



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

ITM

**TESIS PROFESIONAL  
NIVEL DE IMPLEMENTACIÓN DE LA INDUSTRIA 4.0 EN EL SECTOR  
HOSPITALARIO DEL SEGUNDO Y TERCER NIVEL DE ATENCIÓN EN  
YUCATÁN**

**PARA OPTAR AL GRADO DE:**

**MAESTRO EN PLANIFICACIÓN DE EMPRESAS Y DESARROLLO REGIONAL**

**PRESENTA:**

**ING. EDUARDO DUARTE OJEDA**

**ASESOR:**

**DRA. ANA MARÍA CANTO ESQUIVEL**

**COASESOR:**

**MC. FRANCISCO JAVIER CIMA COHUO**

**MÉRIDA, YUCATÁN, MÉXICO**

**14 JUNIO 2024**



DEPENDENCIA: DIV. DE EST. DE POSG. E INV.

No. DE OFICIO: X-147/24

Mérida, Yucatán, **16/abril/2024**

**ASUNTO: AUTORIZACIÓN DE IMPRESIÓN**

**C. EDUARDO DUARTE OJEDA**  
**PASANTE DE LA MAESTRÍA EN PLANIFICACIÓN**  
**DE EMPRESAS Y DESARROLLO REGIONAL**  
**PRESENTE.**

De acuerdo al fallo emitido por su directora **Ana María Canto Esquivel**, su coasesor **Francisco Cima Cohuo** y la comisión revisora integrada por Hermila Andrea Ulibarri Benítez, Mayanin Asunción Sosa Alcaraz 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:

**“NIVEL DE IMPLEMENTACIÓN DE LA INDUSTRIA 4.0 EN EL SECTOR HOSPITALARIO DEL  
SEGUNDO Y TERCER NIVEL DE ATENCIÓN EN YUCATÁN.”**

**ATENTAMENTE**

*Excelencia en Educación Tecnológica®  
"In Hoc Signo Vincas"*

**DR. GABRIEL LIZAMA UC**  
**JEFE DE LA DIVISIÓN DE ESTUDIOS DE**  
**POSGRADO E INVESTIGACIÓN**



C.p. Archivo  
GLU/AMPC/zac



## RESUMEN

En la era digital actual, la transformación digital se ha convertido en un imperativo para las organizaciones de salud en todo el mundo mediante la adopción de tecnologías derivadas de la Industria 4.0. Los hospitales, como pilares fundamentales en la prestación de servicios de salud, no son ajenos a este cambio. Sin embargo, la implementación exitosa de iniciativas de transformación digital en entornos hospitalarios presenta desafíos únicos que deben abordarse de manera efectiva para garantizar su éxito. En este contexto, esta investigación tiene como objetivo evaluar el nivel de implementación de las herramientas derivadas de la Industria 4.0 enfocados en salud, para determinar la situación actual comparado con modelos de madurez digital en los hospitales de segundo y tercer nivel de atención en salud en el estado de Yucatán y proponer estrategias que faciliten las iniciativas de adopción de estas nuevas tecnologías.

Para realizar dicha evaluación se aplicó un instrumento con escala Likert a los gerentes de las áreas pertenecientes a la gestión de tecnología en los hospitales de segundo y tercer nivel de atención que decidieron participar en la investigación. Los resultados de la encuesta permitieron analizar las tendencias de adopción de herramientas basadas en los pilares tecnológicos de la Industria 4.0 y realizar comparaciones entre hospitales del mismo nivel para identificar factores determinantes que influyan en su madurez tecnológica.

Se realizó a manera de propuesta, una estrategia basada en el modelo de la Triple Hélice con un enfoque colaborativo entre los equivalentes a los actores de dicho modelo dentro de un hospital y considerando los factores más importantes a tener en cuenta en el momento de comenzar el proceso de transformación digital.

## **ABSTRACT**

In today's digital era, digital transformation has become an imperative for healthcare organizations worldwide through the adoption of technologies derived from Industry 4.0. Hospitals, as key pillars in the delivery of healthcare services, are no strangers to this change. However, the successful implementation of digital transformation initiatives in hospital settings presents unique challenges that must be effectively addressed to ensure their success. In this context, this research aims to evaluate the level of implementation of tools derived from Industry 4.0 focused on health, to determine the current situation compared to digital maturity models in hospitals of second and third level of health care in the state of Yucatan and propose strategies to facilitate the adoption initiatives of these new technologies.

To carry out this evaluation, a Likert scale instrument was applied to the managers of the areas pertaining to technology management in the second and third level of care hospitals that decided to participate in the research. The results of the survey made it possible to analyze trends in the adoption of tools based on the technological pillars of Industry 4.0 and to make comparisons between hospitals at the same level to identify determining factors that influence their technological maturity.

As a proposal, a strategy based on the Triple Helix model was developed with a collaborative approach among the counterparts of said model within a hospital, considering the most important factors to consider when initiating the digital transformation process.

## ÍNDICE DE CONTENIDO

RESUMEN .....	I
ABSTRACT .....	II
ÍNDICE DE CONTENIDO.....	III
ÍNDICE DE TABLAS .....	VI
ÍNDICE DE FIGURAS .....	VII
CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN.....	1
1.1. Antecedentes .....	1
1.2. Planteamiento del problema .....	3
1.2.1. Preguntas de investigación .....	5
1.2.2. Objetivos.....	5
1.3. Justificación.....	6
1.4. Delimitación y limitaciones .....	7
1.5. Contenido de los capítulos .....	7
CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO.....	9
2.1 Industria 4.0 .....	9
2.1.1 Las 9 herramientas básicas de la industria 4.0 .....	10
2.1.2 Elementos clave para la adopción de la Industria 4.0 .....	12
2.1.3 Estrategias para la implementación de la Industria 4.0 en México .....	14
2.1.4 Dimensiones de evaluación de la Industria 4.0 en organizaciones.....	16
2.1.5 Modelos de madurez tecnológica en salud .....	17
2.1.6 Industria 4.0 en el sector ambiental .....	19
2.1.7 La próxima revolución industrial.....	21
2.2 Salud 4.0.....	23
2.2.1 Hospital 4.0 y Smart Hospital.....	24
2.2.2 Paciente 4.0.....	26
2.3 Competencias para la Industria 4.0 .....	27
2.3.1 Competencias digitales de los profesionales sanitarios .....	28
2.3.2 Habilidades del futuro .....	32

2.4	La salud en el desarrollo sostenible .....	33
CAPÍTULO III. MARCO CONTEXTUAL .....		36
3.1	Sistema de Salud en México .....	36
3.2	Infraestructura Hospitalaria en México .....	38
3.3	Infraestructura Hospitalaria en Yucatán .....	39
CAPÍTULO IV. METODOLOGÍA .....		41
4.1	Enfoque de la investigación.....	41
4.2	Tipo de Investigación .....	41
4.3	Diseño de investigación.....	41
4.4	Unidad de análisis y sujeto de estudio.....	42
4.5	Población y muestra .....	42
4.6	Definición de variables o categorías de análisis .....	42
4.7	Descripción de las herramientas de recolección de información.....	45
4.7.1	Proceso de recolección de datos .....	48
4.7.2	Confiabilidad .....	48
4.7.3	Validez.....	48
4.8	Descripción de las herramientas de recolección de información.....	48
CAPÍTULO V. RESULTADOS.....		49
5.1	Datos generales de los hospitales encuestados.....	49
5.2	Tendencias tecnológicas de la Industria 4.0 aplicadas en Salud. ....	50
5.3	Nivel de implementación de la Industria 4.0 entre hospitales de Yucatán.....	55
5.3	Nivel de capacitación del personal sanitario para la Industria 4.0.....	65
5.4	Similitudes entre hospitales del mismo nivel de atención respecto a sus implementaciones tecnológicas de la Industria 4.0 .....	70
5.5	Modelo de impacto en la madurez tecnológica en hospitales de segundo y tercer nivel de atención .....	78
5.6	Estrategia para facilitar la transformación digital mediante la adopción de tecnologías derivadas de la Industria 4.0 .....	81
5.7	Principales resultados del estudio .....	85
6.1	Conclusiones.....	87

6.2	Recomendaciones.....	89
	BIBLIOGRAFÍA CITADA.....	91
	ANEXOS.....	96

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 2. 1 Dimensiones para la evaluación de la Industria 4.0 en organizaciones ....	17
Tabla 2. 2 Modelos de madurez tecnológica en salud.....	18
Tabla 2. 3 Competencias clave y subcompetencias de los profesionales sanitarios .	29
Tabla 2. 4 Habilidades actuales en comparación con habilidades del futuro .....	32
Tabla 3.1 Hospitales de segundo y tercer nivel en operación por institución, 2021 ...	38
Tabla 3.2 Hospitales de segundo y tercer nivel en Yucatán .....	39
Tabla 4. 1 Definición de variables e indicadores .....	43
Tabla 4. 2 Ítems que integran los criterios de evaluación del instrumento. ....	47
Tabla 5.1 Tipo de licenciatura concluida de los encuestados. ....	49
Tabla 5.2 Tipo de postgrado concluida de los encuestados. ....	50
Tabla 5.3 Aplicaciones de IA en la salud.....	54
Tabla 5.4 Importancia de las áreas de conocimiento, competencias y capacidades tecnológicas del personal sanitario. ....	70
Tabla 5.5 Niveles de madurez tecnológica en el modelo IS4H-MM.....	79
Tabla 5.6 Variables de madurez tecnológica en el modelo IS4H-MM.....	80
Tabla 5.7 Principales resultados por objetivos específicos del estudio.....	85

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 5.1 Tecnologías derivadas de la industria 4.0 utilizadas en el hospital .....	56
Figura 5.2 Frecuencia con la que se habla sobre la transformación digital .....	57
Figura 5.3 Frecuencia con la que se utilizan sistemas integrados de intercambio de información en el hospital .....	58
Figura 5.4 Frecuencia con la que los procesos dentro del hospital son realizados de manera autónoma .....	59
Figura 5.5 Frecuencia con la que son utilizados sistemas de guiado automático en el hospital .....	60
Figura 5.6 Frecuencia con la que se utiliza la seguridad informática en el hospital ...	61
Figura 5.7 Frecuencia con la que se utiliza la nube .....	62
Figura 5.8 Frecuencia con la que se utilizan los datos para toma de decisiones y mejora de procesos .....	63
Figura 5.9 Frecuencia con la que se utilizan los datos para el beneficio del paciente .....	64
Figura 5.10 Frecuencia con la que los servicios basados en datos generan un ingreso económico al hospital .....	65
Figura 5.11 Frecuencia con la que los empleados acuden con ideas de transformación digital .....	66
Figura 5.12 Capacitación de los empleados en los hospitales sobre la industria 4.0 .....	67
Figura 5.13 Percepción del personal con respecto al avance de transformación digital en su hospital .....	68
Figura 5.14 Interés para invertir en nuevas tecnologías de la Industria 4.0 para el mejoramiento del hospital .....	69
Figura 5.15 Frecuencia con la que se invierte dinero en implementación de tecnologías provenientes de la Industria 4.0 para aumentar la eficiencia .....	71
Figura 5.16 Frecuencia con la que se realiza una gestión tecnológica en el hospital .....	72
Figura 5.17 Frecuencia con la que se actualiza el equipamiento en el hospital .....	73
Figura 5.18 Frecuencia con la que es utilizado equipamiento controlado por medio de las tecnologías derivadas de la industria 4.0 .....	74
Figura 5.19 Frecuencia con la que se utiliza el modelado digital dentro del hospital .....	75

Figura 5.20 Frecuencia con la que se utiliza la nube para el resguardo de datos.....	76
Figura 5.21 Frecuencia con la que se utiliza la seguridad informática en el hospital.	77
Figura 5.22 Pilares para la transformación digital en un hospital.....	81

# CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN

## 1.1. Antecedentes

Industria 4.0 o Cuarta Revolución Industrial son los conceptos con que se ha pretendido denominar una serie de cambios que han llevado a la sociedad industrial hacia una sociedad del conocimiento, basada en la revolución digital (Navarrete & Cabrera, 2018). La Cuarta Revolución Industrial que se encuentra en marcha se refiere al uso de tecnologías de información y comunicación para la automatización en ambientes manufactureros y la integración del conocimiento, que permitirá a las industrias adaptarse a los rápidos cambios del mercado. A partir de ello se puede empezar a vislumbrar el reciente interés industrial por hacer uso de avances tecnológicos que permitan incrementar su competitividad y productividad a nivel global cumpliendo con los dinámicos requerimientos de producción, mejorando su efectividad y eficiencia, y caracterizando con flexibilidad y sustentabilidad sus procesos de producción (Mejía et al., 2020).

La Industria 4.0 además de potencializar la productividad, eficiencia, crecimiento y desarrollo socioeconómico, tiene relación con la mejora continua de servicios en diversas instituciones y entidades, como lo son la atención de la salud. Una industria de la salud verdaderamente digital permitiría revolucionar el diagnóstico y el tratamiento para cambiar el foco hacia la prevención y la gestión. La incorporación y la coordinación fluida de aplicaciones digitales y dispositivos conectados permitiría transformar la industria de la salud en un sistema centrado en el paciente e impulsado por los datos (Pombo et al., 2018).

La Industria 4.0 logró generar un vuelco positivo en el sector de la salud, el cual es uno de los sectores más grandes, complejos y vitales para la sociedad. En este ámbito, cada vez se ven necesarios más estudios investigativos, más innovaciones tecnológicas, y una mayor precisión, financiación e implementación de nuevos

proyectos enfocados a la salud y en el bienestar de las personas (Montesino et al., 2020).

El sector de la salud ha estado tomando importancia en los últimos años, es por esto que la Industria 4.0 juega un papel importante para el mejoramiento de ésta, permitiendo que se le pueda brindar a las personas una mejor atención, una detección de algún padecimiento a tiempo y de esta manera garantizar un bienestar, un mejor vivir y tratar las enfermedades de manera óptima, rápida y oportuna posible, evitando que el paciente sufra deterioro mayor a lo necesario (Montesino et al., 2020). Grandes cambios se han registrado para la salud, donde se ha venido dando un giro fundamental hacia la autogestión de la salud, en especial dirigida a su mantenimiento, tratamiento y mejora. Ello representa un cambio significativo que impacta tanto a las instituciones, como al personal sanitario y a los usuarios de estos servicios; principalmente en la forma como el talento humano se debe vincular a un mundo marcado por la alta tecnología con la herramienta de la creatividad: se pasa del trabajador operario al trabajador creativo, el cual debe contar con un mayor nivel de cualificación que le permita no sólo utilizar las nuevas tecnologías, sino analizar grandes volúmenes de datos generados y tomar decisiones de una manera muy rápida (Navarrete & Cabrera, 2018).

En la actualidad, se logran identificar los principales enfoques en la implementación de tecnología basada en la Industria 4.0 en el sector salud, teniendo como objetivo: la prevención, detección, tratamiento y diagnóstico de enfermedades, creación de implantes para las personas, cuidado de los datos de los pacientes, la contaminación del ambiente, seguridad en el trabajo, búsqueda de una posible cura para la enfermedad por coronavirus (COVID-19), causado por el virus SARS-CoV-2, que es en estos momentos, un problema para el sistema de salud a nivel mundial (Soraca et al., 2020). De esta manera, se combinan los espacios físicos, digitales y biológicos, para así cambiar la industria de la salud desde todos los ámbitos de la misma.

Aunque la Industria 4.0 tuvo su origen en Alemania en el año 2010, se empezó a implementar en México en el año 2015 en diferentes niveles, estos van desde lo educativo, empresarial, de política pública, industrial, entre otros, principalmente en el sector de manufactura, y siendo la salud, el sector donde se ha desarrollado de manera más lenta (Mejía et al., 2020).

El interés que surge alrededor de las nuevas tecnologías está llegando a los hospitales de México y de América Latina, donde los médicos, equipos de IT y las direcciones se han involucrado en el análisis y la revisión de las nuevas herramientas. Para comenzar la transformación digital de los sistemas hospitalarios será necesario rediseñar los procesos que tienen los hospitales tradicionales y preparar al personal clínico para ello. A su vez, el hospital tendrá que estar interconectado con otros proveedores de salud, como laboratorios y gabinetes de diagnóstico, farmacias, quirófanos, áreas de terapia y rehabilitación, dispositivos médicos y todas aquellas que deban brindar un servicio. La transformación digital de los hospitales ha permitido la implementación de herramientas tecnológicas derivadas de los pilares de la Industria 4.0 como lo son: el internet de las cosas (IoT), la inteligencia artificial (IA), big data y analítica avanzada, impresión 3D, realidad virtual y realidad aumentada, la automatización, entre otros, las cuales tendrán como objetivo atender las complejidades que implica la operación de un hospital desde sus diferentes áreas, pero sobre todo, para brindar la mejor atención al paciente.

## **1.2. Planteamiento del problema**

En la actualidad, uno de los factores que más ha impulsado la adopción de tecnologías derivadas de la Industria 4.0 en diversos sectores, especialmente en el sector salud, ha sido la pandemia COVID-19. Esta ha ejercido una enorme presión sobre los gobiernos, dejando visibles problemas como: servicios de salud sobrecargados, falta de infraestructura y equipamiento para la atención. La implementación de tecnologías 4.0 dentro de los sistemas hospitalarios, enfocados en la mejora de procesos internos, puede ser clave para la mejora de la calidad de atención al paciente, logrando una transformación digital que permita a las

instituciones de salud afrontar las necesidades que ha provocado la pandemia y aprovechar el potencial que ofrecen estos nuevos avances tecnológicos. Sin embargo, algunas iniciativas de digitalización pueden tener el riesgo de fallar si son abordadas como un simple cambio de lo analógico a lo digital, y en algunos casos puede generar cargas adicionales de trabajo para los profesionales de la salud, impidiendo una adopción ágil. Por lo que es necesario un análisis actual del nivel de implementación de tecnologías 4.0 en el sistema hospitalario para crear las estrategias adecuadas, adaptándose a sus situaciones y necesidades, facilitando esta transición hacia hospitales digitales o inteligentes denominados Hospitales 4.0

A pesar de que en México se han implementado sistemas digitales en el sector de la salud en diferentes niveles hospitalarios de atención, estas iniciativas no son suficientes y el país aún se encuentra rezagado en comparación con otros sistemas de salud más avanzados. Estas implementaciones han estado principalmente dirigidas a superar las limitaciones de tiempo y espacio, fomentando la atención a distancia y conservando la calidad en la relación médico-paciente. Esto ha llevado a una disminución en los tiempos de espera sin que los pacientes tengan que exponerse o movilizarse innecesariamente. Además, se han logrado integrar sistemas de expedientes clínicos electrónicos (ECP) para mejorar el acceso a la información del paciente y proporcionar un seguimiento clínico más efectivo. Sin embargo, a pesar de estos avances, aún persisten desafíos significativos y hay una brecha considerable que debe cerrarse para alcanzar los estándares de otros sistemas de salud más desarrollados.

La transformación digital de los hospitales, debe ser prioridad en el sistema hospitalario de Yucatán, principalmente en la ciudad de Mérida, que cuenta con los centros hospitalarios públicos más importantes de la península de acuerdo con el estudio *World's Best Hospitals 2021* realizado por Newsweek y Statista Inc (2021), enfocándose en aplicar las herramientas adecuadas para mejorar la atención del paciente, facilitar el trabajo de los médicos, disminuir los errores humanos y reducir los gastos.

Este documento tiene como objetivo determinar el nivel de implementación de las tecnologías derivadas de la Industria 4.0 en el sistema hospitalario de segundo y tercer nivel de atención, públicos y privados, en Yucatán, de tal manera que la adquisición e implementaciones de soluciones tecnológicas estén acordes a su situación y necesidades.

### **1.2.1. Preguntas de investigación**

La pregunta general de la investigación es:

¿Cuál es el nivel de implementación de las herramientas tecnológicas pilares de la Industria 4.0 y que estrategias podrían facilitar la transformación digital de los hospitales de segundo y tercer nivel de atención en Yucatán?

Las preguntas específicas son:

¿Cuáles son las herramientas tecnológicas derivadas de la Industria 4.0 que actualmente se aplican en el sector público y privado de la salud?

¿Qué tecnologías derivadas de la Industria 4.0 se están utilizando dentro del sector hospitalario en el segundo y tercer nivel de atención en Yucatán?

¿Qué están haciendo los hospitales para transformar la atención médica y los procesos administrativos?

¿Cuál es el nivel de capacitación del personal sanitario en el manejo de las tecnologías derivadas de la Industria 4.0 que actualmente están implementadas en los hospitales de segundo y tercer nivel de atención en Yucatán?

¿Cuáles son las variables que tienen más impacto en la madurez tecnológica dentro de los hospitales de segundo y tercer nivel de atención en Yucatán?

### **1.2.2. Objetivos**

El objetivo general de la investigación es:

Evaluar el nivel actual de implementación de las herramientas tecnológicas pilares de la Industria 4.0 en el sector hospitalario dentro de instituciones públicas y privadas de segundo y tercer nivel en Yucatán, para diseñar un modelo de madurez tecnológica que permita identificar áreas de mejora y proponer estrategias que faciliten la transformación digital.

Los objetivos específicos son:

1. Identificar cuáles son las herramientas tecnológicas aplicadas actualmente en el sector público y privado de la salud provenientes de la Industria 4.0 a nivel nacional e internacional.
2. Identificar cuáles son las tendencias en la implementación de las tecnologías de la Industria 4.0 en el sector hospitalario de la salud en Yucatán.
3. Identificar similitudes entre hospitales de la misma categoría, de segundo y tercer nivel de atención, en Yucatán, el nivel de implementación de las tecnologías de la Industria 4.0 aplicables en el sector Salud.
4. Analizar el nivel de capacitación del personal sanitario para el manejo de las tecnologías implementadas en los hospitales de segundo y tercer nivel en Yucatán.
5. Diseñar un modelo que permita identificar las variables que tienen más impacto en la madurez tecnológica dentro de los hospitales de segundo y tercer nivel de atención en Yucatán.
6. Diseñar estrategias que faciliten la transformación digital mediante la implementación de tecnologías derivadas de la Industria 4.0 en los hospitales de segundo y tercer nivel de atención en Yucatán.

### **1.3. Justificación**

La importancia de este proyecto se debe a la escasa información que hoy en día se puede encontrar a cerca de estudios aplicados en el sector hospitalario sobre la implementación de tecnologías derivadas de la Industria 4.0 y los beneficios que pueden existir con el uso de estas. El estudio que se pretende realizar podrá revelar el

panorama actual y permitirá el desarrollo de estrategias que puedan facilitar la adopción de las tecnologías según las necesidades de cada hospital, al igual que la transferencia de conocimiento actual para sentar las bases sobre cómo abordar una nueva revolución industrial y lograr una transición exitosa.

La transformación del sistema actual hospitalario a uno denominado hospital 4.0, se convertirá en uno de los espacios vitales para mejorar la atención del paciente y su relación con el proveedor de salud. Los hospitales de este tipo permitirán tener centros de atención con nuevas funcionalidades que faciliten el trabajo de los médicos, reduzcan los costos sanitarios y mejoren la experiencia del paciente.

#### **1.4. Delimitación y limitaciones**

El proyecto de investigación se desarrolla en el Estado de Yucatán. Se realizó en el periodo de agosto 2021 a agosto de 2023. En esta investigación se incluirán únicamente hospitales pertenecientes al segundo y tercer nivel de atención de la salud.

Debido a la actual pandemia COVID-19 existieron limitaciones de accesibilidad o comunicación con los departamentos especializados donde se pretendían utilizar los mecanismos de recolección de datos, así como limitaciones de acceso a la información en las instituciones privadas debido a la confidencialidad de sus datos.

#### **1.5. Contenido de los capítulos**

En el capítulo II se presenta la teoría y definiciones encontradas acerca del tema de investigación. Se definen conceptos como las herramientas, pilares, estrategias, habilidades y términos relacionados con la Industria 4.0 propuestas por diferentes autores en libros, artículos y publicaciones científicas.

En el capítulo III se presenta cómo se compone el sistema de salud en México, se definen los tres niveles de atención de la salud y se especifica la cantidad de unidades de atención que conforman cada uno. En un análisis más estricto, se presenta también la estadística que corresponde a la ciudad de Yucatán, en donde se pretende realizar el estudio.

En el capítulo IV se explica la metodología con la cual se aborda la investigación. Se define el enfoque de estudio y el tipo de investigación, así como también se describe el instrumento a utilizar, el tipo de muestreo, la población y la muestra para llevar a cabo la recolección de datos y el análisis de estos.

En el capítulo V se exponen de manera visual y ordenada los resultados obtenidos de la investigación de campo, alineados a los objetivos previamente establecidos. El capítulo VI se mencionan las conclusiones y propuestas derivadas de los resultados obtenidos del capítulo V, haciendo mención también de recomendaciones para futuros estudios.

## **CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO**

Este capítulo recopila la teoría e información correspondientes a la Industria 4.0, las herramientas tecnológicas derivadas, estrategias que se han implementado para la adopción, competencias clave para facilitar la transición y la relación de estos conceptos con el sector de la salud.

### **2.1 Industria 4.0**

El concepto de Industria 4.0 (I4.0), surge en Alemania en 2011, para hacer referencia a una política económica gubernamental basada en estrategias de alta tecnología; caracterizada por la automatización, la digitalización de los procesos y el uso de las tecnologías de la electrónica y de información en la manufactura. Igualmente, se destaca por la personalización de la producción, la prestación de servicios y la creación de negocios de valor agregado. Su principal diferencia con respecto a las revoluciones predecesoras es la capacidad de interacción y el intercambio de información entre humanos y máquinas (Ynzunza et al., 2017).

La primera Revolución Industrial se reconoce por la introducción de equipos mecánicos impulsados por máquinas de vapor. La mano de obra se sustituyó por las máquinas trayendo como consecuencia un cambio de economía rural basada en agricultura a un modelo de economía industrial. La segunda Revolución Industrial comenzó a utilizar la electricidad, la invención del teléfono y el desarrollo del automóvil, que impulsó el desarrollo de la industria y la producción en serie. Todo esto ayudó a impulsar el consumo en masas, se produjo la división de tareas y debido al uso de la energía eléctrica se permitieron largas jornadas de trabajo. La tercera Revolución Industrial, se basó en el desarrollo de tecnología digital con el uso de computadoras y el desarrollo del internet, que permitió la interconectividad entre dispositivos usando la electrónica y la informática para la producción automatizada (Vessi, 2021).

La cuarta Revolución Industrial, no obstante, no solo consiste en máquinas y sistemas inteligentes y conectados. Su alcance es más amplio. Al mismo tiempo, se producen oleadas de más avances en ámbitos que se van desde la secuenciación genética hasta la nanotecnología, y de las energías renovables a la computación cuántica. Es la fusión de estas tecnologías y su interacción a través de los dominios físicos, digitales y biológicos lo que hace que la cuarta revolución industrial sea fundamentalmente diferente de las anteriores (Schwab, 2016). La trayectoria de cada una de las revoluciones industriales nunca ha sido fácil ni directa. El tipo de trabajo se transforma. La cuarta revolución industrial exige pensar lateralmente, uniendo industrias y disciplinas, antes delimitadas de forma precisa.

### **2.1.1 Las 9 herramientas básicas de la industria 4.0**

La Industria 4.0 se desencadena por tecnologías digitales que tienen un impacto disruptivo en los modelos de negocio de las empresas, y en la forma en que operan y crean valor para el cliente (Sjøbakk, 2018). Se utilizan diferentes términos para describir las tecnologías que impulsan a la Industria 4.0. Del Val (2016), Velásquez et al. (2019) y Basco et al. (2018) definen las nueve tendencias tecnológicas que constituyen las herramientas básicas de la Industria 4.0 de acuerdo con:

Internet Industrial de las cosas: El internet Industrial de las cosas (IIoT) permite la comunicación entre todos los dispositivos dentro y fuera de la fábrica. IIoT es una red no determinista y abierta en la que las entidades inteligentes auto organizadas y los objetos virtuales son interoperables y capaces de actuar de forma independiente persiguiendo sus propios objetivos dependiendo del contexto, las circunstancias o los entornos.

Análisis de big data: Big data se caracteriza por el volumen, la variedad y la velocidad que requieren las nuevas técnicas de procesamiento y análisis de datos. La visualización, el análisis y el intercambio de datos son la base de los análisis que respaldan la toma de decisiones y mejoran la autoconciencia y el mantenimiento de las máquinas.

Computación en la nube: La computación en la nube está relacionada con la infraestructura de las TIC que permite el acceso ubicuo a los datos desde diferentes dispositivos. La nube puede tratarse como un servicio y soporte de diseño colaborativo, fabricación distribuida, recolección de innovación, minería de datos, tecnología web semántica y virtualización.

Simulación: Las herramientas de simulación se pueden utilizar ampliamente en toda la cadena de valor, desde el diseño del producto hasta la gestión de operaciones. Las herramientas de modelado y simulación son cruciales para el desarrollo de la ingeniería digital y la representación virtual de productos y procesos, a fin de identificar de antemano posibles problemas, evitando el desperdicio de costos y de recursos en la producción.

Realidad aumentada: La realidad aumentada (RA) permite la creación de un entorno virtual en el que los humanos pueden interactuar con máquinas utilizando dispositivos capaces de recrear el espacio de trabajo. Las aplicaciones interesantes de RA están relacionadas con la capacitación de trabajadores y el apoyo en actividades de producción manual.

Robots autónomos: La evolución de los robots tradicionales abrió el camino a nuevas soluciones colaborativas de robots (es decir, CoBots) que pueden trabajar junto con los humanos de una manera segura y eficiente. La interacción humano-robot puede permitir una alta productividad. Además, la inteligencia integrada en los robots puede permitirles aprender de las actividades humanas, mejorando su autonomía y flexibilidad.

Manufactura aditiva: La manufactura aditiva consiste en un conjunto de tecnologías que permiten producir pequeños lotes de productos con un alto grado de personalización al agregar en lugar de eliminar material de un bloque sólido. La reducción de material de desecho, un lanzamiento más rápido al mercado debido a la rápida creación de prototipos, una mayor flexibilidad de producción y un menor número de herramientas requeridas son las principales ventajas de esta tecnología.

Ciber-seguridad o seguridad cibernética: Para garantizar la seguridad de la gran cantidad de datos recopilados, almacenados y comunicados a través de la IIoT, las estrategias de ciberseguridad son uno de los principales desafíos para el futuro.

Integración horizontal y vertical: La integración horizontal se refiere a la creación de una red de valor global a través de la integración y la optimización del flujo de información y de bienes entre empresas, proveedores y clientes. La integración vertical, en cambio, es la integración de funciones y departamentos de diferentes niveles jerárquicos de una empresa, creando un flujo constante de datos y de información.

### **2.1.2 Elementos clave para la adopción de la Industria 4.0**

La adopción de tecnología para iniciar la transformación hacia la Industria 4.0, sin considerar sus objetivos clave, puede ser un error estratégico con la posibilidad de ocasionar pérdidas económicas, o simplemente, no conseguir el resultado deseado. Por otra parte, la transformación hacia la Industria 4.0 se encuentra sustentada en cuatro pilares que, en su conjunto, son la base para una transformación exitosa. Navarro y Sabalza (2016) y Beltrán et al. (2021) presentan los siguientes cuatro elementos para lograr la transformación necesaria que la Industria 4.0 plantea:

Elemento tecnológico: actualmente la innovación tecnológica avanza a niveles exponenciales. Cada día se desarrollan, producen y se introducen al mercado cientos de productos tecnológicos capaces de resolver los problemas modernos eficazmente. Si bien, todas estas herramientas integran el pilar tecnológico como principal factor, no es hasta que trabajan de forma cooperativa e inteligente que estas llegan a formar un verdadero pilar del ecosistema Industria 4.0. El elemento tecnológico depende de varias características que se deben considerar para aterrizar las estrategias respectivas.

Elemento personas: La formación y conocimientos individuales de las personas involucradas en el proceso de transformación organizacional influyen dramáticamente tanto positivamente, ya que estos pueden ser catalizadores, o negativamente, si se

presentan como detractores o conservadores ante la innovación inherente de la Industria 4.0. El tejido industrial se va formando principalmente alrededor de las personas y la manera en que estas solucionan las situaciones particulares que se presentan dentro del ecosistema. Factores claves que determinan la afinidad a la Industria 4.0 que presentan los individuos van desde aspectos como la formación, la cultura social existente, la disposición al cambio y el espíritu emprendedor.

Elemento organizaciones: Para la forma en que se estructura a las organizaciones, la Industria 4.0 plantea una integración inteligente de las tecnologías con los procesos, creando una interacción innovadora que alienta a evolucionar desde los modelos tradicionales (*Business as usual*) hacia nuevos modelos innovadores competitivos (*Business Intelligence, Internet Factory, Smart Factory*). Aspecto como la cultura de las organizaciones, la capacidad de asumir riesgos, las visiones estratégicas que buscan lograr, el tamaño y grado de internacionalización de la empresa o de sus mercados, cobran un rol clave.

Elemento entorno de negocios: Las economías de los países están estrechamente ligadas a las condiciones gubernamentales, políticas y socio culturales de los contextos donde las empresas e instituciones se encuentran y buscan lograr ejercer sus actividades de forma exitosa. Estos aspectos condicionan en gran medida el potencial crecimiento y la adopción que un país, región o ciudad pueda tener para abrazar a la Industria 4.0 y que se pueda llegar a desarrollar. Si uno o más aspectos no favorecen su crecimiento, es probable que cualquier estrategia, capital humano preparado en el rubro o tecnologías que se desarrollen, terminen estancándose o migrando a lugares con mejores condiciones para su crecimiento. Es así como, se deben tomar estos factores de la mano con los demás pilares para conocer el contexto y cuáles serán las consecuencias de la aplicación respecto a la Industria 4.0 desde el punto de vista económico, social y cultural; y si estos serán factores catalizadores o freno para su desarrollo.

### **2.1.3 Estrategias para la implementación de la Industria 4.0 en México**

En México, la Secretaría de Economía (2018) considera cuatro pilares fundamentales en los que se debe trabajar para lograr una transición eficaz hacia la cuarta revolución industrial. El primero de los pilares señalados, es el desarrollo de capital humano, mediante la capacitación en las principales habilidades que exige la Industria 4.0, como la minería de datos, ciberseguridad, entre otras. El siguiente punto mencionado, es la creación de clústeres, mediante la promoción de alianzas positivas que resulten en trabajos coordinados exitosos. La innovación y la adaptación de tecnología conforman los últimos dos pilares para la adaptación de la Industria 4.0, mediante el impulso a pequeñas y medianas empresas a adoptar tecnología para aumentar su nivel de competitividad.

Dentro de la Secretaría de Economía, existe el Consultivo de Industria 4.0, un órgano de análisis de la política pública en este rubro en el que participa el sector industrial, académico y el gobierno. La función de este organismo es la definición de objetivos responsables y la toma de decisiones para acciones y estrategias que apoyen el despliegue de la Industria 4.0 en México. En conjunto con la Universidad Tecnológica de Querétaro, y el Clúster de Industrias de Manufactura Avanzada y Automoción (2020), se publicó un informe industrial que tiene como objetivo, fomentar el desarrollo de un ecosistema de Industria 4.0 en México, de forma que los diversos actores construyan colectivamente la visión nacional a partir del trabajo de clústeres y la articulación de ecosistemas locales de innovación. Con esta finalidad, se propone la creación y desarrollo de polos de competitividad internacional que funcionen a modo de *laboratorios vivos*, los cuales son espacios abiertos en donde gente experta en vinculación con las cuatro hélices (gobierno, academia, empresas y ciudadanía en conjunto), pueden participar desarrollando soluciones para resolver diversas problemáticas o retos que enfrente la sociedad. Estos laboratorios regionales deberán probar las estrategias y proyectos que permitan desarrollar modelos replicables para implementar una estrategia nacional de I4.0 para México.

En el caso particular de los sectores automotriz y de electrónica, donde la problemática está en contar con el personal capacitado para los nuevos puestos, se propuso resolver por medio de un trabajo conjunto entre las empresas y el gobierno, donde se capacite a los trabajadores que se pueden ver potencialmente afectados por las innovaciones de la Industria 4.0 (Zegarra & Pérez, 2018). Las instituciones educativas están tomando acciones para que México no quede rezagado digitalmente. Algunas de estas acciones son la alianza gobierno-empresa y educación para el desarrollo de talento para la Industria 4.0 promovida por el Instituto Politécnico Nacional en alianza con la Confederación de Cámaras Industriales, mediante un modelo educativo de colaboración real entre industria y universidad. También se han creado alianzas por parte del Instituto Tecnológico y de Estudios Superiores de Monterrey (ITESM) y las universidades chinas como Zhejiang University of Technology y Hangzhou Dianzi University para crear el Centro de Innovación México-China que impulsa las empresas creadas dentro del ITESM para que tengan alcance global, vinculando la investigación de ambos países y facilitando la movilidad de alumnos y profesores (Manufactura, 2018).

Es de observar que no solo el gobierno está impulsando estrategias para que México adopte la Industria 4.0, también empresas norteamericanas buscan impulsar el desarrollo de diversos sectores de la economía mexicana, mediante la adopción o desarrollo de tecnología, por ejemplo, Google, que mediante el programa Launchpad Accelerator México, busca apoyar a las empresas emergentes a desarrollar productos innovadores a través del uso de las tecnologías del momento mediante talleres, donde especialistas se comprometen a brindar capacitación y soporte durante el desarrollo de su proyecto tecnológico. Otro caso es la desarrolladora de software, Dassault Systèmes, que se ha interesado por apoyar el impulso de la transformación digital de las industrias automotriz y aeronáutica en México con el objetivo de desarrollar la competencia en este sector económico (El sol de México, 2019).

#### **2.1.4 Dimensiones de evaluación de la Industria 4.0 en organizaciones**

Una buena estrategia de transformación digital debe basarse en cambios pequeños e incrementables, de forma que cada uno de ellos pueda ser validado cualitativamente y genere un beneficio, lo que dará paso a la siguiente fase de la implementación (Castrillo, 2019). Una de las problemáticas que presentan las organizaciones, es la ausencia de un instrumento de evaluación organizacional que permita conocer las áreas de oportunidad y mejorar el nivel de implementación de la Industria 4.0 (Díaz et al., 2021).

Como parte del crecimiento de una organización es importante que día a día vaya adaptándose a los cambios tecnológicos y no solamente estar al día en la implementación de normatividades y políticas que impactan a las operaciones de los trabajadores o la seguridad ocupacional. Actualmente muchas de las organizaciones están agregando a sus planes de capacitación un tema que está constantemente involucrado en la reducción de tiempos de producción y optimización de procesos que es la Industria 4.0. Algunos de los elementos que abarca esta industria son el uso de equipos autónomos, robótica, simuladores de procesos, impresoras 3D, inteligencia artificial y equipos que estén compartiendo información en tiempo real. Sin embargo, antes de proceder a una capacitación sobre la cultura orientada a la Industria 4.0 es necesario hacer una evaluación a las organizaciones para conocer qué tanto es necesario adaptarse a esta nueva generación de tecnologías ya que muchas organizaciones ya están introduciéndose en este camino tecnológico (Díaz et al., 2018).

Para identificar y analizar el nivel de madurez digital y tecnología de la organización, se encuentran a disposición diversas herramientas que proporcione la información requerida. Dentro de dichas herramientas se identifican varias dimensiones o indicadores de evaluación, las cuales se presentan las más mencionadas en la Tabla 2.1.

**Tabla 2. 1****Dimensiones para la evaluación de la Industria 4.0 en organizaciones**

<b>Dimensiones</b>	<b>Autores</b>
<b>Estrategia y negocios</b>	Castrillo (2019), Díaz et al. (2021), Sánchez (2018) y Jiménez (2020).
<b>Procesos</b>	Castrillo (2019), Díaz et al. (2021), Organización Mundial de la Salud (2020), Jiménez (2020) y Sánchez (2018)
<b>Organización y personas</b>	Castrillo (2019), Díaz et al. (2021), Organización Mundial de la Salud (2020), Jiménez (2020) y Sánchez (2018) y Waters et al. (2013)
<b>Infraestructura/Tecnología</b>	Castrillo (2019), Díaz et al. (2021) y Sánchez (2018)
<b>Productos y servicios</b>	Castrillo (2019), Díaz et al. (2021), Jiménez (2020) y Sánchez (2018)
<b>Aspectos normativos</b>	Organización Mundial de la Salud (2020) y Waters et al. (2013)

Fuente: Elaboración propia

**2.1.5 Modelos de madurez tecnológica en salud**

Un modelo de madurez proporciona un marco que posibilita a las organizaciones evaluar el desempeño de sus procesos en comparación con las prácticas óptimas de la industria. Funciona como un punto de referencia imparcial que les permite a las organizaciones determinar su nivel de madurez, comúnmente en diversas áreas relacionadas. Tratar de aumentar la madurez de los procesos de negocio en una organización es una meta a largo plazo que solo se trazarán las organizaciones dispuestas a mejorar su desempeño (Pérez et al., 2014).

Hoy en día, muchas instituciones en el área de la salud aprovechan las Tecnologías de la Información para la mejora de servicios, reducción de costos y toma de decisiones. Los Sistemas de Información utilizados actualmente se vuelven una

herramienta vital para el diagnóstico y tratamiento oportuno a los pacientes. Por tanto, se hace necesario implementar políticas y estándares que aseguren la confiabilidad, disponibilidad e integridad de la información de registros médicos y exámenes complementarios; y por supuesto, estas estrategias implementadas necesitan ser monitorizadas y controladas de forma periódica (Sotomayor & Capelo, 2018).

Existen varios modelos de madurez tecnológica en el ámbito de la salud que evalúan el grado de adopción y uso efectivo de tecnologías de la información y comunicación en el sector. Estos modelos suelen proporcionar una estructura para evaluar y medir el progreso en la adopción de tecnologías de la información en el sector de la salud. Cabe destacar que algunos modelos pueden ser específicos para ciertos aspectos, como registros médicos electrónicos, interoperabilidad o adopción de imágenes digitales, mientras que otros abordan aspectos más amplios de la madurez tecnológica en el sistema de salud, se puede observar en la Tabla 2.2 una compilación de modelos de madurez tecnológica orientado a apartados tecnológicos específicos dentro de las instituciones de salud y el objetivo de estos.

**Tabla 2. 2**  
**Modelos de madurez tecnológica en salud**

<b>Modelo</b>	<b>Autor</b>	<b>Objetivo</b>
<i>HIMSS EMR Adoption Model (EMRAM)</i>	<i>Healthcare Information and Management Systems Society (HIMSS)</i>	Evaluar la adopción de registros médicos electrónicos (EMR) en hospitales y sistemas de salud.
<i>Continuity of Care Maturity Model (CCMM)</i>	HIMSS	Evaluar la interoperabilidad y la continuidad de la atención al paciente entre sistemas de salud y proveedores.
<i>Information Systems for Health Maturity Model (IS4H-MM)</i>	Organización Panamericana de la Salud (OPS)	Evaluar y mejorar los sistemas de información en salud para mejora de calidad de atención y eficiencia operativa.

<i>HITOC Maturity Model</i>	<i>Health Information Technology Oversight Council (HITOC)</i>	Evaluar la madurez de la infraestructura tecnológica en el ámbito de la salud.
<i>Health Information Technology Adoption Model (HITAM)</i>		Evaluar la adopción de tecnologías de información en la atención médica, incluyendo registros médicos electrónicos y sistemas de información clínica.
CMMI-DEV en el contexto de la salud	<i>Software Engineering Institute (SEI)</i>	Adaptación del modelo CMMI-DEV para evaluar la madurez en el desarrollo de software y sistemas de información en el sector de la salud.
<i>Digital Imaging Adoption Model (DIAM)</i>	HIMSS	Evaluar la adopción de sistemas de imágenes médicas digitales, como los utilizados en radiología y otras disciplinas de diagnóstico por imágenes.
<i>NEHRA Framework</i>	Organización Mundial de la Salud (OMS)	Evaluar la preparación de los países para implementar eHealth y tecnologías de la información en el ámbito de la salud.
Índice Fenin de Madurez Digital	Federación española de empresas de tecnología sanitaria	Conocer el grado de desarrollo e implantación de herramientas, modelos y servicios digitales en el ámbito de los Servicios de Salud.

Fuente: Elaboración propia.

### 2.1.6 Industria 4.0 en el sector ambiental

El medio ambiente es un sector en el que, sin quererlo, también observa una transformación tecnológica basada en la digitalización y el mundo de los datos. Las tecnologías emergentes están permitiendo a las empresas la sostenibilidad como

nunca, haciendo que las cadenas de suministro globales sean más transparentes y rastreables (Asociación Clúster de Industria de Medio Ambiente de Euskadi, 2018).

Un aspecto fundamental en el desarrollo de las tecnologías ambientales derivadas de la Industria 4.0, es la importancia del factor humano para sacar partido a la información disponible. En la actualidad se dispone de gran cantidad de datos, de números que en muchas ocasiones solo se quedan en eso, pues todavía hay que avanzar en el análisis de estos, pero no solo de manera individual, sino también interrelacionado y analizándolos en conjunto, para ello es primordial la estandarización de la información.

Un ámbito especialmente avanzado es el de las *Smart Cities*, donde se emplean ya tecnologías para la detección remota de fugas en redes de agua, o se usan sensores e inteligencia artificial para dar una dimensión totalmente nueva a la medición y gestión del ruido o la calidad del aire en las ciudades. La aplicación de tecnologías en la recogida de residuos sólido-urbanos está permitiendo también todo tipo de aplicaciones, desde optimizar rutas de recogida, a poner en marcha un reconocimiento de usuario para saber quién deposita que en cada contenedor (Asociación Clúster de Industria de Medio Ambiente de Euskadi, 2018).

Una *Smart City*, o ciudad inteligente, tiene como objetivo el uso de la tecnología disponible para la recolección, análisis y procesamiento de datos, que permita conocer en tiempo real los problemas y necesidades de una ciudad, por lo tanto, mejorar la prestación de servicios públicos, la atención de emergencias, la movilidad urbana, la eficiencia energética, la gestión del agua y la protección del medioambiente. Esto da como resultado el desarrollo de una infraestructura que garantice: (1) un desarrollo sostenible ambiental, social y económico, (2) un incremento de la calidad de vida de los ciudadanos, (3) una mayor eficiencia de los recursos disponibles, (4) adaptación a los efectos del cambio climático y (5) una participación ciudadana activa (García, 2017).

Como cualquier otra institución humana, los hospitales han ido evolucionando a medida que progresa la sociedad, pero ha sido con la creación de las ciudades inteligentes cuando han experimentado un considerable desarrollo. En los hospitales, las tecnologías de obtención e interpretación de datos juegan también un papel fundamental. El Internet de las Cosas Médicas o *Internet Of Medical Things* (IoMT), la Inteligencia Artificial, los *Wearables* e incluso el Big Data, posibilita la automatización de los procesos hospitalarios permitiendo la detección inmediata de incidencias y el monitoreo en tiempo real de diferentes aspectos de un hospital, dando como resultado el concepto de *Smart Hospital* u Hospitales Inteligentes (Bravo, 2019).

Existe evidencia sobre la contribución de los hospitales a la huella de carbono del planeta, al ser importantes generadores de emisiones, principalmente por el uso de energéticos para transporte de materiales, de pacientes, de residuos, uso de equipos, entre muchos otros. Pero también son grandes consumidores de agua, energía, combustibles y alimentos. Siendo así prioritario para los sistemas de salud establecer medidas para lograr la sustentabilidad, la aplicación de las herramientas adoptadas por los *Smart Hospitals* proporciona una alternativa para incrementar la eficiencia en la conservación de recursos, ahorro en costos, eficiencia en las operaciones y reducción de las emisiones de carbono para la protección de la salud pública (Cruz et al., 2017).

### **2.1.7 La próxima revolución industrial**

A pesar de que la Industria 4.0 se encuentra en plena implementación, algunos visionarios ya se están centrando en la próxima revolución industrial. La Industria 5.0 o la quinta revolución industrial, pretende potenciar la interacción entre hombre y máquina, creando espacios inteligentes basados en IoT y en computación cognitiva. Habrá un mayor nivel de colaboración entre los trabajadores y los robots, cuya tecnología de avanzada los vuelve cada vez mejor equipados para trabajar en conjunto con la inteligencia humana. La Industria 5.0 lograría unir la precisión y velocidad de la automatización industrial con las habilidades cognitivas y sentido común del staff humano. Por esto mismo, se prevé que en lugar de que la tecnología deje de lado a

los trabajadores, en realidad sus roles en manufactura sean más interesantes y elevados, ya que, al automatizar eficientemente los procesos de manufactura, los humanos quedarían libres para crear e innovar sin preocuparse por las restricciones de producción (TOTVS, 2021).

Los robots industriales tradicionales ganaron movilidad por medio del software de inteligencia artificial con capacidad de “aprendizaje automático”, de aquí su autonomía y menor supervisión humana, aunque se ocupan de tareas repetitivas y tediosas, todo gracias al análisis de grandes bases de datos que les permiten adaptarse y mejorar su trabajo. Si bien el aprendizaje automático, vía inteligencia artificial que supera a la humana por la capacidad de acumular datos y su cómputo, no puede equipararse a la inteligencia general humana que combina diferentes habilidades cognitivas y pasa, de manera inmediata, de una tarea a otra y resuelve problemas (de Val Pardo, 2021).

La Industria 5.0 implica un cambio de la fabricación moderna, así como una amplia gama de otros procesos, comerciales y no comerciales, ya que con esto permite que el hombre y maquina trabajen codo a codo, en colaboración mediante el uso de robots colaborativos como *Cobots* (Taiz et al., 2019). Esta revolución industrial devolvería al centro de los procesos al capital humano. Este proceso tratará de mejorar la productividad en la industria, mientras que, de forma paralela, pretenderá reducir la frialdad endémica de estos entornos y poniendo fin al debate sobre la sustitución del ser humano con la máquina.

Se delegarán las tareas mecánicas, peligrosas y rutinarias a la Inteligencia Artificial. La cadena de producción industrial será mucho más rápida gracias a la colaboración entre robots y humanos. Además, todo producto gestado en este entorno gozará de más calidad sin sacrificar el toque humano. Es probable que estas cadenas de producción se basen en energías renovables, por lo que podría reducir la emisión de residuos. De acuerdo con Demir et al. (2019), surgen dos visiones sobre la Industria 5.0. La primera es la colaboración humano-robot, donde los seres humanos se centrarán en tareas que requieran creatividad y los robots harán el resto. La segunda

visión es la bioeconomía, mediante el uso inteligente de los recursos biológicos para los fines industriales, los cuales ayudarán a lograr un equilibrio entre la ecología, la industria y la economía. La Comisión Europea (2022) comparte una visión donde la Industria 5.0 va más allá de un enfoque estrecho y tradicional en la tecnología, o el crecimiento económico habilitado al modelo actual, impulsado por la extracción, la producción y el consumo, a una visión más transformadora del crecimiento que se centra en el progreso del bienestar humano, basado en reducir y cambiar el consumo hacia nuevas formas de creación de valor económico sostenible, circular, regenerativo y prosperidad equitativa.

## **2.2 Salud 4.0**

El término Salud 4.0 engloba el concepto de la transformación digital que está viviendo el sector sanitario, transformación que pone al paciente en el centro del sistema. La tecnología es el medio para que esta transformación se produzca y al igual que las diferentes revoluciones industriales anteriores, la salud ha sido beneficiada por una constante evolución tecnológica generando nuevas herramientas de apoyo al personal sanitario y mejorando la calidad de atención al paciente (Savirón, 2020).

Se puede inferir a la Salud 1.0 como producto de la primera Revolución Industrial, la cual aportó las soluciones a los principales problemas de salud pública. Los enfoques se basaron en pruebas y se volvieron más inteligentes. Esto incluyó la prevención de enfermedades infecciosas mediante la vacunación y la limpieza del agua potable. La Salud 2.0 se centró más en mejorar lo logrado. Las terapias se volvieron ampliamente disponibles y los antibióticos aparecieron en el mercado. Los médicos no solo se volvieron mejores y más profesionales, sino que también comenzaron a especializarse en subdominios para mejorar el tratamiento de afecciones más complicadas. La salud 3.0 ocurrió cuando la tecnología comenzó a abrirse camino en la medicina. A medida que las computadoras se hicieron más pequeñas, se usaron en más y mejores dispositivos. Las enfermedades se descubrieron antes y con mayor precisión. Al mismo tiempo, el Internet proporcionó a la atención médica acceso continuo y almacenamiento de datos. Motivado por la

Industria 4.0, la Salud 4.0 se estableció con una visión notable que se centra en mejorar la conectividad entre las partes interesadas, el doctor y el paciente, en la atención sanitaria mediante la tecnología (Díaz, 2021).

### **2.2.1 Hospital 4.0 y Smart Hospital**

El impacto de la Industria 4.0 ha provocado que los hospitales se replanteen el tema de la transformación digital y la urgencia de iniciar el proceso por tres razones: las necesidades inmediatas, como el control de costos y la optimización de la eficiencia; objetivos de largo plazo, como mayor precisión del diagnóstico, el cometer menos errores y tener mejores resultados; así como las altas expectativas que han establecido los pacientes, quienes solicitan atención médica eficiente y entornos cómodos (Chen et al., 2019).

El hospital 4.0 es un nuevo concepto que hace referencia a la infraestructura que se encuentra dentro de un hospital, consultorio clínico, laboratorio, entre otros. De acuerdo con los diferentes entes normativos, estas nuevas infraestructuras deberán tener una larga vida útil que marque la pauta a la longevidad de las tecnologías con relación a los sistemas. Por lo tanto, para las organizaciones del sector salud, es necesario evaluar y discutir la inversión en tecnología moderna y sobre todo en una infraestructura que le permita perdurar en el tiempo (Fugisava, 2020).

Un *Smart Hospital* es un hospital basado en procesos optimizados y automatizados, construidos en un entorno de activos y personas interconectadas, particularmente basado en el IoT y en el análisis de datos, para mejorar los procedimientos existentes de atención al paciente e introducir nuevas capacidades. Los principales retos y oportunidades que enfrentan los *Smarts Hospitals* son: (1) mejorar los procesos asistenciales, (2) optimizar el flujo de pacientes, (3) consolidar la atención sanitaria a distancia, (4) incrementar la seguridad del paciente, (5) garantizar la seguridad de los datos, (6) mejorar la experiencia del paciente, (7) mejorar las condiciones de trabajo de los profesionales y (8) mejorar sus estrategias para

adaptarse y gestionar de forma efectiva los peligros futuros del cambio climático (Alonso et al., 2020; Organización Panamericana de la Salud, 2018).

Si bien se ha visto que la tecnología, desde la robótica hasta la automatización, se ha adaptado con éxito para respaldar, o incluso reemplazar, una amplia variedad de procesos hospitalarios y procedimientos médicos, sin embargo, si estas tecnologías y sistemas digitales no pueden comunicarse entre sí, creará información aislada y un servicio desarticulado. Es por esto que, la integración e interoperabilidad de sistemas, son elementos fundamentales en el viaje de transformación digital de la atención médica. No se trata simplemente de adoptar nuevos dispositivos y software, y luego capacitar a las personas para que los utilicen, sino que todos estos sistemas funcionan juntos para crear un servicio de atención médica sin interrupciones (Payne, 2021).

El viaje a la transformación digital en salud empezó hace más de 15 años en México, cuando se planteó una estrategia nacional que contemplaba crear una norma oficial (NOM) para incorporar la digitalización de los servicios de salud en instituciones públicas y privadas. Dicho plan buscaba integrar estándares de interoperabilidad, portabilidad y convergencia de la información en salud, teniendo en cuenta los protocolos de varias guías clínicas. Sin embargo, aún con el paso de tres administraciones presidenciales, dicha estrategia nacional ha tenido diversos ritmos de ejecución y hoy en día, el país sigue en espera de una normativa oficial para salud digital. A favor de avanzar en este objetivo de transformación digital en salud, el Sistema de Salud Christus Muguerza emprendió en México hace cuatro años el proyecto CONECTA Salud, para convertir todos sus hospitales, en instituciones 100% digitales (Leguizamón, 2020). El director de Tecnologías de la Información de los Hospitales Christus Muguerza, propuso siete elementos que hacen a un hospital 100% digital: (1) expediente clínico electrónico; (2) sistemas de documentación absoluta en red: cero papel; (3) software y dispositivos para decisiones clínicas a distancia; (4) Interoperabilidad y conectividad de equipos de signos vitales; (5) sistemas para *customer relationship management* (CRM) y automatización de procesos administrativos; (6) servicios de teleconsulta; y (7) data center para análisis de datos.

Sin embargo, es necesario que cada hospital defina sus necesidades y prioridades, así como presupuestos, capacidad instalada y recurso humano preparado para utilizar estas herramientas, tomando en cuenta la madurez digital de la institución, ya que implementar una nueva solución digital no funcionará si el personal clínico no es un aliado en todo el proceso de transformación digital. Los hospitales 4.0 deben formar parte de un ecosistema integrado e interconectado con plataformas gubernamentales, agencias de salud, aseguradoras, farmacias, laboratorios de diagnóstico y otros proveedores de salud. El intercambio de datos de todos estos actores es crucial para que el ecosistema brinde atención médica de alta calidad eficiente y conveniente (Informa Markets, 2020).

### **2.2.2 Paciente 4.0**

El uso cada vez más frecuente de Internet ha generado grandes cambios en el comportamiento del consumidor en general, y los pacientes no han sido la excepción. Gracias a las nuevas tecnologías, el perfil del paciente que se conocía hace 10 años atrás, se ha ido transformando, reflejándose directamente en sus necesidades y demandas. El paciente 4.0 hace referencia a un paciente digital que, gracias al aprovechamiento de la tecnología, tiene la posibilidad de acceder a información sobre su salud, monitorear sus signos vitales mediante gadgets, revisar su historial clínico en línea, entre otros. Esta nueva tendencia impulsa a que los pacientes siempre estén hiperconectados, es decir, que estén acostumbrados a recibir información y hasta realizar consultas desde cualquier lugar y cualquier dispositivo, sin necesidad de recurrir a su consultorio médico.

El modelo de organización de la atención de los pacientes se ha modificado con el uso de las tecnologías. En el modelo tradicional, el paciente es responsable de su historia médica, lo que implica una pérdida de información y una salud deficiente por falta de ésta. En cambio, el servicio integrado y centrado en el paciente permite un mejor seguimiento médico, simplificación de procesos administrativos y reducción en los costos, además que permite tener un punto de contacto con todos los profesionales de la salud relacionados con su tratamiento (Afferni et al., 2018).

La aplicación de las tecnologías de la información al entorno sanitario está posibilitando la irrupción de nuevas herramientas que suponen ventajas para el paciente respecto a determinadas actuaciones relacionadas con su asistencia. A modo de ejemplo, los portales del paciente y las *apps* de salud evitan desplazamientos innecesarios al hospital y facilitan el seguimiento continuado de marcadores biológicos, la consulta de citas médicas y la segunda opinión médica (al poder mostrar a otras profesionales imágenes obtenidas por resonancia magnética, radiografías, etc.). En el terreno de la información clínica, mejoran la accesibilidad tanto para el propio paciente como para los profesionales que le atienden. La implementación de estos sistemas redundará en una mejora de la organización de los centros sanitarios, al permitirles optimizar el tiempo de sus profesionales y el uso de sus instalaciones, así como gestionar de manera más eficaz la documentación clínica. En este escenario es en el que se habla de la figura del paciente digital, que se diferencia del paciente clásico en su apuesta por aceptar el reto de la modernidad y emplear estos instrumentos que se ponen a su alcance. Sin duda, el factor de la edad, de haber crecido en un entorno familiarizado con la informática y las redes sociales, supone una gran ventaja para adentrarse en esta nueva senda, aunque no debiera de ser un elemento totalmente decisivo para descartar a los mayores, ya que precisamente estos últimos, en especial cuando tienen problemas de cronicidad y falta de autonomía, son los que más se pueden beneficiar (Abellán, 2019).

### **2.3 Competencias para la Industria 4.0**

La industria 4.0 trae algunos cambios para la vida de las personas, unos más profundos que otros. Los adelantos tecnocientíficos que encarna pueden ayudar a superar problemas relacionados con la salud, sin embargo, trae cambios que impactan el ámbito laboral de diversas formas.

El tema de la automatización genera una lectura del entorno laboral en la que se ve un riesgo para los trabajadores y su inminente reemplazo. La necesidad del desarrollo de habilidades blandas en un contexto disruptivo resulta fundamental. Las habilidades cognitivas, como la creatividad, la abstracción y la solución de problemas

complejos; las socioemocionales, asociadas con la inteligencia emocional, el aprendizaje proactivo y la comunicación, serán relevantes en un mundo donde la tecnología se encargará de los aspectos rutinarios de los empleos (Navarrete & Cabrera, 2018).

Por otro lado, las habilidades asociadas con el desarrollo tecnológico, como el uso de nuevas tecnologías, la programación, el diseño de información y la gestión de bases de datos, así como las relacionadas con los sistemas de información, como el monitoreo y la evaluación, serán esenciales a medida que estas tecnologías comiencen a incorporarse en los procesos directivos. Las personas con mayor éxito serán aquellas que tengan la capacidad de adquirir una mezcla de habilidades socioemocionales, cognitivas y tecnológicas que les permitan hacer la transición a un contexto profesional más dinámico (Baptista et al., 2018).

### **2.3.1 Competencias digitales de los profesionales sanitarios**

A pesar de los potenciales beneficios que plantea la Salud 4.0, este nuevo paradigma conlleva también nuevos retos para todos los agentes de salud, entre los que se encuentran la generación de evidencia científica y la creación del marco legal que avale las intervenciones en salud digital (Meskó et al., 2017). Cada vez más ciudadanos serán nativos digitales, con lo que afrontarán la transformación de una forma innata y cada vez exigirán más servicios sanitarios a través de herramientas relacionadas con Internet y dispositivos móviles. Por otro lado, la situación de cambio permanente del entorno convierte en imperativa la necesidad del profesional sanitario de adquirir y desarrollar ciertos conocimientos, habilidades y actitudes sobre salud digital y que implica el uso de las TIC (Barrera, 2016). Se ha hecho evidente en los últimos años una brecha entre las competencias digitales necesarias para el aprovechamiento de los avances tecnológicos y las que realmente se tienen como ciudadanos y profesionales sanitarios

En la Tabla 2.3 se describen las 6 competencias digitales clave de los profesionales sanitarios y sus subcompetencias derivadas, propuestas por Montero et al. (2020), las

cuales se consideran fundamentales para afrontar la transformación hacia una salud digital.

**Tabla 2. 3**

**Competencias clave y subcompetencias de los profesionales sanitarios**

<b>Competencias</b>	<b>Definición</b>	<b>Subcompetencias</b>
<b>1. Alfabetización en salud digital</b>	Conocimiento del ecosistema digital y obtención de la habilidad básica para utilizar de forma apropiada y segura los diferentes dispositivos y aplicaciones digitales con fines sanitarios	<p>1.1 Conocer los diferentes dispositivos, programas informáticos, formatos, tipos de documentos, herramientas digitales y plataformas web que son necesarios para desarrollar nuestra actividad laboral diaria</p> <p>1.2 Alfabetización informática: tener las habilidades operacionales y destreza básica para realizar las actividades informáticas necesarias en nuestro día a día.</p> <p>1.3 Actuar de un modo ético y seguro en Internet siendo conscientes y comprendiendo los riesgos potenciales que ofrece Internet y la comunicación a través de medios electrónicos en el ámbito laboral</p> <p>1.4 Saber cómo identificar, analizar y evaluar críticamente páginas web de salud para diferenciar autónomamente aquellas que son fiables y de calidad de aquellas que no lo son.</p>
<b>2. Gestión eficaz de la información científico- sanitaria</b>	Capacidad para gestionar la información y el conocimiento científico de una forma eficaz para tomar decisiones basadas en la evidencia científica y para mejorar la atención sanitaria de los pacientes	<p>2.1 Conocer los distintos canales por los que circula la información digital y aprender a buscar, filtrar, seleccionar, monitorizar, evaluar, captar, almacenar, organizar y recuperarla de una forma eficiente.</p> <p>2.2 Tener la capacidad de procesar la información de una forma sistemática y una actitud crítica que permita agregarle valor a la información y compartirla con la comunidad.</p> <p>2.3 Reconocer los criterios de calidad, validez y fiabilidad de la información disponible en Internet y conocer los principios legales y éticos por los que debe regirse el uso de las TIC.</p>
<b>3. Comunicación sanitaria 2.0</b>	Utilización de las tecnologías, dispositivos y canales digitales de una forma	3.1 Gestión adecuada de la identidad y reputación digital en el contexto sanitario.

	<p>apropiada para mejorarla conexión en red y la comunicación no presencial entre agentes sanitarios</p>	<p>3.2 Conocer las diferentes comunidades y redes con fines profesionales que pueden ser utilizadas en el ámbito de la salud.</p> <p>3.3 Usar adecuadamente los nuevos canales y lenguajes de la comunicación digital en salud y gestionar de forma adecuada la identidad digital, además de tener un comportamiento apropiado en los diferentes contextos digitales.</p> <p>3.4 Ser capaz de conectar, interactuar y conversar a través de diferentes plataformas y herramientas digitales de uso en espacios sanitarios.</p> <p>3.5 Saber cómo utilizar la red para publicar y difundir contenidos digitales de valor en salud capaces de captar la atención de las personas a las que nos dirigimos.</p>
<p><b>4. Creación de contenido digital científico sanitario</b></p>	<p>Aprovechamiento de las TIC para facilitar y potenciar la investigación y publicación científica 2.0, así como el diseño y producción de contenidos digitales de salud</p>	<p>4.1 Conocer los diferentes tipos de contenido digital existentes y las herramientas que permiten elaborarlos.</p> <p>4.2 Conocer la propiedad intelectual, derechos de autor y licencias de aplicación para el contenido digital.</p> <p>4.3 Saber cómo utilizar correctamente las diferentes herramientas de creación de contenido digital para diseñar y producir contenido científico-sanitario en entornos digitales, facilitando la transferencia de conocimiento y el aporte de valor añadido.</p> <p>4.4 Adquisición de conocimientos básicos de diseño y producción de contenidos digitales que fomenten la participación del público objetivo.</p> <p>4.5 Ser capaz de satisfacer la creatividad individual y de resolver problemas del día a día con la creación de contenido digital, orientándolo adecuadamente al público objetivo y difundirlo en la red.</p>
<p><b>5. Trabajo colaborativo en red con equipos de salud</b></p>	<p>Uso de herramientas y recursos digitales que facilitan el desarrollo de proyectos interdisciplinarios y la atención sanitaria no presencial en colaboración con diferentes agentes</p>	<p>5.1 Conocer y saber utilizar las diferentes herramientas digitales basadas en la nube y que facilitan la cooperación no presencial y trabajo en equipo.</p> <p>5.2 Detectar y aprovechar las diferentes redes de colaboración en salud que se generan en Internet y saber cómo contribuir adecuadamente en ellas.</p> <p>5.3 Capacidad para conectar, conversar, compartir conocimiento y cooperar con otros profesionales con un</p>

	sanitarios, incluidos los pacientes	objetivo común y de forma no presencial a través de Internet.
<b>6. Análisis y manejo de datos</b>	Conocimiento de las diferentes fuentes de datos sanitarios y saber cómo procesarlos para extraer conocimiento y resultados en tiempo real que faciliten la toma de decisiones clínicas	<p>6.1 Conocer las fuentes de datos e información sanitaria más relevantes del entorno sanitario.</p> <p>6.2 Tener los conocimientos y habilidades necesarias para la gestión avanzada de bases de datos a través de las herramientas ofimáticas habituales.</p> <p>6.3 Saber recoger, organizar, analizar, interpretar y utilizar los datos y la información clínica obtenida desde diferentes fuentes de datos.</p> <p>6.4 Capacidad para seleccionar o diseñar indicadores óptimos para el análisis de resultados en salud y los diferentes procesos internos de su área de conocimiento o servicio clínico.</p> <p>6.5 Ser capaz de extraer conocimiento de los grandes volúmenes de datos generados en cada entorno clínico aplicando las bases de la medicina basada en la evidencia.</p> <p>6.6 Conocer el marco regulatorio y la importancia de la seguridad, privacidad y confidencialidad de los datos sanitarios en el entorno digital</p>

Fuente: (Montero et al., 2020).

Cabe destacar que la necesidad de adquirir estas competencias es común a todos los profesionales de la salud y que potencialmente contribuirán a mejorar la calidad de la asistencia sanitaria que proveemos, ya que permitirán anticiparnos a las necesidades futuras de los pacientes y del sistema sanitario. Para la disminución de la brecha digital es indispensable un liderazgo que facilite la implementación de estrategias en todos los ámbitos, pero también una mentalidad y actitud abierta, proactiva, creativa e innovadora en los profesionales y en las instituciones sanitarias. El proceso de transformación digital del sector salud depende principalmente de la competencia de sus profesionales. Solo a través del desarrollo de competencias digitales entre los profesionales sanitarios y de su evaluación se pueden diseñar las estrategias necesarias para reducir la brecha existente y acelerar la transición digital del sector salud (Cepeda, 2018).

### 2.3.2 Habilidades del futuro

La demanda de conocimientos técnicos está creciendo para todas las posiciones, pero a medida que las plataformas de automatización y las máquinas demuestran ser mejores en las tareas rutinarias, los empleadores valoran cada vez más las competencias humanas. En el estudio realizado por ManPowerGroup (2019), donde participaron 19,417 empleadores de seis diferentes industrias en 44 países, el 31% de las organizaciones señala que es difícil capacitar bajo demanda en habilidades, para el 60% resulta aún más difícil enseñar habilidades profesionales necesarias, como el pensamiento analítico y la comunicación. Aquellos candidatos que puedan demostrar mayores habilidades cognitivas, creatividad y capacidad para procesar información compleja, junto con adaptabilidad y simpatía, pueden esperar un mayor éxito a lo largo de sus carreras. Para 2030, la demanda de habilidades humanas, competencias sociales y emocionales, crecerá en todas las industrias un 25% en Estados Unidos y 22% en Europa. Las habilidades que serán requeridas son representadas en contraste con las habilidades actuales en la Tabla 2.4.

**Tabla 2. 4**

#### **Habilidades actuales en comparación con habilidades del futuro**

<b>Sector</b>	<b>Habilidades actuales</b>	<b>Habilidades futuras</b>
<b>Administrativo</b>	Mantenimiento de registros. Coordinación y administración del tiempo. Seguimiento de costos.	Comunicación y construcción de relaciones. Pensamiento crítico y análisis. Networking e influencia
<b>Finanzas y contabilidad</b>	Adherencia de procesos y detalles. Cumplimiento. Mantenimiento de registros.	Reconocimiento de patrones y tendencias. Traducción Comercial Presentación y servicios al cliente.
<b>Recursos Humanos</b>	Política y procedimiento. Derecho laboral. Contratación de personal.	Entender el comportamiento humano. Análisis y evaluación de datos. Estrategia y planificación del talento.

<b>TI</b>	Presentación y servicio al cliente. Uso, monitoreo y control de tecnología. Excelentes habilidades de TI.	Pensamiento crítico, análisis y resolución de problemas. Alta capacidad de aprendizaje. Diseño y programación de tecnología.
<b>Manufactura</b>	Máquinas en funcionamiento. Habilidades físicas. Cumplimiento del pedido y procedimiento.	Gestión de máquinas. <i>Learnability</i> . Resolución de problemas complejos.
<b>Servicio al Cliente</b>	Inserción de datos. Alfabetización básica, aritmética y comunicación.	Resolución de problemas. Comunicación y construcción de relaciones. Gestión de máquinas.

Fuente: (ManpowerGroup, 2019)

## 2.4 La salud en el desarrollo sostenible

El proceso de desarrollo sostenible entraña necesariamente el mejoramiento de las condiciones de vida y salud de la población. El desarrollo económico y social de estas características supone por consiguiente una mejor distribución de la renta y de los servicios sociales básicos (educación, salud, etc.). La mera garantía de crecimiento económico de una región no agota el concepto de desarrollo real y sostenible. Por lo tanto, la orientación estratégica de la salud en el desarrollo implica la asignación de prioridad a la labor encaminada a garantizar un alto grado de equidad en las condiciones de vida y de salud de los habitantes de la región y en el acceso de la población a servicios básicos de salud (Rodríguez & Goldman, 1996).

Si bien el crecimiento económico puede estimular el crecimiento del sector sanitario de la economía, no es necesariamente cierto que dicho crecimiento conduzca a la consecución de las metas de la salud. En efecto, el crecimiento económico, las nuevas tecnologías de salud, una mayor educación y la intervención de los gobiernos pueden lograr un impacto significativo en alcanzar dichas metas (Roemer & Roemer, 1990). Los principales objetivos de la política pública de salud son el alivio del sufrimiento, el mejoramiento del estado de salud, el control y la dirección de la salud a nivel individual

y doméstico, el tratamiento de las cuestiones ocupacionales y de salud ambiental, y el control de las amenazas latentes de enfermedad en los países y entre ellos.

Hay una relación fundamental entre la salud y el desarrollo económico. El enfoque de la política de desarrollo que se centra en los ingresos considera que la salud es uno de los cimientos esenciales del capital humano. Una población sana y bien nutrida se traduce en una mayor productividad y en una vida más prolongada de la fuerza laboral, y ambos factores son beneficiosos para la economía. No obstante, sería miope pensar en los individuos tan solo en función de su aportación potencial a la economía como medio de aumentar la productividad y lograr crecimiento económico. El desarrollo económico también ha producido resultados negativos indirectos y directos. Entre los resultados negativos indirectos están el crecimiento demográfico rápido a corto plazo (como consecuencia de tasas de mortalidad inferiores antes del descenso de la tasa de fecundidad) y el aumento resultante de los problemas de alimentación, vivienda y atención de una población más numerosa. La urbanización, la industrialización y el desarrollo tecnológico afectan mucho a las sociedades (Kim & Moody, 1992). El hacinamiento urbano da lugar a menudo al deterioro ambiental y a la contaminación porque ejerce presión sobre los sistemas de saneamiento y salud. Las políticas de desarrollo que abarcan cuestiones de salud y están destinadas a proteger a la sociedad mediante medidas preventivas y la mitigación de los efectos de los contaminantes industriales y ambientales, pueden reducir los gastos sanitarios totales a largo plazo (Organización Panamericana de la Salud, 2013).

Tradicionalmente, es frecuente que la salud y otros servicios sociales solo se valoren en función del bienestar social y de su papel redistributivo. A menudo se menosprecian las funciones y posibilidades del sector de la salud en la generación de ingresos. El sector de la salud, incluidas las actividades públicas y privadas, proporciona trabajo en investigación, prestación y gestión de los servicios de salud, así como en la fabricación de equipos sanitarios y medicamentos. Además, el sector de la salud pública contribuye al desarrollo en otros sectores, como el turismo, mediante la prestación de servicios e información a los residentes locales y los turistas

y la protección del medio ambiente. El turismo de salud, que comprende a los turistas que visitan destinos específicos en procura de atención médica especializada y recuperación o regeneración de la salud, es algo que los países están empezando a mirar como fuente de ingresos (Rodríguez & Goldman, 1996).

## CAPÍTULO III. MARCO CONTEXTUAL

En este capítulo se describe la composición del sector hospitalario dentro del sistema de salud en México y describe los niveles de infraestructura por medio del cual se ofrece atención al público a nivel nacional, además se proporcionan datos sobre la cantidad y clasificación de las unidades que pertenecen al sector activos que actualmente operan.

### 3.1 Sistema de Salud en México

El sistema mexicano de salud comprende dos sectores, el público y el privado. Dentro del sector público se encuentran las instituciones de seguridad social, Instituto Mexicano del Seguro Social (IMSS), Instituto de Seguridad y Servicios Sociales de los Trabajadores del Estado (ISSSTE), Petróleos Mexicanos (PEMEX), Secretaría de la Defensa (SEDENA), Secretaría de Marina (SEMAR), entre otros; y las instituciones y programas que atienden a la población sin seguridad social, como la Secretaría de Salud (SSa), Servicios Estatales de Salud (SESA), Programa IMSS-Oportunidades (IMSS-O) y el Seguro Popular de Salud (SPS), actualmente sustituido por el Instituto de Salud para el Bienestar (INSABI). El sector privado comprende a las compañías aseguradoras y los prestadores de servicios que trabajan en consultorios, clínicas y hospitales privados, incluyendo a los prestadores de servicios de medicina alternativa (Gómez et al., 2011).

En México, el sector salud brinda atención a la población a través de tres tipos de establecimientos, denominados de primer, segundo y tercer nivel, en función del grado de complejidad del problema de salud de que se trate:

Primer Nivel de Atención: Lo constituyen las Unidades de Medicina Familiar (IMSS), Centros de Salud (SSa), Clínicas Familiares (ISSSTE) y clínicas de salud privadas en donde se proporcionan los servicios de salud básicos. Son el principal escenario de la salud preventiva y es el nivel en donde se atiende y resuelve 80% de los padecimientos. En estos centros de atención se implementan las medidas preventivas

de salud pública, y se detectan las enfermedades que son frecuentes y extendidas como los cánceres de mama y cérvico uterino o de próstata, así como las enfermedades que se manifiestan en amplios grupos humanos, como diabetes, obesidad e hipertensión. El primer nivel es la puerta de entrada al Sistema Nacional de Salud. Desde este nivel, se remite, a quien así lo requiera, al segundo o tercer nivel de atención (Burr et al., 2011).

Segundo Nivel de atención: Corresponde a los Hospitales Generales, Regionales, Integrales, Comunitarios; también a los hospitales Pediátricos, de Gineco-Obstetricia o Materno-Infantiles, donde se atienden a los pacientes remitidos por los servicios de primer nivel de atención que requieren procedimientos diagnósticos, terapéuticos y de rehabilitación. Se aplican los métodos de diagnóstico: exámenes clínicos, estudios radiográficos, análisis de laboratorio, interconsultas con especialistas como cardiólogos, neurólogos, nefrólogos, gastroenterólogos, etcétera, de acuerdo con la necesidad de los pacientes.

Cuando la enfermedad presenta manifestaciones físicas y se hacen evidentes los signos y síntomas, se debe realizar el tratamiento oportuno para limitar el daño y recuperar la salud. Para ello se recurre, de ser necesario, a la intención, al tratamiento quirúrgico o clínico específico (Burr et al., 2011).

Tercer Nivel de Atención: Es la red de hospitales de alta especialidad con avanzada tecnología. Aquí es donde se tratan enfermedades de baja prevalencia, de alto riesgo y las enfermedades más complejas. En ellos se atiende a los pacientes que remiten los hospitales de segundo nivel. La red de instituciones que, en México, conforma el tercer nivel de atención de salud, está compuesto por los Centros Médicos Nacionales (CMN), Unidades Médicas de Alta Especialidad (UMAE), los Institutos Nacionales de Salud y los Hospitales Regionales de Alta Especialidad (HRAE) (Burr et al., 2011).

Las instituciones que conforman el segundo y tercer nivel de atención son más complejas y contienen un apartado para cada una de las áreas y especialidades: consulta externa, hospitalización, urgencias, unidad quirúrgica, tocología y tococirugía,

unidad de cuidados intensivos, laboratorios de análisis clínicos, imagenología, dietología, cocina, casa de máquinas, farmacia y anatomía patológica. Cabe señalar que, el tercer nivel de atención en la salud comprende, además de la atención médica, la formación de recursos humanos especializados en las propias instituciones, el mantenimiento y conservación de la infraestructura hospitalaria que disponen las unidades médicas, al igual que el desarrollo de investigaciones en salud de alta especialidad, de ahí su relevancia dentro de los servicios de salud pública (Alcocer et al., 2020).

### 3.2 Infraestructura Hospitalaria en México

De acuerdo con el catálogo Clave Única de Establecimientos de Salud (CLUES, 2021) proporcionado por la Dirección General de Información en Salud, existen 41,430 unidades de salud públicos y privados en México, de los cuales 4,718 son hospitales con servicio de hospitalización, descartando a los que sólo proporcionan consulta externa. Como se puede observar en la Tabla 3.1, el 97% de los hospitales registrados, se clasifican como hospitales de segundo nivel, mientras que el 3% restante son instituciones de tercer nivel. De los 4,554 hospitales de segundo nivel, el 72% son privados. De los 164 hospitales de tercer nivel, 65% pertenecen a la Secretaría de Salud, 22% al IMSS y al ISSSTE y el 5% son privados.

**Tabla 3.1**

#### **Hospitales de segundo y tercer nivel en operación por institución, 2021**

<b>Institución</b>	<b>Segundo Nivel</b>	<b>Tercer Nivel</b>	<b>Total</b>
SALUD	665	106	761
IMSS	248	22	270
ISSSTE	98	14	112
Servicios Privados	3,295	8	3,303
Servicios Estatales	45	4	49
SEDENA	41	3	44
Servicios Universitarios	5	2	7
Pemex	21	2	23
Semar	31	2	33
DIF	1	1	2

Centro de Integración Juvenil	2	0	2
Cruz Roja	20	0	20
IMSS-BIENESTAR	81	0	81
Servicios Municipales	11	0	11
<b>Total</b>	<b>4,554</b>	<b>164</b>	<b>4718</b>

Fuente: (CLUES, 2021)

### 3.3 Infraestructura Hospitalaria en Yucatán

Dentro del catálogo CLUES, se pueden encontrar en Yucatán, 63 hospitales públicos y privados registrados, 60 de ellos clasificados como de segundo nivel y 3 como tercer nivel de atención. En la Tabla 3.2 se puede observar los hospitales contemplados en la base de datos del CLUES actualizado hasta octubre del 2021.

**Tabla 3.2**

#### **Hospitales de segundo y tercer nivel en Yucatán**

<b>Hospitales de Segundo Nivel</b>	<b>Hospitales de Tercer Nivel</b>
Hospital General Dr. Agustín O'Horan	Hospital Regional de Alta Especialidad de la Península de Yucatán
Clínica de Mérida	Hospital Regional del Instituto de Seguridad y Servicios Sociales de los Trabajadores del Estado.
Centro Médico de las Américas	Unidad Médica de Alta Especialidad
Centro de Especialidades Médicas	
Eme Red Hospitalaria	
Hospital Faro del Mayab S.A.P.I. De C.V.	
Hospital Star Médica	
Centro Médico Pensiones (Sociedad Médica García Ginerés)	
Centro Médico Pensiones (Grupo Médico de Mérida S.A. de C.V.)	
Clínica Hospital Mérida Susulá	
MediMac Mérida S.A. de C.V.	
Centro Anticanceroso Cruz Roja Mexicana	
Hospital de Ortopedia Cruz Roja Mexicana	
Hospital General Regional No. 1 Lic. Ignacio García Tellez	
Hospital General Regional No. 12 Lic. Benito Juárez García	
Hospital Militar Regional de Especialidades de Mérida, Yucatán.	

---

Unidad Operativa Hospitalaria 11/o Batallón de  
Infantería  
Unidad Operativa Hospitalaria 7/o Batallón de  
Ingenieros de combate  
Hospital de la Amistad Corea-México  
Benefactora La Esperanza  
Clínica de Especialidades Médicas San Cristóbal  
Clínica María José  
Clínica Yucatán  
Clínica Médica del Centro  
Clínica Médica Madero  
Clínica Cruz Leonística  
Clínica de Especialidades Médicas Santa María  
Clínica Médica Joliyen  
Hospital Santa Elena  
Clínica Lindavista  
Clínica Medicentro  
Sanatorio Mexicano del Sureste S.A.  
Hospital Materno Infantil  
Hospital Psiquiátrico de Yucatán  
Hospital Comunitario de Ticul, Yucatán  
Hospital Cruz Roja Mexicana Valladolid  
Hospital IMSS Bienestar Izamal  
Hospital IMSS Bienestar Acanceh  
Hospital IMSS Bienestar Maxcanú  
Hospital IMSS Bienestar Oxkutzcab  
HGSMF 3 IMSS Motul  
HGSMF 46 IMSS Umán  
HGSMF 5 Tizimín  
Sanatorio Naval de Yucalpetén  
Centro de Especialidades Médicas Zací  
Clínica Sinaí  
Clínica Blanquita  
Clínica Santa Anita  
Clínica Materno Infantil Valladolid  
Clínica América  
Clínica Promessa A.C.  
Clínica de Maternidad Guadalupe  
Clínica Sta. María Valladolid  
Central Médico Quirúrgico de Jesús S.A. de C.V.  
Central de Especialidades Médicas  
Centro Médico San Lucas  
Hospital General de Valladolid  
Hospital Comunitario de Peto  
Hospital General de Tekax  
Hospital Comunitario de Ticul

---

Fuente: (CLUES, 2021)

## **CAPÍTULO IV. METODOLOGÍA**

En este capítulo se describe la metodología que se utilizó para realizar la investigación. Se plantea a detalle, el tipo, diseño y alcance al igual que la descripción de la población y muestra sobre la cual se aplicarán las herramientas de recolección de información. Adicionalmente se presenta el procedimiento que se utilizó para el análisis de la información obtenida.

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

De acuerdo con el objetivo de esta investigación, el enfoque es cuantitativo. La investigación cuantitativa pretende generalizar los resultados encontrados en un grupo a una colectividad mayor. Estos resultados fueron obtenidos mediante la recolección y análisis de datos para contestar las preguntas de investigación, confiando en la medición numérica, el conteo y el uso de estadística para establecer con exactitud patrones de comportamiento en una población (Hernández et al., 2014).

### **4.2 Tipo de Investigación**

El objeto de investigación es factual, ya que se analizó un hecho real que se vive actualmente en el sector hospitalario en Yucatán. La investigación recurrió a fuentes de información primarias a través de una encuesta para la recolección de datos y fuentes secundarias para complementar el primer objetivo, que no requieren investigación de campo. El estudio tiene un alcance inferencial ya que se hacen conclusiones sobre las variables que tienen más impacto en la madurez tecnológica dentro de los hospitales de segundo y tercer nivel de atención en Yucatán.

### **4.3 Diseño de investigación**

Esta investigación es no experimental, ya que no se manipuló ninguna variable durante el estudio y solo se limitó a la recolección y análisis de información que se obtuvieron de los participantes. En cuanto a la temporalidad, esta investigación se

clasifica como transversal, debido a que las herramientas de recolección de datos se aplicaron en un único momento y sin repetición posterior.

#### **4.4 Unidad de análisis y sujeto de estudio**

La unidad de análisis de este estudio está conformada por los hospitales de segundo y tercer nivel de atención correspondientes a los sectores público y privado, de acuerdo con el catálogo CLUES, ubicados en Yucatán, mencionados en la Tabla 3.2. Los sujetos de estudio fueron los gerentes de áreas pertenecientes a los departamentos de Ingeniería Biomédica y de Tecnologías de la Información, encargados de la gestión tecnológicas dentro de la infraestructura hospitalaria, partiendo del supuesto de que ellos son los principales usuarios de las herramientas tecnológicas implementadas en un hospital. En algunos hospitales se detectó que la gestión tecnológica lo realizaba un proveedor externo, por lo que se solicitó su participación.

#### **4.5 Población y muestra**

La población total es de 63 hospitales de segundo y tercer nivel de atención, públicos y privados. La muestra fue por conveniencia y estuvo integrada por los usuarios que accedieron participar en la investigación.

#### **4.6 Definición de variables o categorías de análisis**

La identificación de herramientas tecnológicas aplicadas en el sector público y privado de la salud provenientes de la Industria 4.0, asociados al objetivo 1, se realizó mediante una investigación documental. En relación con los objetivos 2 al 5 se emplearon métodos cuantitativos para la recolección y análisis de datos. Se identificaron las variables: tendencias de implementación, nivel de implementación, nivel de capacitación y madurez tecnológica. En la Tabla 4.1 se exponen dichas variables junto a sus indicadores.

Para la variable “tendencias de implementación”, se seleccionaron cuatro principales indicadores: estrategias y organización, empresa inteligente, operaciones

inteligentes, productos inteligentes, servicios basados en datos y percepción de la Industria 4.0, con los cuales se pretende obtener la información necesaria para identificar el nivel de digitalización, planes de inversiones de la organización para adquirir soluciones digitales y capacidad de transformación digital que permite la infraestructura ciber física actual. (Castrillo, 2019).

Para los indicadores de la variable “nivel de implementación” actual en el sistema hospitalario delimitado, se consideran los propuestos en el Reporte Hospitalario publicado por Informa Markets (2020), los cuales fueron implementados en el proyecto CONECTA para la transformación digital de los hospitales Christus Muguerza en México. Éstos permitieron una clasificación de tecnologías en tendencia de implementación en tres rubros principales: tecnologías adoptadas, tecnologías en proceso de adopción y tecnologías por adoptar, permitiendo la examinación entre hospitales propuesto en el objetivo perteneciente. Para la variable nivel de capacitación, se considera las habilidades del personal sanitario como indicador y posteriormente son comparadas con las propuestas por Cepeda (2018) y Montero et al. (2020). En la variable madurez tecnológica se tomaron los siguientes indicadores: tecnología, operaciones inteligentes, estrategias y organización, servicios basados en datos y el personal, las cuales propone el modelo de IMPULS (2015) para la evaluación del nivel de implementación de la Industria 4.0 en organizaciones y que en la siguiente sección se describen cada una de ellas.

Para el objetivo 6 se propone una estrategia para la implementación de tecnologías derivadas de la industria 4.0 enfocadas al sector hospitalario basado en una revisión documental y análisis de los datos obtenidos a través de la herramienta.

**Tabla 4. 1.**

**Definición de variables e indicadores**

<b>Objetivo específico</b>	<b>Variable</b>	<b>Indicadores</b>	<b>Herramienta</b>	<b>Ítems</b>
<b>2.- Identificar cuáles son las tendencias en la</b>	Tendencias de implementación	Estrategias y organización, empresa inteligente,	Cuestionario	3, 4, 5, 13, 14, 15, 16, 18, 19, 20, 22, 23, 26 y 27

<b>implementación de las tecnologías de la industria 4.0 en el sector hospitalario de la salud en Yucatán</b>		operaciones inteligentes, productos inteligentes, servicios basados en datos, percepción de la Industria 4.0		
<b>3.- Identificar similitudes entre hospitales de la misma categoría, de segundo y tercer nivel de atención en Yucatán, el nivel de implementación de las tecnologías de la Industria 4.0 aplicables en el sector Salud</b>	Nivel de implementación	Tecnologías adoptadas, tecnologías en proceso de adopción y tecnologías por adoptar	Cuestionario	6, 7, 8, 9, 10, 11,12, 19 y 21
<b>4.- Analizar el nivel de capacitación del personal sanitario para el manejo de las tecnologías implementadas en los hospitales de segundo y tercer nivel de atención en Yucatán.</b>	Nivel de capacitación	Habilidades del personal	Cuestionario	24, 25 y 28
<b>5.- Diseñar un modelo que permita identificar las variables que tienen más impacto en la madurez tecnológica dentro de los hospitales de segundo y tercer nivel de atención en Yucatán.</b>	Madurez tecnológica	Tecnología, operaciones inteligentes, estrategias y organización, servicios basados en datos, personal.	Cuestionario	Todos los ítems

Fuente: Elaboración propia

#### **4.7 Descripción de las herramientas de recolección de información.**

El instrumento que se utilizó es un cuestionario previamente aplicado por Jiménez (2020), un estudio cuyo objetivo era evaluar el nivel de implantación de la Industria 4.0 en empresas del sector manufactura de Mérida, Yucatán. Dicho cuestionario está basado en el modelo para la evaluación de la implementación de la industria 4.0 desarrollado por la fundación IMPULS (2015) de la Federación de Ingeniería alemana (VDMA) y dirigido por IW Consult y el Instituto de Gestión Industrial (FIR) en la RWTH Aachen University. Se realizaron adaptaciones a las preguntas cambiando términos dirigidos al sector industrial hacia términos orientados al sector hospitalario como se puede visualizar en el Anexo 1. Este instrumento establece seis dimensiones 1) La estrategia y organización, 2) Industria inteligente, 3) Operaciones inteligentes, 4) Productos inteligentes, 5) Servicios basados en datos y 6) El personal.

Estas seis dimensiones se usan para determinar el nivel de implementación de la Industria 4.0 en seis niveles: 1) Nivel 0, que representa a los extraños, aquellas compañías que no han hecho nada o muy poco en cuanto a planificar o implementar acciones de Industria 4.0, 2) Nivel 1, que representa a los principiantes, 3) Nivel 2, que representa a los intermedios, 4) Nivel 3, que representa a los experimentados, 5) Nivel 4, que representa a los expertos y 6) Nivel 5, que representa a los de ejecución top, esto es, empresas que han implementado con éxito todas las acciones que engloban el paradigma de la Industria 4.0 (AIDIMME, 2016).

La primera dimensión, “Estrategia y Organización”, se compone por 4 ítems en los cuales consideran aspectos relacionados con la planificación que lleva la empresa con respecto al tema de investigación que es la Industria 4.0, si muestra algún avance la implementación de ella, alguna posible inversión en el futuro, sobre la gestión de innovación que tiene la empresa.

En segundo lugar, se evalúa la dimensión de “Industria inteligente”. Compuesta por 6 ítems los cuales cuestionan sobre si la empresa está relacionada con alguna tecnología involucrada en la cuarta revolución industrial, las actualizaciones de su

maquinaria de trabajo, el almacenamiento de los datos que maneja diariamente, la optimización de los procesos y el manejo de las tecnologías de la información y comunicación (TIC's).

En tercer lugar, se evalúa la dimensión de "Operaciones inteligentes". Compuesta por 6 ítems creados para conocer si la empresa emplea tecnología compartiendo datos de información por la nube (Cloud), cuenta con automatización de la línea de producción y si trabaja de forma autónoma y cuenta con seguridad informática.

En cuarto lugar, se evalúa la dimensión de "Productos inteligentes". Compuesto por 2 ítems, en los cuales se requiere conocer si la empresa utiliza las TIC's como función complementaria en sus productos, y sobre el uso de información para realizar las ventas.

En quinto lugar, se evalúa la dimensión de "Servicios basados en datos". Compuesta por 4 ítems en los cuales se cuestiona sobre la utilización de la información que genera la compañía para el mejoramiento de toma de decisiones, los datos que obtienen de los clientes y cómo la utilizan para el beneficio de este, si la generación de datos les genera un ingreso y la frecuencia con la que utilizan estos datos.

En la sexta dimensión se evalúa la habilidad de los empleados. Se compone por 2 ítems, creados para conocer las habilidades de los empleados acerca de la Industria 4.0 y si están capacitados para la implementación de esta.

Por último, se agregaron 2 ítems los cuales se quiere conocer el avance que el gerente o jefe del hospital ve en ella y si está en los planes la inversión de esta cuarta revolución industrial para el mejoramiento de esta para conocer la percepción de Industria 4.0. Dichos elementos se pueden visualizar en la Tabla 4.2.

**Tabla 4. 2.**

**Ítems que integran los criterios de evaluación del instrumento.**

<b>Dimensión</b>	<b>Criterios</b>	<b>Número de Ítems</b>
<b>Estrategia y Organización</b>	Estado de la implementación de una estrategia de Industria 4.0	4
	Operatividad y revisión de la estrategia mediante un sistema de indicadores	
	Inversión en Industria 4.0	
	Uso de tecnología y gestión de la innovación	
<b>Industria Inteligente</b>	Modelado digital	6
	Infraestructura/ equipamiento	
	Uso de datos	
	Sistemas TI	
<b>Operaciones Inteligentes</b>	Compartición de información	6
	Uso de la nube	
	Seguridad en los sistemas TI	
<b>Productos Inteligentes</b>	Procesos autónomos	2
	Funcionalidades añadidas por las TIC en productos	
<b>Servicios Basados en Datos</b>	Análisis de datos de uso	4
	Disponibilidad de servicios basados en datos	
	Cuota de ingresos derivada de los servicios basados en datos	
<b>Habilidad de los Empleados</b>	Cuota de datos usados	2
	Capacidades de los empleados en varias áreas	
	Esfuerzos de la empresa para que estos adquieran nuevas habilidades y se formen	
<b>Percepción de la Industria 4.0 en la organización</b>	Conocimiento de la situación de la organización con respecto a la transformación digital	2

Fuente: Elaboración propia basado en AIDIMME (2016).

#### **4.7.1 Proceso de recolección de datos**

La recolección de datos se realizó a través de un cuestionario utilizando la plataforma en línea Survio, permitiendo la accesibilidad desde cualquier dispositivo con acceso a internet siguiendo el enlace <https://www.survio.com/survey/d/A0C1N4A4A1G9I3R7S>. Se realizó la invitación a los gerentes de área con el personal a cargo del manejo de las tecnologías de información y comunicación al igual que de equipo médico.

#### **4.7.2 Confiabilidad**

Se sometió el cuestionario al juicio de expertos para determinar la confiabilidad del instrumento, confirmando que la herramienta sea confiable y se realizó con el apoyo de profesores de la Maestría en Planificación de Empresas y Desarrollo Regional. El objetivo de la confiabilidad es indicar que la aplicación del instrumento a los mismos sujetos arrojará los mismos resultados.

#### **4.7.3 Validez**

La validez hace referencia al grado en el que un instrumento mide lo que se supone que debe medir. Por esta razón el instrumento aplicado fue puesto a juicio de expertos en el tema de investigación para corroborar la herramienta y con base en sus observaciones se realizaron modificaciones, adaptaciones y ejemplificaciones para que las preguntas sean más entendibles a los encuestados.

#### **4.8 Descripción de las herramientas de recolección de información.**

Los resultados obtenidos a través de la herramienta de recolección fueron descargados de la plataforma Survio y se realizó un análisis en Microsoft Excel para ordenar, comparar y relacionar las respuestas obtenidas de los sujetos de estudio con los objetivos planteados en esta investigación.

## CAPÍTULO V. RESULTADOS

### 5.1 Datos generales de los hospitales encuestados

Aceptaron participar en el estudio 26 hospitales de 35 contactados, catalogados como segundo y tercer nivel de atención en el Estado de Yucatán de acuerdo con la clasificación del CLUES, esto corresponde a un 41% de la población. Como parte de los resultados, es importante aclarar que el 58% de los hospitales encuestados pertenecen al sector privado, el 38% al sector público y el 4% a la asociación público-privado. La encuesta fue aplicada a los jefes de área encargados de gestionar el equipo y software médico, en su mayoría, departamentos de ingeniería biomédica y también a proveedores externos encargados de la gestión tecnológica de algunos hospitales. La herramienta fue elaborada en una plataforma digital, lo que facilitó la distribución por medio de correo electrónico y mensaje vía *WhatsApp*. En algunos casos se asistió personalmente para presentar el objetivo de la investigación y despejar dudas que llegaron a surgir.

Dentro de las características principales de los participantes, se encontró que todos contaban con un grado de estudio mínimo de licenciatura, y solo el 15% de ellos cuentan con postgrado. De igual manera se pudo obtener información sobre el tipo de licenciatura concluida de los encuestados, teniendo a la Ingeniería Biomédica como la más común con 20 menciones dentro de los encuestados y siendo coherente con el tipo de área que tienen a su cargo. Esta información se puede verificar en la Tabla 5.1.

**Tabla 5.1**

**Tipo de licenciatura concluida de los encuestados.**

<b>Licenciatura concluida</b>	<b>Cantidad</b>
Ingeniería Biomédica	20
Ingeniería Electrónica	2
Ingeniería en Sistemas	1
Ingeniería Industrial	2

---

Fuente: Elaboración propia

Se elaboró de igual manera la Tabla 5.2 donde se puede observar el tipo de postgrado que más apareció entre los participantes de este estudio, siendo la Maestría en Ingeniería biomédica la más frecuente.

**Tabla 5.2**  
**Tipo de postgrado concluida de los encuestados.**

<b>Tipo de posgrado concluido</b>	<b>Cantidad</b>
Maestría en Ingeniería Clínica	3
Maestría en Ciencias (Física Médica)	1
No cuentan con posgrado	22

---

Fuente: Elaboración propia

## **5.2 Tendencias tecnológicas de la Industria 4.0 aplicadas en Salud.**

Los sistemas hospitalarios producen grandes volúmenes de datos y se estima que el 80% de dichos datos ni siquiera están estructurados y se quedan almacenados en distintas áreas de los hospitales. De acuerdo con un análisis realizado por KPMG (2018), en un día normal en el sector hospitalario en México ocurren: más de 1.3 millones de atenciones diarias, alrededor de 4 mil nacimientos, más de 1.2 millones de consultas externas, cerca de 94 mil cirugías y más de 16 mil hospitalizaciones. A esto hay que sumarle la tele consulta y la atención remota que se da a los pacientes a raíz de la pandemia y el confinamiento, por lo que la atención médica se incrementa considerablemente. Ante tal cantidad de datos, el Big Data ayuda al personal médico y administrativo a tener accesos, evaluar, manipular, analizar, consultar y utilizar toda esa información mediante el desarrollo del Expediente Clínico Electrónico (ECE), capaz de recopilar la información proveniente de distintas áreas hospitalarias y cuyo objetivo es contar con datos interoperables provenientes de distintas fuentes. La información recolectada se puede mantener almacenada en la nube de manera que esté tan disponible como el personal clínico y administrativo lo requiera.

A mayor escala, el Sistema de Información Hospitalaria (HIS) puede definirse como un sistema para gestionar información generada por los servicios dentro de un hospital y orientado a brindar apoyo en los diferentes niveles operativos, al igual que almacenar, procesar y reinterpretar datos médicos y administrativos de cualquier institución hospitalaria, permitiendo la optimización de los recursos humanos y materiales. Este sistema de gestión permite integrar los sistemas operativos, financieros y económicos con los sistemas administrativos, sistemas de registro central de pacientes y sistemas de manejo de materiales, permitiendo una operabilidad fluida y, gracias al almacenamiento en la nube, accesibilidad desde cualquier dispositivo inteligente. De esta tecnología se derivan softwares especializados en distintas áreas dentro de un hospital, alineados al mismo objetivo para el manejo estructurado de los datos, como lo son el Sistema de Información Radiológica (RIS) o el Sistema de Información para Laboratorio (LIS) (Yunda & Gómez, 2013).

La Organización Mundial de la Salud define la telemedicina como: la prestación de servicios de atención médica por todos los profesionales de la salud, mediante el uso de tecnologías de comunicación e intercambio de información válidas, tanto para el diagnóstico, como para el tratamiento o la prevención de enfermedades y lesiones. Por tanto, la telemedicina puede realizarse mediante texto, video o audio; puede ser asíncrona y puede involucrar a varios individuos. Es notorio que la atención de pacientes contagiados por COVID-19 mediante la telemedicina presentó muchas ventajas, principalmente, previniendo la propagación y contagio de la enfermedad por la exposición dentro de un área de hospitalización o una sala de urgencias, así como la reducción de la demanda de equipos de protección personal (Martínez, 2020). La implementación del IoT en la telemedicina ha recibido una considerable atención en los últimos años gracias al desarrollo que han presentado las tecnologías de la información y comunicación, y el acceso a dispositivos inteligentes como los *smartphones*, tabletas, etc. La aplicación del IoT en dispositivos *wearables*, capaces de medir el ritmo cardíaco, temperatura, presión sanguínea, entre otros, puede ayudar a los médicos en la atención a pacientes que necesitan monitoreo constante de su

estado, y que no se encuentran en la misma ubicación geográfica (Garces-Salazar et al., 2021).

Los beneficios observables en los tres niveles de atención en el sector salud de Yucatán, producto de la Industria 4.0 son: en el primer nivel que es el enfocado al 80% de la población, tiene sus bases en la promoción de la salud y la prevención, dicho esto, también atiende enfermedades del cuadro básico como son diabetes, hipertensión u obesidad, por ello la adopción de tecnologías 4.0 es esencial debido a que se pueden obtener cantidades masivas de información en sistemas como el ECE y HIS que, con apoyo del Big Data, se tendrá oportunidad de tomar decisiones para los problemas identificados con base en los datos. Tal es el caso de las decisiones tomadas por el gobierno del Estado de Yucatán donde, con la información recolectada de contagios y riesgo de mortalidad el crea un plan y programa para la contención del COVID-19, donde las acciones y restricciones estaban en función de los datos recolectados y el semáforo de riesgo de contagio y mortalidad de la población de Yucatán. También se pudo observar la implementación de tecnologías de *Apple* y *Google* que el gobierno integró para que los ciudadanos sean notificados al haber estado en contacto con personas contagiadas por COVID-19 (Gobierno del Estado de Yucatán, 2021).

El segundo nivel trata a los pacientes con las especialidades médicas como lo son: cirugía general, medicina interna, pediatría, entre otras. En estas instituciones también se cuenta con hospitalización y monitoreo a pacientes, así como asistencia a soporte vital. Durante la pandemia estas unidades fueron las más demandadas y que debido a la falta de preparación o inversión en las instituciones se vieron rebasadas para la atención de pacientes por COVID-19, donde uno de los problemas principales que se identificaron fue que el paciente una vez ingresado ya no podía establecer comunicación con su familia, esta situación causó grandes niveles de estrés y preocupación en la población. Sin embargo, debido a la pandemia por COVID-19 se impulsó los avances en telemedicina y ahora es posible tener una consulta por videoconferencia y lograr comunicar, en los casos de aislamiento a los pacientes con

sus familiares a través de la implementación de unidades de dispositivos móviles (Gobierno del Estado de Yucatán, 2021). En Yucatán los hospitales se vieron en la necesidad de adoptar sistemas de información, brindando como opción al paciente de acudir para recibir el servicio y poder tener la información de su salud en sus dispositivos médicos, ejemplo de ello es los sistemas HIS.

En el tercer nivel se brinda atención de alta especialidad y subespecialidad médica como es cirugía cardiovascular, neurocirugía, así como estudios de imagenología especializados e investigación de alta complejidad. En el caso particular de investigación de alta complejidad en Yucatán se ha adoptado y recibido equipo médico y de telemedicina para mejorar la atención de los pacientes, en el caso de dispositivos médicos, el monitoreo de signos vitales disponibles en dispositivos móviles sin la necesidad de establecer contacto directo con el paciente. Estas acciones dan impulso a la innovación, la colaboración y la creación nuevas tecnologías y sistemas como son los portales de consulta a distancia por videoconferencia, donde el principio es la conectividad. Esto abre paso a la creación de nuevas empresas que se posicionan en la región, dando paso a emprendimientos con enfoque en investigación, desarrollo e innovación (Tetzpa, 2020).

El campo de la atención médica ha experimentado un notable aumento gracias a las tecnologías de la salud móvil, particularmente en el empleo de comunicaciones móviles para la prestación de información, servicios médicos y práctica de medicina. Este fenómeno, conocido como *mHealth*, busca mejorar los resultados de salud a nivel global. Esta tendencia se sustenta en herramientas como las aplicaciones móviles, programas informáticos especializados diseñados para ser instalados y utilizados en dispositivos móviles como *smartphones*, con el propósito de ofrecer soluciones específicas y funciones concretas en el ámbito de la salud. En términos generales, estas aplicaciones permiten a los proveedores de atención médica acceder a una mayor cantidad de información y herramientas para ayudar en el diagnóstico y tratamiento, mientras que brindan a los pacientes un mejor control de enfermedades y un mayor acceso a la atención médica. En conjunto, las aplicaciones tienen el potencial

de mejorar la eficiencia en los tiempos de atención, la cobertura, la adherencia al tratamiento, el diagnóstico, la prevención y el seguimiento de enfermedades (Velandia et al., 2021).

Los recientes avances tecnológicos, especialmente en campos como la inteligencia artificial, el aprendizaje automático y la robótica, están abriendo nuevas oportunidades y transformando fundamentalmente nuestra percepción del trabajo diario. La IA está respaldando a los médicos en lugar de suplantarlos, ya que las máquinas no poseen atributos humanos como la empatía y la compasión. Además, no se puede esperar que los pacientes depositen su confianza en una computadora. Por lo tanto, la Inteligencia Artificial se encarga de tareas esenciales y específicas, pero limitadas en su alcance, mientras que la responsabilidad principal del cuidado del paciente sigue recayendo en un médico humano (Medinaceli et al., 2021). La práctica médica experimentará cambios significativos en los próximos años, ya que la inteligencia artificial se integrará en todas las áreas de la medicina. Aquellas especialidades médicas que implican tareas repetitivas, como la inspección de la piel, la interpretación de estudios de imagen y la histopatología, serán las que requieran una adaptación más rápida, ya que son candidatas para la automatización. Por otro lado, las áreas de la salud mental, la fisioterapia y la medicina de rehabilitación, donde la interacción humana es esencial, tendrán menos probabilidades de ser reemplazadas por la inteligencia artificial (Lanzagorta et al., 2022). En la Tabla 5.3 se puede visualizar las aplicaciones que la inteligencia artificial tiene en la actualidad por especialidad médica.

**Tabla 5.3**  
**Aplicaciones de IA en la salud**

<b>Especialidad</b>	<b>Aplicaciones</b>
Radiología	Mejora y agilización de la interpretación de imágenes médicas. Apoyo en la generación de informes diagnósticos asistidos por computadora.
Patología	Transformación de la práctica patológica mediante la patología digital y diagnósticos asistidos por IA. Mejora del tiempo de entrega de resultados y precisión diagnóstica.
Cardiología	Predicción de hipertensión esencial. Detección de fibrilación auricular.

	Clasificación de estenosis aórtica. Clasificación de arritmias.
Neurología	Predicción de recurrencia de eventos vasculares cerebrales isquémicos. Evaluación prequirúrgica de epilepsia resistente a fármacos. Predicción de enfermedad de Alzheimer. Diagnóstico de enfermedad de Parkinson.
Oftalmología	Diagnóstico de retinopatía diabética. Detección de glaucoma, arco corneal, cataratas, degeneración macular y retinopatía del prematuro.
Dermatología	Mejora de la eficiencia y precisión diagnóstica. Detección de melanoma y lesiones cutáneas pigmentarias. Diagnóstico de enfermedades como queratosis seborreica y psoriasis. Aplicaciones en telemedicina dermatológica.
Cirugía	Apoyo en la toma de decisiones quirúrgicas. Mejora de la planificación quirúrgica de diversos procedimientos. Registro y análisis de variables intraoperatorias.
Psiquiatría	Análisis del estado emocional de los pacientes. Elección de psicofármacos basada en datos de neuroimagen, farmacogenéticos y clínicos del paciente.

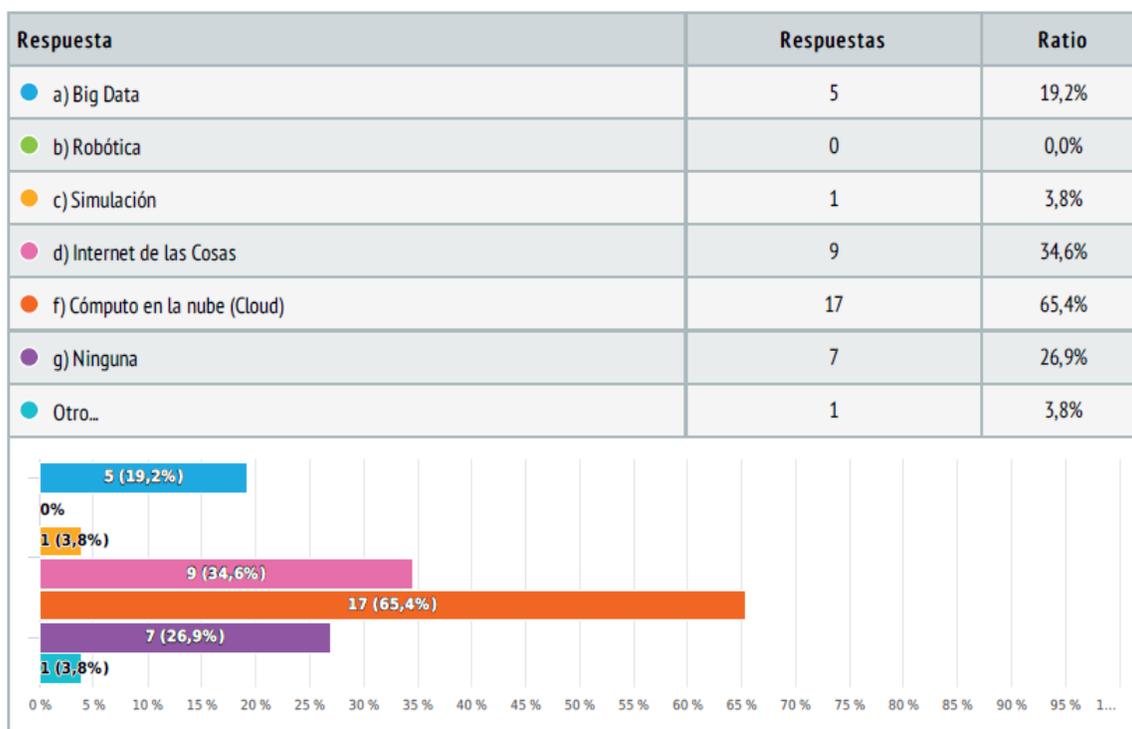
Fuente: Elaboración propia basado en Lanzagorta et al. (2022).

### 5.3 Nivel de implementación de la Industria 4.0 entre hospitales de Yucatán

En los resultados obtenidos de la encuesta aplicada, observables en la Figura 5.1, se encuentra que el 26.9% de los hospitales no utilizan alguna tecnología derivada de la Industria 4.0. El Cómputo en la Nube fue la herramienta tecnológica más seleccionada con un 65.4% de presencia en las instituciones de salud.

**Figura 5.1**

**Tecnologías derivadas de la industria 4.0 utilizadas en el hospital**

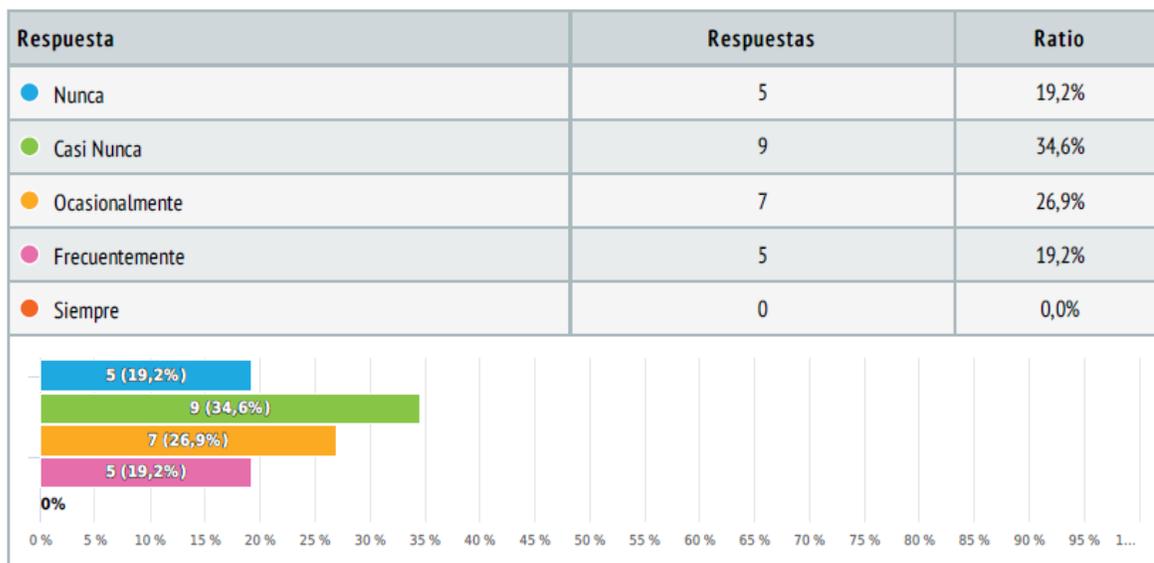


Fuente: Elaboración propia

Se cuestionó a los participantes la frecuencia con la que se habla sobre la implementación de la transformación digital dentro de su organización, dando como respuesta más seleccionada Casi Nunca con un 34.6% y Ocasionalmente con 26.9%. Esto puede reflejar el grado de interés por parte de los hospitales de segundo y tercer nivel en Yucatán, para adoptar tecnologías que podrían mejorar los procesos de atención a los pacientes. Dichos resultados se pueden observar en la figura 5.2

**Figura 5.2**

**Frecuencia con la que se habla sobre la transformación digital**

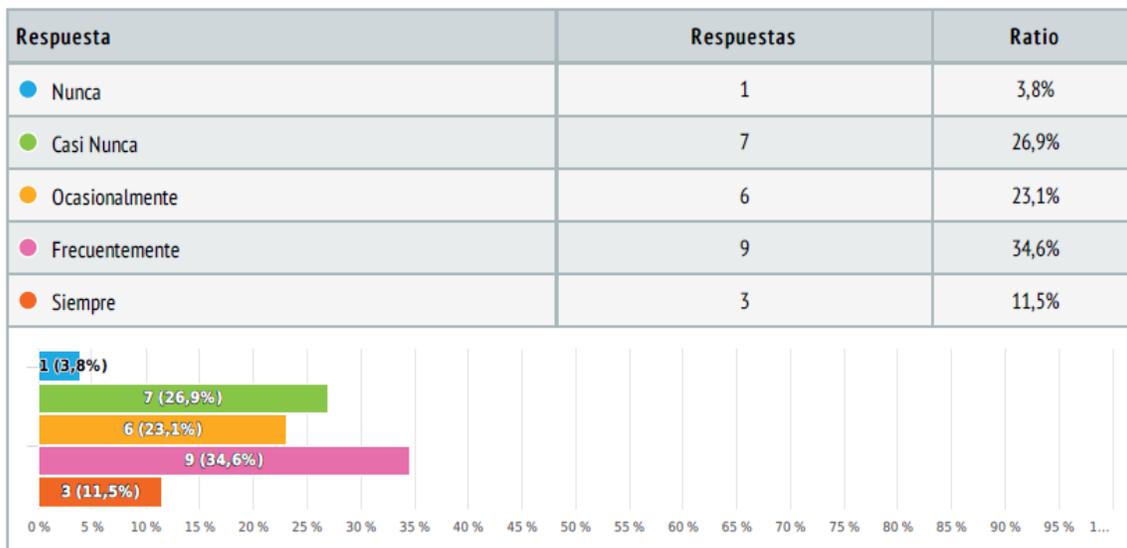


Fuente: Elaboración propia

Los sistemas integrados de intercambio de información son indispensables dentro de las organizaciones y una característica distintiva de la Industria 4.0. Se realizó la pregunta para saber la frecuencia de utilización de estas herramientas dentro de los hospitales. Como se puede observar en la Figura 5.3 el 11.5% Siempre los utiliza y el 34.6% de los utilizan Frecuentemente, pero es de destacar que el 26.9% Casi Nunca lo hace, por lo que se puede intuir que utilizan más el intercambio de información físico.

**Figura 5.3**

**Frecuencia con la que se utilizan sistemas integrados de intercambio de información en el hospital**

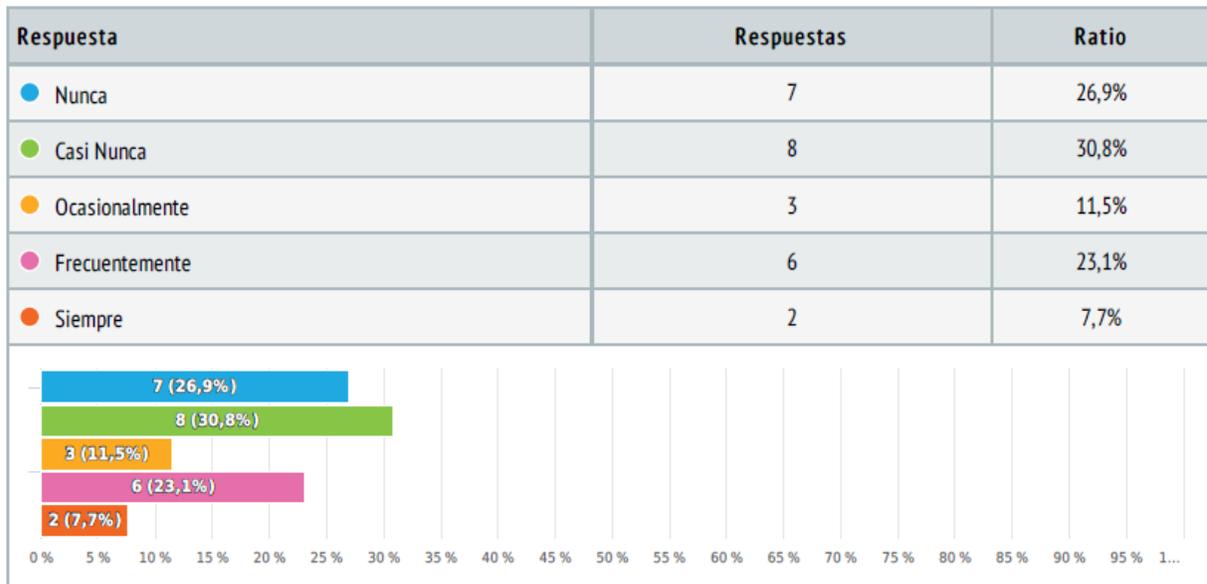


Fuente: Elaboración propia

De igual forma se preguntó la frecuencia con la que sus procesos son ejecutados de forma autónoma, donde se ejemplificó el sistema de intercambio de datos como: envío de estudios, resultados de laboratorio, agenda de citas, etc. El 30.8% contestó que Casi Nunca son ejecutados de manera autónoma en contraste de un 23.1% que lo realiza de manera Frecuente. Esto se puede observar en la Tabla 5.4

**Figura 5.4**

**Frecuencia con la que los procesos dentro del hospital son realizados de manera autónoma**

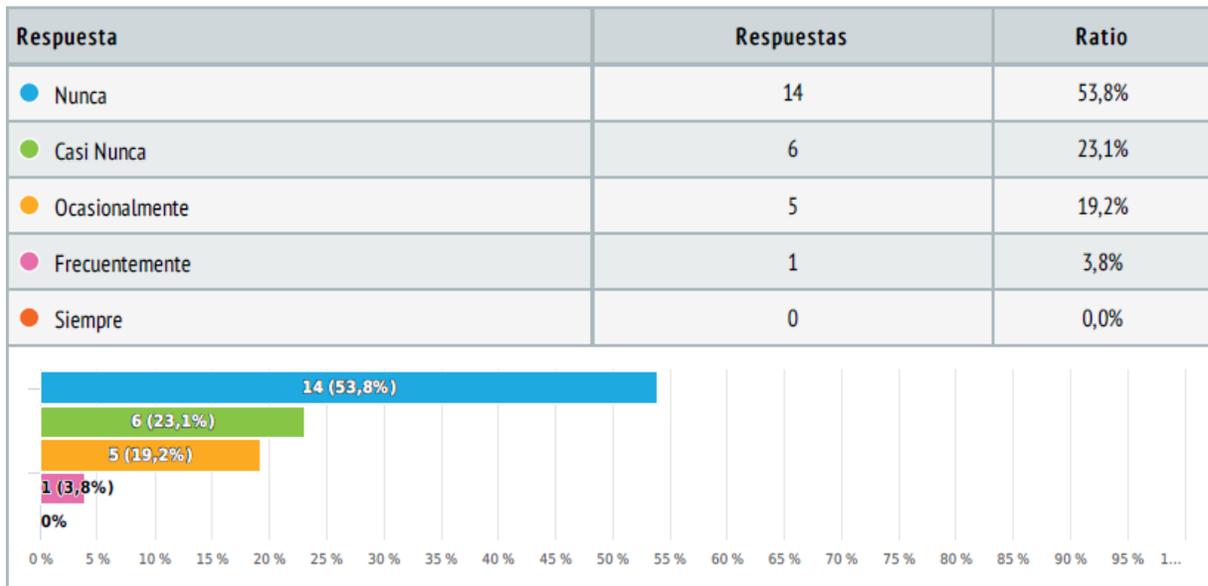


Fuente: Elaboración propia

Otra pregunta realizada fue la frecuencia con la que se utiliza equipamiento o softwares guiados de manera autónoma. Como se puede observar en la Tabla 5.5 el 53.8% de los hospitales encuestados respondieron que Nunca, el 23.1% Casi Nunca y el 19.2% Ocasionalmente.

**Figura 5.5**

**Frecuencia con la que son utilizados sistemas de guiado automático en el hospital**

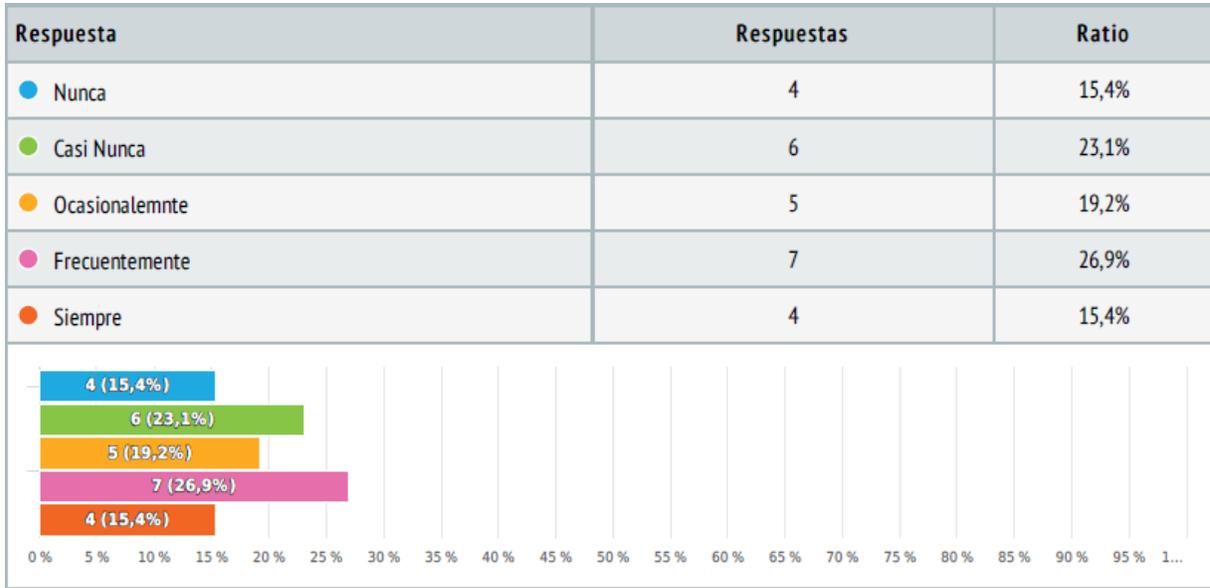


Fuente: Elaboración propia

Se cuestionó también sobre la seguridad informática en la organización, la frecuencia con la que se utilizan protocolos para evitar hackeos o fuga de información sobre los pacientes. Se encontró que el 15.4% utiliza Siempre protocolos de ciberseguridad, el 26.9% casi siempre y el 19.2% de manera ocasional, mientras que el resto lo hace Casi nunca o Nunca. Dichos datos se pueden visualizar en la Tabla 5.6.

**Figura 5.6**

**Frecuencia con la que se utiliza la seguridad informática en el hospital**

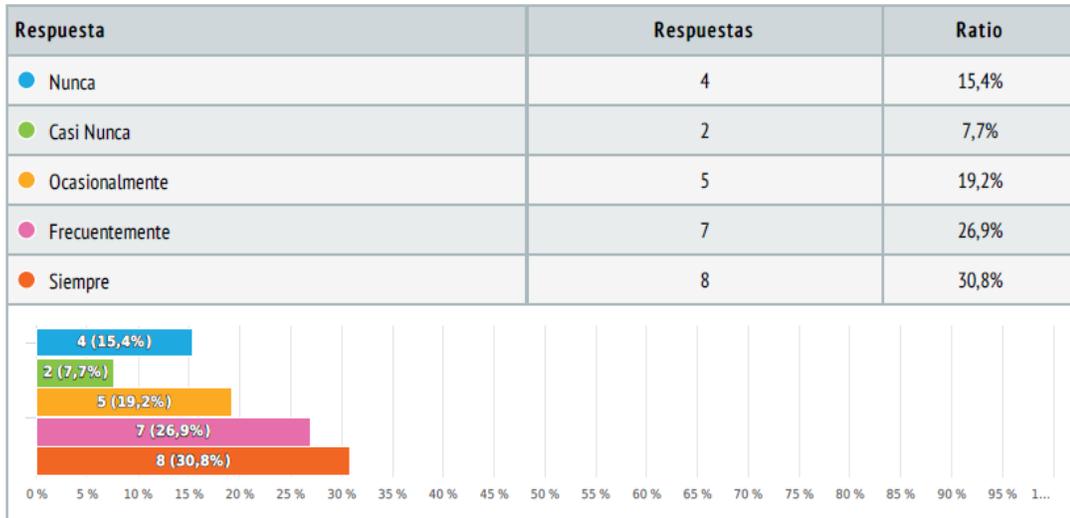


Fuente: Elaboración propia

El uso de la nube para el almacenamiento, análisis y procesamiento de los datos es importante dentro de una transformación digital. Se preguntó a los hospitales participantes la frecuencia del uso de la nube. Como se puede observar en la Figura 5.7, el 30.8% lo utiliza Siempre, seguido del 27.9% Frecuentemente y el 19.2% Ocasionalmente.

**Figura 5.7**

**Frecuencia con la que se utiliza la nube**

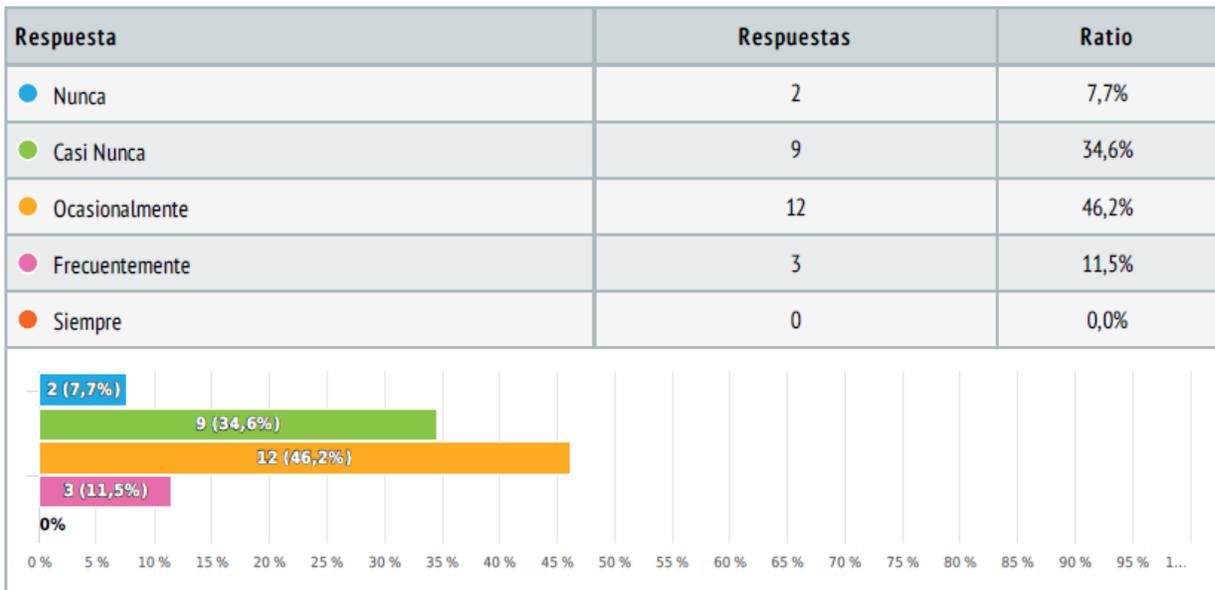


Fuente: Elaboración propia

En la figura 5.8 se puede observar los resultados sobre la utilización de los datos almacenados para optimizar los procesos en el hospital para tener una visión clara de los resultados y tomar decisiones bien informadas. La respuesta más utilizada fue Ocasionalmente con un 46.2% y Casi nunca con 34.6%.

**Figura 5.8**

**Frecuencia con la que se utilizan los datos para toma de decisiones y mejora de procesos**

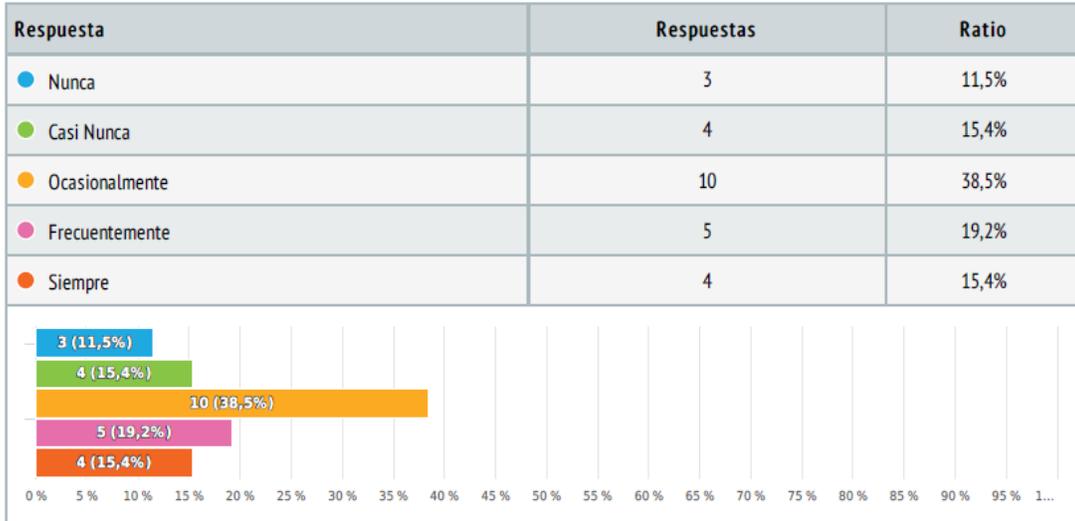


Fuente: Elaboración propia

Se cuestionó de manera similar, la frecuencia sobre la utilización de los servicios de datos para el beneficio del paciente. En esta ocasión se encontró que un 38.5% los utiliza Ocasionalmente, seguido de un 19.2% Frecuentemente y el 15.4% Siempre. Los datos se pueden visualizar en la Tabla 5.9

**Figura 5.9**

**Frecuencia con la que se utilizan los datos para el beneficio del paciente**

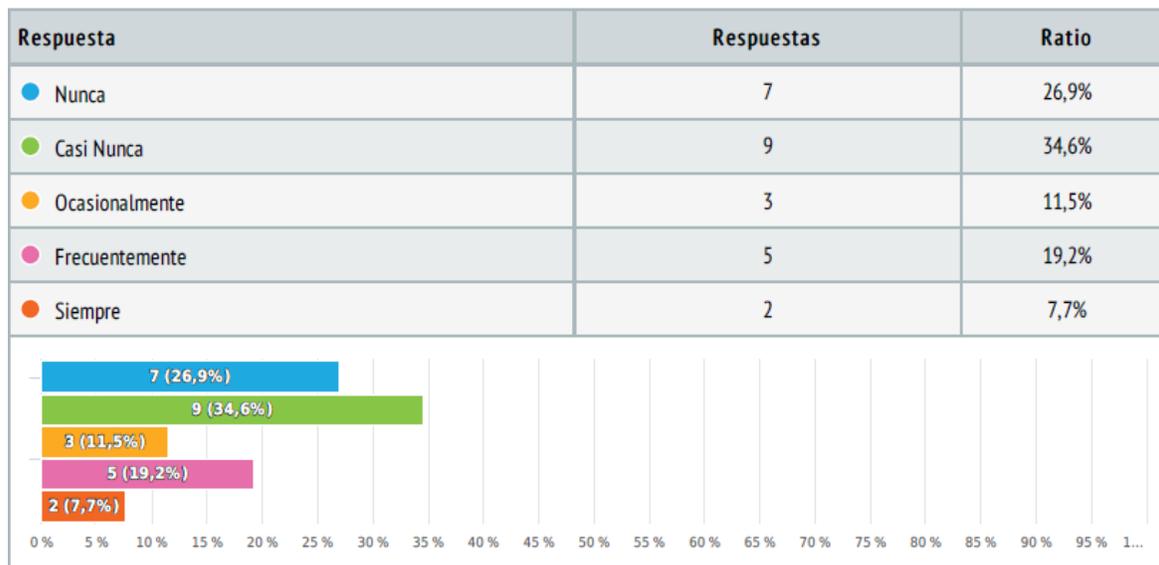


Fuente: Elaboración propia

En la tabla 5.10 se puede observar los resultados a la pregunta que se realizó a los participantes sobre la frecuencia con la que los servicios basados en datos generan un ingreso económico al hospital. La respuesta más seleccionada fue Casi nunca con un 34.6% y Nunca con un 26.9%, contrastando el 19.2% que seleccionó Frecuentemente.

**Figura 5.10**

**Frecuencia con la que se utilizan los servicios basados en datos generan un ingreso económico al hospital.**



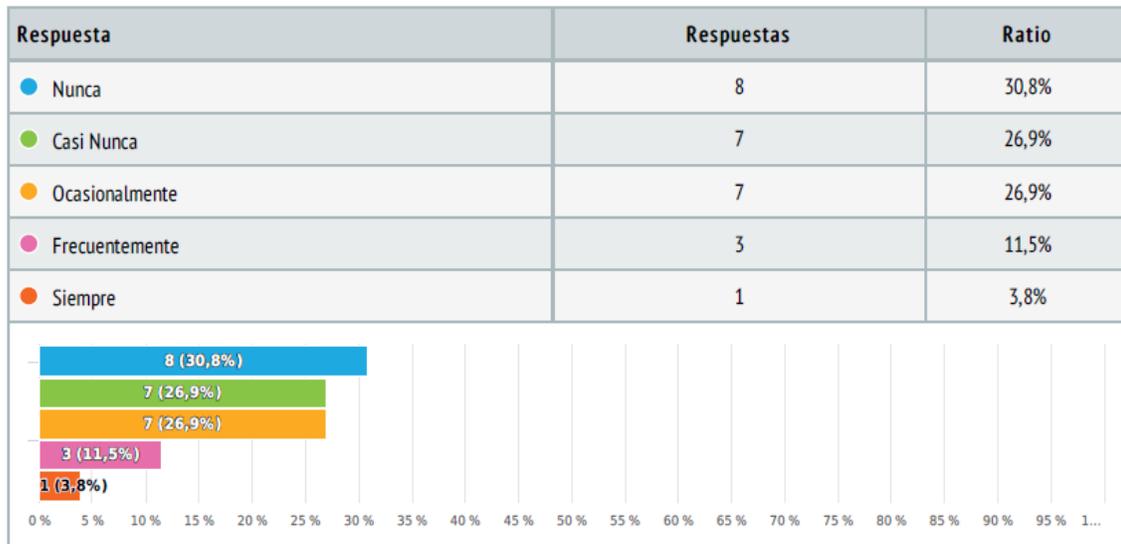
Fuente: Elaboración propia

### **5.3 Nivel de capacitación del personal sanitario para la Industria 4.0**

Se puede apreciar en la figura 5.11 la poca frecuencia con la que el personal acude con ideas sobre la transformación digital en sus organizaciones siendo Nunca la mayor opción seleccionada con un 30.8%, seguido de Casi nunca y Ocasionalmente con un 26.9% respectivamente.

**Figura 5.11**

**Frecuencia con la que los empleados acuden con ideas de transformación digital**

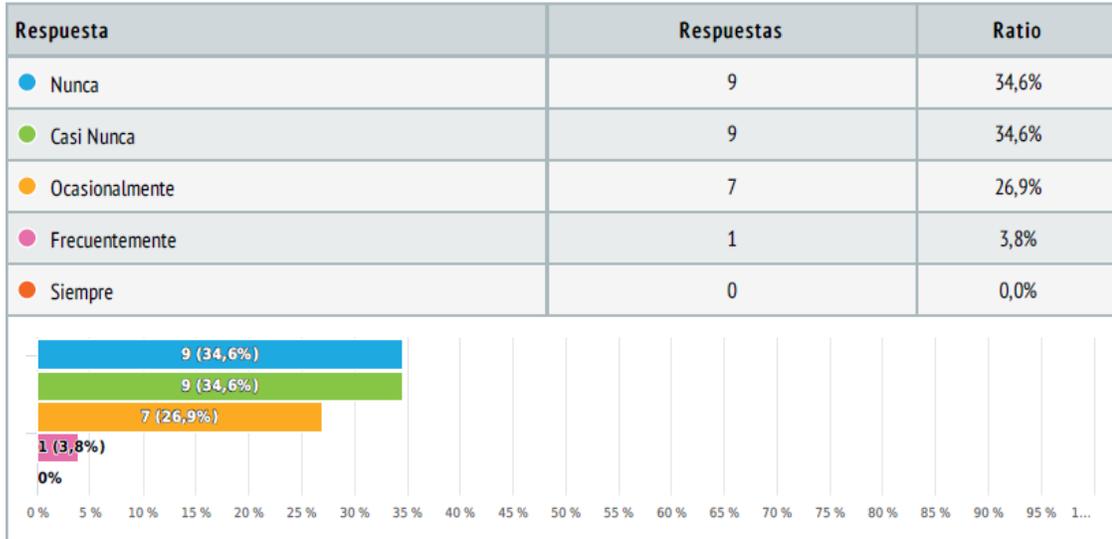


Fuente: Elaboración propia

Se encontró que la capacitación por parte de las instituciones a sus empleados es muy baja o prácticamente nula, siendo la mayoría de las respuestas casi equitativamente repartidas en las clasificaciones de Nunca y Casi nunca con un 34.6% de selecciones respectivamente y la opción Ocasionalmente con un 26.9% de selección, esto puede ser observado en la Figura 5.12. Esto representa el bajo interés por parte del sector hospitalario por actualizar las habilidades o conocimientos del personal de la salud para el aprovechamiento de la tecnología actual y mejorar de manera continua la atención al paciente. Se puede relacionar entonces que la iniciativa para aplicar las tecnologías 4.0 en sus procesos actuales es ausente en los diferentes niveles de la organización

Figura 5.12

Capacitación de los empleados en los hospitales sobre la industria 4.0

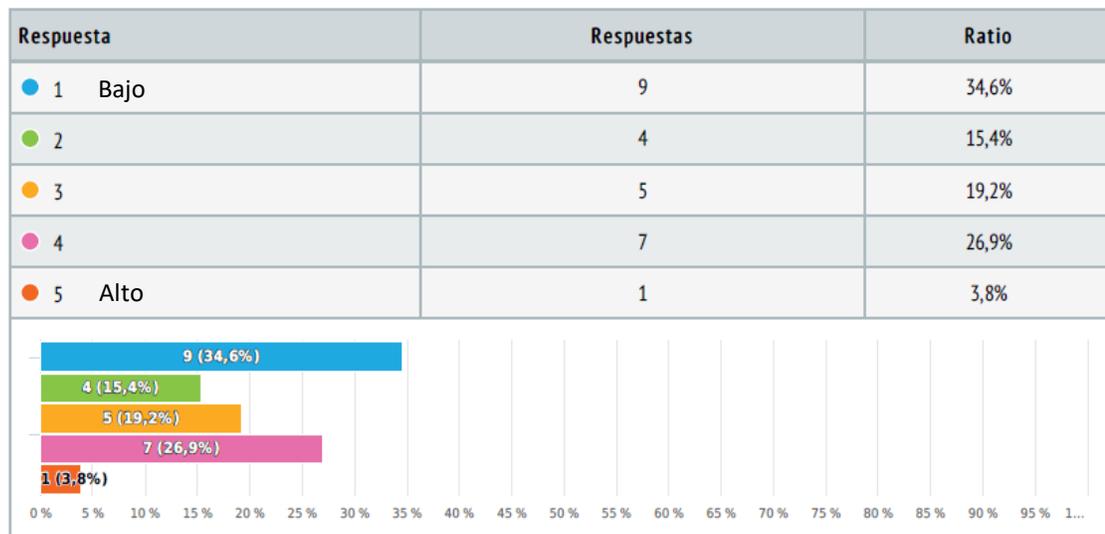


Fuente: Elaboración propia

Aun teniendo respuestas negativas en las anteriores preguntas, se preguntó al personal la percepción del 1 al 5, donde 1 es el nivel mínimo y 5 el máximo, que tienen de su institución con respecto al avance de la transformación digital con la aplicación de las tecnologías 4.0. Se puede observar en la Figura 5.13 que, un 34.6% percibe un avance nulo, el 15.4% casi nulo y es de resaltar que un 26.9% percibe un buen nivel de avance con respecto a la transformación digital, contradiciendo los resultados anteriores. Esto se puede deber a la falta de un modelo de adopción de Industria 4.0 en el sector salud para realizar dichas comparaciones.

**Figura 5.13**

**Percepción del personal con respecto al avance de transformación digital en su hospital**

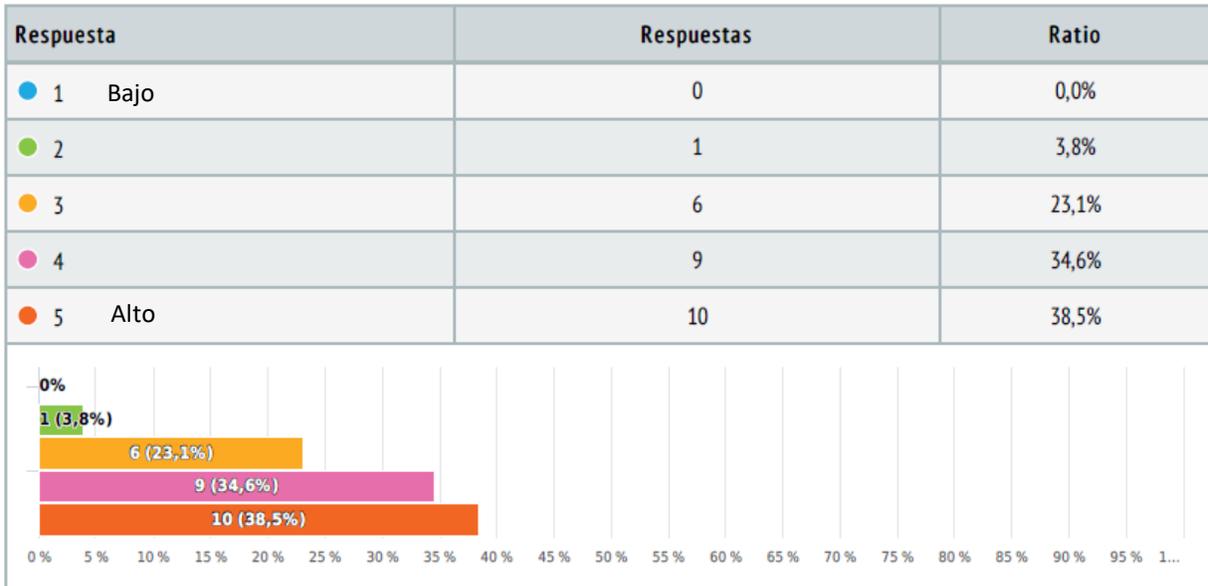


Fuente: Elaboración propia

También se les cuestionó a los participantes, desde su perspectiva y para beneficio del hospital donde laboran si estuviesen dispuestos a invertir, en algún futuro, en nuevas tecnologías derivadas de la Industria 4.0 para el mejoramiento de la organización. Como se observa en la Figura 5.14, el 38.5% seleccionó el nivel 5, el cual representa el nivel más alto, el 34.6% seleccionó el nivel 4 y el 23.1% el 3, por lo que se tiene una respuesta positiva.

**Figura 5.14**

**Interés para invertir en nuevas tecnologías de la Industria 4.0 para el mejoramiento del hospital**



Fuente: Elaboración propia

Se solicitó a los participantes que evaluaran en escala del 1 al 5, donde 1 es nada importante y 5 muy importante, las áreas de conocimiento, competencias y capacidades tecnológicas necesarias para los nuevos profesionistas en la implementación de la transformación digital. En la Tabla 5.4 se puede apreciar que La nube fue la respuesta con más frecuencias en la categoría “muy importante”, seguido de Ciberseguridad y el Internet de las Cosas.

**Tabla 5.4**

**Importancia de las áreas de conocimiento, competencias y capacidades tecnológicas del personal sanitario.**

Respuesta	Nada importante	Importante	Regular	Importante	Muy Importante
Big data: Análisis, administración y manipulación de gran cantidad de datos.	2 (7,7%)	3 (11,5%)	9 (34,6%)	7 (26,9%)	5 (19,2%)
La nube (Cloud computing). Plataforma que comparte recursos como servidores, almacenamiento y aplicaciones.	0	0	2 (7,7%)	11 (42,3%)	13 (50,0%)
Impresión 3D. Reproducir objetos en 3 dimensiones con ayuda de software y hardware especializado	7 (26,9%)	4 (15,4%)	6 (23,1%)	8 (30,8%)	1 (3,8%)
Redes Sociales. Administrar redes sociales como <i>Facebook</i> , <i>Instagram</i> con enfoque de negocios.	3 (11,5%)	2 (7,7%)	6 (23,1%)	9 (34,6%)	6 (23,1%)
Desarrollo Web y móvil. Programación de aplicaciones para <i>smartphones</i> y sistemas en entorno web.	3 (11,5%)	6 (23,1%)	8 (30,8%)	7 (26,9%)	2 (7,7%)
Simulación. Tecnologías asistidas por ordenador que realizan la percepción de la realidad física.	6 (23,1%)	5 (19,2%)	4 (15,4%)	9 (34,6%)	2 (7,7%)
Inteligencia Artificial. Construcción de sistemas capaces de realizar tareas asociadas con la inteligencia humana.	4 (15,4%)	5 (19,2%)	8 (30,8%)	4 (15,4%)	5 (19,2%)
Internet de las cosas. Objetos o dispositivos del ámbito cotidiano que se encuentran conectados a Internet.	0	5 (19,2%)	4 (15,4%)	10 (38,5%)	7 (26,9%)
Ciberseguridad. Protección de información interconectada a través del tratamiento de amenazas.	1 (3,8%)	3 (11,5%)	3 (11,5%)	8 (30,8%)	11 (42,3%)

Fuente: Elaboración propia

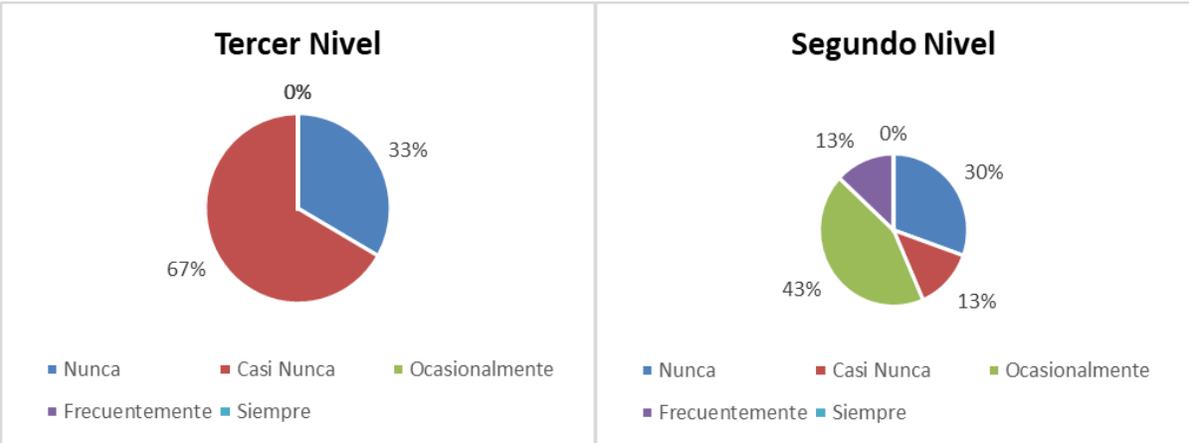
**5.4 Similitudes entre hospitales del mismo nivel de atención respecto a sus implementaciones tecnológicas de la Industria 4.0**

En esta sección se realizó una comparación de la frecuencia con la que se utilizan las herramientas de la industria 4.0 y la gestión de tecnología entre hospitales participantes en este estudio, 23 hospitales clasificados como segundo nivel y 3 clasificados de tercer nivel de atención, para detectar si existe alguna relación entre la categoría de clasificación y el nivel de tecnología adoptada.

Como primera pregunta se pidió a los participantes seleccionaran la frecuencia con la que su hospital invierte en tecnologías de la Industria 4.0 para aumentar la eficiencia de su organización. Se presenta en la Figura 5.15 dos gráficos, el de la izquierda representando los hospitales de tercer nivel, los cuales respondieron Casi Nunca un 67% de ellos, y el gráfico de la derecha perteneciente a los de segundo nivel quienes respondieron con más frecuencia Ocasionalmente con un 43%.

**Figura 5.15**

**Frecuencia con la que se invierte dinero en implementación de tecnologías provenientes de la Industria 4.0 para aumentar la eficiencia**



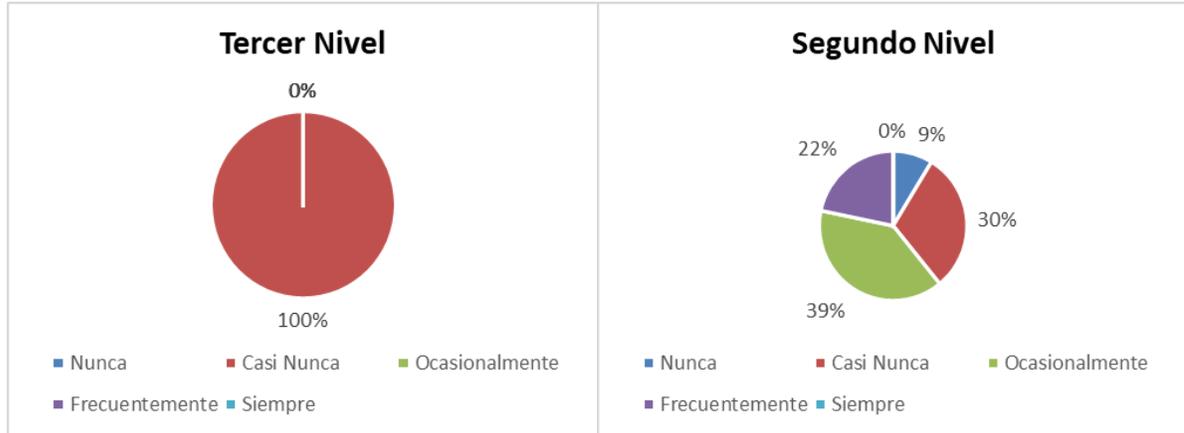
Fuente: Elaboración propia

En la figura 5.16 se encuentra el resultado sobre la frecuencia con la que se realiza una gestión de innovación tecnológica dentro del hospital. Casi nunca fue la respuesta elegida por todos los hospitales de tercer nivel mientras que Ocasionalmente fue la más seleccionada con 39% en los hospitales de segundo nivel, seguido de cerca por Casi nunca con un 30%.

**Figura 5.16**

**Frecuencia con la que se realiza una gestión tecnológica en el hospital**

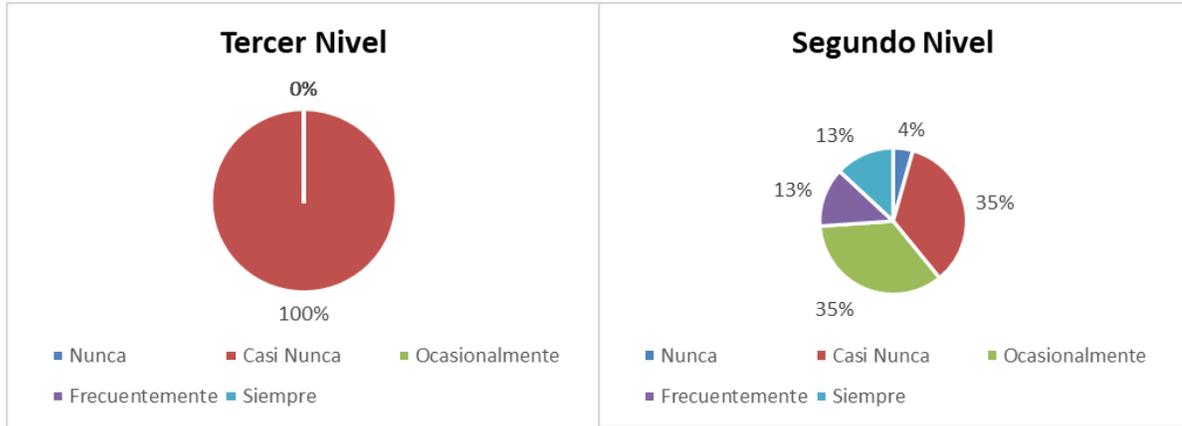
Fuente: Elaboración propia



Se cuestionó también la frecuencia con la que el hospital actualiza su equipamiento. De nueva cuenta, Casi nunca fue la opción seleccionada por todos los hospitales de tercer nivel, mientras que los de segundo seleccionaron Ocasionalmente y Casi nunca con mayor frecuencia con un 35% de respuesta respectivamente. Esto puede ser observado en la Figura 5.17.

**Figura 5.17**

**Frecuencia con la que se actualiza el equipamiento en el hospital**

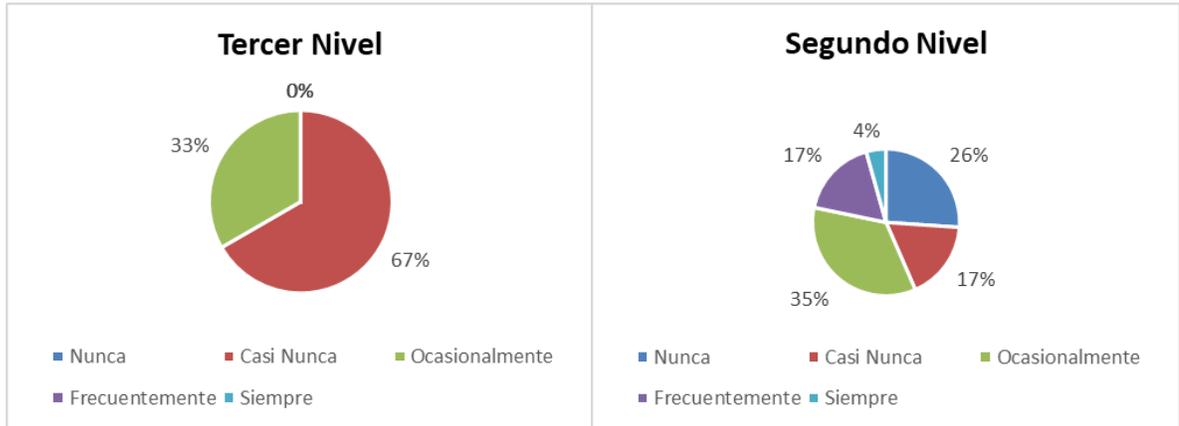


Fuente: Elaboración propia

La siguiente pregunta fue relacionado a la frecuencia con la que es utilizado equipamiento controlado equipamiento por medio de tecnologías derivadas de la Industria 4.0. El 67% de los hospitales de tercer nivel respondió Casi nunca seguido de un 33% que respondió Ocasionalmente. En los hospitales de segundo nivel la respuesta Ocasionalmente fue la más elegida con 35% de selección. Esto se puede observar en la Figura 5.18.

**Figura 5.18**

**Frecuencia con la que es utilizado equipamiento controlado por medio de las tecnologías derivadas de la industria 4.0**

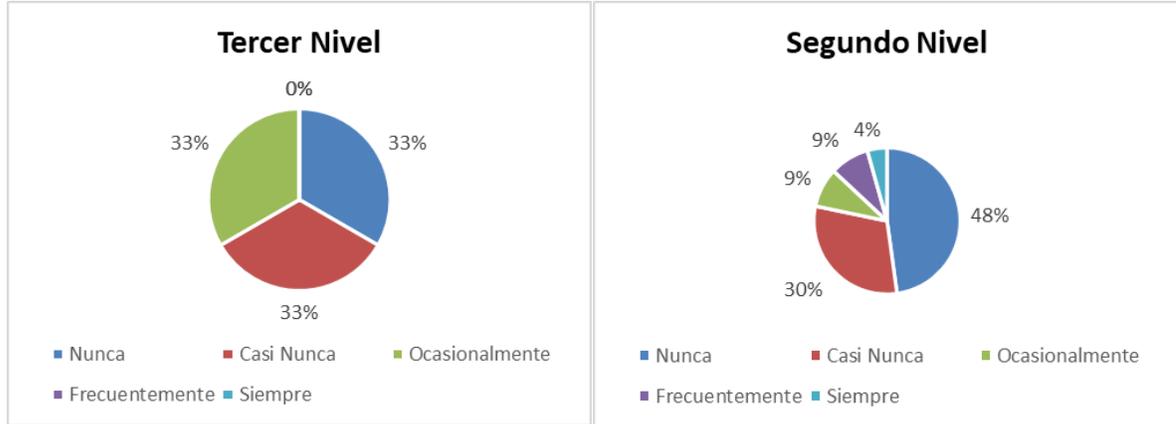


Fuente: Elaboración propia

Se preguntó la frecuencia con la que utilizan el modelado digital dentro del hospital. Los clasificados como tercer nivel eligieron Nunca, Casi nunca y Ocasionalmente equitativamente con un 33% de respuesta cada uno. Los de segundo nivel respondieron 48% Nunca seguido de 30% Casi nunca por lo que se puede inferir que Casi nunca se utiliza esta tecnología en los hospitales de Yucatán. Dichos resultados se pueden visualizar en la Figura 5.19.

**Figura 5.19**

**Frecuencia con la que se utiliza el modelado digital dentro del hospital**

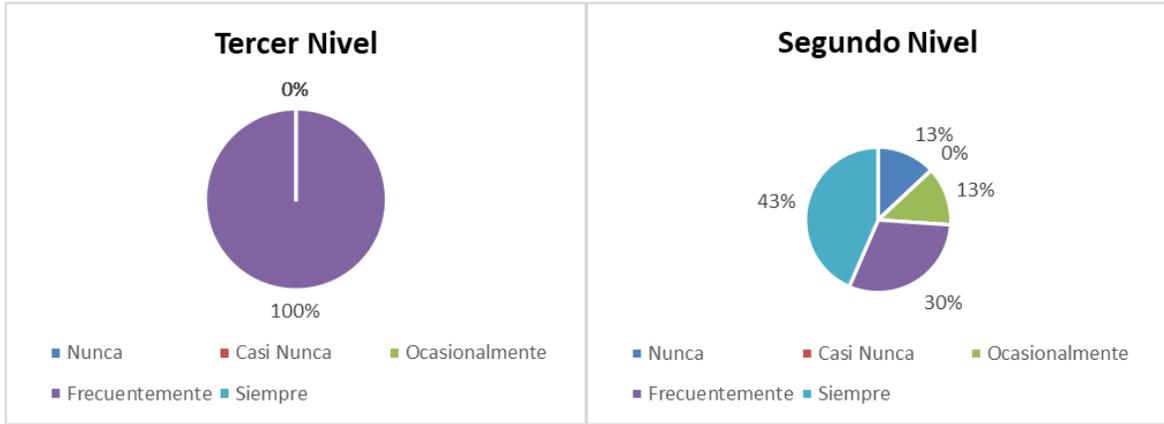


Fuente: Elaboración propia

De manera similar a la anterior, se preguntó la frecuencia con la que utilizan las tecnologías derivadas de la Industria 4.0 para almacenar datos, La Nube. Frecuentemente fue la opción seleccionada por todos los hospitales de tercer nivel y por parte de los de segundo el 43% seleccionó que nunca seguido de un 30% Siempre. Por lo que se puede establecer que La nube es altamente utilizada en ambos niveles de atención.

**Figura 5.20**

**Frecuencia con la que se utiliza la nube para el resguardo de datos.**

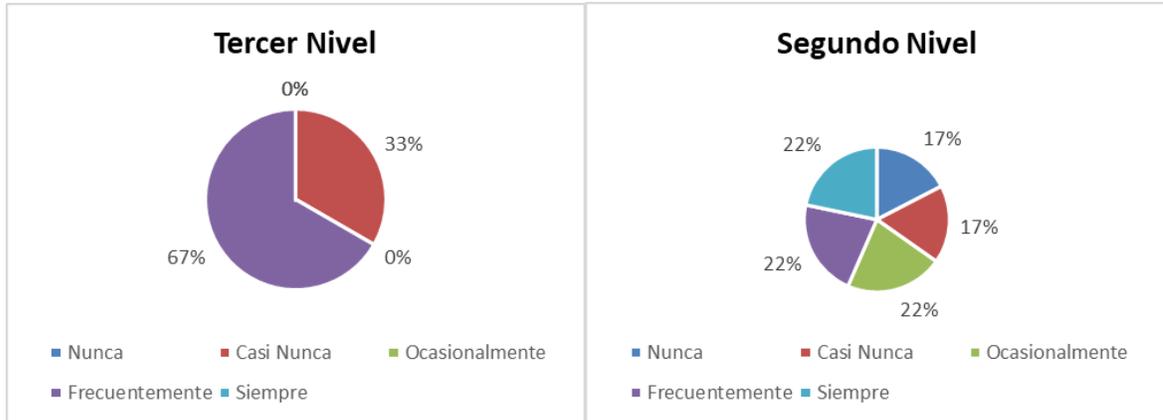


Fuente: Elaboración propia

En la Figura 5.21 se puede observar los resultados para la pregunta sobre la frecuencia con la que se utiliza la seguridad informática en el hospital. Dentro de los hospitales de tercer nivel la respuesta más seleccionada fue Frecuentemente con un 67% de selección y en los hospitales de segundo nivel las respuestas fueron más parejas en todas sus selecciones habiendo un 22% de selección en Siempre, Frecuentemente y Nunca, mientras que un 17% en Nunca y Ocasionalmente.

**Figura 5.21**

**Frecuencia con la que se utiliza la seguridad informática en el hospital.**



Fuente: Elaboración propia

Una de las principales diferencias que se pueden observar con los resultados obtenidos es la falta de inversión de presupuesto a las tecnologías derivadas de la Industria 4.0 que presentan los hospitales de tercer nivel a diferencia de los hospitales de segundo nivel, en los cuales se puede observar una respuesta con tendencia positiva en cuanto a la frecuencia de inversión de presupuesto. Esto se puede deber al tipo de hospital que conforman las categorías del estudio, es decir, los tres hospitales que conforman el tercer nivel de atención en Yucatán son de iniciativa pública, mientras que los hospitales de segundo nivel encuestados pertenecen a ambas iniciativas, tanto privada como pública. Esto sugiere que la diferencia en la inversión podría estar vinculada a la disponibilidad de recursos, prioridades y políticas que existen entre las iniciativas que caracterizan dichos hospitales. Este hallazgo en conjunto con la poca gestión tecnológica y renovación de equipamiento médico podría tener implicaciones para la eficiencia operativa, calidad de atención y capacidad de adaptación a las innovaciones tecnológicas en el sector de la salud en los niveles estudiados.

El uso de La Nube para el almacenamiento de datos y Ciberseguridad fueron seleccionadas en ambas categorías de manea Frecuente, de manera que se puede

afirmar que son las tecnologías derivadas de la Industria 4.0 más utilizadas por ambos niveles e iniciativas. Esto se puede deber al cumplimiento normativo que una institución de salud como los hospitales de segundo y tercer nivel de atención están siendo obligados a cumplir como parte de regulaciones de privacidad y seguridad de datos. Esto puede ayudar a los hospitales a proteger la información del paciente de manera adecuada y obtener beneficios operativos con el intercambio en tiempo real de información clínica.

### **5.5 Modelo de impacto en la madurez tecnológica en hospitales de segundo y tercer nivel de atención**

Se puede clasificar dentro de los 6 niveles que propone la herramienta utilizada para catalogar el nivel de “preparación” para la industria 4.0, en los hospitales de segundo y tercer nivel de atención, dentro del nivel 1, el cual representa un nivel principiante, siendo La Nube la herramienta más utilizada dentro de la población estudiada y con más desarrollo en su uso. Para identificar las variables que tienen más impacto en la madurez tecnológica dentro de dichos hospitales en Yucatán, es necesario utilizar un modelo que se adapte o clasifique las tecnologías 4.0 que se tienen adoptadas en la actualidad. Basándose en los modelos presentados en el marco teórico, se sugiere que el *Information Systems for Health Maturity Model (IS4H-MM)*, diseñado por la Organización Panamericana de la Salud para evaluar la adopción de registros médicos electrónicos en hospitales y sistemas de salud, proporcione las variables a identificar.

El modelo IS4H-MM es una guía que orienta a los sistemas de información en salud en su evolución durante la era de la información y el conocimiento. Describe cómo los países y organizaciones pueden mejorar su capacidad para operar, interactuar y aprovechar estos avances. Este modelo utiliza 5 niveles progresivos para clasificar sus niveles de madurez y proporciona los conocimientos necesarios para planificar el camino a seguir con planes y hojas de ruta para los sistemas de información. Se puede observar en la Tabla 5.5 los niveles de madurez y el enfoque respectivo

**Tabla 5.5**

**Niveles de madurez tecnológica en el modelo IS4H-MM**

Nivel de madurez IS4H	Descripción	Enfoque
1	En este nivel, la organización tiene una capacidad limitada o inexistente para implementar sistemas de información en salud. Puede haber una falta de recursos, capacidades técnicas o conciencia sobre la importancia de los sistemas de información en salud.	Establecer una base para la implementación de sistemas de información en salud, aumentando la conciencia y desarrollando capacidades básicas.
2	En este nivel, la organización ha comenzado a implementar sistemas de información en salud, pero su alcance y eficacia son limitados. Pueden existir algunos sistemas aislados o proyectos piloto, pero la integración y coordinación entre ellos son insuficientes.	Expandir la implementación de sistemas de información en salud, mejorando la coordinación y la integración entre los diferentes sistemas y proyectos.
3	En este nivel, la organización ha logrado un progreso significativo en la implementación de sistemas de información en salud. Los sistemas están más integrados y se utilizan de manera más efectiva para la recopilación, gestión y uso de datos de salud. Sin embargo, aún hay áreas de mejora en términos de interoperabilidad y capacidad analítica.	Mejorar la eficacia y eficiencia de los sistemas de información en salud, aumentando la interoperabilidad y fortaleciendo las capacidades analíticas para una toma de decisiones más informada.
4	En este nivel, la organización tiene sistemas de información en salud altamente desarrollados y eficaces. Existe una integración sólida entre los sistemas y se utilizan de manera efectiva para mejorar la toma de decisiones clínicas, operativas y estratégicas. La organización también puede tener capacidades analíticas avanzadas y una cultura de uso de datos.	Optimizar el uso de sistemas de información en salud para mejorar continuamente la calidad y eficiencia de la atención, así como fortalecer la capacidad de análisis para la innovación y la toma de decisiones estratégicas.
5	En este nivel, la organización ha alcanzado la excelencia en la implementación de sistemas de información en salud. Los sistemas son altamente avanzados, interoperables y están completamente integrados en todos los aspectos de la prestación de servicios de salud. Se utilizan de manera eficiente para mejorar continuamente la calidad de la atención y los resultados de salud.	Consolidar el liderazgo en sistemas de información en salud, manteniendo un enfoque en la innovación y la mejora continua para seguir siendo líderes en la prestación de atención de salud de alta calidad y centrada en el paciente.

Fuente: Elaboración propia basado en el modelo IS4H-MM (Organización Panamericana de la Salud, 2019).

Se evalúa la madurez considerando las características fundamentales de la capacidad para lograr cada objetivo estratégico en cada nivel del modelo de madurez. Una organización podría mostrar distintos niveles de madurez en relación con cada área estratégica. Se presenta en la Tabla 5.6 las variables de madurez tecnológica que el modelo IS4H-MM utiliza para evaluar dichos niveles de desarrollo.

**Tabla 5.6**  
**Variables de madurez tecnológica en el modelo IS4H-MM**

Variable	Descripción
Gestión de Datos	Evaluación de la capacidad del sistema de información para recopilar, almacenar, procesar y gestionar datos de salud de manera efectiva.
Interoperabilidad	Evaluación de la capacidad del sistema de información para intercambiar datos de manera efectiva con otros sistemas y plataformas, tanto dentro como fuera de la organización de salud.
Seguridad de la Información	Evaluación de las medidas de seguridad implementadas para proteger los datos de salud contra accesos no autorizados, pérdidas y divulgaciones indebidas.
Infraestructura tecnológica	Evaluación de la calidad y capacidad de la infraestructura tecnológica subyacente que soporta el sistema de información en salud.
Capacidades Analíticas	Evaluación de la capacidad del sistema de información para analizar y utilizar datos de salud de manera efectiva para la toma de decisiones.
Usabilidad y Experiencia del Usuario	Evaluación de la facilidad de uso y la satisfacción del usuario al interactuar con el sistema de información en salud.

Fuente: Elaboración propia pasado en el modelo IS4H-MM (Organización Panamericana de la Salud, 2019).

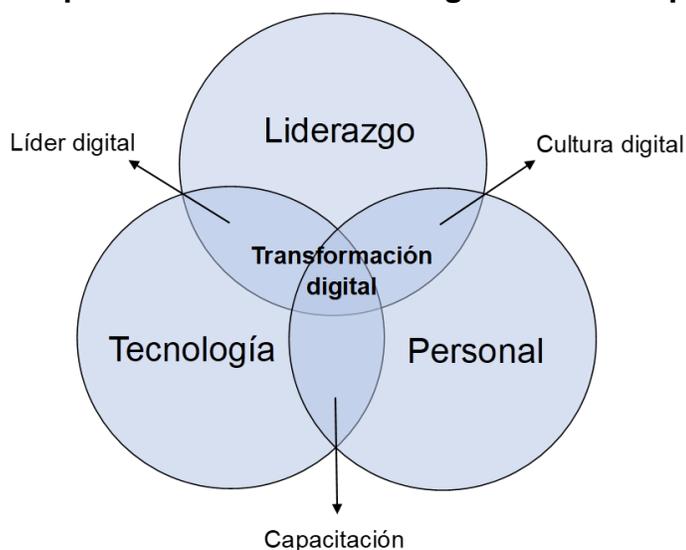
## 5.6 Estrategia para facilitar la transformación digital mediante la adopción de tecnologías derivadas de la Industria 4.0

En un mundo cada vez más digitalizado, la adopción de herramientas tecnológicas en el ámbito hospitalario se ha vuelto una necesidad urgente. Sin embargo, muchos hospitales enfrentan desafíos significativos en la implementación efectiva de estas tecnologías debido a una infraestructura obsoleta, recursos limitados y una cultura organizacional resistente al cambio. En este escenario, la transformación digital se convierte en una tarea compleja y desafiante para las instituciones de salud. El objetivo es proporcionar un marco de referencia que facilite el proceso de transformación digital, permitiendo a los hospitales adaptarse y mejorar en esta transición.

A manera de propuesta, se presenta en la Figura 5.22 un modelo basado en la Triple Hélice (TH), propuesto por Henry Etzkowitz y Loet Leydesdorff (1995), sobre los aspectos más importantes y su interacción entre estos elementos para lograr una transformación digital exitosa dentro de un hospital.

**Figura 5.22**

### **Pilares para la transformación digital en un hospital**



Fuente: Elaboración propia basado en modelo de TH.

El modelo de la triple hélice es un marco teórico que describe la interacción dinámica entre el gobierno, la industria y la academia en el proceso de innovación y desarrollo económico. Este modelo se basa en la idea de que la colaboración y la interdependencia entre estas tres esferas principales de la sociedad son fundamentales para fomentar la innovación y el crecimiento sostenible en una economía basada en el conocimiento. En la triple hélice, cada una de las hélices o esferas representa un actor clave en el proceso, para la estrategia que se propone en este estudio, la adaptación de cada factor clave queda de la siguiente manera:

El liderazgo representa al gobierno. El liderazgo y el compromiso de la alta dirección son fundamentales para impulsar y respaldar la transformación digital. Los líderes deben establecer una visión clara, políticas de regulación, comunicar eficazmente a toda la organización y asegurarse de que haya recursos adecuados disponibles para llevar a cabo la transformación. Además, deben liderar con el ejemplo al adoptar nuevas tecnologías y promover una cultura organizacional que fomente la innovación y el cambio.

La tecnología representa a la industria. La organización debe asegurarse de tener la infraestructura tecnológica adecuada en su lugar, incluyendo sistemas de información integrados, equipamiento actualizado, redes robustas y seguridad de datos sólida. Es importante revisar y optimizar los procesos internos para garantizar que sean compatibles con las nuevas tecnologías por adoptar y permitir una colaboración efectiva. Por último, esta esfera debe incluir a proveedores y empresas de atención médica digital, consultores especializados en salud digital y otras organizaciones en el sector privado que pueden proporcionar soluciones tecnológicas y experiencia en transformación digital.

El personal representa a la academia. La cultura organizacional y las habilidades del personal juegan un papel crucial en el éxito de la transformación digital. Es importante que la organización fomente una cultura que valore la innovación, el aprendizaje continuo, la colaboración y la adaptabilidad del cambio. Además, es

fundamental que el personal tenga las habilidades digitales necesarias para utilizar y aprovechar al máximo las nuevas tecnologías. Esto puede implicar proporcionar capacitación y desarrollo profesional en habilidades digitales, así como contratar o formar equipos con experiencia en tecnología digital.

Estos tres aspectos son cruciales para sentar las bases de una transformación digital exitosa en cualquier hospital. Sin embargo, lograr la sinergia entre sí es el reto más importante en la adopción de esta estrategia. Para ello se presentan las interacciones que cada esfera presenta y los puntos clave para impulsar alcanzar dicho éxito.

**Interacción Liderazgo-Tecnología.** Derivado de esta interacción debe surgir un líder digital, alguien que comprenda el potencial transformador de la tecnología en la organización y pueda articular una visión clara de cómo aprovecharla para lograr los objetivos estratégicos. Un líder digital debe tener la capacidad de guiar, inspirar y fomentar una cultura organizacional hacia un aprendizaje continuo, creativo y con pensamiento disruptivo. Esto incluye comprender las tendencias tecnológicas, evaluar las soluciones digitales disponibles y tomar decisiones informadas sobre la adopción y la implementación de tecnología.

**Interacción Tecnología-Personal.** La capacitación continua es la clave para esta interacción ya que la tecnología solo puede ser efectiva si es utilizada adecuadamente por el personal. Cuando el personal está bien capacitado y motivado, se siente cómodo utilizando la tecnología, pueden aprovechar al máximo sus capacidades para mejorar los procesos de atención médica y la experiencia del paciente.

**Interacción Personal-Liderazgo.** Se planteó que el liderazgo debe comunicar claramente la visión y los objetivos de la transformación digital, así como involucrar al personal en el proceso. Este líder debe promover la colaboración y el trabajo en equipo, fomentar la flexibilidad y adaptabilidad al cambio, y empoderar al personal para aprovechar al máximo las nuevas tecnologías. Cuando el personal se siente parte del proceso de transformación digital y ve el apoyo del liderazgo, es más probable que

contribuya de manera proactiva al éxito de la iniciativa como parte de una nueva cultura digital.

Una vez definido los elementos que componen el modelo propuesto y sus interacciones, se tienen que realizar los siguientes pasos para la implementación de un proyecto de transformación digital como parte de la estrategia

**Evaluación de la situación actual.** Se debe comenzar realizando una evaluación exhaustiva de la situación actual del hospital, identificando las áreas donde la adopción de tecnologías 4.0 es baja y los principales obstáculos que impiden su implementación. Dentro de esta evaluación, se deben presentar datos y evidencias mediante métricas de rendimiento y retroalimentación de los usuarios sobre las tecnologías ya implementadas, con el fin de establecer una relación costo beneficio para determinar la rentabilidad de inversión en la optimización de las tecnologías ya implementadas o en la adopción de nuevas herramientas. En esta etapa se debe tener identificado los componentes de las tres esferas para determinar la prioridad de la inversión cuando se realice el análisis de costos y recursos.

**Desarrollo de una visión y objetivos claros.** Establecer una visión clara y objetivos específicos de transformación digital en el hospital. Esto podría incluir mejorar la eficiencia operativa, optimizar la atención al paciente, aumentar la seguridad de los datos y mejorar la colaboración entre los profesionales de la salud.

**Análisis de costos y recursos.** Se debe realizar un análisis detallado de costos y recursos asociados con la implementación de nuevas tecnologías frente a la optimización de las tecnologías existentes. Es importante identificar riesgos y desafíos considerando posibles interrupciones operativas, resistencia al cambio, inversiones en infraestructura tecnológica y mantenimiento que puedan causar costos adicionales una vez que el plan de implementación esté en marcha. La priorización del recurso debe estar alineado a la visión y los objetivos establecidos. En caso de la adopción de nuevas tecnologías se debe priorizar la inversión en la esfera de tecnología, debido a que se debe contar con la infraestructura necesaria para la adopción de la herramienta

elegida. La esfera de personal, donde se involucra toda capacitación en la adopción de la herramienta y mejora de habilidades del personal debe, debe seguir en el orden de prioridades de inversión de presupuesto.

Creación de conciencia y capacitación. Llevar a cabo programas de concientización y capacitación para el personal sanitario del hospital sobre la importancia y los beneficios de transformación digital es importante para hacer frente a la resistencia al cambio. Esto debe incluir sesiones de formación sobre las nuevas tecnologías disponibles, aplicaciones en el ámbito de la salud y cómo pueden mejorar la eficiencia y la calidad de atención. Es importante considerar que dichas reuniones deben ser realizadas y adaptadas para los diferentes niveles de operación que existen dentro de un hospital, enfocados en resaltar los beneficios que traen dichas tecnologías para los diferentes perfiles operativos.

Implementación gradual y evaluación continua. Implementar los cambios de manera gradual, comenzando con proyectos piloto en áreas específicas y evaluando continuamente los resultados para realizar ajustes y mejoras en el proceso de transformación digital.

## 5.7 Principales resultados del estudio

A continuación, se presenta la Tabla 5.7 con el objetivo de presentar un resumen, por cada objetivo específico planteado en esta investigación, de los principales resultados obtenidos.

**Tabla 5.7**

**Principales resultados por objetivos específicos del estudio**

Objetivo específico	Principales resultados
1.- Determinar cuáles son las herramientas tecnológicas aplicadas en el sector público y privado de la salud provenientes de la Industria 4.0	Se encuentran tendencias de desarrollo en sistemas de gestión informáticos, inteligencia artificial como apoyo para análisis y diagnóstico de enfermedades, dispositivos <i>wearables</i> , telemedicina, equipamiento médico controlado a distancia.

<p>2.- Identificar cuáles son las tendencias en la implementación de las tecnologías de la industria 4.0 en el sector hospitalario de la salud en Yucatán</p>	<p>Se identifica principalmente la adopción de sistemas informáticos de gestión como el ECE, HIS, RIS, LIS así como programas de telemedicina para programas de apoyo a la salud en Yucatán.</p>
<p>3.- Identificar similitudes entre hospitales de la misma categoría, de segundo y tercer nivel de atención en Yucatán, el nivel de implementación de las tecnologías de la Industria 4.0 aplicables en el sector Salud</p>	<p>Se encuentra que en los hospitales de tercer nivel tienen una baja frecuencia de inversión de presupuesto en gestión tecnológica a diferencia de los hospitales de segundo nivel. Se puede deber al tipo de sector hospitalario ya que el 100% de los hospitales de tercer nivel son públicos mientras que los de segundo nivel se encuentran en proporción homogénea.</p>
<p>4.- Analizar el nivel de capacitación del personal sanitario para el manejo de las tecnologías implementadas en los hospitales de segundo y tercer nivel de atención en Yucatán.</p>	<p>El 69.2% de los hospitales Nunca o Casi Nunca capacitan a su personal sobre la industria 4.0. Solamente el 11.5% de los hospitales cuentan con empleados que acuden con ideas que contribuyan a la transformación digital.</p>
<p>5.- Diseñar un modelo que permita identificar las variables que tienen más impacto en la madurez tecnológica dentro de los hospitales de segundo y tercer nivel de atención en Yucatán.</p>	<p>Conocimiento, competencias y capacidades tecnológicas para el uso de La Nube fue la opción más elegida para las habilidades del personal sanitario en los hospitales de segundo y tercer nivel. Se propone un modelo de madurez tecnológica orientado en sistemas de información en salud (IS4H-MM) que se adapta a la situación actual de adopción tecnológica en los hospitales de Yucatán para identificar las variables con más impacto.</p>
<p>6.- Diseñar estrategias que faciliten la transformación digital mediante la implementación de tecnologías derivadas de la Industria 4.0 en los hospitales de segundo y tercer nivel de atención en Yucatán.</p>	<p>Se propone una estrategia basada en el modelo de Triple Hélice para el proceso de transformación digital en los hospitales de segundo y tercer nivel de adopción.</p>

Fuente: Elaboración propia

## **CAPÍTULO VI. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

### **6.1 Conclusiones**

La presente investigación alcanza los objetivos específicos planteados al inicio, mismos que conllevan a completar el objetivo general. Con referencia al objetivo 1: determinar cuáles son las herramientas tecnológicas aplicadas en el sector público y privado de la salud provenientes de la Industria 4.0, se encontró que existen tecnologías derivadas de los pilares de la Industria 4.0 siendo La Nube y el Big Data como las más utilizadas para el desarrollo de diversos sistemas informáticos de gestión dentro de un hospital, así como el resguardo de información de estudios y expedientes clínicos. Se identifica que en el último año la tendencia en aplicaciones del uso de la Inteligencia Artificial como apoyo para realizar diagnósticos en diversas especialidades médicas y posiblemente sea la tecnología que más se utilice en los próximos años para desarrollar nuevas herramientas en el área de la salud.

En cuanto al objetivo 2: identificar cuáles son las tendencias en la implementación de las tecnologías de la industria 4.0 en el sector hospitalario de la salud en Yucatán, con los resultados obtenidos de la encuesta se encontró que el 65.4% de los hospitales utilizan La Nube como principal pilar tecnológico de la Industria 4.0. Esto se puede deber a que tienen implementado algún sistema de gestión de información como el ECE, HIS o RIS. El 34.6% eligió también el uso del Internet de las Cosas, siendo el segundo pilar más utilizado, posiblemente debido al uso de equipos interconectados cuyos resultados y análisis son enviados y almacenados de manera automática como por ejemplo, a través de sistemas de gestión de imágenes. A través de la investigación documental que se realizó, se encontró que el Gobierno del Estado de Yucatán realizó un programa para interconectar a los pacientes y personal de la salud durante la pandemia del COVID-19 por medio de la telemedicina, sin embargo no se obtuvieron resultados o comentarios en los hospitales encuestados sobre su participación en dichos programas, por lo que podría ser una herramienta poco utilizada en el sistema hospitalario.

Sobre el objetivo 3: Identificar similitudes entre hospitales de la misma categoría, de segundo y tercer nivel de atención en Yucatán, el nivel de implementación de las tecnologías de la Industria 4.0 aplicables en el sector Salud, se encontró que la similitud más grande fue la utilización de La Nube en ambos niveles con mayor frecuencia que otras tecnologías derivadas de la industria 4.0. La gran diferencia se pudo notar en la frecuencia con la que se invierte en estas tecnologías y se puede concluir que la iniciativa pública en los hospitales no invierte en la renovación equipamiento y adopción de nuevas tecnologías tanto como la iniciativa privada.

En el objetivo 4: analizar el nivel de capacitación del personal sanitario para el manejo de las tecnologías implementadas en los hospitales de segundo y tercer nivel de atención en Yucatán se concluye que los hospitales de ambos niveles y sectores no invierten casi nunca en capacitar a su personal sanitario para desarrollar habilidades tecnológicas que les permitan una mejor utilización de las herramientas ya adoptadas. A pesar de ello, los participantes tienen el conocimiento sobre la importancia de adquirir dichas capacidades tecnológicas, conocimientos y competencias siendo las opciones de La Nube, Ciberseguridad y el Internet de las Cosas, los pilares donde se necesita más capacitación para adquirir las habilidades necesarias para operarlas de manera óptima.

En cuanto al objetivo 5: diseñar un modelo que permita identificar las variables que tienen más impacto en la madurez tecnológica dentro de los hospitales de segundo y tercer nivel de atención en Yucatán, se determinó que debido a las pocas tecnologías que se tienen adoptadas en la actualidad en los hospitales, se decidió seleccionar un modelo de madurez que se adapte a las tecnologías más utilizadas, dando como resultado la utilización del modelo IS4H-MM para identificar las variables con más impacto. Se concluye que las variables con más impacto en la madurez tecnológica son: la gestión de datos, la interoperabilidad, la seguridad de la información, la infraestructura tecnológica y las capacidades analíticas.

Por último en el objetivo 6: diseñar estrategias que faciliten la transformación digital mediante la implementación de tecnologías derivadas de la Industria 4.0 en los hospitales de segundo y tercer nivel de atención en Yucatán se realizó una propuesta basada en el modelo de la Triple Hélice, donde se adaptaron los actores involucrados en las interacciones de dicho modelo por sus equivalentes dentro de un ambiente hospitalario. Se concluye que la interacción de estos actores, basada en dicho modelo, es importante en todo momento de la estrategia propuesta para realizar una transformación digital exitosa y las etapas que la conforman, deben ser adaptadas y alineadas a los objetivos planteados por la organización que decida utilizarla.

## **6.2 Recomendaciones**

Esta investigación arrojó como resultado una baja implementación en la adopción de tecnologías derivadas de la Industria 4.0 en el sector hospitalario de Yucatán, siendo La Nube como el pilar tecnológico más utilizado y las herramientas que surgen de este. Se detectó que el conocimiento de las herramientas como el ECE, HIS, RIS, etc. está limitado a su operación y comunicación con las áreas involucradas en el proceso, sin embargo, no está orientado a la utilización de dicha información como indicadores de operación y calidad de atención. Si bien es importante realizar capacitaciones continuamente con los usuarios finales para desarrollar las habilidades que permitan una mejor utilización de las herramientas, también es necesario capacitar a los altos directivos para apoyarse de la información que diariamente se almacena y hacer toma de decisiones basadas en el análisis de datos que tienen a su disposición. Esto podría reforzar una cultura de mejora continua dentro de la organización y en el caso de los hospitales se puede traducir en una mejor calidad de atención al paciente.

Se recomienda a las instituciones de salud el desarrollo de líderes digitales cuyo objetivo principal deberá ser evaluar herramientas tecnológicas que beneficien la eficiencia operativa y calidad de atención médica dentro de las instituciones. Este líder deberá actuar como un puente entre los diferentes líderes de las áreas y departamentos que conforman un hospital, para promover la colaboración durante la implementación de las soluciones tecnológicas que se decidan adoptar. Fomentar la

cultura de innovación en el hospital es esencial para mantenerse al día con los avances tecnológicos en el campo de la salud y la formación y capacitación del personal de la salud será clave para garantizar el uso y conciencia de las herramientas digitales a su disposición. Se recomienda el uso del modelo propuesto en esta investigación como guía sobre las interacciones que deben tener en todo momento los elementos principales en una transformación digital, así como los pasos a seguir como parte de una estrategia de mejora continua basada en la adopción de nuevas tecnologías 4.0.

Para estudios futuros se recomienda realizar un análisis sobre el nivel de madurez tecnológica en la adopción de los sistemas de información para la salud, los cuales son la principal herramienta utilizada proveniente de la Industria 4.0 en el Estado de Yucatán actualmente. Esto puede proporcionar un diagnóstico con más profundidad sobre el aprovechamiento de dichos sistemas en los hospitales y con base en ello diseñar estrategias para una mejor utilización de la tecnología. La Organización Panamericana de la Salud proporciona una herramienta para realizar dicho diagnóstico basado en el modelo de madurez IS4H.

## BIBLIOGRAFÍA CITADA

- Abellán, F. (2019). *El paciente digital y la e-Salud*.
- Afferni, P., Merone, M., & Soda, P. (2018). Hospital 4.0 and Its Innovation in Methodologies and Technologies. *Proceedings - IEEE Symposium on Computer-Based Medical Systems, 2018-June*, 333–338. <https://doi.org/10.1109/CBMS.2018.00065>
- AIDIMME. (2016). *Sistemas Avanzados de eficiencia productiva para la Industria 4.0*.  
[http://intranet.aidimme.es/acceso\\_externo/difusion\\_proyectos/adjuntos\\_resultados/E1\\_2\\_Modelo\\_Referencia\\_PUB.pdf](http://intranet.aidimme.es/acceso_externo/difusion_proyectos/adjuntos_resultados/E1_2_Modelo_Referencia_PUB.pdf)
- Alcocer, J., Varela, A., de Salud, S., Zoé, M., Aburto, R., Luis, M., Pineda, A. R., Ebba, D. A., Laurell, C., López-Gatell, H., Subsecretario De Prevención Y Promoción, R., Salud, L., Flores Jiménez, P., Juan, M., Ferrer Aguilar, A., Alonso, J., Baeza, N., Ignacio, J., Preciado, S., ... García, V. (2020). *Atención primaria de salud integral e ingrada APS-I Mx: La propuesta metodológica y operativa*.
- Alonso, P., Álvarez, J., Barrubés, J., Bas, M., Blanco, B., Boins, J., Burillo, G., Cabrero, A., Codesido, M., Colao, Á., Crespo de la Cruz, P., de Blas, P., del Prado, A., Gómez, L., Gómez, A., Guijarro, J., Jiménez, C., Miguens, I., Montes, A., ... Vázquez, C. (2020). *Libro blanco del smart hospital*.
- Asociación Cluster de Industria de Medio Ambiente de Euskadi. (2018). *Tecnología e industria 4.0: la sostenibilidad en la cuarta Era Industrial*.
- Baptista, D., Bosch, M., García, M., Jaar, D., Ospino, C., PAgés, C., Ripani, L., & Rucci, G. (2018). The Future of Work: Regional Perspectives. *The Future of Work: Regional Perspectives*.  
<https://doi.org/10.18235/0001059>
- Barrera, E. (2016). Web 2.0 para la gestión eficiente del conocimiento del profesional sanitario: aplicación práctica y estrategia docente. *aprovisionamiento y suministros Gest y Eval Cost Sanit*, 17(3), 287–301.
- Basco, A. I., Beliz, G., Coatz, D., & Garnero, P. (2018). Industria 4.0: Fabricando el Futuro. *Industria 4.0: Fabricando el Futuro*. <https://doi.org/10.18235/0001229>
- Berltrán, G., Parra-Michel, J., Ceja-Bravo, Leobardo., Olivares, S., & Martínez-Peláez, R. (2021). *¿Qué es industria 4.0?: elementos clave de la industria 4.0*.  
[https://www.researchgate.net/publication/350601764\\_Que\\_es\\_industria\\_40\\_elementos\\_clave\\_de\\_la\\_industria\\_40](https://www.researchgate.net/publication/350601764_Que_es_industria_40_elementos_clave_de_la_industria_40)
- Bravo, E. (2019). *Hospitales inteligentes: ciudades dentro de ciudades*.  
<https://tomorrow.city/a/hospitales-inteligentes-ciudades-dentro-de-ciudades>

- Burr, C., Piño, A., Quirioz, L., & Martín-Lunas, E. (2011). *Guía para el paciente participativo*. <http://ccs.ciesas.edu.mx>
- Castrillo, M. (2019). *Implantación y evaluación de la Industria 4.0* [Universidad de Burgos]. <https://riubu.ubu.es/handle/10259/5189>
- Cepeda, J. (2018). *Las 7 competencias clave hacia una salud digital*. <https://www.saludconectada.com/las-7-competencias-clave-hacia-una-salud-digital/>
- Chen, B., Baur, A., Stepniak, M., & Wang, J. (2019). *Finding the future of care provision: The role of smart hospitals | McKinsey*. <https://www.mckinsey.com/industries/healthcare-systems-and-services/our-insights/finding-the-future-of-care-provision-the-role-of-smart-hospitals>
- CIMAA. (2020). *Ecosistema de innovación iQ4.0*.
- Cruz, F., Elizondo, S., Sánchez, J., Loría, J., & Cortes, H. (2017). Nueva etapa, hospital seguro y resiliente. *Arch. Med. Urgen. Mex*, 10, 27–30.
- de Val Pardo, I. (s/f). *MÁS ALLÁ DE LA INDUSTRIA 5.0: REALIDAD Y DESEO Inteligencia humana y artificial View project Innovación empresarial View project*. <https://www.researchgate.net/publication/353666728>
- del Val, J. (2016). *CONFERENCIA DE DIRECTORES Y DECANOS DE INGENIERÍA INFORMÁTICA Industria 4.0: la transformación digital de la industria*.
- Demir, K. A., Döven, G., & Sezen, B. (2019). Industry 5.0 and Human-Robot Co-working. *Procedia Computer Science*, 158, 688–695. <https://doi.org/10.1016/J.PROCS.2019.09.104>
- Díaz, C. (2021, noviembre 14). *El sistema de salud 4.0 – Gestión y Economía de la Salud Profesor Carlos Alberto Díaz*. <https://saludbydiaz.com/2021/11/14/el-sistema-de-salud-4-0/>
- Díaz, M., Cruz, A., & Ruiz, H. (2018). *Instrumento de diagnóstico y autoevaluación para medir las condiciones organizacionales hacia la nueva revolución industrial 4.0*. 6(35). [www.riiit.com.mx](http://www.riiit.com.mx)
- Díaz-Martínez, M. A., Ruíz-Hernández, S., Román-Salinas, R. v., Estrada-Cadena, G., Díaz-Martínez, M. A., Ruíz-Hernández, S., Román-Salinas, R. v., & Estrada-Cadena, G. (2021). Aplicación móvil “AppIndustria 4.0”: una herramienta para la evaluación de las organizaciones en industria 4.0. *Información tecnológica*, 32(4), 53–64. <https://doi.org/10.4067/S0718-07642021000400053>
- Etzkowitz, H. & Leydesdorff, L. (1995). The triple helix university-industry-government relations: A laboratory for knowledge based economic development. *Easst Review*, 14 (1), 14-19.
- European Comission. (2022). *Industry 5.0, a transformative vision for Europe | European Commission*. [https://ec.europa.eu/info/publications/industry-50-transformative-vision-europe\\_en](https://ec.europa.eu/info/publications/industry-50-transformative-vision-europe_en)

- Fugisava, M. (2020, junio 26). *La era de los hospitales 4.0 - Revista Infraestructura y Desarrollo en México*. <https://www.revistainfraestructura.com.mx/la-era-de-los-hospitales-4-0/>
- García, E. S. (2017). *EL CAMBIO CLIMÁTICO UNO DE LOS OBJETIVOS DE LAS SMART CITIES*.
- Gómez, O., Sesma, S., Becerril, V., Knaul, F., Arreola, H., & Frenk, J. (2011). Sistema de salud de México. *Salud Pública de México*, 53, s220–s232.  
[http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0036-36342011000800017&lng=es&nrm=iso&tlng=es](http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0036-36342011000800017&lng=es&nrm=iso&tlng=es)
- Herández, R., Fernández, C., & Baptista, P. (2014). *Metodología de la Investigación* (Sexta Edición). <https://www.uca.ac.cr/wp-content/uploads/2017/10/Investigacion.pdf>
- Informa Markets. (2020). *Hospital 4.0: la digitalización de salud al alcance de tu mano*.
- Jiménez, J. (2020). *Nivel de implementación de la Industria 4.0 en empresas de manufactura en Mérida, Yucatán*. Instituto Tecnológico de Mérida.
- Kim, K., & Moody, P. M. (1992). More resources better health? A cross-national perspective. *Social Science & Medicine*, 34(8), 837–842. [https://doi.org/10.1016/0277-9536\(92\)90253-M](https://doi.org/10.1016/0277-9536(92)90253-M)
- Lanzagorta, D., Carrillo, D. L., & Carrillo, R. (2022). Inteligencia artificial en medicina: presente y futuro. *Gaceta médica de México*, 158, 17–21. <https://doi.org/10.24875/GMM.M22000688>
- Leguizamón, A. (2020, noviembre). *Estrategia de Christus Muguerza para tener hospitales 100 digitales*. Estrategia de Chistus Muguerza para tener hospitales 100% digitales.  
<https://www.elhospital.com/temas/Estrategia-de-Christus-Muguerza-para-tener-hospitales-100-digitales+136085?pagina=1>
- ManPowerGroup. (2019). *Revolución de Habilidades 4.0*.
- Medinaceli, K., Silva, M., Medinaceli, K., & Silva, M. (2021). Impacto y regulación de la Inteligencia Artificial en el ámbito sanitario. *Revista IUS*, 15(48), 77–113.  
<https://doi.org/10.35487/RIUS.V15I48.2021.745>
- Mejía, M., Camacho, A., & Marcelino, M. (2020). *Estrategias del sector público y privado para la implementación de la Industria 4.0 en México | UPIICSA. Investigación Interdisciplinaria*.  
<http://www.ruui.ipn.mx/index.php/RUII/article/view/74>
- Meskó, B., Drobni, Z., Bényei, É., Gergely, B., & Gyórfy, Z. (2017). Digital health is a cultural transformation of traditional healthcare. *mHealth*, 3, 38–38.  
<https://doi.org/10.21037/MHEALTH.2017.08.07>

- Montero, J., Merino, F. J., Monte, E., Ávila de Tomás, J., & Cepeda Díez, J. (2020). Key digital skills for healthcare professionals. *Educacion Medica*, 21(5), 338–344. <https://doi.org/10.1016/J.EDUMED.2019.02.010>
- Montesino, L., Mejía, O. Á., & Romero-Conrado, A. R. (2020). Tendencias y desarrollo de las tecnologías de la Industria 4.0 en el sector de la salud. *International Journal of Management Science and Operation Research*, 5(1), 1–6. <https://doi.org/10.17981/IJMSOR.05.01.01>
- Navarrete, F. E. R., & Cabrera, N. Y. R. (2018). El panorama de la industria 4.0 en el marco de la formación profesional del talento humano en salud. *REDIIS / Revista de Investigación e Innovación en Salud*, 2, 99–111. <https://doi.org/10.23850/REDIIS.V2I0.2081>
- Navarro, M., & Sabalza, X. (2016). *Reflexiones sobre la industria 4.0 desde el caso vasco - Dialnet*. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=5487066>
- Newseek, & Statista Inc. (2021). *Best Hospitals 2021 - Mexico*. <https://www.newsweek.com/best-hospitals-2021/mexico>
- Organización Mundial de la Salud. (2020). *COVID-19 Y TELEMEDICINA*.
- Organización Panamericana de la Salud. (2013). *Salud, ambiente y desarrollo sostenible: hacia el futuro que queremos Programa Especial de Desarrollo Sostenible y Equidad en Salud*.
- Organización Panamericana de la Salud. (2018). *HERRAMIENTA PARA HOSPITALES INTELIGENTES*.
- Organización Panamericana de la Salud. (2019). *IS4H Niveles del análisis de madurez-Versión 2.0*.
- Payne, J. (2021). *Hospital 4.0: What will the hospital of the future look like? - Med-Tech Innovation*. MedTech Insights. <https://www.med-technews.com/medtech-insights/digital-in-healthcare-insights/hospital-4-0-what-will-the-hospital-of-the-future-look-like/>
- Pombo, C., Gupta, R., & Stankovic, M. (2018). *Servicios sociales para ciudadanos digitales: Oportunidades para América Latina y el Caribe*. <https://doi.org/10.18235/0001105>
- Rodriguez Garcia, R., & Goldman, A. (1996). *La conexión salud-desarrollo*. <https://iris.paho.org/handle/10665.2/3094>
- Roemer, M. I., & Roemer, R. (1990). Global health, national development, and the role of government. *American Journal of Public Health*, 80(10), 1188. <https://doi.org/10.2105/AJPH.80.10.1188>
- Sánchez, D. (2018). *Marco para la evaluación en la implementación de la Industria 4.0*. Universidad de Sevilla.

- Savirón, C. (2020, diciembre 14). *Salud 4.0: Digitalizada y centrada en el paciente*.  
<https://www.itainnova.es/blog/big-data-y-sistemas-cognitivos/salud-4-0-digitalizada-y-centrada-en-el-paciente/>
- Schwab, K. (2016). *La cuarta revolución industrial*.
- Sjøbakk, B. (2018). The Strategic Landscape of Industry 4.0. *IFIP Advances in Information and Communication Technology, AICT-536*(Part II), 122–127. [https://doi.org/10.1007/978-3-319-99707-0\\_16](https://doi.org/10.1007/978-3-319-99707-0_16)
- Soraca, L. M., Mejía, O. Á., & Romero-Conrado, A. R. (2020). Tendencias y desarrollo de las tecnologías de la Industria 4.0 en el sector de la salud. *IJMSOR: International Journal of Management Science & Operation Research*, 5(1), 1–6.  
<https://doi.org/10.17981/IJMSOR.05.01.01>
- Taiz, L., Avendaño, M., Maria, A., & Gonzalez-Perez, A. (2019). *Industria 5.0: ¿Vuelve el hombre al centro de los procesos de producción?*
- TOTVS. (2021). *¿Qué es la industria 5.0? Conoce a la manufactura del futuro en 4 datos clave*. - TOTVS.  
<https://es.totvs.com/blog/cat-innovaciones/que-es-la-industria-5-0-conoce-a-la-manufactura-del-futuro-en-4-datos-clave/>
- Velandia, Z., Lozano, M., & Katherine, G. (2021). *Aplicaciones móviles en salud, una revisión sistemática cualitativa*. <https://ciencia.lasalle.edu.co/optometria>
- Velásquez, Lady, Alba, L., Palencia, A., & Suárez, C. (2019). *Aspectos Básicos de la Industria 4.0*.
- Vessi, N. (s/f). *Qué es Industria 4.0 y sus antecedentes - InnoAdap Technology*. Recuperado el 1 de diciembre de 2021, de <https://innoadap.com/que-es-industria-4-0-y-sus-antecedentes/>
- Waters, P., Schwalbe, L., & Hartje, J. (2013). *Telehealth CAPACITY ASSESSMENT TOOL (TCAT) The Telehealth Capacity Assessment Tool (TCAT) was developed for the National Frontier and Rural Addiction Technology Transfer Center by*. [www.nfarattc.org](http://www.nfarattc.org)
- Ynzunza, C., Izar, J., Bocarando, J., Aguilar, F., & Larios, M. (s/f). *El Entorno de la Industria 4.0: Implicaciones y Perspectivas Futuras*. Recuperado el 1 de diciembre de 2021, de <https://www.redalyc.org/journal/944/94454631006/html/>

## ANEXOS

### Encuesta sobre análisis de implementación de tecnologías 4.0 en hospitales de Yucatán

Buenos días/tardes. Estamos realizando una investigación sobre el nivel de implementación de las herramientas provenientes de la Industria 4.0 que abren paso a una transformación digital dentro de la organización.

Le agradeceríamos nos otorgue unos minutos para contestar unas preguntas. Este estudio es solo con fines académicos, por lo que la información que proporcione será confidencial.

#### Datos generales

1 Nombre del hospital: Puesto: Número de empleados:

2 ¿Qué formación educativa tiene hasta el momento?

Instrucciones de pregunta: Especificar carrera que estudió o grado máximo de estudios que concretó

3 ¿Cuáles de las siguientes tecnologías derivadas de la industria 4.0 utilizan en la empresa?

Escoge una o varios.

- a) Big Data     b) Robótica     c) Simulación     d) Internet de las Cosas     f) Cómputo en la nube (Cloud)     g) Ninguna

Otro...

Primera sección. Estrategia y organización.

4 ¿Con qué frecuencia se habla de la implementación de la transformación digital en el hospital?

Instrucciones de pregunta: Seleccione una respuesta

Nunca     Casi Nunca     Ocasionalmente     Frecuentemente     Siempre

5 ¿Con qué frecuencia se invierte dinero en implementación de tecnologías provenientes de la industria 4.0 para aumentar la eficiencia?

Instrucciones de pregunta: Tecnologías provenientes de la Industria 4.0: Big data, Cómputo en la nube, Internet de las Cosas, Simulación, Robótica cooperativa, etc.

Nunca     Casi Nunca     Ocasionalmente     Frecuentemente     Siempre

6 ¿Con qué frecuencia se realiza una gestión de innovación tecnológica (software o hardware) dentro del hospital?

Instrucciones de pregunta: Consiste en el uso de sofisticadas herramientas electrónicas que incrementan el flujo y la eficiencia de los procedimientos y procesos dentro del hospital.

Nunca     Casi Nunca     Ocasionalmente     Frecuentemente     Siempre

Segunda sección. Empresa Inteligente.

7 ¿Con qué frecuencia es utilizado equipamiento controlado por medio de las tecnologías derivadas de la industria 4.0?

Instrucciones de pregunta: Sistemas o equipos semiautomatizados o automatizados

Nunca     Casi Nunca     Ocasionalmente     Frecuentemente     Siempre

8 ¿Con qué frecuencia el hospital actualiza su equipamiento?

Instrucciones de pregunta: Equipo médico, softwares, infraestructura tecnológica, etc.

Nunca     Casi Nunca     Ocasionalmente     Frecuentemente     Siempre

9 ¿Con qué frecuencia utilizan el modelado digital? (digitalización de un objeto)

Instrucciones de pregunta: Seleccione una respuesta

- Nunca    Casi Nunca    Ocasionalmente    Frecuentemente    Siempre

10 ¿Con qué frecuencia son usadas las TIC para el almacenamiento de datos?

Instrucciones de pregunta: Dropbox Business, Google Drive, etc.

- Nunca    Casi Nunca    Ocasionalmente    Frecuentemente    Siempre

11 ¿Qué tan seguido son utilizados los datos almacenados para la optimización de procesos?

Instrucciones de pregunta: Nivel de control de datos almacenados en la nube para tener una visión clara de los resultados, por lo que la información valiosa esté disponible para tomar decisiones bien informadas que ayudan a optimizar la producción. \*

- Nunca    Casi Nunca    Ocasionalmente    Frecuentemente    Siempre

12 ¿Con qué frecuencia son utilizados los procesos informáticos en los procesos de integración del hospital?

Instrucciones de pregunta: Planificación del trabajo, monitoreo y control del trabajo, medición y análisis, etc.

- Nunca    Casi Nunca    Ocasionalmente    Frecuentemente    Siempre

Tercera sección. Operación Inteligente.

13 ¿Con qué frecuencia el hospital utiliza los sistemas integrados de intercambio de información?

Instrucciones de pregunta: Intercambio de archivos, adquirir conocimientos o solucionar problemas de manera interna del hospital, etc.

- Nunca    Casi Nunca    Ocasionalmente    Frecuentemente    Siempre

14 ¿Con qué frecuencia se discute sobre la automatización en los procesos del hospital?

Instrucciones de pregunta: Seleccione una respuesta

- Nunca    Casi Nunca    Ocasionalmente    Frecuentemente    Siempre

15 ¿Con qué frecuencia los procesos en el hospital son ejecutados de forma autónoma?

Instrucciones de pregunta: Envío de estudios clínicos o radiológicos, agenda de citas, envío o análisis de información, etc.

Nunca  Casi  
Nunca  Ocasionalmente  Frecuentemente  Siempre

16 ¿Con qué frecuencia son utilizados los sistemas de guiado automático en el hospital?

Instrucciones de pregunta: Equipamiento o softwares guiados de forma autónoma, etc.

Nunca  Casi  
Nunca  Ocasionalmente  Frecuentemente  Siempre

17 ¿Con qué frecuencia se utiliza la seguridad informática en el hospital?

Instrucciones de pregunta: Seleccione una respuesta

Nunca  Casi  
Nunca  Ocasionalmente  Frecuentemente  Siempre

18 ¿Con qué frecuencia es utilizada la "Nube"?

Instrucciones de pregunta: Almacenamiento de datos en línea, análisis de datos, etc.

Nunca  Casi  
Nunca  Ocasionalmente  Frecuentemente  Siempre

Cuarta sección. Productos Inteligentes.

19 ¿Con qué frecuencia el hospital tiene funciones complementarias con las tecnologías derivadas de la industria 4.0?

Instrucciones de pregunta: Autoinformes, integración, sistemas de asistencia, monitoreo, información de los servicios o procedimientos, etc.

Nunca  Casi  
Nunca  Ocasionalmente  Frecuentemente  Siempre

20 ¿Con qué frecuencia el hospital utiliza la información proveniente de tecnologías derivadas de la industria 4.0 para el desarrollo o mejora de los procesos o servicios?

Instrucciones de pregunta: Análisis de datos, seguimiento de pacientes, mantenimiento a distancia, etc.

Nunca  Casi  
Nunca  Ocasionalmente  Frecuentemente  Siempre

Quinta sección. Servicios basados en datos.

¿Con qué frecuencia son utilizados los datos en el hospital?

Instrucciones de pregunta: El Almacenamiento, procesamiento y análisis de datos permite que la empresa tenga el control de los elementos y recursos con los que cuenta, esto puede apoyar en la mejora del servicio a los pacientes, una mejora en los procesos y una mejor administración.

Nunca  Casi Nunca  Ocasionalmente  Frecuentemente  Siempre

21 ¿Con qué frecuencia son utilizados los servicios de datos para el beneficio del paciente?

Instrucciones de pregunta: Programación de agenda, calidad de atención, seguimiento, etc.

Nunca  Casi Nunca  Ocasionalmente  Frecuentemente  Siempre

22 ¿Con qué frecuencia los servicios basados en datos generan un ingreso económico al hospital?

Instrucciones de pregunta: Seleccione una respuesta

Nunca  Casi Nunca  Ocasionalmente  Frecuentemente  Siempre

23 ¿Con qué frecuencia son utilizados los servicios de datos para el mejoramiento de toma de decisiones?

Instrucciones de pregunta: Seleccione una respuesta

Nunca  Casi Nunca  Ocasionalmente  Frecuentemente  Siempre

Sexta sección. Habilidades de los empleados.

24 ¿Con qué frecuencia los empleados acuden con ideas sobre la transformación digital?

Instrucciones de pregunta: Seleccione una respuesta

Nunca  Casi Nunca  Ocasionalmente  Frecuentemente  Siempre

25 ¿Con qué frecuencia son capacitados los empleados para la transformación digital?

Instrucciones de pregunta: Seleccione una respuesta

Nunca  Casi Nunca  Ocasionalmente  Frecuentemente  Siempre

Séptima sección. Percepción de la Transformación Digital (Industria 4.0).

¿Qué tan avanzada cree que está el hospital con respecto a la transformación digital (industria 4.0)?

Instrucciones de pregunta: Elija el nivel correspondiente a su percepción donde 1 es el nivel mínimo y 5 el máximo.

1    2    3    4    5

26 ¿Estaría dispuesto a invertir en nuevas tecnologías para el mejoramiento del hospital, en un futuro?

Instrucciones de pregunta: Elija el nivel correspondiente a su percepción donde 1 es el nivel mínimo y 5 el máximo.

1    2    3    4    5

Octava sección. Áreas de conocimiento de la Transformación Digital (Industria 4.0).

27 Desde el punto de vista de su hospital ¿Qué áreas de conocimiento, competencias y capacidades tecnológicas necesitan los nuevos profesionistas para la implementación de la transformación digital?

Instrucciones de pregunta: Seleccione una opción por cada área de conocimiento. (Renglón)

	1 Nada importante	2 Poco importante	3 Regular	4 Importante	5 Muy importante
Big data: Análisis, administración y manipulación de gran cantidad de datos.	<input type="checkbox"/>				
La nube (Cloud computing). Plataforma que comparte recursos como servidores, almacenamiento y aplicaciones.	<input type="checkbox"/>				
Impresión 3D. Reproducir objetos en 3 dimensiones con ayuda de software y hardware especializado	<input type="checkbox"/>				
Redes Sociales. Administrar redes sociales como Facebook, Instagram con enfoque de negocios.	<input type="checkbox"/>				
Desarrollo Web y móvil. Programación de aplicaciones para smartphones y sistemas en entorno web.	<input type="checkbox"/>				
Simulación. Tecnologías asistidas por ordenador que realizan la percepción de la realidad física.	<input type="checkbox"/>				
Inteligencia Artificial. Construcción de sistemas capaces de realizar tareas asociadas con la inteligencia humana.	<input type="checkbox"/>				

**28 ¿Estaría dispuesto a invertir en nuevas tecnologías para el mejoramiento del hospital, en un futuro?**

Instrucciones de pregunta: *Elija el nivel correspondiente a su percepción donde 1 es el nivel mínimo y 5 el máximo.*

1  2  3  4  5

Octava sección. Áreas de conocimiento de la Transformación Digital (Industria 4.0).

**29 Desde el punto de vista de su hospital ¿Qué áreas de conocimiento, competencias y capacidades tecnológicas necesitan los nuevos profesionistas para la implementación de la transformación digital?**

Instrucciones de pregunta: *Seleccione una opción por cada área de conocimiento. (Renglón)*

	1 Nada importante	2 Poco importante	3 Regular	4 Importante	5 Muy importante
Big data: Análisis, administración y manipulación de gran cantidad de datos.	<input type="checkbox"/>				
La nube (Cloud computing). Plataforma que comparte recursos como servidores, almacenamiento y aplicaciones.	<input type="checkbox"/>				
Impresión 3D. Reproducir objetos en 3 dimensiones con ayuda de software y hardware especializado	<input type="checkbox"/>				
Redes Sociales. Administrar redes sociales como Facebook, Instagram con enfoque de negocios.	<input type="checkbox"/>				
Desarrollo Web y móvil. Programación de aplicaciones para smartphones y sistemas en entorno web.	<input type="checkbox"/>				
Simulación. Tecnologías asistidas por ordenador que realizan la percepción de la realidad física.	<input type="checkbox"/>				
Inteligencia Artificial. Construcción de sistemas capaces de realizar tareas asociadas con la inteligencia humana.	<input type="checkbox"/>				

---

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.

### 30 Competencias Técnicas

Instrucciones de pregunta: Seleccione una opción por cada área de conocimiento. (Renglón)

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

### 31 Competencias personales

Instrucciones de pregunta: Seleccione una opción por cada área de conocimiento. (Renglón)

	1 Nada importante	2 Poco importante	3 Regular	4 Importante	5 Muy importante
Gestión y asignación de responsabilidades. Reconocer las obligaciones propias y la delegación de otras.	<input type="checkbox"/>				

Capacidad de liderazgo. Influir en la gente para ejecutar algún plan.	<input type="checkbox"/>				
Gestión de conflictos. Intervenir en la resolución pacífica y no violenta de los conflictos.	<input type="checkbox"/>				
Creatividad y aprendizaje. Buscar herramientas o medios con ganas de aprender.	<input type="checkbox"/>				
Toma de decisiones. Elegir la mejor opción para el cliente.	<input type="checkbox"/>				
Capacidad de trabajar bajo presión. Mantener la calma ante la petición de trabajos en tiempos reducidos.	<input type="checkbox"/>				
Gestión del fracaso. Aprender de los errores que se cometen.	<input type="checkbox"/>				
Confianza en nuevas tecnologías. Interés en la exploración de nuevas tecnologías del mercado.	<input type="checkbox"/>				
Comunicación ascendente, descendente y entre pares.	<input type="checkbox"/>				
Construir una red de contactos (Networking). Hacer contacto con otros profesionales de interés.	<input type="checkbox"/>				
Habilidades sociales. Tener empatía con las personas	<input type="checkbox"/>				
Trabajo en equipo y cooperación. Ayudar a compañeros para el desarrollo de un proyecto.	<input type="checkbox"/>				
Adaptabilidad, flexibilidad ante el cambio. Encontrar nuevas oportunidades de interés.	<input type="checkbox"/>				

32 ¿Desea agregar algún otro comentario?