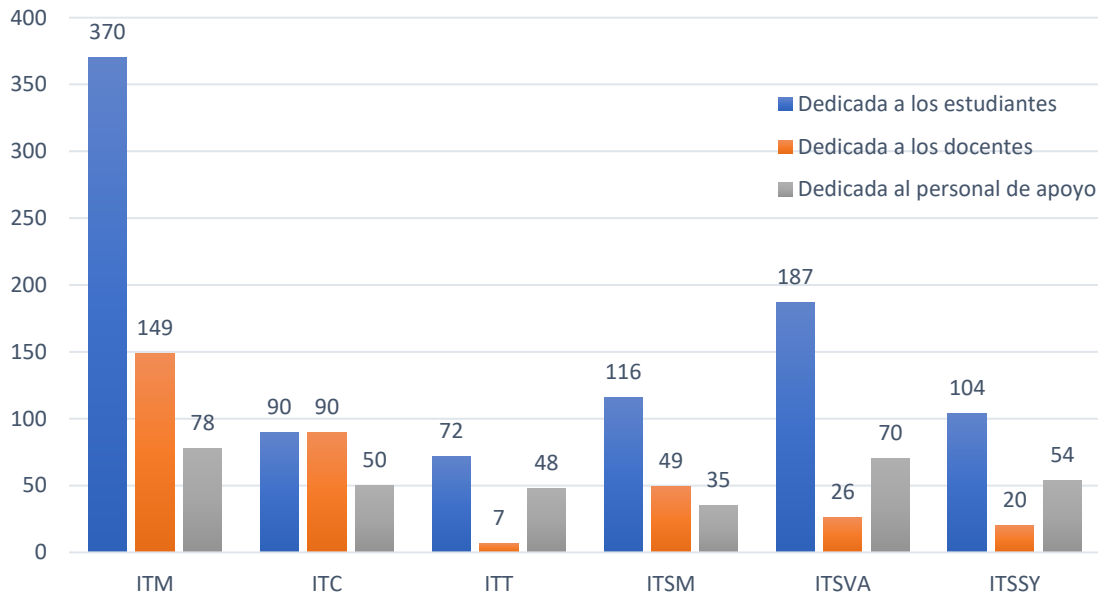
En el contexto digital, las TIC han permitido el acceso global a la información, en este sentido, las IES han podido, entre otras cosas, brindar educación a distancia, generar bibliotecas virtuales, y gestionar y proveer servicios administrativos a distancia (Acosta et al., 2014). Por lo tanto, las IES no solamente deben tener la capacidad de proveer de medios físicos y digitales a la comunidad educativa, también tienen que asegurar la calidad de la información, gestionar el almacenamiento y la protección de datos de los usuarios (Basco et al., 2018).

Entre las plataformas educativas de educación a distancia que más se usan en los ITs del estado de Yucatán, es Moodle. Además, con la pandemia sanitaria por COVID-19, los ITs optaron por el uso de plataformas con videoconferencia como: Google classroom y Microsoft Teams. Asimismo, el ITM implementó en el 2021, el uso de la plataforma *Brightspace* para la impartición de todos sus programas educativos. Con respecto a las plataformas de acervo digital, 5 de los 7 ITs ( ITM, ITC, ITT, ITSP y el ITSSY) usan el sistema del Consorcio Nacional de Recursos de Información Científica y Tecnológica (CONRICYT). Además, el ITM, ITC, ITT, ITSVA, utilizan la plataforma e-libro.

Respecto a las salas de cómputo de libre acceso para estudiantes e investigadores se tiene que existen 4 en el ITSVA, ITM e ITSM, 3 en el ITSP e ITC, 2 en el ITT y uno en el ITSSY. Asimismo, como se muestra en la **Figura 5.3**, el número de equipo de cómputo dedicado a estudiantes e investigadores, docentes y al personal de apoyo para cada IT (sin contar al ITSP que omitió su respuesta) es de: 597 en el ITM, 230 en el ITC, 127 en el ITT, 200 en el ITSM, 283 en el ITSVA y 178 en el ITSSY.

**Figura 0.3**

**Equipo de cómputo disponible para docentes, estudiantes e investigadores**



Fuente: Elaboración propia.

Por su parte, todos los ITs del estado de Yucatán cuentan con redes de acceso a internet gratuitas para la comunidad de usuarios, exceptuando al ITSSY donde antes de la pandemia por COVID-19 se había hecho una inversión para adquirir una red de acceso gratuito de 600 Mb/s (Paz, 2020). La velocidad máxima reportada es la del ITM con 600 Mb/s, le sigue con 270 Mb/s el ITT, 120 MB/s del ITSP, 100 Mb/s del ITSM, 80 Mb/s del ITC y 40 Mb/s del ITSVA.



Asimismo, se les pidió a los sujetos de estudio, que enlistaran los talleres o laboratorios existentes en cada IT, donde los estudiantes puedan realizar actividades prácticas o experimentales de acuerdo a cada programa de estudio determinado. Como resultado, se tiene que hay en total 84 de estos espacios en los ITs del estado de Yucatán, de los cuales como se puede ver en la **Tabla 5.5**, resaltan en relación a las tecnologías habilitadoras de la I4.0, los de programación, sistemas computacionales, biotecnología, biomédica, redes, TIC, manufactura avanzada, procesos industriales, entre otros.

**Tabla 0.5**

**Laboratorios y talleres de cada IT**

ITM	ITC	ITT	ITSM	ITSVA	ITSP	ITSSY
Laboratorio de microbiología	Laboratorio de usos múltiples	Laboratorio de microbiología	Laboratorio de sistemas hidráulicos y neumáticos	Taller de aguas residuales	Laboratorio de computo	Laboratorio de química
Laboratorio de biotecnología	Laboratorio de cómputo y ciencias básicas	Laboratorio de agua, suelo y planta	Laboratorio de procesos industriales	laboratorio de aguas residuales	Laboratorio de software	Laboratorio de microbiología
laboratorio de fisicoquímica	Taller de industrialización de carnes, frutas y hortalizas	Laboratorio de parasitología.	Laboratorio de máquinas eléctricas	laboratorio de potabilización de agua	Laboratorio de diseño	Taller de alimentos
laboratorio de química analítica	Áreas de producción pecuaria y producción agrícola	Laboratorio de biotecnología vegetal	Laboratorio de química y biocombustibles a	Laboratorio de remediación de suelos	Granja de render	Laboratorio de física
laboratorio de ingeniería ambiental	Áreas protegidas (invernaderos y casas sombra)	Laboratorio de biotecnología ambiental y bioprocesos	Laboratorio de electrónica	laboratorio de bioquímica y análisis instrumental	Laboratorio multifuncional	Taller de operaciones unitarias
Laboratorio de automatización		Laboratorio de usos múltiples	Laboratorio de procesos de manufactura	Taller de microbiología	Taller de redes	Taller de industrial
Laboratorio de ciencias de la tierra		Laboratorio de reproducción animal	Laboratorio de metrología	taller civil 1	Taller de animación	Aula PLC
Laboratorio de química pesada		Laboratorio de biotecnología acuícola y marina	Laboratorio de manufactura avanzada cnc	Taller civil 2	Taller pesado electromecánica y energías renovables	Simulador de negocios
Laboratorio de sistemas computacionales		Laboratorio de ecología y biodiversidad	Taller de máquinas y herramientas	Taller de hidráulica		Laboratorios de cómputo
laboratorio de análisis de señales		Laboratorio de germoplasma nativo	Laboratorio de bordado	Taller de dibujo		Áreas prácticas
Laboratorio de biomédica		Laboratorio de biotecnología microbiana	Cuarto de telecomunicación	Taller de industrial		Taller de sistemas computacionales

laboratorio de programación		Laboratorio de ciencias básicas	Laboratorio de diseño CAD	Taller de ergonomía		Laboratorio de métodos
Laboratorio de telecomunicaciones y microprocesadores		Laboratorio de informática	Laboratorio de comunicaciones digitales	Taller de hotelería		Taller de soldadura
Laboratorio de redes			Laboratorio POWER	Taller de alimentos y bebidas		
Laboratorio de programación avanzada				Taller de cisco		
				Taller de electrónica y electricidad		

Fuente: Elaboración propia.

En cuanto a las actividades para la adquisición y calidad de los servicios informáticos que proveen los ITs a sus usuarios, solamente en el ITM, ITSM e ITSSY existe una política institucional para la adquisición de material informático. Por el contrario, en todos los ITs contemplados en el estudio, existen mecanismos para conocer la opinión de docentes y estudiantes sobre la calidad de los servicios informáticos.

Además, en cuanto a la protección, almacenamiento y mantención de los datos informáticos, se establecieron cinco actividades de seguridad y privacidad de la red informática, que solo el ITC e ITSM cumplen por completo como se muestra en la **Tabla 5.6**. Las actividades más recurrentes llevadas a cabo por 6 de los 7 ITs, son: se cuenta con un sistema de respaldo de información y se cuenta con el equipo que garantice la estabilidad del suministro eléctrico. Igualmente, se tienen dos actividades llevadas a cabo por 5 de los 7 ITs: se realiza el intercambio de datos sensibles (datos personales o académicos) mediante conexiones seguras (encriptadas) y se cumple con la legislación vigente en materia de privacidad y custodia de datos personales. Cabe destacar, que la actividad que menos se lleva a cabo es la de tener un responsable de aplicar las políticas de seguimiento y respaldo de la información.

**Tabla 0.6**

**Actividades de seguridad y privacidad de la red informática**

Actividad	ITM	ITC	ITT	ITSM	ITVA	ITSP	ITSSY	Presencia
Se realiza el intercambio de datos sensibles (datos personales o académicos) mediante conexiones seguras (encriptadas)	x	x	x	x			x	$\frac{5}{7}$
Se cuenta con un responsable de aplicar las políticas de seguimiento y respaldo de la información		x		x		x		$\frac{3}{7}$
Se cuenta con un sistema de respaldo de información	x	x	x	x	x	x		$\frac{6}{7}$
Se cumple con la legislación vigente en materia de privacidad y custodia de datos personales		x	x	x	x	x		$\frac{5}{7}$
Se cuenta con el equipo que garantice la estabilidad del suministro eléctrico	x	x	x	x		x	x	$\frac{6}{7}$

Fuente: Elaboración propia.

Para finalizar este apartado, se establecieron seis actividades sobre el mantenimiento del hardware y software existente en los ITs participantes en la investigación. En la **Tabla 5.7** se observa que la actividad más empleada es la disposición del personal cualificado para el mantenimiento de los sistemas. Entre las actividades llevadas a cabo por 6 de los 7 ITs, se tienen que: se actualizan las tecnologías de hardware empleadas en función de las necesidades, se emplean las tecnologías de software según estándares establecidos y se dispone de licencias para la actualización de los sistemas. Sin embargo, es de llamar la atención, que no todos los ITs disponen de un equipo de desarrollo para la adecuación de sistemas a las necesidades de la institución.

**Tabla 0.7**

**Actividades de mantenimiento de los equipos y programas informáticos**

Actividad	ITM	ITC	ITT	ITSM	ITVA	ITSP	ITSSY	Presencia
Se actualizan las tecnologías de hardware empleadas en función de las necesidades		x	x	x	x	x	x	$\frac{6}{7}$
Se emplean las tecnologías de software según estándares establecidos	x	x	x	x		x	x	$\frac{6}{7}$
Se dispone del personal cualificado para el mantenimiento de los sistemas	x	x	x	x	x	x	x	$\frac{7}{7}$
Se cuenta con contratos de mantenimiento preventivo (soporte técnico) para los sistemas de terceros		x	x			x		$\frac{3}{7}$
Se dispone de licencias para la actualización de los sistemas	x	x		x	x	x	x	$\frac{6}{7}$
Se dispone de un equipo de desarrollo para la adecuación de sistemas a las necesidades de la institución		x	x					$\frac{2}{7}$

Fuente: Elaboración propia.

#### 5.4 Capacidad de innovación y transferencia de tecnología

A través de la investigación, innovación y desarrollo tecnológico las organizaciones se encuentran afrontando los retos socioeconómicos de la I4.0. Bajo esta línea, como se ve en la **Tabla 5.8**, los encuestados señalaron, en su mayoría, que en los ITs se realizan actividades de investigación ya sea por iniciativa propia del IT, por solicitud de organizaciones externas o en conjunto con estas. Asimismo, en todos los ITs se ofrecen servicios de asesoría y asistencia técnica a las organizaciones que lo soliciten. En el caso especializado de las consultorías, solamente en el ITT no se ofrece este servicio. Sin embargo, la vigilancia y monitoreo de tendencias y nuevas tecnologías en la I4.0, es escaso, ya que, solamente el ITSSY realiza prospectiva tecnológica como una actividad recurrente.

**Tabla 0.8**

#### Actividades de investigación y desarrollo

Actividad	ITM	ITC	ITZ	ITSM	ITSVA	ITSSY	Presencia
Investigación básica por iniciativa del IT (estudiantes, docentes, docentes - investigadores)	x		x	x	x	x	$\frac{5}{6}$
Investigación aplicada por solicitud de externos	x		x	x	x	x	$\frac{5}{6}$
Proyectos de investigación conjunta con el sector productivo	x	x	x		x	x	$\frac{5}{6}$
Desarrollos tecnológicos conjuntos con el sector productivo	x					x	$\frac{2}{6}$
Servicio de asistencia técnica	x	x	x	x	x	x	$\frac{6}{6}$
Servicio de consultoría	x	x		x	x	x	$\frac{5}{6}$
Servicio de asesoría	x	x	x	x	x	x	$\frac{6}{6}$
Prospectiva tecnológica						x	$\frac{1}{6}$

Fuente: Elaboración propia.

Aunado al párrafo anterior, se establecieron actividades sobre los esfuerzos que realizan los ITs en el fortalecimiento a la docencia e investigación, cabe aclarar que en este apartado es la única pregunta que fue dirigida a los subdirectores o responsables académicos de cada IT, además al momento de responder la encuesta, los responsables en el ITT e ITC omitieron sus respuestas. Los resultados que se observan en **Tabla 5.9**, muestran la iniciativa por parte de los docentes, en todos los ITs participantes, por identificar problemas de las empresas y elaborar proyectos para solucionarlo con los

estudiantes. Además, se tiene que, en la mayoría de los ITs, exceptuando al ITSM, se elaboran tesis sobre problemas planteados por las empresas, aunque solo en el ITM e ITSP existen programas doctorales donde las tesis consisten en proyectos de desarrollo tecnológico para las empresas. Asimismo, solo en el ITM se imparten clases de licenciatura y posgrado en instalaciones de las empresas. En el caso de la ayuda económica por parte de las empresas en forma de becas hacía la comunidad de los ITs, se tiene que, las empresas no ofrecen becas para profesores e investigadores, aunque si lo hacen para los estudiantes como es en el caso del ITM, ITSVA, ITSP e ITSSY.

**Tabla 0.9**

**Actividades para el fortalecimiento a la docencia y la investigación**

Actividad	ITM	ITSM	ITSVA	ITSP	ITSSY	Presencia
Creación de estudios de nivel posgrado adaptados a las necesidades de las empresas				x		$\frac{1}{5}$
Los docentes identifican problemas de las empresas y elaboran un proyecto para solucionarlo con los alumnos	x	x	x	x	x	$\frac{5}{5}$
Elaboración de tesis sobre problemas planteados por la empresa	x		x	x	x	$\frac{4}{5}$
Programas doctorales cuyas tesis consiste en proyectos de desarrollo tecnológico para las empresas	x			x		$\frac{2}{5}$
Impartición de clases de licenciatura y posgrado en instalaciones de las empresas	x					$\frac{1}{5}$
Becas de las empresas para profesores e investigadores						$\frac{0}{5}$
Becas de las empresas para estudiantes	x		x	x	x	$\frac{4}{5}$

Fuente: Elaboración propia.

Por otra parte, en la I4.0, los emprendedores toman los avances científicos y la gestión de conocimiento que trae consigo este paradigma, para optimizar sus proyectos y posicionar estratégicamente a sus nuevas empresas (Basco et al., 2018). En este sentido, las IES deben promover esta práctica en el seno de sus actividades para estimular a los estudiantes en la identificación de oportunidades de negocio y creación de nuevas empresas (Casillas, 2016). Así, como se puede observar en la **Tabla 5.10**, en todos los ITs del estado de Yucatán se llevan a cabo todas las actividades de emprendimiento establecidas en el presente estudio, a excepción del ITC que únicamente no brinda asesoría a docentes y estudiantes para el trámite de financiamiento de proyectos de emprendimiento.

**Tabla 0.10**

**Actividades de emprendimiento**

Actividad	ITM	ITC	ITT	ITSM	ITSVA	ITSSY	Presencia
Se brinda información y asesoría a docentes y estudiantes sobre los pasos para la creación de nuevas empresas	x	x	x	x	x	x	$\frac{6}{6}$
Se brinda asesoría a docentes y estudiantes para el trámite de financiamiento	x		x	x	x	x	$\frac{5}{6}$
Se llevan a cabo eventos de emprendimiento dentro del IT	x	x	x	x	x	x	$\frac{6}{6}$
Se promueve la participación de los estudiantes en eventos de emprendimiento externos	x	x	x	x	x	x	$\frac{6}{6}$
Se han formado empresas a partir de proyectos surgidos en el IT	x	x	x	x	x	x	$\frac{6}{6}$

Fuente: Elaboración propia.

Al contrario de los resultados anteriores, la transferencia de tecnología en los ITs participantes, es prácticamente nula, ya que, en los últimos cinco años (2015-2019) no se ha tramitado ni otorgado patentes. A pesar de estos resultados, en los ITs se realizan diversas actividades de difusión para exponer proyectos de innovación y vinculación que se pueden ver en la **Tabla 5.11**. Entre las actividades que realizan 5 de los 6 ITs que participaron en esta encuesta, están las siguientes: ferias y exposiciones, y foros, coloquios, seminarios y conferencias. Además, 4 de los 6 ITs, llevan a cabo actividades como la educación continua (cursos y capacitaciones) a las organizaciones y publicaciones académicas (libros, revistas, gacetas, etc).

**Tabla 0.11**

**Actividades de difusión**

Actividad	ITM	ITC	ITT	ITSM	ITSVA	ITSSY	Presencia
Educación continua (capacitación y actualización)	x	x			x	x	$\frac{4}{6}$
Publicaciones		x	x		x	x	$\frac{4}{6}$
Ferias y exposiciones	x	x	x		x	x	$\frac{5}{6}$
Foros, coloquios, seminarios y conferencias	x		x	x	x	x	$\frac{5}{6}$

Fuente: Elaboración propia.

## 5.5 Capacidad de vinculación

La vinculación entre las IES y las empresas es parte fundamental para el tránsito a una economía basada en las tecnologías habilitadoras de la I4.0. Para las IES existen ciertas actividades de vinculación, llamadas de formación profesional, que les permiten a los estudiantes y docentes el acceso a empresas de diversos sectores económicos, a través de convenios entre las dos partes: academia y empresa (Casalet & Casas, 1998). Como se observa en la **Tabla 5.12**, el ITM, ITT, ITSM, ITSVA e ITSSY realizan todas las actividades de formación profesional: estancias para profesores, servicio social, visitas a empresas, residencias profesionales y programas de formación profesional dual. Por el contrario, en el ITT e ITC los profesores no tienen acceso a las empresas a través de estancias. Y únicamente en el ITC, no se cuentan con programas de formación profesional dual para que los estudiantes se vinculen con las empresas.

**Tabla 0.12**

### Actividades de formación profesional

Actividad	ITM	ITC	ITT	ITSM	ITSVA	ITSSY	Presencia
Estancias para profesores	x			x	x	x	$\frac{4}{6}$
Servicio social	x	x	x	x	x	x	$\frac{6}{6}$
Visitas a empresas	x	x	x	x	x	x	$\frac{6}{6}$
Residencias profesionales	x	x	x	x	x	x	$\frac{6}{6}$
Programa de formación profesional dual	x		x	x	x	x	$\frac{5}{6}$

Fuente: Elaboración propia.

Asimismo, el porcentaje de estudiantes que es contratado después de las residencias profesionales, que es una de las prácticas más comunes en los ITs por ser un requisito para que los estudiantes puedan egresar de los programas educativos, es relativamente bajo, ya que, en promedio en el ITM el 30% de sus estudiantes continua en las empresas donde realizaron esta actividad de formación profesional, seguido por el 25% del ITSVA, 15% en el ITSSY y 10% en el ITSM. Cabe aclarar que los responsables del ITT e ITC omitieron su respuesta para esta pregunta.

Por otro lado, se determinaron doce actividades que los ITs deben cumplir dentro de su programa institucional de vinculación. En la **Tabla 5.13**, se observa que existen tres actividades que llevan a cabo todos los ITs participantes en el presente estudio: diagnóstico para determinar las necesidades de los sectores productivos, uso de un comité o consejo de vinculación integrado por representantes del sector productivo y diseño de estrategias específicas para involucrar a la micro y pequeña empresa en programas de vinculación. Asimismo, la publicación de un catálogo de servicios y la creación de bases de datos para administrar el desarrollo de los proyectos de vinculación, son actividades que llevan a cabo 5 de los 6 ITs. De igual forma, hay cuatro actividades que se realizan en 4 de los 6 ITs del estado de Yucatán: desarrollo de enlaces de colaboración con otras instituciones de educación superior para desarrollar proyectos de vinculación, cooperación en la elaboración de contratos de proyectos, asesoría a personal académico en la elaboración de proyectos de vinculación, y promoción de la creación y desarrollo de otros organismos de vinculación (oficinas de transferencia de tecnología, incubadoras, parques tecnológicos y consejos). Además, en el ITM, ITSVA e ITSSY se lleva a cabo la capacitación de empresarios para su participación en programas de vinculación, y en el ITT e ITSSY se identifican las potencialidades de docencia, investigación y extensión para llevar a cabo proyectos de vinculación. Únicamente en el ITSSY se comercializan los resultados de la investigación básica y aplicada.

**Tabla 0.13**

**Actividades que se llevan a cabo dentro del programa institucional de vinculación**

Actividad	ITM	ITC	ITT	ITSM	ITSVA	ITSSY	Presencia
Diagnóstico para determinar las necesidades de los sectores productivos	x	x	x	x	x	x	$\frac{6}{6}$
Identificación de las potencialidades de docencia, investigación y extensión para llevar a cabo proyectos de vinculación			x			x	$\frac{2}{6}$
Desarrollo de enlaces de colaboración con otras instituciones de educación superior para desarrollar proyectos de vinculación	x		x		x	x	$\frac{4}{6}$
Publicación de un catálogo de servicios	x	x	x	x		x	$\frac{5}{6}$
Comercialización de los resultados de la investigación básica y aplicada						x	$\frac{1}{6}$
Cooperación en la elaboración de contratos de proyectos	x	x			x	x	$\frac{4}{6}$
Asesoría a personal académico en la elaboración de proyectos de vinculación			x	x	x	x	$\frac{4}{6}$



Uso de un comité o consejo de vinculación integrado por representantes del sector productivo	x	x	x	x	x	x	$\frac{6}{6}$
Capacitación de empresarios para su participación en programas de vinculación.	x				x	x	$\frac{3}{6}$
Diseño de estrategias específicas para involucrar a la micro y pequeña empresa en programas de vinculación	x	x	x	x	x	x	$\frac{6}{6}$
Promoción de la creación y desarrollo de otros organismos de vinculación (oficinas de transferencia de tecnología, incubadoras, parques tecnológicos, consejos)	x		x	x		x	$\frac{4}{6}$
Creación de bases de datos para administrar el desarrollo de los proyectos de vinculación	x	x	x		x	x	$\frac{5}{6}$

Fuente: Elaboración propia.

En cuanto a las estructuras de vinculación que posee cada IT, se tiene que cada uno de estos cuentan con incubadoras de negocios de donde han surgido, desde del 2015, 50 empresas en el ITM, 28 en el ITSM, 7 en el ITSSY, 5 en el ITSVA, 3 en el ITT y 2 en el ITC. Además de la incubadora de negocios, el ITM tiene fundaciones y compañías de start-up como estructuras de vinculación. En cuanto a otras estructuras de vinculación, como los parques tecnológicos, centros de competitividad, compañías spin-off y oficinas de transferencia de tecnología, los ITs del estado de Yucatán carecen de estas.

De igual forma, se les pidió a los encuestados que determinaran el porcentaje de valor de recursos que destina su departamento para impulsar la innovación, el desarrollo tecnológico, el emprendimiento y la transferencia de tecnología. Entre los resultados se destaca que en ningún IT se destina recursos para la transferencia de tecnología, y tampoco se destina para el desarrollo tecnológico, con excepción del ITSM que destina un 3% de los recursos del departamento de vinculación para esta actividad clave. Sin embargo, en el ITT e ITSSY, se destina 50% a la innovación y 50% al emprendimiento. Por su parte en el ITM se destina el 40% a la innovación y 20% al emprendimiento. Asimismo, en el ITSVA se destina el 40% al emprendimiento y 30% a la innovación. En el ITSM, además de destinar un porcentaje al desarrollo tecnológico, igualmente se destina 15% al emprendimiento y 9% a la innovación. En el ITC, solamente se destina el 10% al emprendimiento.

Por último, el acceso a la infraestructura física entre la academia y otras organizaciones, es una parte determinante en la capacidad de vinculación de las IES. Como se plasma en la **Tabla 5.14**, el ITSVA, ITT e ITM realizan las cuatro actividades de acceso a la infraestructura: 1) acceso a la infraestructura de la institución por parte de las empresas,

2) acceso a la infraestructura de las empresas por parte de la institución, 3) la institución realiza convenios con otros centros e institutos de investigación para hacer uso de laboratorios y equipo para desarrollar sus proyectos de vinculación, y 4) se cuenta con suficientes laboratorios y/o equipos para desarrollar los proyectos de vinculación con empresas. Por su parte, el ITC, ITSM e ITSSY realizan 3 de las 4 actividades de acceso a la infraestructura antes mencionadas.

**Tabla 0.14**

**Actividades de acceso a la infraestructura**

Actividad	ITM	ITC	ITT	ITSM	ITSVA	ITSSY	Presencia
Acceso a la infraestructura de la institución por parte de las empresas	x		x	x	x	x	$\frac{5}{6}$
Acceso a la infraestructura de las empresas por parte de la institución	x	x	x	x	x	x	$\frac{6}{6}$
Su institución realiza convenios con otros centros e institutos de investigación para hacer uso de laboratorios y equipo para desarrollar sus proyectos de vinculación	x	x	x	x	x	x	$\frac{6}{6}$
Se cuenta con suficientes laboratorios y/o equipo para desarrollar los proyectos de vinculación con empresas	x	x	x		x		$\frac{4}{6}$

Fuente: Elaboración propia.

**5.6 Áreas de conocimiento y competencias necesarias en la I4.0**

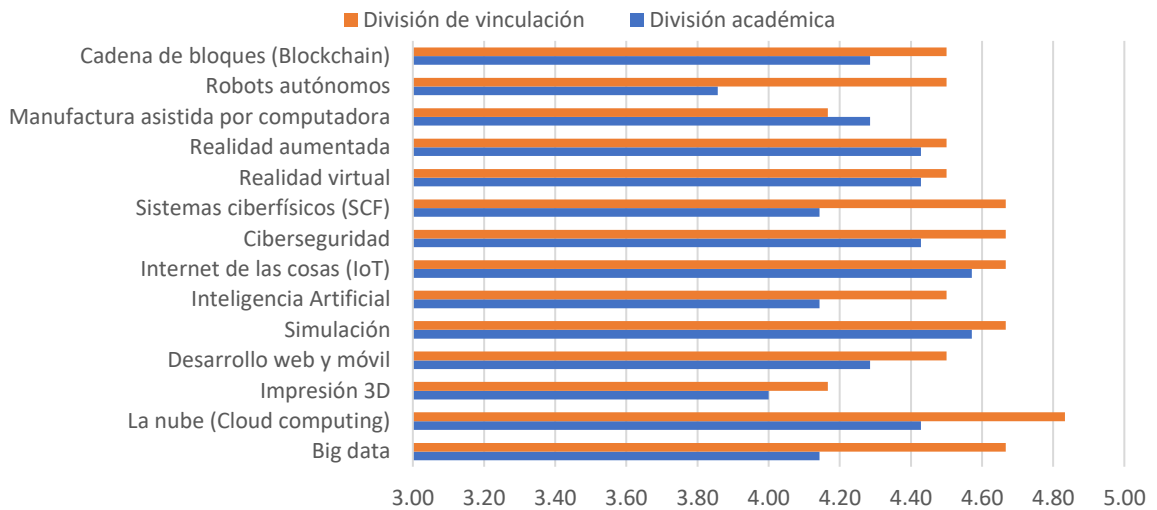
Al realizar la comparación, desde la perspectiva de la división académica y la de vinculación de cada IT, sobre las áreas de conocimiento que los estudiantes necesitan desarrollar en el tránsito a la I4.0, se tiene que las dos partes reconocen la importancia de las tecnologías habilitadoras en la preparación de los estudiantes para enfrentar los retos del mercado laboral en digitalización industrial.

Como se observa en la **Figura 5.4**, en promedio los jefes y subdirectores de vinculación calificaron con valores más altos las áreas de conocimiento que los jefes de la división académica y subdirectores académicos. Para los encuestados de la parte de vinculación, en promedio, la nube es el área de conocimiento más importante con 4.83 de calificación, seguida del big data, IoT, simulación, ciberseguridad y SCF con 4.67, el desarrollo web y móvil, inteligencia artificial, realidad virtual y aumentada, robots autónomos y cadena de bloques con 4.5, y siendo las peores evaluadas la impresión 3D y la manufactura esbelta con 4.17. En contraparte, la división académica, calificó mejor la simulación y el IoT con

4.57 en promedio, y le restó importancia a la impresión 3D con 4.0 y el conocimiento sobre robots autónomos con 3.86 de calificación media.

**Figura 0.4**

**Evaluación de las áreas de conocimiento**



Fuente: Elaboración propia.

De igual manera, los encuestados de la parte de vinculación, les dieron importancia alta, en su mayoría con calificaciones arriba de 4.5 en promedio, a las competencias técnicas a desarrollar por los estudiantes en el contexto laboral de la I4.0, sobre todo, al conocimiento en organización y procesos, y el dominio del idioma inglés que fueron determinados como “muy importantes” en la travesía hacia la I4.0. Además, como se ve en la **Figura 5.5**, la competencia técnica menos valorada para los encargados de la vinculación en los ITs de Yucatán fue el mantenimiento y reparación de equipos con 4.33. Por su parte, los subdirectores y jefes de la división académica valoraron más la resolución de problemas con 4.86, seguido del idioma inglés con 4.71 de puntuación media, y demeritaron los conocimientos en mecatrónica con 3.71.

**Figura 0.5**

**Evaluación de las competencias técnicas**

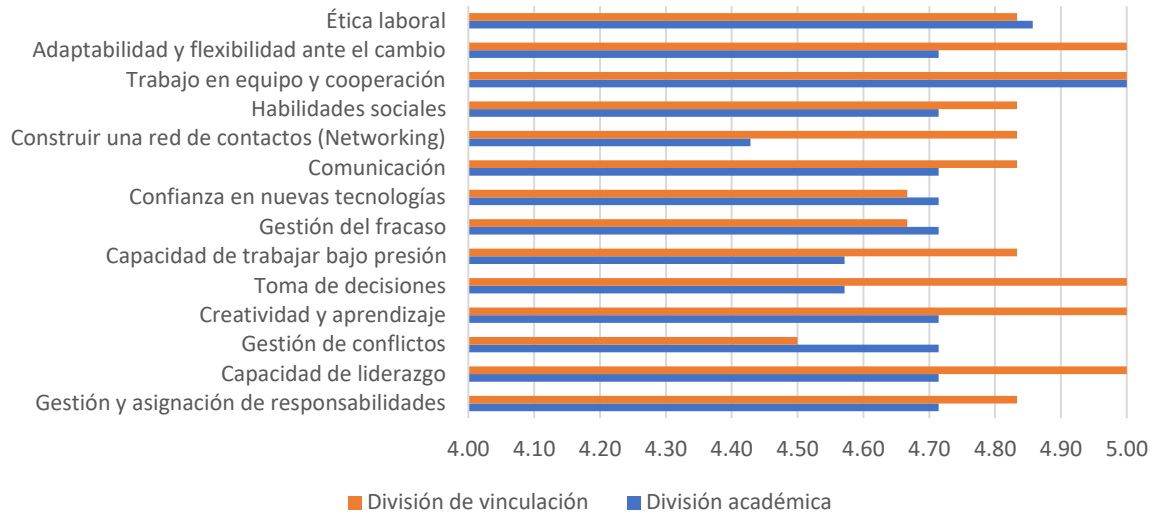


Fuente: Elaboración propia.

Al igual que los párrafos anteriores de este subapartado, las competencias personales fueron calificadas de mejor forma por parte de los encargados de la vinculación en los ITs, ya que, como se ve en la **Figura 5.6**, cinco competencias personales se determinaron como “muy importantes”: capacidad de liderazgo, creatividad y aprendizaje, toma de decisiones, trabajo en equipo y cooperación, y la adaptabilidad y flexibilidad ante el cambio. Aunque en menor medida, los encargados de la división académica de igual forma calificaron de “importante” a “muy importante”, las competencias personales que los estudiantes necesitan desarrollar para enfrentar los retos del mercado laboral que generará la I4.0. Así, los jefes y subdirectores académicos de los ITs del estado de Yucatán valoraron el trabajo en equipo y cooperación como la competencia personal más importante, seguida de la ética laboral con 4.86 de promedio. La construcción de una red de contactos fue la menor calificada con 4.43 por los jefes de la división académica y subdirectores académicos.

**Figura 0.6**

**Evaluación de las competencias personales**



Fuente: Elaboración propia.

Por último, al hacer una comparativa entre las competencias en el presente estudio, se puede observar que los encuestados valoran más las competencias personales que las competencias técnicas, esto va acorde a las conclusiones de Peña (2019) donde se hace la misma afirmación en el sector TIC del estado de Yucatán, y las conclusiones de Bughin et al. (2018) en las cuales mencionan que las habilidades sociales y emocionales se volverán importantes en la travesía hacia la cuarta revolución industrial.

**5.7 Estrategias para alinear las capacidades de los ITs de Yucatán al desarrollo del paradigma de la industria 4.0.**

A partir del análisis de los resultados en las capacidades de formación, innovación, transferencia de tecnología y vinculación de los siete ITs del estado de Yucatán, así como, de las competencias técnicas y personales que los estudiantes necesitan desarrollar en el contexto de la I4.0, se establecen a continuación, en orden de mayor a menor importancia en su implementación, ciertas estrategias que permitirán alinear las capacidades planteadas en el presente estudio al desarrollo de la I4.0 en el estado.

Primero, con respecto a la transferencia de tecnología, se necesitan llevar a cabo proyectos de prospectiva tecnológica en los ITs, que permitan pronosticar las necesidades de las empresas en la digitalización industrial, para que así, se puedan proveer y patentar productos y servicios funcionales cuando las empresas lo requieran. Estos proyectos se pueden realizar como parte de las residencias profesionales de los estudiantes de licenciatura o llevar a cabo tesis de posgrado referentes a las necesidades de la industria en el contexto I4.0.

Ante el paradigma de la I4.0, existe la necesidad de que los estudiantes pasen más tiempo en las organizaciones para desarrollar las competencias y experiencias laborales, que les permitan obtener un empleo al finalizar su carrera universitaria, y les permitan ser productivos en los diversos cambios que traerá la digitalización industrial. Es inminente que para mejorar la vinculación con el sector el productivo del estado de Yucatán, como se segunda estrategia, se necesita que en los ITs se adapten la mayoría de los programas educativos hacia la formación profesional dual, a través de los lineamientos y criterios expuestos por el TecNM (2015) en el MEDTecNM. Esta actividad de formación, permitirá a los estudiantes mejorar sus capacidades técnicas y personales, además de que, aprenderán más de la parte técnica que de la teórica. Por su parte los docentes se beneficiarán, porque a través de las experiencias de los estudiantes, actualizarán los recursos y formas de impartir cátedra, además de que permitirá a los dirigentes de los ITs cuestionarse sobre los planes curriculares actuales, en busca de actualizar los programas educativos y desarrollar líneas de investigación que satisfagan las necesidades empresariales y el desarrollo tecnológico necesario en el contexto regional de la I4.0 (Kahale, 2016).

De acuerdo a la SEP (2003), para alinear la capacidad académica en las IES en México, la planta académica de docentes debería, en su mayoría, tener el grado de doctor y pertenecer al SNI, además de estar organizados en cuerpos académicos consolidados. Bajo esta línea, solamente el 13.7% del total de docentes que existen en los 7 ITs del estado de Yucatán tienen doctorado, y más aún, que no todos se dedican a la investigación, por lo que, como tercera estrategia, es importante, incitar a los docentes que tienen maestría, que son el 25.69%, a que eleven su grado de estudio y que participen más en la parte investigativa.

Además del aumento de docentes con doctorado, como cuarta estrategia se propone crear más posgrados relacionados con las tecnologías habilitadoras de la I4.0, ya que esto, no solo mejorará los indicadores, sino, que se traducirá en prácticas innovadoras, desarrollo tecnológico y líneas de generación de conocimiento necesarias en la digitalización industrial, desde la perspectiva STEM como pilar de la formación de los estudiantes en las IES tecnológicas.

Por su parte, en la quinta estrategia, se propone crear centros de innovación en el seno de los ITs, en conjunto con cámaras empresariales y el gobierno del estado, donde converjan las necesidades de estos grupos y las propuestas de estudiantes, docentes e investigadores. Sin embargo, para lograr la inclusión en este tipo de actividades, por lo que, como sexta estrategia, los ITs necesitan establecer ciertas estructuras administrativas y de vinculación que les permitan a los docentes conjuntar sus horas de clases con el desarrollo de proyectos tecnológicos, y de igual forma, que permita a los estudiantes obtener beneficios económicos y de gestión de conocimiento como cursos, capacitaciones, premios y reconocimientos.

En materia de innovación, a pesar de que los resultados dictaminan la visión de los ITs para proveer servicios de asesoría y/o consultoría, el desarrollo tecnológico es débil. En ese sentido, la séptima estrategia tiene como objetivo que los ITs realicen alianzas con el sector productivo para generar sinergia en la creación de productos y servicios requeridos por las empresas de los diversos sectores económicos. Además, se necesita de la vinculación con organismos públicos como el Instituto Yucateco de Emprendedores (IYEM) donde los estudiantes, docentes e investigadores puedan converger en busca de financiamientos para el emprendimiento o en la ocupación de los talleres con los que cuenta esta institución para el desarrollo de productos y servicios en I4.0, como: el corte con láser, impresión 3D, desarrollo de prototipos, digitalización, entre otros. Asimismo, siendo la investigación un pilar importante en el tránsito hacia la I4.0, es necesaria una relación efectiva con instituciones como la Secretaría de Investigación, Innovación y Educación Superior (SIIES), que a través de políticas públicas y programas educativos fomentan el desarrollo tecnológico y la investigación en las IES del estado de Yucatán, además de proporcionar

fondos de financiamientos económicos, para el impulso a la investigación, innovación y vinculación dirigidas a emprendedores e IES.

De igual forma, como octava estrategia, se necesitan realizar actividades de difusión sobre proyectos de investigación e innovación en I4.0 como conferencias, talleres y redacción de artículos científicos, donde se invite a los representantes del sector público y productivo para la realización de estos.

Por último, en el contexto de pandemia por COVID-19 y la importancia que han tomado las TIC en la gestión de las IES, la seguridad informática y la mantención de las plataformas digitales para la impartición de programas educativos distancia son pilares en la nueva realidad de la educación. Como se observó en el apartado de infraestructura tecnológica, la mayoría de los ITs no cuentan con un responsable de aplicar las políticas de seguimiento y respaldo de la información, ni un equipo de desarrollo para la adecuación de sistemas a las necesidades de la institución, lo que podría ser una oportunidad, como novena estrategia, para establecer una oficina o departamento de seguridad y desarrollo de TI, que conjunte a estudiantes, docentes e investigadores de los ITs para la innovación en este rubro. A continuación, en la **Tabla 5.15**, se resumen las estrategias propuestas en el presente apartado.

**Tabla 0.15**

**Resumen de las estrategias para alinear las capacidades de los ITs al desarrollo de la I4.0 en el estado de Yucatán**

Estrategias	
Prioridad	Enunciado
1	Realizar estudios prospectivos en los ITs, para conocer y pronosticar las necesidades tecnológicas del sector productivo en la región
2	Promover la formación profesional dual en todos los programas educativos de los ITs
3	Promover grados de estudio sobretodo de doctorado entre los docentes de los ITs
4	Desarrollar posgrados con líneas de conocimiento sobre las tecnologías habilitadoras de la I4.0
5	Crear centros de innovación en el seno de los ITs en conjunto con cámaras empresariales y el sector público
6	Establecer estructuras administrativas y de vinculación que beneficien a los estudiantes y docentes: que permita a los docentes realizar actividades de desarrollo tecnológico en conjunto con su labor como docente y que incentive a los estudiantes a realizar dichas actividades
7	Realizar alianzas con el sector privado y organismo públicos para la innovación y desarrollo de tecnología en los ITs
8	Realizar actividades de difusión sobre proyectos de investigación e innovación en I4.0 donde se invite a los representantes del sector público y productivo para su realización
9	Establecer una oficina o departamento de seguridad y desarrollo de TI en los ITs

Fuente: Elaboración propia.



## CAPÍTULO VI. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

### 6.1 Conclusiones

Al finalizar el análisis de los datos recabados en la presente investigación, se concluye que se alcanzaron los objetivos específicos planteados, que llevaron a la consecución del objetivo general. A continuación, se detalla el cumplimiento de cada uno de los 7 objetivos específicos de la investigación.

El **objetivo 1** se cumplió, ya que, se identificaron los mecanismos para conocer las necesidades y tendencias de las empresas en relación a la I4.0. Se concluye, que los ITs bajo estudio, por lo menos, realizan 3 de las 12 actividades planteadas en este rubro, siendo el mecanismo más seleccionado por el 66% de los participantes: realizar visitas periódicas a empresas y otras organizaciones privadas para conocer sus necesidades en el paradigma de la I4.0, y asegurar que el currículum y las asignaturas respondan a las necesidades del mercado laboral en la I4.0. Sin embargo, existe una brecha de oportunidad para los ITs del estado de Yucatán, ya que, el 33% de las actividades no es llevada a cabo por ninguna institución.

Para el cumplimiento del **objetivo 2**, en el que se evaluó la capacidad académica de los ITs de estado de Yucatán, se identificó el potencial que tienen los ITs para tener una planta académica preparada en el tránsito hacia la I4.0, contado con 49% de PTC con grado de estudio de maestría, 19% con grado de doctorado y 36 cuerpos académicos que permitirán la gestión del conocimiento y el desarrollo tecnológico en el contexto de la I4.0 debido a la naturaleza de la formación STEM de los ITs.

Con respecto al **objetivo 3**, se evaluó la capacidad de innovación y transferencia de tecnología de los ITs participantes en el estudio. Para cumplir con este objetivo se determinaron una serie de actividades, entre las que sobresalieron los servicios de asistencia técnica y asesoría brindados por todos los ITs para las organizaciones que requieran de estos, además que en todos los ITs, los docentes identifican problemas de las empresas y elaboran un proyecto para solucionarlo con los alumnos. Asimismo, los resultados muestran que, a través del emprendimiento, los ITs buscan denotar la innovación, ya que,

5 de los 6 representantes del área de vinculación en los ITs participantes mencionaron que se realizan las 5 actividades de este rubro. Sin embargo, la falta de desarrollo tecnológico en conjunto con el sector productivo de la región y la falta de trámites de patentes de productos y servicios por parte de los ITs hacia otras organizaciones, exhiben las dificultades que tienen estas instituciones para llevar a cabo la aplicación de la gestión de conocimiento generada en los ITs, y se reitera la conclusión a la que llegó Casillas (2016) donde la industria y academia perciben a los ITs de Yucatán solamente como generadora de mano de obra.

Por su parte, al evaluar la capacidad de infraestructura tecnológica de los ITs del estado de Yucatán, para el cumplimiento del **objetivo 4**, se encontró que los ITs cuentan con salas y equipo de cómputo para los docentes, estudiantes e investigadores para el acceso a la información gratuita en la red de internet. En el panorama actual de COVID-19, los ITs han adaptado los programas educativos hacia plataformas digitales de videoconferencia, ante esta necesidad, de igual forma, se enfrentan al problema de mantener y proteger los sistemas tecnológicos implementados, lo cual, según los resultados, se llevan a cabo actividades que le permiten a los ITs contar con un sistema de respaldo de información y realizar el intercambio de datos sensibles, entre otros.

Además, en el **objetivo 5** se evaluó la capacidad de vinculación de los ITs bajo estudio ante la necesidad de este rubro en el contexto de la cuarta revolución industrial. Entre los resultados sobresalientes, se encontró que los 6 ITs que participaron en esta parte del estudio, realizan visitas a empresas, servicios sociales y residencias profesionales, como actividades de formación que les permite a los estudiantes acceder a las empresas. Sin embargo, menos del 35% de los estudiantes que realizan residencias profesionales como actividad profesionalizante, se quedan trabajando en las empresas donde realizaron esta actividad. Asimismo, todos los ITs, están dispuestos a que las empresas accedan a las instituciones para que utilicen su infraestructura. A pesar de que el desarrollo tecnológico es un pilar importante en el tránsito a la I4.0, los ITs del estado de Yucatán no asignan recursos para llevar a cabo este tipo actividad. Por su parte, el número de empresas que se han generado gracias a las incubadoras de los ITs del estado de Yucatán en los últimos cinco años, es de 95 ideas de negocio impulsadas por esta estructura de vinculación.

Para cumplir con el **objetivo 6**, se evaluaron las áreas conocimientos y competencias necesarias a desarrollar por los estudiantes en el contexto de la I4.0, desde la perspectiva de los representantes de la parte académica y la parte de vinculación. Bajo esta línea, las áreas de conocimiento que se consideran importantes en el tránsito a la I4.0 en el contexto local, son la nube para la división de vinculación, y la simulación y el IoT para la división académica. Es importante recalcar, que los participantes del estudio le restan importancia a la impresión 3D en promedio, sin embargo, con la pandemia sanitaria por COVID-19 esta tecnología ha tomado auge en el sector salud, ya que gracias a ella se ha podido responder rápidamente en la administración de suministros necesarios en la lucha contra el virus, como lo son las caretas, mascarillas, hisopos y válvulas de respiración (Pedraja et al., 2020), por lo que es necesario que los ITs del estado de Yucatán, inviertan en este tipo de tecnologías y capaciten a los estudiantes para su uso.

Asimismo, entre las competencias técnicas mejor evaluadas para el desarrollo de los estudiantes en el contexto de la I4.0, fueron el dominio del idioma inglés, la resolución de problemas y el conocimiento en organización y procesos, restándole valor a las competencias físicas como el conocimiento en mecatrónica, y el mantenimiento y reparación de equipos, que concuerda con lo mencionado por Bughin et al. (2018), ya que este tipo de competencias manuales irán perdiendo su valor en horas de trabajo exigidas en el tránsito a la I4.0.

En lo que respecta a las competencias personales, la mejor evaluada y catalogada como *muy importante* por parte de todos los sujetos participantes, es el trabajo en equipo y cooperación, similar a los resultados encontrados por Blázquez et al. (2019) donde 53 empresas de la industria española catalogaron de la misma manera a esta competencia. Además, a través de los resultados se observa que las competencias personales fueron mejor evaluadas en promedio que las competencias técnicas, siendo resultados esperados ya que autores como Naji (2018) y la ANUIES (2018a) las consideran como pilares fundamentales en el desarrollo de los estudiantes y trabajadores en la digitalización industrial, además de que estudios como el de Bughin et al. (2018) llegan a esta misma conclusión.

Por otro lado, en el cumplimiento del **objetivo 7** se diseñaron una serie de estrategias que permiten alinear las capacidades evaluadas en el presente estudio al desarrollo del paradigma de la I4.0 en los ITs del estado de Yucatán. Las estrategias se establecieron a partir de las deficiencias encontradas en el análisis de los resultados, donde se menciona de la necesidad de los ITs por apostar a la innovación y el desarrollo tecnológico para dejar de ser tomados como simples benefactores de mano de obra para las empresas. Asimismo, con el desarrollo tecnológico, existe la necesidad de adecuar los programas educativos, sobretodo de posgrado, donde se tengan líneas de conocimiento referentes a las tecnologías habilitadoras de la I4.0 y con ello contrarrestar las necesidades del sector productivo en materia de innovación. A continuación, en la **Tabla 6.1**, se resume el cumplimiento de los objetivos específicos mencionados en este apartado.

**Tabla 0.1**

**Resumen de las conclusiones**

Objetivo	Cumplimiento	Resultado principal
Identificar los mecanismos que utilizan los Institutos Tecnológicos del estado de Yucatán para conocer las necesidades y tendencias de las empresas en relación a la industria 4.0.	SI	Los mecanismos más usados por el 66% de los participantes son: realizar visitas periódicas a empresas y otras organizaciones privadas para conocer sus necesidades en el paradigma de la I4.0, y asegurar que el currículum y las asignaturas respondan a las necesidades del mercado laboral en la I4.0.
Evaluar las capacidades de formación que tienen los Institutos Tecnológicos del estado de Yucatán desde el enfoque de la industria 4.0.	SI	Los ITs de estado de Yucatán cuentan con 49% de PTC con grado de estudio de maestría, 19% con grado de doctorado y 36 cuerpos académicos.
Evaluar las capacidades de innovación y transferencia de tecnología que tienen los Institutos Tecnológicos del estado de Yucatán desde el enfoque de la industria 4.0.	SI	En todos los ITs de estado de Yucatán los docentes identifican problemas de las empresas y elaboran un proyecto para solucionarlo con los alumnos, además, en todos se realizan servicios de asistencia técnica y asesoría para organizaciones externas.
Evaluar las capacidades de infraestructura tecnológica que tienen los Institutos Tecnológicos del estado de Yucatán desde el enfoque de la industria 4.0.	SI	Debido a la contingencia sanitaria por COVID-19, los ITs del estado de Yucatán han logrado adaptar los programas educativos hacia plataformas digitales de videoconferencia. Asimismo, se llevan a cabo actividades que le permiten a los ITs contar con un sistema de respaldo de información y realizar el intercambio de datos sensibles de manera segura.
Evaluar las capacidades de vinculación que tienen los Institutos Tecnológicos del estado	SI	Solo el 35% de los egresados de los ITs del estado de Yucatán que realizan residencias profesionales se quedan trabajando en las empresas donde realizaron

de Yucatán desde el enfoque de la industria 4.0.		esta actividad profesionalizante. De igual forma, en todos los ITs están dispuestos a que las empresas accedan a sus instalaciones para que utilicen su infraestructura. Además, se han generado un total de 95 ideas de negocio impulsadas por las incubadoras como estructuras de vinculación institucionales en los últimos cinco años.
Identificar las áreas de conocimiento y nuevas competencias en las que los estudiantes necesitan preparación para enfrentar los retos del mercado laboral que generará la industria 4.0.	SI	En los ITs del estado de Yucatán, las áreas de conocimiento que se consideran importantes en el tránsito a la I4.0 son: la nube para la división de vinculación, y la simulación y el IoT para la división académica. Las competencias técnicas mejor evaluadas fueron el dominio del idioma inglés, la resolución de problemas y el conocimiento en organización y procesos. Por último, la competencia personal mejor evaluada y catalogada como muy importante por parte de todos los sujetos participantes, es el trabajo en equipo y cooperación.
Diseñar estrategias que permitirían alinear las capacidades de los Institutos Tecnológicos del estado de Yucatán al desarrollo del paradigma de la industria 4.0.	SI	Los ITs deben de apostar a la innovación y el desarrollo tecnológico para no ser tomados como benefactores de mano de obra para las organizaciones. Además, hay que adecuar los programas educativos, donde existan líneas de conocimiento referentes a las tecnologías habilitadoras de la I4.0

Fuente: Elaboración propia.

Para concluir, la travesía hacia la I4.0 es un proceso de adaptación y de alta competitividad para los diferentes actores de la cuádruple hélice de innovación. Como se observa en los resultados obtenidos, los ITs del Estado de Yucatán tienen un desafío ante el desarrollo tecnológico en el ecosistema regional, donde las soluciones para las pequeñas y medianas empresas, no solo convergen en inversión de la infraestructura tecnológica, si no, se encuentran en el desarrollo del capital humano y su especialización en tópicos de la I4.0. Sin embargo, existe una brecha entre la formación de los estudiantes y las necesidades de las organizaciones en la I4.0, ante programas educativos no flexibles, los años de formación excesivos, la falta de capacitaciones externas, así como de certificaciones, no facilitan la inserción laboral para el capital humano desarrollado en las IES. Así, la I4.0 supone un cambio en el sistema educativo que beneficie la gestión de los procesos educativos, donde el eslabón más importante sea el estudiante y su inmersión temprana al mercado laboral apoyado de los sistemas tecnológicos actuales.

En el tránsito hacia la I4.0, los ITs tienen la oportunidad de investigar para la sociedad y las organizaciones desde un análisis profundo de las capacidades de conocimiento, y a partir de esto, sustentar cualquier ejercicio de política pública apoyada en la tecnología. El desarrollo de las capacidades al interior de los ITs, podría permitir identificar y analizar espacios regionales de conocimiento vinculación y desarrollo tecnológico, sobre cuya base se podrían constituir centros de innovación locales (clúster) para el flujo de conocimiento en diversos campos tecnológicos y el establecimiento de redes a nivel industrial desde la perspectiva de la I4.0.

Por último, es importante que los ITs del estado de Yucatán, tomen las consideraciones que se mencionan en el siguiente apartado con el objetivo de realizar cambios paulatinos para mantenerse vigentes en el sector educativo, y con ello seguir formando a la gran mayoría de profesionales con perfil STEM de la región, que puedan afrontar los escenarios actuales y futuros de la I4.0, y no solo eso, que puedan adaptarse a situaciones repentinas y complejas como lo sucedido en el contexto de la pandemia sanitaria por COVID-19.

## **6.2 Recomendaciones**

La transición a la I4.0 aún está en una fase temprana en la región, sin embargo, la pandemia por COVID-19, está acelerando el uso de herramientas digitales en las organizaciones para la gestión de sus recursos y la reestructuración de sus diversos modelos de negocios. Ante esto, existe un margen importante de actuación para que la academia, las empresas y el gobierno trabajen en conjunto hacia una correcta travesía a la I4.0 en beneficio de la sociedad en general. En este sentido, se recomienda a los ITs participantes evaluar las estrategias planteadas en la presente investigación para mejorar las capacidades de formación, infraestructura tecnológica, innovación, transferencia de tecnología y vinculación, con el objetivo de realizar una transición efectiva a la I4.0. Con respecto a las áreas de conocimiento y competencias necesarias en el desarrollo de los estudiantes para la I4.0, se recomienda realizar la evaluación planteada en el presente estudio en los diferentes programas educativos de cada ITs del estado de Yucatán, con el objetivo de conocer la perspectiva total del sector académico de estas instituciones.

Asimismo, se recomienda a los encargados de la parte de vinculación de los ITs del estado de Yucatán, dar seguimiento a los mecanismos planteados en el presente estudio, derivado del estudio de Gould (2002), para conocer las necesidades y tendencias de las organizaciones en los diferentes sectores económicos en el contexto de la I4.0, y con ello, innovar en productos, procesos, y servicios, desarrollar líneas de investigación y nuevas formas de enseñanza, y actualizar los programas educativos con la finalidad de que los estudiantes estén mejor preparados para un escenario competitivo en el contexto de la I4.0.

Además, es importante no solo invertir en infraestructura física para el desarrollo de los estudiantes en los diversos programas educativos, el COVID-19 ha demostrado la importancia de adaptar los medios de enseñanza convencionales hacia una infraestructura digital. Ante esta necesidad, los docentes deberían actualizar sus competencias en la gestión de la enseñanza de manera remota, ya que en el escenario post-pandemia, será una nueva realidad académica y que con la digitalización industrial se potencializará.

Por otra parte, se recomienda realizar estudios relacionados a la sustentabilidad en convergencia con la I4.0, por ejemplo, para evaluar los aspectos positivos y negativos que traerá este paradigma al cuidado de los recursos naturales, establecer nuevos modelos de negocio a través de la economía circular y el uso de nuevas tecnologías, o incluso cómo las tecnologías habilitadoras pueden optimizar los procesos de las cadenas logísticas inversas del sector industrial.

En cuanto a investigaciones futuras sobre la misma temática abordada en el presente estudio, se recomienda realizar la evaluación de las capacidades, áreas de conocimiento y competencias necesarias en el contexto de la I4.0, en otras IES con formación STEM del estado de Yucatán, con el objetivo de realizar un mapeo total de las necesidades a nivel superior del sistema educativo actual, no solo en gestión de recursos, sino que igual en gestión de conocimiento. Igualmente, se debería realizar un estudio prospectivo en el sector manufacturero y de tecnologías de la información y comunicación, sobre los nuevos perfiles de trabajo que se requerirán 2030 en la región de Yucatán. Bajo esta misma línea, es necesario realizar un estudio referente a la viabilidad de la implantación de formación

dual en todos los programas educativos de los ITs del estado de Yucatán para la vinculación efectiva de estudiantes con el sector productivo de la región.

Por último, junto a los esfuerzos de la parte académica por realizar una óptima transición a la I4.0, es necesario que el gobierno del estado plantee políticas públicas para generar las condiciones y el desarrollo de las capacidades necesarias en la iniciativa privada, sobre todo en las micro y pequeñas empresas, para la adopción y uso de las tecnologías habilitadoras de la I4.0, así como, para realizar cambios progresivos en sectores estratégicos como el de la salud, el transporte y la energía. A continuación, en la **Tabla 6.2**, se resumen las recomendaciones hechas en la presente investigación.

**Tabla 0.2**

**Resumen de las recomendaciones**

Recomendaciones
Evaluar la perspectiva en todos los programas educativos de los ITs y otras IES con formación STEM sobre las áreas de conocimiento y competencias que los estudiantes necesitan desarrollar en el contexto de la I4.0.
Dar seguimiento a los mecanismos planteados en la presente investigación para conocer las necesidades y tendencias de las organizaciones en los diferentes sectores económicos en el contexto de la I4.0,
Los docentes deberían actualizar sus competencias en la gestión de la enseñanza remota
Realizar estudios relacionados a la sustentabilidad en convergencia con la I4.0
Evaluar las capacidades de formación, innovación, transferencia de tecnología, infraestructura tecnológica en otras IES con formación STEM
Realizar un estudio prospectivo en el sector manufacturero y de tecnologías de la información y comunicación, sobre los nuevos perfiles de trabajo que se requerirán 2030 en la región de Yucatán
Realizar un estudio referente a la viabilidad de la implantación de formación dual en todos los programas educativos de los ITs del estado de Yucatán
El gobierno del estado debe plantear políticas públicas para generar las condiciones y el desarrollo de las capacidades necesarias en la iniciativa privada para la adopción y uso de las tecnologías habilitadoras de la I4.0

Fuente: Elaboración propia.



## REFERENCIAS

- Abusaid, D., Cristofori, A., MacGregor, R., & Waisser, S. (2018). Perspectiva de ciberseguridad en México. Recuperado el 17 de noviembre de 2019, de <https://consejomexicano.org/multimedia/1528987628-817.pdf>
- ACAN. (2017). La industria 4.0: Tecnologías habilitadoras. Recuperado el 16 de noviembre de 2019, de [http://clusterautomocionnavarra.com/wp-content/uploads/2017/10/ACAN-Tecnologías\\_habilitadoras.pdf](http://clusterautomocionnavarra.com/wp-content/uploads/2017/10/ACAN-Tecnologías_habilitadoras.pdf)
- Acosta, R., Miquilena, E., & Riveros, V. (2014). La infraestructura de las tecnologías de la información y comunicación como mediadoras y el aprendizaje de la biología. *Telos: Revista de Estudios Interdisciplinarios en Ciencias Sociales*, 16(1), 11–30.
- Aguilar, M. (2018). *Procesos de transferencia de tecnología entre los centros de investigación, instituciones educativas, oficinas de transferencia de tecnología y la CANIETI en Yucatán*. Instituto Tecnológico de Mérida, México.
- Albrieu, R., Basco, A., Brest, C., de Azevedo, B., Peirano, F., Rapetti, M., & Vienni, G. (2019). Travesía 4.0: Hacia la transformación industrial Argentina. En *Banco Interamericano de Desarrollo*. Recuperado de [https://publications.iadb.org/publications/spanish/document/Travesía\\_4.0\\_hacia\\_la\\_transformación\\_industrial\\_argentina\\_es\\_es.pdf](https://publications.iadb.org/publications/spanish/document/Travesía_4.0_hacia_la_transformación_industrial_argentina_es_es.pdf)
- ANUIES. (1996). *Programa de mejoramiento del profesorado de las Instituciones de Educación Superior*. México.
- ANUIES. (2006). *Consolidación y avance de la educación superior en México : elementos de diagnóstico y propuestas*. ANUIES.
- ANUIES. (2018a). Anuarios Estadísticos de Educación Superior. Recuperado el 22 de febrero de 2020, de <http://www.anui.es.mx/iinformacion-y-servicios/informacion-estadistica-de-educacion-superior/anuario-estadistico-de-educacion-superior>
- ANUIES. (2018b). *Visión y acción 2030 Propuesta de la ANUIES para renovar la educación superior en México*. Recuperado de [https://visionyaccion2030.anui.es.mx/Vision\\_accion2030.pdf](https://visionyaccion2030.anui.es.mx/Vision_accion2030.pdf)
- Arcos, J., Ramiro, F., & Corrales, V. (2010). La capacidad académica y su relación con la eficiencia terminal de las Dependencias de Educación Superior (DES) de ingeniería de las Universidades Públicas Estatales (UPE) en México. Recuperado el 9 de noviembre de 2019, de [http://eprints.uanl.mx/8710/1/Art4\\_%281%29.pdf](http://eprints.uanl.mx/8710/1/Art4_%281%29.pdf)
- ASTM. (2017). *ISO Organization ISO/TC 261 Additive Manufacturing*. <https://doi.org/10.1520/F2792-12A>
- Barrios, K., Olivero, E., & Acosta-Prado, J. (2017). Capacidad dinámica de innovación en instituciones de educación superior. *Revista Espacios*, 38(1), 24. Recuperado de <https://www.revistaespacios.com/a17v38n01/17380124.html>
- Basco, A. I., Beliz, G., Coatz, D., & Garnero, P. (2018). *Industria 4.0: Fabricando el Futuro*. <https://doi.org/10.18235/0001229>

- Bernal, C. (2010). *Metodología de la investigación* (3ª ed; Pearson, Ed.). Bogotá, Colombia: Pearson Educación.
- BID. (2000). Un Nuevo Impulso a la Integración de la Infraestructura Regional en América del Sur. Recuperado el 11 de noviembre de 2019, de <https://publications.iadb.org/publications/spanish/document/Un-Nuevo-Impulso-a-la-Integración-de-la-Infraestructura-Regional-en-América-del-Sur.pdf>
- Blanco, R., Fontodrona, J., & Poveda, C. (2017). La industria 4.0: El estado de la cuestión. *Economía industrial*, (406), 151–164. Recuperado de <https://www.mincotur.gob.es/Publicaciones/Publicacionesperiodicas/EconomiaIndustrial/RevistaEconomiaIndustrial/406/BLANCO, FONTRONDA Y POVEDA.pdf>
- Blázquez, M. L., Masclans, R., & Canals, J. (2019). *El futuro del empleo y las competencias profesionales del futuro: la perspectiva de las empresas*. Recuperado de <https://media.iese.edu/research/pdfs/ST-0490.pdf>
- Boletín oficial de la República Argentina. (2019). Resolución Conjunta 1/2019. Recuperado el 4 de abril de 2020, de <https://www.boletinoficial.gob.ar/detalleAviso/primera/208007/20190522>
- Bower, J., & Christensen, C. (1995). Disruptive Technologies: Catching the Wave. Recuperado el 19 de marzo de 2020, de Harvard Business Review website: <https://hbr.org/1995/01/disruptive-technologies-catching-the-wave>
- Bravo, E. (2009). Las cualificaciones profesionales: Un reto para los sistemas de educación y formación de la sociedad española. *Revista del Ministerio de Trabajo e Inmigración*, 81, 89–103.
- Brixner, C., Isaak, P., Mochi, S., Ozono, M., & Yoguel, G. (2019). *Industria 4.0: ¿Intensificación del paradigma TIC o nuevo paradigma tecnoorganizacional?* (1a ed.; CIETI, Ed.). Recuperado de [www.cietti.org.ar](http://www.cietti.org.ar)
- Brynjolfsson, E., & McAfee, A. (2013). *La carrera contra la máquina* (1a ed.). Barcelona, España: Antoni Bosch editor S.A.
- Bughin, J., Hazan, E., Lund, S., Dahlström, P., Wiesinger, A., & Subramaniam, A. (2018). *Skill shift automation and the future of the workforce*. Recuperado de [https://www.mckinsey.com/~media/McKinsey/Featured Insights/Future of Organizations/Skill shift Automation and the future of the workforce/MGI-Skill-Shift-Automation-and-future-of-the-workforce-May-2018.ashx](https://www.mckinsey.com/~media/McKinsey/Featured%20Insights/Future%20of%20Organizations/Skill%20shift%20Automation%20and%20the%20future%20of%20the%20workforce/MGI-Skill-Shift-Automation-and-future-of-the-workforce-May-2018.ashx)
- Bunse, B., Kagermann, H., & Wahlster, W. (2014). Industrie 4.0, Smart Manufacturing for the Future. Report. *Germany Trade & Invest*, 21. Recuperado de <http://www.gtai.de/GTAI/Navigation/EN/Invest/Service/Publications/business-information,t=industrie-40--smart-manufacturing-for-the-future,did=917080.html>
- Carbajal, Á. (2010). LAS CAPACIDADES TECNOLÓGICAS COMO BASE PARA EL DESARROLLO. *Revista Electrónica “Actualidades Investigativas en Educación”*, 10(1), 1–19. Recuperado de <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=44713068010>
- Carvajal, J. (2017). La cuarta revolución industrial o industria 4.0 y su impacto en la educación superior en ingeniería en Latinoamérica y el Caribe. *15 th LACCEI International Multi-Conference for Engineering, Education, and Technology*, (July), 1–5. Recuperado de

- [http://www.laccei.org/LACCEI2017-BocaRaton/work\\_in\\_progress/WP386.pdf](http://www.laccei.org/LACCEI2017-BocaRaton/work_in_progress/WP386.pdf)
- Casalet, M. (2018). *La digitalización industrial: Un camino hacia la gobernanza colaborativa. Estudios de casos*. Recuperado de [www.cepal.org/es/suscripciones](http://www.cepal.org/es/suscripciones)
- Casalet, M., & Casas, R. (1998). Un Diagnóstico Sobre la Vinculación Universidad-Empresa CONACyT-ANUIES. *ANUIES*, 27(Revista de la Educación Superior), 149. Recuperado de <http://publicaciones.anui.es/revista/107/3/1/es/un-diagnostico-sobre-la-vinculacion-universidad-empresa-conacyt>
- Casillas, B. (2016). *Capacidad de vinculación de los institutos tecnológicos del estado de Yucatán con el sector productivo de la región*. Instituto Tecnológico de Mérida.
- CIEES. (2016). *Guía para la Autoevaluación de Programas de Educación Superior 2016*. Recuperado de [www.ciees.edu.mx](http://www.ciees.edu.mx)
- CNI. (2018). *Building the future of Brazilian industry*. Brasilia, Brazil.
- Cohen, W., & Levinthal, D. (1990). Absorptive Capacity: A New Perspective on Learning and Innovation. *Administrative Science Quarterly*, 35(Technology, Organizations, and Innovation), 128–152. <https://doi.org/10.2307/2393553>
- CONACYT. (2019). Sistema Nacional de Investigadores . Recuperado el 25 de febrero de 2020, de <https://www.conacyt.gob.mx/index.php/el-conacyt/sistema-nacional-de-investigadores>
- De la Iglesia, M. C. (2019). Caja de herramientas 4.0 para el docente en la era de la evaluación por competencias. *Innovación Educativa*, 19(80), 93–112. Recuperado de [www.innovacion.ipn.mx](http://www.innovacion.ipn.mx)
- Del Val, J. (2016). *Industria 4.0: la transformación digital de la industria*.
- DOF. (2015). *Acuerdo número 06/06/15 por el que se establece la formación dual como una opción educativa del tipo medio superior.n*. Recuperado de [http://dof.gob.mx/nota\\_detalle\\_popup.php?codigo=5396202](http://dof.gob.mx/nota_detalle_popup.php?codigo=5396202)
- DOF. (2019). Reglas de operación del programa para el desarrollo profesional docente para el ejercicio fiscal 2019. Recuperado el 22 de octubre de 2019, de [https://www.dgesu.ses.sep.gob.mx/Documentos/DSA\\_gobmx/ROP2019.pdf](https://www.dgesu.ses.sep.gob.mx/Documentos/DSA_gobmx/ROP2019.pdf)
- DUALVET. (2015). *Cómo implantar con éxito la formación profesional dual: El enfoque de DUALVET*. Zaragoza, España: Cámara de Comercio, Industria y Servicios Zaragoza.
- Duncan, N. B. (1995). Capturing flexibility of information technology infrastructure: A study of resource characteristics and their measure. *Journal of Management Information Systems*, 12(2), 37–57. <https://doi.org/10.1080/07421222.1995.11518080>
- EOI, & Google Actívate. (2018). Principales áreas en el sector digital. Recuperado el 16 de mayo de 2020, de <https://learndigital.withgoogle.com/activate/course/digital-transformation/module/1145>
- EquiSoft. (2017). La cadena de bloques (blockchain) una tecnología disruptiva con el poder de revolucionar el sector financiero . Recuperado el 17 de noviembre de 2019, de <https://www.equisoft.com/wp-content/uploads/2017/09/White-paper-Blockchain-ESP-1.pdf>
- ESVI-AL. (2015). *Modelo de acreditación de accesibilidad en la educación virtual*. Recuperado

- de <http://www.esvial.org/guia/wp-content/uploads/2015/02/Elaboración-de-un-modelo-de-acreditación-de-accesibilidad-en-la-educación-virtual.pdf>
- Etzkowitz, H. (2002). *La triple hélice: universidad, industria y gobierno Implicaciones para las políticas y la evaluación*. Recuperado de [www.sister.nu](http://www.sister.nu)
- European Commission. (2017). *Italy: "Industria 4.0"*. Italia.
- FESE. (2018). Formación dual en la educación superior en México. Recuperado el 10 de octubre de 2019, de [http://crnanuies.uas.edu.mx/pdf/5\\_FESE2018.pdf](http://crnanuies.uas.edu.mx/pdf/5_FESE2018.pdf)
- FESE. (2019a). Asociados. Recuperado el 29 de febrero de 2020, de <http://40.83.162.47/index.php/asociados/>
- FESE. (2019b). Marco de Referencia para la Formación Dual en la Educación Superior en México. En *Marco de referencia para la alfabetización informacional en la educación superior*. Recuperado de [https://issuu.com/fesemx/docs/marco\\_de\\_referencia\\_formacio\\_n\\_dual](https://issuu.com/fesemx/docs/marco_de_referencia_formacio_n_dual)
- Gobierno de España. (2015). *La transformación digital de la industria española*. España.
- Gobierno del Estado de Yucatán. (2019). Plan Estatal de Desarrollo 2018-2024. Recuperado el 25 de octubre de 2019, de <http://transparencia.yucatan.gob.mx/informes.php?id=ped>
- Gómez, R., González, A., & Ávila, P. (2019). Experiencias en la creación de redes de investigación ante la industria 4.0 | Gómez Ortiz | Red Internacional de Investigadores en Competitividad. *RIICO*, 13. Recuperado de <https://www.riico.net/index.php/riico/article/view/1782>
- González, J. (2011). *Manual transferencia de tecnología y conocimiento*. Recuperado de [www.thetransferinstitute.com](http://www.thetransferinstitute.com)
- Gould, G. (1997). *Vinculación universidad-sector productivo: una reflexión sobre la planeación y operación de programas de vinculación* (Universidad Autónoma de Baja California, Ed.). Mexicali, Baja California, México: ANUIES.
- Gould, G. (2002). *La administración de la vinculación: cómo hacer qué* (1a ed.; Instituto Politécnico Nacional, Ed.). México: Secretaría de Educación Pública.
- Heijs, J., & Buesa, M. (2016). *Manual de economía de innovación: Teoría del cambio tecnológico y sistemas nacionales de innovación*. Recuperado de <https://www.ucm.es/iaif/informacion-sobre-el-instituto-industrial-financiero>
- Henaó, E., López, M., & Garcés, R. (2014). Medición de capacidades en investigación e innovación en instituciones de educación superior: una mirada desde el enfoque de las capacidades dinámicas. *Entramado*, 10, 252–271. Recuperado de <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=265431574016>
- Hernández, A., Ramos, M., Palencia, B., Indacochea, B., Quimis, A., y Moreno, L. (2018). *Metodología de la investigación científica* (3ciencias, Ed.). <https://doi.org/10.17993/CcyLI.2018.15>
- Hernández, R., Fernández, C., & Baptista, P. (2014). *Metodología de la investigación* (sexta; Mcgraw-Hill / Interamericana Editores S.A. DE C.V., Ed.). México D.F.: Mcgraw-Hill Education.

- HM Government. (2016). Estrategia de Ciberseguridad nacional 2016-2021. Recuperado el 17 de noviembre de 2019, de [https://assets.publishing.service.gov.uk/government/uploads/system/uploads/attachment\\_data/file/643420/Spanish\\_translation\\_-\\_National\\_Cyber\\_Security\\_Strategy\\_2016.pdf](https://assets.publishing.service.gov.uk/government/uploads/system/uploads/attachment_data/file/643420/Spanish_translation_-_National_Cyber_Security_Strategy_2016.pdf)
- IPN. (2019). Transformación de la educación Politécnica. Recuperado el 6 de octubre de 2019, de <https://e4-0.ipn.mx/wp-content/uploads/2019/06/DocumentoEjecutivo.pdf>
- Irfan-Ul-Haque, Bell, M., Dahlman, C., Lall, S., & Pavitt, K. (1995). Trade, Technology, and International Competitiveness. Recuperado el 7 de noviembre de 2019, de [https://pdfs.semanticscholar.org/f4ed/23796d2bbce2bbea275bc26a91f37cdb7c47.pdf?\\_ga=2.145902068.1141535585.1573172801-361498685.1571684368](https://pdfs.semanticscholar.org/f4ed/23796d2bbce2bbea275bc26a91f37cdb7c47.pdf?_ga=2.145902068.1141535585.1573172801-361498685.1571684368)
- Irigoin, M., & Vargas, F. (2002). *Competencia laboral: Manual de conceptos, métodos y aplicaciones en el sector salud* (Vol. 1; Organización Internacional del Trabajo, Ed.). Recuperado de [www.ilo.org/publns](http://www.ilo.org/publns)
- ITC. (2019). Inicio. Recuperado el 24 de noviembre de 2019, de <http://www.itconkal.edu.mx/>
- ITM. (2019a). Historia. Recuperado el 24 de noviembre de 2019, de <http://www.itmerida.mx/itm/historia.php>
- ITM. (2019b). Inicio. Recuperado el 24 de noviembre de 2019, de <http://www.itmerida.mx/>
- ITSM. (2019a). Admisiones. Recuperado el 24 de noviembre de 2019, de <http://admisiones.itsmotul.edu.mx/>
- ITSM. (2019b, octubre). Historia. Recuperado el 17 de marzo de 2020, de <http://www.itsmotul.edu.mx/historia#>
- ITSP. (2018). Nosotros. Recuperado el 18 de marzo de 2020, de <http://www.progreso.tecnm.mx/nosotros/>
- ITSP. (2019). Oferta Educativa . Recuperado el 24 de noviembre de 2019, de <http://www.itsprogreso.edu.mx/oferta/>
- ITSSY. (2019a). Convocatoria. Recuperado el 24 de noviembre de 2019, de <http://itsyucatan.edu.mx/convocatoria/>
- ITSSY. (2019b). Historia. Recuperado el 18 de marzo de 2020, de <https://itsyucatan.edu.mx/nuestro-tec/historia/>
- ITSVA. (2019). Instituto Tecnológico Superior de Valladolid. Recuperado el 24 de noviembre de 2019, de <https://valladolid.tecnm.mx/>
- ITZ. (2015, agosto 25). Historia. Recuperado el 17 de marzo de 2020, de <https://www.ittizimin.edu.mx/historia/>
- ITZ. (2019). Oferta educativa. Recuperado el 24 de noviembre de 2019, de <https://www.ittizimin.edu.mx/category/oferta-educativa/>
- Joyanes, L. (2017). *Industria 4.0 La cuarta revolución industrial* (1a ed.; Alfaomega Grupo Editor, Ed.). Recuperado de <https://www.gandhi.com.mx/industria-4-0>
- Kahale, D. (2016). La formación (española e italiana) en la Industria 4.0. *Labour & Law Issues*, 2(2). <https://doi.org/10.6092/issn.2421-2695/6495>

- Kunkel, N., & Soechtig, S. (2017). *Realidad mixta: Las experiencias se vuelven más intuitivas, inmersivas, y empoderadoras.*
- Lawson, B., & Samson, D. (2001). Developing innovation capability in Organisations: A dynamic capabilities approach. En *International Journal of Innovation Management* (Vol. 5).
- Leydesdorff, L. (2012). The Triple Helix, Quadruple Helix, ..., and an N-Tuple of Helices: Explanatory Models for Analyzing the Knowledge-Based Economy? *Journal of the Knowledge Economy*, 3(1), 25–35. <https://doi.org/10.1007/s13132-011-0049-4>
- López, C., Delgado, M., & Maciá, F. (2010). Los sistemas y tecnologías de la información y los modelos de negocio en la era digital. Recuperado el 9 de noviembre de 2019, de Tono Revista Técnica de la Empresa de Telecomunicaciones de Cuba S.A website: [https://www.researchgate.net/publication/314151452\\_Los\\_sistemas\\_y\\_tecnologias\\_de\\_la\\_informacion\\_y\\_los\\_modelos\\_de\\_negocio\\_en\\_la\\_era\\_digital](https://www.researchgate.net/publication/314151452_Los_sistemas_y_tecnologias_de_la_informacion_y_los_modelos_de_negocio_en_la_era_digital)
- Lourdes, C., Díaz, Á., & Mendoza, J. (2007). Los Programas Integrales de Fortalecimiento Institucional. Apuntes para una evaluación desde las universidades. Recuperado el 9 de noviembre de 2019, de <http://www.scielo.org.mx/pdf/peredu/v29n117/v29n117a3.pdf>
- Lugones, G. E., Gutti, P., & Le Clech, N. (2007). *Indicadores de capacidades tecnológicas en América Latina.*
- Martínez, X. (2019). Disrupción y aporía: de camino a la educación 4.0. *Innovación educativa*, 19(80), 7–12. Recuperado de [www.innovacion.ipn.mx](http://www.innovacion.ipn.mx)
- MCTIC. (2019). *Plan de acción de la cámara brasileña de industria 4.0 de Brasil.* Recuperado de [https://www.mctic.gov.br/mctic/export/sites/institucional/tecnologia/tecnologias\\_convergentes/arquivos/Cartil](https://www.mctic.gov.br/mctic/export/sites/institucional/tecnologia/tecnologias_convergentes/arquivos/Cartil)
- Mendoza, J. (2013). La capacidad dinámica de ripostar en la empresa: confrontar entornos volátiles. *Cuadernos de Administración*, 26, 63–85. Recuperado de <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=20531182004>
- Menguzzato, M. (2009). *La dirección de empresas ante los retos del siglo XXI: homenaje al profesor Juan José Renau Piqueras* (Universitat de València, Ed.). Valencia: Universitat de València Servei de Publicacions.
- Mertens, L. (1996). *Competencia laboral: sistemas, surgimiento y modelos* (1a ed., Vol. 1; Organización Internacional del Trabajo, Ed.). Montevideo, Uruguay: Cinterfor.
- Morales, M. (2014). *Sistema de aprendizaje dual: ¿Una respuesta a la empleabilidad de los jóvenes?* 19, 87–110. Recuperado de [www.juridicas.unam.mx](http://www.juridicas.unam.mx)
- Moreno, M. (2016). Opciones de mejora cognitiva no convencional como respuesta al desempleo estructural en el contexto tecnológico de la cuarta revolución industrial. *Gazeta de Antropología*, 32(2), 19. Recuperado de <http://hdl.handle.net/10481/43309>
- Naji, J. (2018). Industria 4.0, competencia digital y el nuevo Sistema de Formación Profesional para el empleo. *Revista Internacional y Comparada de Relaciones Laborales y Derecho del Empleo*, 6(1), 164–194.
- NL 4.0. (2019). Objetivos NL4.0. Recuperado el 10 de octubre de 2019, de <https://www.nuevoleon40.org/objetivos-2018>

- Núñez, J. (2016). *¿La cuarta revolución industrial en Bolivia?* Recuperado de <https://library.fes.de/pdf-files/bueros/bolivien/14338.pdf>
- OCDE y EUROSTAT. (2006). *Manual de Oslo* (3a ed.; Grupo Tragsa, Ed.). Madrid, España: Grupo Tragsa.
- OECD. (2016). *Perspectivas de la OCDE sobre la economía digital 2015*. <https://doi.org/10.1787/9789264259256-es>
- Oliván, R. (2016). La Cuarta Revolución Industrial, un relato desde el materialismo cultural. *Revista de Estudios Urbanos y Ciencias Sociales*, 6(2), 101–111. Recuperado de <https://lasindias.com/indianopedia/economia-directa>.
- Ortega, A. (2019). Geopolítica de la Cuarta Revolución Industrial. *Las claves de la globalización*, 165, 21–24.
- Ortiz, F., Flores, D., & Villegas, K. (2008). Medición de la capacidad de innovación tecnológica en universidades. Caso: Universidad de Carabobo. *Ingeniería Industrial*, XXIX(2), 1–4. Recuperado de <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=360433566008>
- Otegui, J. (2017). LA REALIDAD VIRTUAL Y LA REALIDAD AUMENTADA EN EL PROCESO DE MARKETING. *Revista de Dirección y Administración de Empresas*, 1(24), 115–229. Recuperado de <https://www.ehu.es/ojs/index.php/rdae/article/view/19141/17114>
- Paz, B. (2020). Anuncian una nueva Ingeniería en el Itssy . *Punto medio*. Recuperado de <https://www.puntomedio.mx/anuncian-una-nueva-ingenieria-en-el-itssy/>
- Pedraja, J., Maestre, J. M., Rabanal, J. M., Morales, C., Aparicio, J., & del Moral, I. (2020). Papel de la impresión 3D para la protección de los profesionales del área quirúrgica y críticos en la pandemia de COVID-19. *Revista Espanola de Anestesiologia y Reanimacion*, 67(8), 417–424. <https://doi.org/10.1016/j.redar.2020.07.011>
- Pedroza Flores, R. (2018). La universidad 4.0 con currículo inteligente 1.0 en la cuarta revolución industrial / The university 4.0 with intelligent curriculum 1.0 in the fourth industrial revolution. *RIDE Revista Iberoamericana para la Investigación y el Desarrollo Educativo*, 9(17), 168–194. <https://doi.org/10.23913/ride.v9i17.377>
- Peña, N. (2019). *Gestión del conocimiento ante la implementación de la Industria 4.0 en el Estado de Yucatán*. Instituto Tecnológico de Mérida, México.
- PNUD. (2010). Medición de la capacidad. Recuperado el 9 de noviembre de 2019, de [https://www.undp.org/content/dam/undp/library/Environment and Energy/Climate Change/Capacity Development/015\\_Measuring Capacity\\_Spanish.pdf](https://www.undp.org/content/dam/undp/library/Environment%20and%20Energy/Climate%20Change/Capacity%20Development/015_Measuring%20Capacity_Spanish.pdf)
- PNUD. (2014). Documento de apoyo: Infraestructura. Recuperado el 11 de noviembre de 2019, de <https://eird.org/pr14/cd/documentos/espanol/Publicacionesrelevantes/Recuperacion/6-Infraestructura.pdf>
- PwC. (2016). Industry 4.0: Building the digital enterprise. Recuperado el 24 de octubre de 2019, de [www.pwc.com/industry40](http://www.pwc.com/industry40)
- Rindfleisch, E., & Maennig-Fortmann, F. (2015). *Formación dual en Alemania*. Recuperado de [https://www.kas.de/c/document\\_library/get\\_file?uuid=1535054a-e18a-ebf9-8204-b883adda0115&groupId=287914](https://www.kas.de/c/document_library/get_file?uuid=1535054a-e18a-ebf9-8204-b883adda0115&groupId=287914)

- Rodríguez, M. (2017). Cuatro mundos en uno. En *Coordinación de vinculación y servicio social*. Recuperado de [http://cge.udg.mx/sites/default/files/revista4h/EDICION\\_00\\_CUARTAHELICE.pdf](http://cge.udg.mx/sites/default/files/revista4h/EDICION_00_CUARTAHELICE.pdf)
- Romero, G., Suárez, R., & Rodríguez, H. (2018). Modelo de capacidades de innovación para instituciones de educación superior. *INGE CUC*, 14(1), 87–100. <https://doi.org/10.17981/ingecuc.14.1.2018.8>
- Rosas Huerta, A. (2008). Una ruta metodológica para evaluar la capacidad institucional. *Política y Cultura*, 30, 119–134.
- Salazar, J. (2016). Big data en la educación. *Revista Digital Universitaria*, 17(1), 1–16. Recuperado de <http://www.revista.unam.mx/vol.17/num1/art06/>
- Sánchez, D. (2019). Industria y educación 4.0 en México: un estudio exploratorio. *Innovación educativa*, 19(81), 39–63. Recuperado de [www.ipn.mx](http://www.ipn.mx)
- Sánchez, M., García, A., & Álvarez, F. (2018). *El curriculum flexible y las competencias transformables*. Ciudad de México, México: ALFA-OMEGA GRUPO EDITOR S.A DE C.V.
- Sanchis, R., Romero, J., & Ariño, C. (2010). *Automatización Industrial* (1a ed.). Castellón, España: Universidad Jaime I.
- Schumpeter, J. (1983). *The theory of economic development : an inquiry into profits, capital, credit, interest, and the business cycle*. New York, USA: Transaction Publishers.
- Schwab, K. (2017). *La cuarta revolución industrial*. Penguin Random House Grupo Editorial.
- Secretaría de Economía. (2020). *Programa Sectorial de Economía 2020-2024*. Recuperado de <https://www.gob.mx/se/acciones-y-programas/comercio-exterior-paises-con-tratados-y-acuerdos-firmados-con->
- SEGOB. (2018). *6to Informe de Gobierno*. Recuperado de [http://sil.gobernacion.gob.mx/Archivos/Documentos/2018/09/asun\\_3730635\\_20180901\\_1535843813.pdf](http://sil.gobernacion.gob.mx/Archivos/Documentos/2018/09/asun_3730635_20180901_1535843813.pdf)
- SEP. (1992). Manual de organización de los Instituto Tecnológicos. Recuperado el 29 de abril de 2021, de [http://www.dgest.gob.mx/c\\_planeacion/manual-de-organizacion-de-los-institutos-tecnologicos](http://www.dgest.gob.mx/c_planeacion/manual-de-organizacion-de-los-institutos-tecnologicos)
- SEP. (2003). *Guía PIFI 3.0: Lineamientos para su actualización, formulación y presentación*. Recuperado de [http://www.unacar.mx/planeacion/datos/pifi/PIFI 3.0 GI.pdf](http://www.unacar.mx/planeacion/datos/pifi/PIFI_3.0_GI.pdf)
- SEP. (2017). *Guía para la formulación de la planeación estratégica académica y de la gestión institucional PROGRAMA DE FORTALECIMIENTO DE LA CALIDAD EDUCATIVA Guía para la formulación de la planeación estratégica académica y de la gestión institucional*. Recuperado de [http://www.dgesu.ses.sep.gob.mx/Documentos/DFI/Transparencia/PFCE/Guia\\_PFCE\\_2018\\_2019.pdf](http://www.dgesu.ses.sep.gob.mx/Documentos/DFI/Transparencia/PFCE/Guia_PFCE_2018_2019.pdf)
- SEP. (2019). Guía para la formulación de la planeación estratégica académica y de la gestión institucional 2020 -2021 para IES de menor tamaño. Recuperado el 10 de noviembre de 2019, de



- <http://uiet.edu.mx/docs/planeacion/PROFEXCE/01GuiaMTPROFEXCE20202021.pdf>
- Serrano, J., & Robledo, J. (2013). Variables para la medición de las capacidades de innovación tecnológica en instituciones universitarias. *Revista Ciencias Estratégicas*, 22(30), 267–284. Recuperado de <https://revistas.upb.edu.co/index.php/cienciasestrategicas/article/view/2658/2308>
- SES. (2013). *Nuevo modelo educativo: UP-BIS universidad politécnica: bilingüe, internacional y sustentable*. Recuperado de [http://upci.edomex.gob.mx/sites/upci.edomex.gob.mx/files/files/upci\\_word\\_modeloBis.pdf](http://upci.edomex.gob.mx/sites/upci.edomex.gob.mx/files/files/upci_word_modeloBis.pdf)
- SIIDETHEY. (2011). IT Conkal. *Gaceta*, 2(24), 16. Recuperado de [www.itconkal.edu.mx](http://www.itconkal.edu.mx)
- SNETecNM. (2018). Anuario Estadístico 2017.
- Tapias, H. (2005). Revista Facultad de Ingeniería-Capacidades tecnológicas: elemento estratégico de la competitividad. En *Revista Facultad de Ingeniería N.º* (Vol. 33).
- TecNM. (2015). *Modelo de Educación Dual para nivel licenciatura del Tecnológico Nacional de México (MEDTecNM)*. Recuperado de [http://cc.itvillahermosa.edu.mx/archivos/normativos/2015/MODELO\\_DUAL\\_2015\\_TecNM.pdf](http://cc.itvillahermosa.edu.mx/archivos/normativos/2015/MODELO_DUAL_2015_TecNM.pdf)
- TecNM. (2019a). Breve historia de los Institutos Tecnológicos. Recuperado el 22 de noviembre de 2019, de <https://www.tecnm.mx/historia.aspx>
- TecNM. (2019b). *Programa de trabajo anual 2019*. Recuperado de [www.tecnm.mx](http://www.tecnm.mx)
- Terrés, J., Lleó, Á., Viles, E., & Santos, J. (2017). *Competencias profesionales 4.0*. <https://doi.org/10.13140/RG.2.2.13498.49602>
- Torreblanca, D. (2016). Tecnologías de Fabricación Digital Aditiva, ventajas para la construcción de modelos, prototipos y series cortas en el proceso de diseño de productos. *Iconofacto*, 12(18), 118–143. <https://doi.org/10.18566/v12n18.a07>
- Toto, F., & García, T. (2012). Vinculación, imagen y posicionamiento de una IES en la región de San Andrés Tuxtla, Veracruz. En *Revista Ciencia Administrativa*. Recuperado de <https://go.gale.com/ps/anonymouse?id=GALE%7CA405808334&sid=googleScholar&v=2.1&it=r&linkaccess=abs&issn=18709427&p=IFME&sw=w>
- UANL. (2019). *UANL Visión 2030*. Recuperado de <https://www.uanl.mx/wp-content/uploads/2019/04/PDI-2018.pdf>
- UGT. (2017). *Industria 4.0: Análisis, evolución e implicaciones para en empleo en Castilla y León*. Recuperado de <https://fafecyl.jcyl.es/web/jcyl/FundacionEmpleo/es/Plantilla100Detalle/1263825162592/Publicacion/1284790657820/Redaccion>
- Universidad de Guadalajara. (2013). Indicadores de Capacidad y Competitividad Académica. Recuperado el 10 de noviembre de 2019, de [http://www.copladi.udg.mx/sites/default/files/indicadores\\_de\\_capacidad\\_y\\_competitividad\\_academica\\_0.pptx](http://www.copladi.udg.mx/sites/default/files/indicadores_de_capacidad_y_competitividad_academica_0.pptx)
- Universidad de Guadalajara. (2019). PIFI / PROFOCIE / PFCE / PROFEXCE | Coordinación General de Planeación y Desarrollo Institucional. Recuperado el 10 de noviembre de 2019,

- de <http://www.copladi.udg.mx/fondos-extraordinarios/pifi>
- UPY. (2019). Naturaleza. Recuperado el 15 de octubre de 2019, de <https://www.upy.edu.mx/naturaleza>
- UTEQ. (2019). CIC 4.0. Recuperado el 14 de octubre de 2019, de <https://www.uteq.edu.mx/CIC4/Default.aspx?gC2Sr=113>
- Vargas, M., Ríos, J., Borja, J., & Carey, C. (2016). *Educación Dual. Experiencias exitosas de vinculación escuela-empresa* (R. Pérez, Ed.). Tijuana, México: ILCSA S.A de C.C.
- Vargas, T. (2012). Capacidades tecnológicas para la innovación en la industria del software: un caso de éxito. *Economía y sociedad (San José)*, 42(2215–3403), 33–51. Recuperado de <https://biblat.unam.mx/en/revista/economia-y-sociedad-san-jose/articulo/capacidades-tecnologicas-para-la-innovacion-en-la-industria-del-software-un-caso-de-exito>
- Yáñez, F. (2017). *La meta es la industria 4.0. Descubre la tecnología que hace posible la nueva revolución* (1a ed.). Independiente.
- Yang, S., Raghavendra, A., Kaminski, J., & Pepin, H. (2018). Opportunities for Industry 4.0 to Support Remanufacturing. *Applied Sciences*, 8(7), 11. <https://doi.org/10.3390/app8071177>

## ANEXO 1. Cuestionario de capacidad de formación, áreas de conocimiento y competencias necesarias en la I4.0



**INSTITUTO TECNOLÓGICO DE MÉRIDA**  
 Av. Tecnológico km. 4.5 S/N C.P. 97118; Mérida, Yucatán. Tel:(999) 964-5000TEST  
**Maestría en Planificación de Empresas y Desarrollo Regional**

*La presente encuesta es parte de una investigación denominada "Capacidades de formación, innovación, infraestructura tecnológica, transferencia de tecnología y vinculación de los institutos tecnológicos del estado de Yucatán para la I4.0".*



I. Datos generales			
Nombre del instituto		Fecha de aplicación	/ /
Area de adscripción		Nombre del encuestado	
Puesto del encuestado		Antigüedad en el puesto	

### II. Capacidad académica

1. Anote el número de profesores según el tipo de nombramiento que corresponda.

Concepto	Total	Mujeres	Hombres
Profesores de tiempo completo (PTC)			
Profesores de medio tiempo (PMT)			
Profesores de asignatura (PA)			

2. Anote el número de profesores de tiempo parcial (PMT y PA) según el tipo de grado de estudios que corresponda.

Concepto	Total	Mujeres	Hombres
PMT con doctorado			
PMT con maestría			
PMT con especialidad			
PA con doctorado			
PA con maestría			
PA con especialidad			

3. Anote el número de profesores de tiempo completo según el tipo de grado de estudios que corresponda.

Concepto	Total	Mujeres	Hombres
PTC con doctorado			
PTC con maestría			
PTC con especialidad			

4. Anote el número de profesores de tiempo completo que cumplen con los siguientes conceptos correspondientes.

Concepto	Total	Mujeres	Hombres
PTC con perfil deseable PRODEP			
PTC que pertenecen al sistema nacional de investigadores (SNI)			
PTC que participen en el programa de tutoría			

5. Anote el número de cuerpos académicos consolidados, en consolidación y en formación.

Cuerpos académicos consolidados (CAC)	Cuerpos académicos en consolidación (CAEC)	Cuerpos académicos en formación (CAEF)

### III. Capacidad de innovación

6. Indique con una "x" si el IT realiza alguna de las siguientes actividades para el fortalecimiento a la docencia y la investigación, en general y en el contexto de la I4.0.

Actividades para el fortalecimiento a la docencia y la investigación	General
Creación de estudios de nivel posgrado adaptados a las necesidades de las empresas	
Los docentes identifican problemas de la empresa y elaboran un proyecto para solucionarlo con los estudiantes	
Elaboración de tesis sobre problemas planteados por la empresa	
Programas doctorales cuyas tesis consiste en proyectos de desarrollo tecnológico para las empresas	
Impartición de clases de licenciatura y posgrado en instalaciones de las empresas	
Becas de las empresas para docentes e investigadores	
Becas de las empresas para estudiantes	

### IV. Capacidad de infraestructura tecnológica

7. Indique el acervo digital (bases de datos, bibliotecas digitales, redes de revistas etc.) con el que cuenta la institución como, por ejemplo: Springer Link, Pearson, Redalyc, CONRICYT, etc.

Acervo digital	
1.	11
2.	12
3.	13
4.	14
5.	15.
6	16.
7	17.
8	18.
9.	19
10.	20.

8. Enliste los espacios específicos disponibles (laboratorios y talleres) para el desarrollo de los programas educativos.

Laboratorios y talleres de la institución	
1.	11.
2.	12.
3.	13.
4.	14.
5.	15.
6.	16.
7.	17.
8.	18.
9.	19.
10.	20.

#### V. Áreas de conocimiento y competencias en el paradigma de la industria 4.0

9. Desde el punto de vista académico, cuáles considera que son las áreas de conocimiento donde los estudiantes necesitan preparación para enfrentar los retos del mercado laboral que generará la industria 4.0. Seleccione con una "x" las opciones de acuerdo a la siguiente escala: 1 = nada importante, 2 = poco importante, 3 = regular, 4 = importante y 5 = muy importante.

Área de conocimiento	1	2	3	4	5	Definición
Big data						Análisis, administración y manipulación de gran cantidad de datos
La nube						Plataforma que comparte recursos como servidores, almacenamiento y aplicaciones
Impresión 3D						Reproducir objetos en 3 dimensiones con ayuda de software y hardware especializado
Desarrollo web y móvil						Programación de aplicaciones para smartphones y sistemas en entorno web
Simulación						Tecnologías asistidas por ordenador que replican las funciones de procesos productivos
Inteligencia Artificial						Construcción de sistemas capaces de realizar tareas asociadas con la inteligencia humana
Internet de las cosas						Objetos o dispositivos del ámbito cotidiano que se encuentran conectados a Internet
Ciberseguridad						Protección de información interconectada a través del tratamiento de amenazas
Sistemas ciberfísicos (SCF)						Dispositivos integrados de TIC que cuentan con la capacidad del control del mundo físico y virtual de la cadena de suministros
Realidad virtual						Es un entorno virtual inmersivo que permite al usuario interactuar en tiempo real
Realidad aumentada						Es la visualización en tiempo real de objetos virtuales en entornos reales
Manufactura asistida por computadora						Creación de objetos a través del desbaste o corte de materiales a partir de un archivo CAD
Robots autónomos						Máquinas flexibles que automatizan tareas que antes estaban previstas para el ser humano
Cadena de bloques						Software que permite la gestión de transacciones monetarias con criptomonedas

10. Desde el punto de vista académico, cuáles considera que son las competencias técnicas que los estudiantes necesitan desarrollar para enfrentar los retos del mercado laboral que generará la industria 4.0. Seleccione con una "x" las opciones de acuerdo a la siguiente escala: 1 = nada importante, 2 = poco importante, 3 = regular, 4 = importante y 5 = muy importante.

Competencias técnicas	Ejemplos	1	2	3	4	5
Seguridad de la información y protección de datos	Cifrar datos y comunicaciones, política de seguridad					
Implantar tecnologías de la Industria 4.0	Desarrollar proyectos relacionados con la Industria 4.0					
Mantenimiento y reparación de equipos.	Conocer hardware de dispositivos móviles y computadoras.					
Conocimientos de aspectos legales	Conocimiento sobre definiciones y procesos de patentes.					
Conocimientos de programación	Uso de diferentes lenguajes de programación (C++, Java).					
Capacidad de análisis de datos	Toma de decisiones de acuerdo a datos proporcionados.					
Conocimientos de estadística o visualización de datos	Manejo de software estadístico (SPSS, Excel, R).					
Conocimiento en organización y procesos	Capacidad para identificar y simplificar procesos.					
Resolución de problemas	Pensamiento lógico y analítico para soluciones informáticas.					
Dominio del idioma inglés	Comunicarse y leer textos técnicos con fluidez.					
Diseño 2D y 3D	Diseño y dibujo de procesos, productos, componentes a través de software especializado					
Conocimiento de matemáticas aplicadas	Uso de teorías, principios, métodos y herramientas matemáticas para resolver problemas y crear soluciones					
Conocimiento de mecatrónica	Evaluar, seleccionar e integrar dispositivos, tales como robots, tornos CNC, controladores lógicos programables, entre otros, para el mejoramiento de procesos industriales					
Conocimientos en comunicaciones inalámbricas y bases de datos	Conocer sobre redes de transmisión de información a distancia y la creación y manejo de base de datos					
Conocimientos en manufactura esbelta	Optimizarlos procesos, eliminando actividades que no agregan valor					

11. Desde el punto de vista académico, cuáles considera que son las competencias personales que los estudiantes necesitan desarrollar para enfrentar los retos del mercado laboral que generará la industria 4.0. Seleccione con una "x" las opciones de acuerdo a la siguiente escala: 1 = nada importante, 2 = poco importante, 3 = regular, 4 = importante y 5 = muy importante.

Competencias personales	Ejemplo	1	2	3	4	5
Gestión y asignación de responsabilidades	Reconocer las obligaciones propias y la delegación de otras.					
Capacidad de liderazgo	Influir en la gente para ejecutar algún plan.					
Gestión de conflictos	Intervenir en la resolución pacífica y no violenta de los conflictos.					
Creatividad y aprendizaje	Buscar herramientas o medios con ganas de aprender.					
Toma de decisiones	Elegir la mejor opción para el cliente.					
Capacidad de trabajar bajo presión	Mantener la calma ante la petición de trabajos en tiempos reducidos.					
Gestión del fracaso	Aprender de los errores que se cometen.					
Confianza en nuevas tecnologías	Interés en la exploración de nuevas tecnologías del mercado.					
Comunicación	Comunicación ascendente, descendente y entre pares.					
Construir una red de contactos (Networking)	Hacer contacto con otros profesionales de interés.					
Habilidades sociales	Tener empatía con las personas					
Trabajo en equipo y cooperación	Ayudar a compañeros para el desarrollo de un proyecto.					
Adaptabilidad y flexibilidad ante el cambio	Encontrar nuevas oportunidades de interés					
Ética laboral	Correcto comportamiento profesional					

## ANEXO 2. Cuestionario de capacidad de innovación, transferencia de tecnología, vinculación, áreas de conocimiento y competencias necesarias en la I4.0



**INSTITUTO TECNOLÓGICO DE MÉRIDA**  
 Av. Tecnológico km. 4.5 S/N C.P. 97118; Mérida, Yucatán. Tel:(999) 964-5000TEST  
**Maestría en Planificación de Empresas y Desarrollo Regional**

*La presente encuesta es parte de una investigación denominada "Capacidades de formación, innovación, infraestructura tecnológica, transferencia de tecnología y vinculación de los institutos tecnológicos del estado de Yucatán para la I4.0".*



I. Datos generales			
Nombre del instituto		Fecha de aplicación	/ /
Área de adscripción		Nombre del entrevistado	
Puesto del entrevistado		Antigüedad en el puesto	

### II. Mecanismos para conocer necesidades y tendencias de las empresas

1. Indique con una "x" cuáles de las siguientes actividades se llevan a cabo en el instituto tecnológico (IT). Seleccione tantas como considere.

Mecanismo	Seleccionar
Se invita a representantes del sector privado a participar en foros de discusión sobre problemáticas relacionadas a la industria 4.0 de sus respectivos sectores, y la propuesta de solución por parte del IT.	
Se invita a representantes del sector privado a asistir a conferencias sobre temas correspondientes a la industria 4.0, que se realizan en el seno del IT y que pueden ser de su interés.	
Se invita a representantes del sector privado a escribir artículos sobre temas correspondientes a la industria 4.0, para que sean difundidos a través de los medios de comunicación del IT, tales como gacetas, boletines académicos y otras publicaciones.	
Se realizan intercambios de docentes e investigadores que pueden realizar proyectos vinculados a la industria 4.0 en empresas y otras organizaciones durante su año sabático.	
Se ayuda a las empresas a identificar sus necesidades de servicio en el paradigma de la industria 4.0, desarrollando los proyectos de alta calidad correspondientes.	
Se ofrecen proyectos innovadores vinculados con la industria 4.0, por ejemplo, cursos de capacitación en las incubadoras y parques tecnológicos e industriales.	
Se han creado centros especializados en las tecnologías habilitadoras de la industria 4.0, coadministrados entre el IT y el sector privado.	
Se realizan visitas periódicas a empresas y otras organizaciones privadas para conocer sus necesidades en el paradigma de la industria 4.0, además de dar a conocer los avances en los programas de vinculación que se desarrollan en el IT y promover proyectos relacionados a la industria 4.0.	
Se programan conferencias y talleres sobre temas correspondientes a la industria 4.0 en las cámaras de comercio e industria, para promover la vinculación con la agenda de trabajo de los empresarios.	
Se organizan reuniones periódicas con las cámaras empresariales, que permiten a los académicos y estudiantes comentar sobre sus proyectos de investigación en las líneas de conocimiento de la industria 4.0, e identificar oportunidades para proyectos relacionados con esta.	
Se lleva a cabo cambios en las estructuras y programas académicos que favorezcan la interdisciplinariedad requerida para la industria 4.0.	
Se asegura que el currículum y las asignaturas respondan a las necesidades del mercado laboral en la industria 4.0.	

### III. Capacidad de vinculación

2. De las actividades enlistadas a continuación, indique con una "x" aquellas que realiza el instituto tecnológico (IT) con el propósito general de la vinculación y bajo el contexto de la industria 4.0 (I4.0). Seleccione tantas como considere.

Actividades de formación profesional	Seleccionar
Estancias para docentes	
Servicio social	
Visitas a empresas	
Residencias profesionales	
Programa de formación profesional dual	

3. ¿Qué porcentaje de estudiantes es contratado después de las residencias profesionales? Total \_\_\_\_\_

4. Indique con una "x" cuáles de las siguientes actividades se llevan a cabo dentro del programa institucional de vinculación en general y cuáles de éstos se llevan a cabo en el contexto de la I4.0. Seleccione tantas como considere.

Actividades de vinculación	Seleccionar
Diagnóstico para determinar las necesidades de los sectores productivos.	
Identificación de las potencialidades de docencia, investigación y extensión para llevar a cabo proyectos de vinculación.	
Desarrollo de enlaces de colaboración con otras instituciones de educación superior para desarrollar proyectos de vinculación.	
Publicación de un catálogo de servicios.	
Comercialización de los resultados de la investigación básica y aplicada.	
Cooperación en la elaboración de contratos de proyectos.	
Asesoría a personal académico en la elaboración de proyectos de vinculación.	
Uso de un comité o consejo de vinculación integrado por representantes del sector productivo.	
Capacitación de empresarios para su participación en programas de vinculación.	
Diseño de estrategias específicas para involucrar a la micro y pequeña empresa en programas de vinculación.	
Promoción de la creación y desarrollo de otros organismos de vinculación (oficinas de transferencia de tecnología, incubadoras, parques tecnológicos, consejos).	
Creación de bases de datos para administrar el desarrollo de los proyectos de vinculación.	

5. Indique con una "x" si el IT cuenta con alguna de las siguientes estructuras de vinculación, en general y relacionado con la I4.0.

Estructuras de vinculación	Seleccionar
Parques tecnológicos	
Incubadoras de empresas	
Fundaciones	
Centros de competitividad	
Compañías "start-up"	
Compañías "spin-off"	
Oficinas de transferencia de tecnología	

6. Del total de recursos económicos que maneja su departamento, mencione en porcentaje (%) de presupuesto que se destina para impulsar las siguientes actividades clave y cuánto de este porcentaje se destina a actividades relacionadas a la I4.0

Actividades clave	Porcentaje
Innovación	
Desarrollo Tecnológico	
Emprendimiento	
Transferencia de Tecnología	

#### IV. Capacidad de infraestructura tecnológica

7. Indique con una "x" si la institución realiza alguna de las siguientes actividades de acceso a la infraestructura física.

Actividades de acceso a la infraestructura física	Seleccionar
Acceso a la infraestructura de la institución por parte de las empresas	
Acceso a la infraestructura de las empresas por parte de la institución	
Su institución realiza convenios con otros centros e institutos de investigación para hacer uso de laboratorios y equipo para desarrollar sus proyectos de vinculación	
Se cuenta con suficientes laboratorios y/o equipo para desarrollar los proyectos de vinculación con empresas	



**V. Capacidad de innovación y transferencia de tecnología**

8. Las siguientes actividades promueven la innovación, señale con una "x" las que lleve a cabo el departamento de vinculación, en general y en relación con la I4.0.

Actividades de innovación	Seleccionar
Se promueve entre estudiantes y docentes la investigación aplicada en problemas relacionados al sector productivo	
Se invita a los empresarios a participar en mesas panel con los estudiantes	
Se conoce el número de empresas de la localidad	
Se han realizado proyectos por cargo del sector productivo	

9. Las siguientes actividades promueven el emprendimiento, señale las que lleve a cabo el departamento de vinculación, en general y en relación con la I4.0.

Actividades de emprendimiento	Seleccionar
Se brinda información y asesoría a docentes y estudiantes sobre los pasos para la creación de nuevas empresas	
Se brinda asesoría a docentes y estudiantes para el trámite de financiamiento	
Se llevan a cabo eventos de emprendimiento dentro del IT	
Se promueve la participación de los estudiantes en eventos de emprendimiento externos	
Se han formado empresas a partir de proyectos surgidos en el IT	

10. Número de empresas que se han generado en la incubadora de empresas en los últimos cinco años. Total \_\_\_\_ Relacionadas a la I4.0 \_\_\_\_

11. Indique con una "x" si el IT realiza alguna de las siguientes actividades de investigación y desarrollo, en general y en relación con la I4.0.

Actividades de investigación y desarrollo	Seleccionar
Investigación aplicada por solicitud de externos	
Proyectos de investigación conjunta con el sector productivo	
Desarrollos tecnológicos conjuntos con el sector productivo	
Servicio de asistencia técnica	
Servicio de consultoría	
Servicio de asesoría	
Licenciamiento de tecnología	
Transferencia de tecnología	
Prospectiva tecnológica	

12. Las siguientes actividades promueven la transferencia de tecnología, señale con una "x" las que lleve a cabo el departamento de vinculación en general y en relación con la I4.0

Actividades de transferencia de tecnología	Seleccionar
Se han tramitado patentes en este departamento	
Se ha otorgado alguna de las patentes tramitadas	
Se ha comercializado alguno de los proyectos generados en el IT	
Se ha concedido licenciamiento de alguna de las patentes otorgadas	
Se ha implementado alguno de los proyectos generados por el IT en el sector productivo	

13. Indique el número de patentes que se han tramitado por este departamento en los últimos cinco años. Total \_\_\_\_ Relacionadas a la I4.0 \_\_\_\_

14. Indique el número de patentes otorgadas a este departamento en los últimos cinco años. Total \_\_\_\_ Relacionadas a la I4.0 \_\_\_\_

15. De las patentes tramitadas y otorgadas, ¿cuántas corresponden a proyectos del IT? Total \_\_\_\_ Relacionadas a la I4.0 \_\_\_\_

16. De las siguientes actividades de difusión, indique con una "x" cuáles se realizan en el IT para promover los proyectos de vinculación en general y además cuáles en el contexto de la industria 4.0, con respecto a los siguientes factores.

Actividades de difusión	Seleccionar
Educación continua (capacitación y actualización)	
Publicaciones	
Ferias y exposiciones	
Foros, coloquios, seminarios, conferencias	

#### VI. Áreas de conocimiento y competencias en el paradigma de la industria 4.0

17. Desde el punto de vista de la vinculación con las empresas, cuáles considera que son las áreas de conocimiento donde los estudiantes necesitan preparación para enfrentar los retos del mercado laboral que generará la industria 4.0. Seleccione con una "x" las opciones de acuerdo a la siguiente escala: 1 = nada importante, 2 = poco importante, 3 = regular, 4 = importante y 5 = muy importante.

Área de conocimiento	1	2	3	4	5	Definición
Big data						Análisis, administración y manipulación de gran cantidad de datos
La nube						Plataforma que comparte recursos como servidores, almacenamiento y aplicaciones
Impresión 3D						Reproducir objetos en 3 dimensiones con ayuda de software y hardware especializado
Desarrollo web y móvil						Programación de aplicaciones para smartphones y sistemas en entorno web
Simulación						Tecnologías asistidas por ordenador que replican las funciones de procesos productivos
Inteligencia Artificial						Construcción de sistemas capaces de realizar tareas asociadas con la inteligencia humana
Internet de las cosas						Objetos o dispositivos del ámbito cotidiano que se encuentran conectados a Internet
Ciberseguridad						Protección de información interconectada a través del tratamiento de amenazas
Sistemas ciberfísicos (SCF)						Dispositivos integrados de TIC que cuentan con la capacidad del control del mundo físico y virtual de la cadena de suministros
Realidad virtual						Es un entorno virtual inmersivo que permite al usuario interactuar en tiempo real
Realidad aumentada						Es la visualización en tiempo real de objetos virtuales en entornos reales
Manufactura asistida por computadora						Creación de objetos a través del desbaste o corte de materiales a partir de un archivo CAD
Robots autónomos						Máquinas flexibles que automatizan tareas que antes estaban previstas para el ser humano
Cadena de bloques						Software que permite la gestión de transacciones monetarias con criptomonedas

18. Desde el punto de vista de la vinculación con las empresas, cuáles considera que son las competencias técnicas que los estudiantes necesitan desarrollar para enfrentar los retos del mercado laboral que generará la industria 4.0. Seleccione con una "x" las opciones de acuerdo a la siguiente escala: 1 = nada importante, 2 = poco importante, 3 = regular, 4 = importante y 5 = muy importante.

Competencias técnicas	Ejemplos	1	2	3	4	5
Seguridad de la información y protección de datos	Cifrar datos y comunicaciones, política de seguridad					
Implantar tecnologías de la Industria 4.0	Desarrollar proyectos relacionados con la Industria 4.0					
Mantenimiento y reparación de equipos.	Conocer hardware de dispositivos móviles y computadoras.					
Conocimientos de aspectos legales	Conocimiento sobre definiciones y procesos de patentes.					
Conocimientos de programación	Uso de diferentes lenguajes de programación (C++, Java).					
Capacidad de análisis de datos	Toma de decisiones de acuerdo a datos proporcionados.					
Conocimientos de estadística o visualización de datos	Manejo de software estadístico (SPSS, Excel, R).					
Conocimiento en organización y procesos	Capacidad para identificar y simplificar procesos.					
Resolución de problemas	Pensamiento lógico y analítico para soluciones informáticas.					
Dominio del idioma inglés	Comunicarse y leer textos técnicos con fluidez.					

Diseño 2D y 3D	Diseño y dibujo de procesos, productos, componentes a través de software especializado						
Conocimiento de matemáticas aplicadas	Uso de teorías, principios, métodos y herramientas matemáticas para resolver problemas y crear soluciones						
Conocimiento de mecatrónica	Evaluar, seleccionar e integrar dispositivos, tales como robots, tornos CNC, controladores lógicos programables, entre otros, para el mejoramiento de procesos industriales						
Conocimientos en comunicaciones inalámbricas y bases de datos	Conocer sobre redes de transmisión de información a distancia y la creación y manejo de base de datos						
Conocimientos en manufactura esbelta	Optimizarlos procesos, eliminando actividades que no agregan valor						

19. Desde el punto de vista de la vinculación con las empresas, cuáles considera que son las competencias personales que los estudiantes necesitan desarrollar para enfrentar los retos del mercado laboral que generará la industria 4.0. Seleccione con una "x" las opciones de acuerdo a la siguiente escala: 1 = nada importante, 2 = poco importante, 3 = regular, 4 = importante y 5 = muy importante.

Competencias personales	Ejemplo	1	2	3	4	5
Gestión y asignación de responsabilidades	Reconocer las obligaciones propias y la delegación de otras.					
Capacidad de liderazgo	Influir en la gente para ejecutar algún plan.					
Gestión de conflictos	Intervenir en la resolución pacífica y no violenta de los conflictos.					
Creatividad y aprendizaje	Buscar herramientas o medios con ganas de aprender.					
Toma de decisiones	Elegir la mejor opción para el cliente.					
Capacidad de trabajar bajo presión	Mantener la calma ante la petición de trabajos en tiempos reducidos.					
Gestión del fracaso	Aprender de los errores que se cometen.					
Confianza en nuevas tecnologías	Interés en la exploración de nuevas tecnologías del mercado.					
Comunicación	Comunicación ascendente, descendente y entre pares.					
Construir una red de contactos (Networking)	Hacer contacto con otros profesionales de interés.					
Habilidades sociales	Tener empatía con las personas					
Trabajo en equipo y cooperación	Ayudar a compañeros para el desarrollo de un proyecto.					
Adaptabilidad y flexibilidad ante el cambio	Encontrar nuevas oportunidades de interés					
Ética laboral	Correcto comportamiento profesional					

## ANEXO 3. Cuestionario de infraestructura tecnológica



**INSTITUTO TECNOLÓGICO DE MÉRIDA**  
 Av. Tecnológico km. 4.5 S/N C.P. 97118; Mérida, Yucatán. Tel:(999) 964-5000TEST  
**Maestría en Planificación de Empresas y Desarrollo Regional**  
*La presente encuesta es parte de una investigación denominada "Capacidades de formación, innovación, infraestructura tecnológica, transferencia de tecnología y vinculación de los institutos tecnológicos del estado de Yucatán para la I4.0".*



I. Datos generales			
Nombre del instituto		Fecha de aplicación	/ /
Area de adscripción		Nombre del entrevistado	
Puesto del entrevistado		Antigüedad en el puesto	

### II. Capacidad de infraestructura tecnológica

1. Indique el número según corresponda sobre el equipo de cómputo en funcionamiento que existe en la institución.

Equipo de cómputo	Total
Dedicadas a los estudiantes	
Dedicada a los docentes	
Dedicadas al personal de apoyo	

3. ¿Se usan plataformas educativas (como Moodle) que permiten a los estudiantes reforzar los conocimientos y mantener un vínculo directo con el docente?

SI  NO  ¿Cuáles? \_\_\_\_\_

4. Enliste las licencias de software con las que cuenta la institución.

Licencias de software	
1.	11
2.	12
3.	13
4.	14
5.	15
6.	16
7.	17
8.	18
9.	19
10.	20

5. Indique con una "x" si la institución realiza alguna de las siguientes actividades de adquisición y calidad del servicio informático.

Actividades de adquisición y calidad del servicio informático	Seleccionar
Existe una política institucional para la adquisición de material informático	
Existen mecanismos para conocer la opinión de docentes y estudiantes sobre la calidad de los servicios informáticos	

6. Indique con una "x" si la institución realiza alguna de las siguientes actividades de seguridad y privacidad de la red de internet.

<b>Actividades de seguridad y privacidad</b>	<b>Seleccionar</b>
Se realiza el intercambio de datos sensibles (datos personales o académicos) mediante conexiones seguras (encriptadas)	
Se cuenta con un responsable de aplicar las políticas de seguimiento y respaldo	
Se cuenta con un sistema de respaldo de información	
Se cumple con la legislación vigente en materia de privacidad y custodia de datos personales.	
Se cuenta con el equipo que garantice la estabilidad del suministro eléctrico.	

7. Indique con una "x" si la institución realiza alguna de las siguientes actividades de mantenimiento de los equipos y programas informáticos.

<b>Actividades de mantenimiento de los equipos y programas informáticos</b>	<b>Seleccionar</b>
Se actualizan las tecnologías de hardware empleadas en función de las necesidades	
Se emplean las tecnologías de software según estándares establecidos	
Se dispone del personal cualificado para el mantenimiento de los sistemas	
Se cuenta con contratos de mantenimiento preventivo (soporte técnico) para los sistemas de terceros	
Se dispone de licencias para la actualización de los sistemas	
Se dispone de un equipo de desarrollo para la adecuación de sistemas a las necesidades de la institución	

8. Número de salas de cómputo de acceso para los estudiantes e investigadores. \_\_\_\_\_

## ANEXO 4. Cartas de validación de instrumentos de investigación



**EDUCACIÓN**  
SECRETARÍA DE EDUCACIÓN PÚBLICA



TECNOLÓGICO  
NACIONAL DE MÉXICO

### INSTITUTO TECNOLÓGICO DE MÉRIDA

**ASUNTO:** Carta de validación de instrumentos de investigación

Mérida, Yucatán, 11 de mayo de 2021

**Pilar Pazos, Ph.D.**

Associate Professor and Graduate Program Director (Doctoral Level)

Engineering Management and Systems Engineering Department

Old Dominion University

**PRESENTE**

Por medio de la presente y a petición de la Dra. Pilar Pazos Lago, co-asesora del proyecto de tesis: “Capacidades de formación, innovación, infraestructura tecnológica, transferencia de tecnología y vinculación de los Institutos Tecnológicos del Estado de Yucatán para la Industria 4.0”, presentado por el alumno Rubén Moisés Canul Alcocer y dirigido por la Dra. Ana María Canto Esquivel, considero que los instrumentos (tres cuestionarios) de recolección de datos son recomendables para aplicarse a los sujetos de estudio de los siete Tecnológicos del Estado de Yucatán, ya que se han incluido las correcciones sugeridas.

Sin más por el momento y agradeciendo su amable atención a la presente solicitud, me despido quedando a sus órdenes.

**ATENTAMENTE**

**Excelencia en Educación Tecnológica**

“In Hoc Signo Vincas”

**M.C. ANDRÉS PEREYRA CHAN**  
COORDINADOR DE LA MAESTRÍA EN  
PLANIFICACIÓN DE EMPRESAS Y  
DESARROLLO REGIONAL  
INSTITUTO TECNOLÓGICO DE MÉRIDA



**INSTITUTO TECNOLÓGICO DE MÉRIDA**

**ASUNTO:** Carta de validación de instrumentos de investigación

Mérida, Yucatán, 11 de mayo de 2021

**Pilar Pazos, Ph.D.**

Associate Professor and Graduate Program Director (Doctoral Level)  
Engineering Management and Systems Engineering Department  
Old Dominion University

**PRESENTE**

Por medio de la presente y a petición de la Dra. Pilar Pazos Lago, co-asesora del proyecto de tesis: “Capacidades de formación, innovación, infraestructura tecnológica, transferencia de tecnología y vinculación de los Institutos Tecnológicos del Estado de Yucatán para la Industria 4.0”, presentado por el alumno Rubén Moisés Canul Alcocer y dirigido por la Dra. Ana María Canto Esquivel, considero que los instrumentos (tres cuestionarios) de recolección de datos son recomendables para aplicarse a los sujetos de estudio de los siete Tecnológicos del Estado de Yucatán, ya que se han incluido las correcciones sugeridas.

Sin más por el momento y agradeciendo su amable atención a la presente solicitud, me despido quedando a sus órdenes.

**ATENTAMENTE**

**Excelencia en Educación Tecnológica**  
“In Hoc Signo Vinces”

**DR. RAÚL SANTOS VALENCIA**  
PROFESOR DE TIEMPO COMPLETO  
INSTITUTO TECNOLÓGICO DE MÉRIDA