

Universidad de Lima

Facultad de Ciencias Empresariales y Económicas

Carrera de Negocios Internacionales



# **INTENCIÓN DE USO DE TECNOLOGÍAS DE LA INDUSTRIA 4.0 ENTRE LAS PYMES AGROEXPORTADORAS PERUANAS, UTILIZANDO EL MODELO TAM**

Tesis para optar el título profesional de licenciado en Negocios Internacionales

**Angie Kelly Cabanillas Mostacero**

**Código 20160223**

**Carolyn Sarita Murillo Jarama**

**Código 20160964**

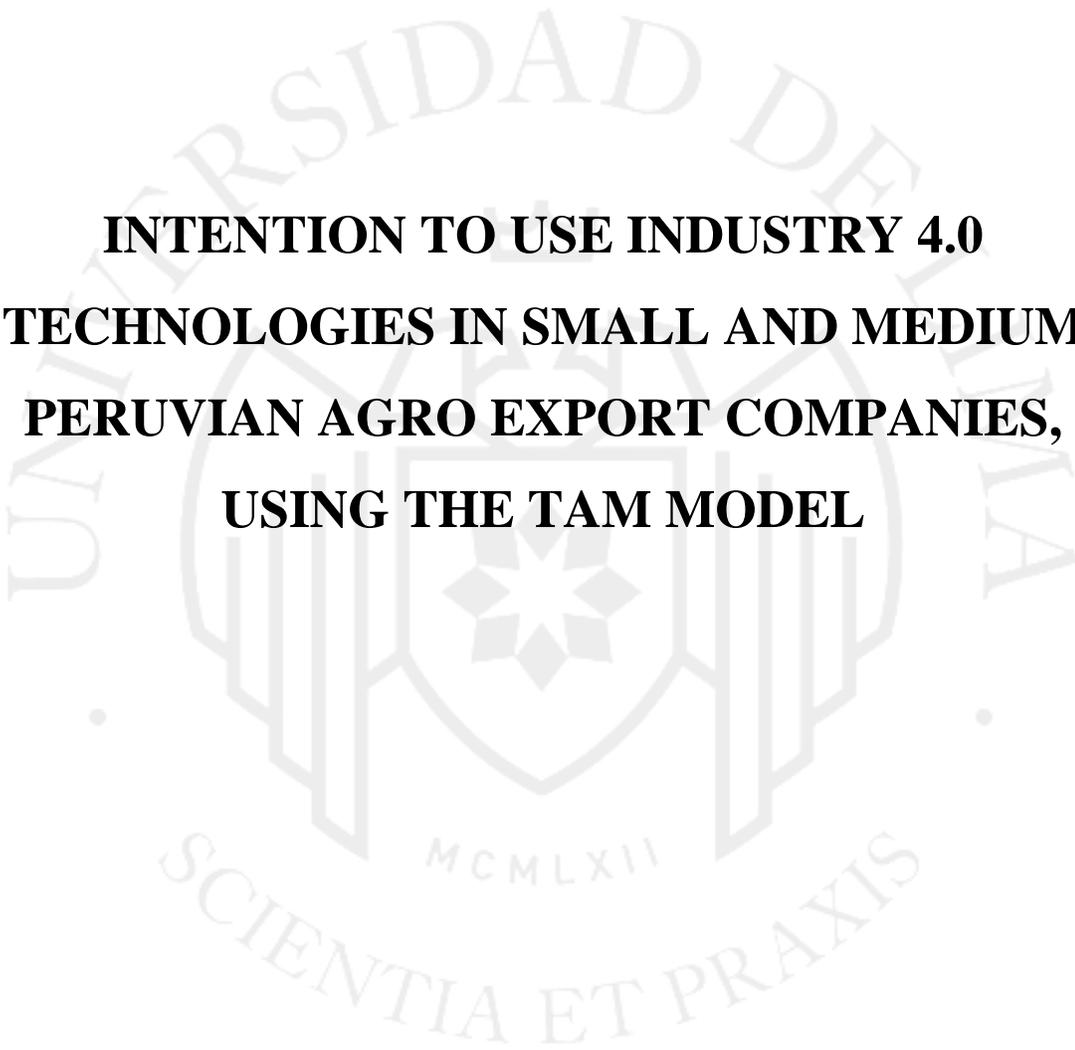
**Asesor**

**Jorge Francisco Moreno León**

Lima – Perú

Noviembre del 2023





**INTENTION TO USE INDUSTRY 4.0  
TECHNOLOGIES IN SMALL AND MEDIUM  
PERUVIAN AGRO EXPORT COMPANIES,  
USING THE TAM MODEL**

# TABLA DE CONTENIDO

<b>RESUMEN</b> .....	ix
<b>ABSTRACT</b> .....	xi
<b>INTRODUCCIÓN</b> .....	1
<b>CAPÍTULO I: ANTECEDENTES</b> .....	3
<b>CAPÍTULO II: PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA</b> .....	22
2.1 Situación problemática .....	22
2.2 Formulación del Problema.....	30
2.2.1 Problema general .....	30
2.2.2 Problemas específicos.....	30
<b>CAPÍTULO III: JUSTIFICACIÓN</b> .....	31
3.1 Importancia de la investigación .....	31
3.1.1 Justificación teórica .....	31
3.1.2 Justificación práctica .....	32
3.1.3 Justificación metodológica .....	34
3.2 Viabilidad de la Investigación .....	35
3.3 Limitaciones de la Investigación .....	36
<b>CAPÍTULO IV: OBJETIVOS</b> .....	37
4.1 Objetivo General.....	37
4.2 Objetivos Específicos .....	37
<b>CAPÍTULO V: HIPÓTESIS</b> .....	38
5.1 Hipótesis General.....	38
5.2 Hipótesis Específicas .....	38
<b>CAPÍTULO VI: FUNDAMENTOS TEÓRICOS</b> .....	39

6.1 Marco Teórico.....	39
6.1.1 Adopción de nuevas tecnologías .....	39
6.2 Marco Conceptual.....	57
6.3 Matriz de operacionalización de variables.....	67
6.4 Matriz de consistencia .....	70
<b>CAPÍTULO VII: METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN .....</b>	<b>73</b>
7.1 Tipo de Investigación.....	73
7.1.1 Según la orientación .....	73
7.1.2 Según la técnica de contrastación .....	73
7.1.3 Según el diseño de la investigación .....	74
7.1.4 De acuerdo con la direccionalidad.....	74
7.1.5 Conforme el tipo de fuente de recolección de datos.....	74
7.2 Población, muestra y muestreo .....	74
7.2.1 Marco Poblacional .....	74
7.2.2 Muestra .....	75
7.3 Técnicas e instrumentos.....	76
7.3.1 Técnicas .....	76
7.3.2 Instrumentos .....	77
7.3.3 Proceso de recolección de datos .....	77
7.4 Técnicas de análisis de datos .....	78
<b>CAPÍTULO VIII: RESULTADOS Y ANÁLISIS DE RESULTADOS.....</b>	<b>80</b>
8.1 Resultados .....	80
8.2 Análisis de resultados .....	86
<b>CONCLUSIONES .....</b>	<b>93</b>
<b>RECOMENDACIONES .....</b>	<b>95</b>

**REFERENCIAS..... 97**  
**ANEXOS..... 106**



## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1.1 Ficha resumen de la revisión bibliográfica .....	4
Tabla 2.1 Empresas exportadoras por estrato empresarial 2017 .....	27
Tabla 6.1 Matriz de operacionalización de variables .....	67
Tabla 6.2 Matriz de operacionalización de variable .....	70
Tabla 7.1 Clasificación de empresas por tamaño .....	75
Tabla 8.1 Validez y Fiabilidad TAM.....	81
Tabla 8.2 Validez SEM PLS.....	82
Tabla 8.3 Valores según criterio de Fornell-Larcker.....	84
Tabla 8.4 Cargas Cruzadas entre indicadores .....	84
Tabla 8.5 Valores según matriz HTMT .....	85
Tabla 8.6 Coeficiente de Path.....	86



## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 2.1 Financiamiento de acuerdos agrícolas y de tecnología alimentaria a nivel mundial 2012 - 2019 .....	24
Figura 2.2 Tasa de crecimiento anual compuesto de la agricultura inteligente en todo el mundo entre 2017 - 2022 por regiones. ....	25
Figura 2.3 Uso de Plataformas digitales y comercio electrónico en el Sector Empresarial - América Latina 2019 .....	26
Figura 2.4 Participación de las Pymes en las exportaciones no tradicionales en el 2019 (Valor FOB, % de Participación) .....	28
Figura 2.5 Índice de crecimiento de la producción, los insumos y la PTF por regiones naturales (2007 -2015) .....	29
Figura 6.1 Modelo de Aceptación Tecnológica (TAM) .....	41
Figura 6.2 Modelo UTAUT .....	45
Figura 6.3 Marco propuesto del modelo Grey-DEMATEL .....	55
Figura 6.4 Evolución de la Industria 4.0 y Agricultura 4.0 .....	64
Figura 8.1 Modelo TAM aplicado .....	86

## ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1: Muestra.....	107
Anexo 2: Encuesta .....	113



## RESUMEN

La presente investigación busca conocer cómo se condiciona la intención conductual de uso de tecnologías de la Industria 4.0 por las siguientes variables: la facilidad de uso percibida, utilidad percibida y actitud hacia el uso; por parte de las pequeñas y medianas empresas agroexportadoras peruanas empleando la metodología del Modelo de Aceptación de Tecnología (TAM). Para ello, se aplica una encuesta virtual a una muestra representativa con el objetivo de determinar la relación de las variables y si este modelo es aplicable a la realidad peruana.

La presente investigación está dividida en ocho capítulos en donde se aborda la problemática nacional, se realiza una validación bibliográfica en donde se hace contraste con otros contextos agroexportadores y se presenta tanto los objetivos como las hipótesis. En base a los resultados obtenidos se concluye que el modelo TAM explica la intención conductual de uso de tecnologías de la Industria 4.0 por parte de las pequeñas y medianas empresas agroexportadoras en el contexto peruano y que las variables señaladas en el párrafo anterior tienen una condición directamente proporcional a la intención conductual de uso de las tecnologías de la Industria 4.0.

**Línea de investigación:** 5306 – 2.c2

**Palabras Clave:** Pymes, aceptación de la tecnología, Industria 4.0, agricultura inteligente, modelo TAM

## ABSTRACT

This research seeks to know how the behavioral intention to use industry 4.0 technologies is conditioned by the following variables: perceived ease of use, perceived usefulness and attitude towards use, by small and medium-sized Peruvian agro-export companies using the methodology of the Model of Technology Acceptance (TAM). For that reason, a virtual survey is applied to a representative sample with the objective of determining the relationship of the variables and if this model is applicable to the Peruvian reality.

The present investigation is divided into eight chapters where the national problem is addressed, a bibliographic validation is carried out and where a contrasted is made with other agro-export contexts and both the objectives, and the hypotheses are presented. Based on the results obtained, it is concluded that the TAM model explains the behavioral intention to use industry 4.0 technologies by small and medium-sized agro-export companies in the Peruvian context and the variables indicated in the previous paragraph have a directly proportional condition to the behavioral intention to use industry 4.0 technologies.

**Line of research:** 5306 – 2.c2

**Keywords:** SMEs, technology acceptance, industry 4.0, smart agriculture, model TAM

# INTRODUCCIÓN

La presente investigación trata de la intención de uso de tecnologías de la Industria 4.0 por parte de las pequeñas y medianas empresas agroexportadoras peruanas, para ello se define que las tecnologías de la Industria 4.0 se refiere a aquel conjunto de nuevas tecnologías aplicadas en diversos sectores económicos con el propósito de la automatización e interconectividad en las empresas y sus variables.

Frente los desafíos que enfrenta el sector agrícola y las características del sector agroexportador peruano al estar conformado en su mayoría por pequeñas y medianas empresas, las tecnologías de la Industria 4.0 surgen como una herramienta para impulsar y apoyar este sector; sin embargo, por parte de las Pymes peruanas el nivel de adopción aún es relativamente pequeño. Por ello, la importancia de la presente investigación consiste en analizar las variables que influyen la intención conductual de uso de esta nueva tecnología.

La presente investigación surge con el propósito de aportar mayor conocimiento en el campo de estudio como materia académica y al mismo tiempo que se busca contribuir con más información tanto para empresas del sector agroexportador, sector tecnológico y organismos gubernamentales respecto a las variables que impulsan y/o limitan la adopción de esta nueva tecnología.

En el primer capítulo se pueden observar algunas investigaciones pasadas relacionadas a tecnologías de la industria 4.0 y como estas afectaron a las empresas que decidieron usarlas dentro de sus procesos.

En el segundo capítulo se muestran cuáles son los problemas actuales que enfrenta la agricultura y el desempeño de la tecnología como posible solución.

El tercer capítulo busca la relación de diferentes variables en la adopción de tecnologías de la Industria 4.0 dentro del sector agroexportador peruano de Pymes, empleando el modelo TAM.

El cuarto capítulo se enfoca en plantear los objetivos en base a los problemas mencionados anteriormente sobre la agricultura y las variables del modelo TAM.

El quinto capítulo plantea las hipótesis de la tesis en cuestión.

El sexto capítulo indica la base teórica del modelo TAM así como las variables que lo integran. Se indica el desarrollo de la Industria 4.0 y se muestran ejemplos. Finalmente,

se presenta la matriz de operacionalización de variables y la matriz de consistencia de la investigación.

El séptimo capítulo habla sobre el tipo de investigación que se realiza según la orientación, la técnica de contrastación, el diseño de la investigación, la direccionalidad y el tipo de fuente de recolección de datos. Además, se menciona cual es la población, la muestra, el instrumento y la técnica de análisis de datos.

El octavo capítulo menciona los resultados finales de la presente investigación.



## CAPÍTULO I: ANTECEDENTES

En el presente capítulo se presentarán diversas investigaciones realizadas durante el periodo comprendido entre los años 2016 – 2021 que se encuentran vinculadas a las variables en estudio de la investigación. Asimismo, es importante señalar que estas investigaciones se han clasificado de acuerdo con las siguientes categorías: factores que influyen en la adopción de las tecnologías de la Industria 4.0 y la aplicación del modelo TAM (Modelo de Aceptación Tecnológica) en pequeñas y medianas empresas.

La tecnología de la Industria 4.0 comprende las siguientes herramientas: big data y análisis, IoT, cloud computing, inteligencia artificial, etc. Para efectos de la presente investigación se están considerando aquellas que son aplicables para el sector agrícola: como por ejemplo big data, LorWAn (dispositivo que permite conectarse a largas distancias.)

En la tabla 1.1 se presenta el resumen de las investigaciones indicadas anteriormente, las cuales representan los antecedentes de la investigación. Además de ello, se detalla autores, año y países en donde fueron aplicados.

**Tabla 1.1***Ficha resumen de la revisión bibliográfica*

<b>Categoría</b>	<b>Autor - fecha - país</b>	<b>País</b>	<b>Sector</b>
Factores que influyen en la adopción de tecnologías de la Industria 4.0	Annosi et al. (2019)	Italia	Múltiples sectores
	Frank et al. (2019)	Brasil	Manufactura
	Lopez et al. (2017)	Perú	Retail
	Khan et al. (2017)	China	Múltiples sectores
	Moktadir et al. (2018)	Bangladesh	Manufactura
	Sachin et al. (2018)	India	Manufactura
	Horváth et al. (2019)	Hungría	Múltiples sectores
	Raj et al. (2020)	India	Manufactura
	Loayza (2016)	Perú	Agricultura
	Schwarz (2017)	Perú	Múltiples sectores
	Ingaldi et al. (2019)	Polonia	Múltiples sectores
	Zhou et al. (2015)	China	Manufactura
	Türkeş et al. (2019)	Rumania	Múltiples sectores
	Rauch et al. (2020)	Italia	Múltiples sectores
	Barnes et al. (2019)	Alemania	Agricultura
	Müller et al. (2018)	Alemania	Manufactura
	Bucci et al. (2019)	Italia	Agricultura
	Müller et al. (2018)	Alemania	Automotriz y TIC
	Müller et al. (2018)	Alemania	Manufactura
	Mueller et al. (2017)	China	Múltiples sectores
Luthra et al. (2020)	Reino Unido	Múltiples sectores	
Kiel et al. (2017)	Alemania	Manufactura	
Pérez (2020)	Perú	Agricultura	
Aplicación de modelo TAM en pequeñas y medianas empresas	Camilleri (2018)	Reino Unido	Múltiples sectores
	Nuryyev et al. (2020)	Taiwán	Hotelería y Turismo
	Mokhtar et al. (2020)	Malasia	Manufactura
	Masood et al. (2020)	Reino Unido	Diversos sectores
	Monteleone et al. (2019)	Brasil	Agricultura

### 1.1 Investigaciones previas sobre la adopción de tecnologías de la Industria 4.0

Zhou et al. (2015) observaron datos relevantes de la Industria 4.0 con relación a la planificación estratégica, tecnologías clave, oportunidades y desafíos. Para poder pasar de la Industria 3.0 a la 4.0, Alemania ha desarrollado un plan estratégico. Los puntos principales de este plan se pueden resumir como: construir una red, investigar dos temas principales,

realizar tres integraciones y lograr ocho objetivos de planificación. Se quiere usar esta metodología en la industria manufacturera china para lograr tener los mismos resultados positivos que Alemania.

Dentro de los resultados se observó que dentro de la Industria 4.0 se distinguen algunos desafíos importantes como el desarrollo de dispositivos inteligentes, la construcción del entorno de red, el análisis y el procesamiento de grandes datos y la producción digital. Para concluir, con el fin de lograr el modelo de desarrollo, cuatro transiciones requieren ser completadas: factores que impulsan hacia cambios guiados por la innovación; un cambio de ventaja competitiva de bajo costo a ventajas competitivas en calidad y eficiencia; un cambio del consumo de recursos, las emisiones contaminantes y la fabricación más extensa a cambios de fabricación ecológica; y el desarrollo de la fabricación de producción a la fabricación orientada al servicio. Este documento es importante porque menciona el modelo aplicado en Alemania para pasar de la Industria 3.0 a 4.0, dicho modelo se quiere aplicar en China.

Loayza Alatrística (2016) identificó los factores económicos, culturales e institucionales que limitan a las mujeres campesinas a adoptar nuevas tecnologías. Se realizaron entrevistas a mujeres agricultoras. En los resultados se observó que las limitantes para las mujeres agricultoras son: la educación (solo 5% de ellas tenían educación superior), falta de recursos económicos para realizar mejoras (pedían ayuda para obtener préstamos), escasa capacidad de capacitación en algunos sectores, precios bajos en los mercados por productos ofrecidos, vías de comunicación y transporte deficientes, necesidad de asesoramiento, falta de tiempo y poca producción.

En conclusión, se puede determinar que la información existente en Perú sobre la relación que existe entre la mujer campesina y la tecnología es escasa, al igual que la información relacionada a la tecnología y las distintas maneras de adopción dentro del sector agrícola o la transformación de productos agropecuarios en las pequeñas parcelas agrícolas de la sierra. Este texto tiene relación con la investigación porque muestra limitantes para la adopción de la tecnología en los sectores agropecuarios contados desde la perspectiva de mujeres que viven en la sierra peruana.

Khan et al. (2017) observaron los desafíos y oportunidades del Big Data (un tipo de tecnología de la Industria 4.0) que se revelan en el contexto de la Industria 4.0 con una óptica diferente. Para ello se van a analizar las diversas barreras de Big Data en relación con la Industria 4.0. Dentro de las barreras o retos que se encontraron estaban: obtener datos de automatización, transformación de datos, integración de datos y modelado, datos de *Internet of Things (IoT)*, acceso en tiempo real, etc.

Para concluir, esta investigación describió los desafíos y oportunidades de Big Data en relación con la Industria 4.0. La recopilación de datos, transformación, integración, modelado, almacenamiento, seguridad, privacidad, análisis, ciclo de vida y presentación se revelan con detalle. Este antecedente es importante porque muestra los desafíos que se encuentran en la aplicación de un sistema específico relacionado con la Industria 4.0.

Kiel et al. (2017) tuvieron como objetivo explicar los beneficios y desafíos económicos, ecológicos y sociales relacionados con IIoT, un tipo de tecnología de la industria 4.0. Para dicho propósito, realizaron una investigación exploratoria de estudio de caso múltiple en base a entrevistas semiestructuradas a expertos de empresas manufactureras en Alemania. La muestra estuvo conformada por 46 empresas.

Entre los resultados se encontró que aparentemente, los beneficios y desafíos relacionados con IIoT se aplican a las tres dimensiones de sostenibilidad, es decir, el IIoT está relacionado con implicaciones económicas, ecológicas y sociales. Se espera que el IIoT mejore la competitividad de los fabricantes ya que hoy en día existe una competencia global cada vez más intensa, así las empresas establecidas pueden aprovechar la dinámica del mercado acelerado y los límites cambiantes de la industria.

Para concluir, este estudio contribuye al escaso cuerpo de literatura científica de IIoT mediante el análisis de las implicaciones de IIoT según el TBL. Mostramos que, para calificar para la creación sostenible de valor industrial, el IIoT requiere una extensión de la TBL establecida en tres dimensiones adicionales, es decir, integración técnica, datos e información, y contexto público. Este artículo es importante para el estudio porque brinda un punto de vista de las tecnologías de la Industria 4.0 orientado a la sostenibilidad y muestra el ejemplo específico del Internet Industrial de las Cosas.

López et al. (2017) diseñaron un modelo que combine la tecnología de la Industria 4.0 con *Cloud Computing (CI)* para poder eliminar las restricciones relacionadas a las limitantes económicas y de personal capacitado. El modelo fue implementado en un pequeño retail, para la validación se evaluó los indicadores financieros y se realizaron encuestas a expertos en relación con la tecnología.

Dentro de los resultados, se pudo observar que dicho modelo se desempeña mejor dentro del sector de retail, ya que ellos manejan una mayor cantidad de datos e información en comparación con otros sectores debido a sus operaciones diarias. Además, al ser combinado con CI, logró disminuir riesgos y costos constantes que se generaban durante las implementaciones On Premise. En conclusión, las empresas que implementen esta tecnología podrán integrar y analizar sus datos de una mejor manera para así poder tomar mejores decisiones y generar nuevo conocimiento sobre la planificación y gestión de inventarios. Al realizar la validación, se logró demostrar la viabilidad de dicha tecnología desde diferentes enfoques (económicos y la opinión de expertos).

Este documento es importante para la investigación porque muestra qué modelos se pueden aplicar al caso de las Pymes peruanas y como este se adapta perfectamente a las principales barreras que posee el país, falta de financiamiento y poco personal capacitado.

Mueller et al. (2017) revelaron las deficiencias como la falta de un marco aplicable para la implementación de Industria 4.0. Para ello, se desarrolla una arquitectura de referencia, donde se han resaltado cuatro perspectivas, a saber, el proceso de fabricación, los dispositivos, el software y la ingeniería. Además, con una visión sobre la importancia de los sistemas ciber físicos, se establece la estructura del sistema ciber físico para el análisis en profundidad.

Entre los resultados se observó que la construcción y operación de Sistemas Ciber Físicos se considera uno de los mayores desafíos de la aplicación Industria 4.0. Además, los desafíos generales para la realización de Industria 4.0 en el entorno industrial también implican problemas de seguridad de TI. Por último, las tecnologías detalladas (seguimiento en tiempo real, dispositivos móviles, colaboración hombre-máquina, colaboración hombre-robot, modelos digitales inteligentes, redes de sensores distribuidos y desarrollo de competencias) componen otro problema importante.

En conclusión, los resultados de este documento podrían ser útiles para ampliar la comprensión teórica de Industria 4.0. Este texto es importante porque muestra otro sistema más que se puede aplicar para conseguir que las empresas entren a la Industria 4.0, además muestra las posibles complicaciones que se puedan encontrar en este proceso.

Schwarz-Díaz (2017) exploró los obstáculos fundamentales de las Pymes peruanas para lograr una mayor competitividad exportadora en mercados internacionales. La metodología que se aplicó es descriptiva y explicativa con un enfoque cualitativo y no experimental. Se realizaron 114 entrevistas entre 45 Pymes internacionales elegidas de manera no aleatoria. Los obstáculos principales que enfrentan las Pymes son las siguientes: poco contacto comercial a nivel global, falta de autorreconocimiento de Pymes como cadenas de suministro, carencia de integración de capacidades instaladas, complicaciones al realizar procedimientos legales y de regulación, escasez de estandarización en relación a la naturaleza de productos, ausencia de sistemas de información integrados entre las Pymes y limitaciones financieras.

Para concluir, se presentó la opinión de diversos empresarios en relación a las restricciones que hacen menos competitivas a las Pymes peruanas y se explicó las necesidades de modernización, reinención industrial y cambios para lograr ser más competitivos a nivel global. Este estudio es importante para la investigación porque muestra cuales son las principales barreras para las Pymes peruanas en cuanto a la competitividad, esto incluye la introducción de nuevas tecnologías dentro de sus procesos de producción.

Moktadir et al. (2018) identificaron un conjunto de desafíos para implementar la Industria 4.0 en las industrias manufactureras. Para ello, se usa un novedoso método de toma de decisiones de criterios múltiples denominado Best-Worst Method (BWM). Los hallazgos del estudio mostraron que la "falta de infraestructura tecnológica" es el desafío más apremiante que puede obstaculizar la implementación de la Industria 4.0, mientras que los "efectos secundarios ambientales" son los menos entre los desafíos que pueden dificultar la implementación de la Industria 4.0 en el cuero de Bangladesh industria.

En conclusión, este resultado puede ayudar a los tomadores de decisiones, gerentes industriales y profesionales de la industria del cuero de Bangladesh a darse cuenta de los desafíos reales que enfrentan al intentar implementar la Industria 4.0 y centrar su atención

en cómo abordar estos desafíos para allanar el camino para una implementación exitosa de la Industria 4.0. Este estudio es importante porque aporta algunas barreras que son similares en otro estudio, mostrando que alrededor del mundo muchos países presentan problemas similares y si se encuentra una solución se debe compartir para que todos puedan lograr implementar la Industria 4.0 en su proceso.

Müller et al. (2018) analizaron cómo la Industria 4.0 ocasiona cambios en los modelos de negocio de las Pymes manufactureras (pequeñas y medianas empresas). Para lograr esto, se realizó una investigación cualitativa en Alemania con una muestra de 68 Pymes de tres industrias (proveedores de automoción, ingeniería mecánica y de plantas, así como ingeniería eléctrica y TIC).

Dentro de los resultados obtenidos, se encontró que la Industria 4.0 abarca tres dimensiones: digitalización de procesos de alto grado, fabricación inteligente y conectividad entre empresas. Además, el artículo muestra cómo la Industria 4.0 afecta los tres elementos del modelo de negocio de Pymes de fabricación: creación de valor, captura de valor y oferta de valor. Se concluye que este estudio muestra varias posibilidades para que las Pymes manufactureras innoven sus negocios mediante el uso de la Industria 4.0. Este estudio brinda un gran aporte a la investigación porque busca observar los cambios que realiza la digitalización a las Pymes, dato importante que se podría aplicar al contexto peruano en un futuro.

Müller et al. (2018) examinaron la relevancia de las oportunidades y retos relacionados con la Industria 4.0 como motor para el desarrollo de la Industria 4.0 en el contexto de la sostenibilidad, adoptando una perspectiva diferenciada sobre los distintos tamaños de empresas, sectores industriales y el papel de la empresa como proveedor o usuario de la Industria 4.0. Para ello, se hipotetiza un modelo de investigación que comprende oportunidades y desafíos relevantes vinculados con la Industria 4.0 como antecedentes para su implementación.

Para probar el modelo, se aplica el modelado de ecuaciones estructurales de mínimos cuadrados parciales para una muestra en el sector manufacturero alemán de 746 empresas de cinco sectores. Los resultados muestran que las oportunidades estratégicas, operativas y ambientales y sociales son incitadores positivos del desarrollo de la Industria 4.0, mientras

que los retos con respecto a la competitividad, así como el ajuste organizacional y de producción, limitan su progreso. Además, se muestra que la percepción de oportunidades y desafíos vinculados con la Industria 4.0 depende de las diferentes características de la compañía.

Para concluir, este estudio propone un modelo de investigación que comprende importantes oportunidades y desafíos como antecedentes de la implementación de la Industria 4.0. (I 4.0). Muestra las oportunidades relacionadas con la I 4.0 y los desafíos tienen una influencia significativa en su tendencia hacia la implementación. Además, el estudio muestra que las oportunidades estratégicas son antecedentes principales para las grandes empresas, las industrias de ingeniería mecánica y de plantas, así como las eléctricas, y para los proveedores de la I 4.0. Este estudio es importante porque muestra las oportunidades y desafíos en la implementación de las tecnologías de la Industria 4.0

Müller y Voight (2018) contribuyeron en cerrar la brecha de investigación con relación a la falta de información con respecto a la triple línea de sostenibilidad, el Internet Industrial de las Cosas (IIoT) y las Pymes, proporcionando un contexto de investigación que abarque las tres dimensiones de la sostenibilidad. Para obtener una comprensión integral de los aspectos de sostenibilidad con respecto al IIoT, la Triple Línea de Fondo extendida de Kiel et al. (2017) se puso en funcionamiento utilizando escalas Likert de 5 puntos. Se observó que, para los beneficios financieros, es decir, generar mayores ingresos a través del IIoT y beneficios relacionados con el tiempo, o sea, acortar los procesos a través del IIoT, las Pymes alemanas esperan potenciales ligeramente más altos, pero en un nivel comparable con Pymes chinas. Para los potenciales ecológicos del IIoT, las Pymes alemanas muestran una eficiencia de recursos esperada ligeramente superior, mientras que las Pymes chinas esperan una mayor eficiencia energética significativamente mayor.

El potencial social del IIoT es considerado principalmente por las Pymes chinas, que esperan beneficios a través de los sistemas de asistencia a los empleados. La evaluación de lugares de trabajo socialmente más aceptables es más baja para ambos países, sin embargo, aún tienen un valor más alto para las Pymes chinas. En conclusión, para la Industria 4.0, recomendamos a las Pymes alemanas que consideren las posibilidades de mejorar su posición competitiva e individualizar productos a las demandas de los clientes. Como ambos

potenciales son un objetivo central de "Industria 4.0", las Pymes deben asegurarse de no perder oportunidades en este aspecto. Además, los potenciales de eficiencia energética a través de la digitalización y la interconexión deben ser considerados por las Pymes, que podrían no ser adquiribles para ellos como una organización única, sino como parte de una cadena de suministro completa.

Este documento brinda un aporte a la investigación ya que muestra cómo la sostenibilidad se relaciona con la aplicación de la tecnología en las industrias ubicadas en distintas partes del mundo, ayuda a observar los posibles retos y los distintos puntos de vista de China y Alemania en la aplicación de las tecnologías de la Industria 4.0 que enfrentan las Pymes.

Sachin et al. (2018) estudiaron las posibles barreras en la adopción de las tecnologías de la Industria 4.0 por parte de las empresas manufactureras. Para ello se establece relaciones entre las barreras utilizando el modelado estructural interpretativo (ISM) y descubre el poder de conducción y dependencia de las barreras, utilizando el análisis difuso MICMAC (Impacto Matriculado de Croise's Applique´e a´ un Classement).

Los resultados mostraron que, las principales barreras para la adopción de la Industria 4.0 en las empresas manufactureras son: interrupciones en el empleo, alto costo de implementación, cambios organizacionales y de procesos, necesidad de habilidades mejoradas, falta de sistemas de gestión del conocimiento, falta de comprensión clara sobre los beneficios de IoT, falta de estándares y arquitectura de referencia, falta de cobertura de Internet e instalaciones de TI.

Se concluye que los resultados son útiles para identificar y clasificar las barreras significativas, revelando los efectos directos e indirectos de cada barrera identificada en la adopción de la Industria 4.0. Además, ayudarán a los profesionales y a los encargados del sector público a comprender en detalle el proceso de cómo utilizar las tecnologías de Industria 4.0 y las barreras que obstaculizan su implementación. Este estudio es importante, porque muestra las posibles barreras que pueden existir en Perú y no solo puede aplicar para la Industria manufacturera sino también para la agroexportadora.

Asimismo, Annosi et al. (2019) en una investigación realizada en el mercado italiano, mencionan que el impacto de la disponibilidad de infraestructura, conectividad y

comunicación, de acuerdo con el estudio, no generan mayor relevancia al momento de tomar esta decisión sobre el uso de tecnologías de la Industria 4.0. Finalmente concluyen que si bien las tecnologías aportan muchos beneficios a las pequeñas y medianas empresas (Pymes) aún la penetración de esta se encuentra en un proceso lento y el uso por parte de este tipo de empresas sigue siendo limitado.

A través de este estudio, se puede tener un mayor conocimiento acerca de las principales razones de porqué muchas de las Pymes del sector agrícola aún no han optado por tecnologías de la Industria 4.0. De igual manera ofrece un modelo de regresión para establecer la correlación entre determinadas variables que pueden influir al momento de tomar decisiones por parte de las Pymes respecto al uso o aplicación de estas tecnologías.

Por su parte, Barnes et al. (2019) exploraron la adopción prevista de PAT, (tecnologías agrícolas de precisión) que forma parte del sistema de las tecnologías de la Industria 4.0 a través de una encuesta a 971 agricultores que cultivan trigo, papa y algodón en cinco países europeos. Para cumplir su objetivo, aplicaron un marco de modelado de datos de conteo para acomodar las diferencias estructurales inherentes entre los adoptantes actuales y los no adoptantes de PAT. Esto se ve incrementado por el análisis cualitativo de las principales razones temáticas para la absorción prevista.

Los resultados indican que los no adoptantes creen más en su conocimiento de la topología de campo y generalmente son mayores que los adoptantes actuales. Aquellos no adoptantes que pretenden adoptar PAT en el futuro son más favorables a una gama más amplia de incentivos que los adoptantes actuales. Se puede concluir que el reconocimiento de estas diferencias a nivel de políticas podría conducir a intervenciones rentables que maximicen la aceptación, generen ganancias para los agricultores candidatos y cumplan los deseos de políticas para una producción agrícola sostenible en el futuro. Cabe mencionar que este documento es de suma importancia porque muestra algunas de las razones por las cuales los agricultores no aplican la tecnología agrícola y cuáles son las consecuencias por usarla, además de brindar un vistazo a la mentalidad de que aquellos que no deciden usarla.

Ese mismo año bajo un enfoque diferente, Bucci et al. (2019) decidieron realizar un estudio cuyo principal objetivo fue: (I) dar una visión general del estado del arte de la AP y (II) resumir qué factores afectan más la adopción de PAT en Italia. Este estudio utilizó el

método de la encuesta, y los datos se analizaron por correlación, así como por técnicas de regresión múltiple. La muestra incluyó 218 individuos, que fueron elegidos por el método de muestreo aleatorio estratificado y los resultados revelan que la adopción tecnológica de la agricultura italiana se encuentra con varios obstáculos, vinculados a la barrera cultural para innovar con la dificultad de invertir y apreciar los beneficios de las tecnologías de precisión.

Los avances tecnológicos hacen posibles grandes cambios si hablamos de la eficiencia de los recursos. Esto causa una mejora en la agricultura, al reducir el impacto ambiental, incrementar la resistencia y salud del suelo y disminuir los costos para los agricultores. Pero, el uso de tecnologías actuales en el sector agrícola sigue muy por debajo de lo que se espera y se encuentra de manera desigual a lo largo de toda la Unión Europea

En conclusión, los agricultores reconocen que la única forma de seguir siendo competitivos es mejorar la sostenibilidad de este sector: esto requiere innovación tecnológica en todas las etapas y aspectos de la cadena de suministro de alimentos. Además, este estudio de caso podría usarse como una muestra para planificar, establecer y desarrollar los centros de TIC en otras situaciones similares. Este estudio es interesante y relevante porque permite conocer las barreras y factores que impactan en la adopción de tecnologías de la Industria 4.0 al igual que conocer las expectativas del sector agrícola frente a este tipo de tecnología.

Por otro lado, Frank et al. (2019) buscaron comprender las formas de adopción de la tecnología de la Industria 4.0 en las compañías de manufactura. Para ello, se realizó una encuesta transversal en 143 empresas manufactureras.

Los resultados señalan que el uso de las tecnologías de base es un reto para las empresas, ya que el big data y el análisis de los datos del big data, aún son bajos en la muestra estudiada. Para concluir, el autor propone un sistema de capas tecnológicas de Industria 4.0 y se muestra niveles de adopción y su implicación para las empresas manufactureras. Esta investigación contribuye al trabajo porque demuestra que las tecnologías de la Industria 4.0 no se pueden aplicar abruptamente, sino que tiene que ser paulatinamente, además muestra diversos programas que se pueden utilizar.

Horváth et al. (2019) exploraron cómo los altos ejecutivos interpretan el concepto de Industria 4.0, las fuerzas impulsoras para la introducción de nuevas tecnologías y las principales limitaciones para la Industria 4.0. Para ello se realizó un estudio cualitativo que

incluyó 26 entrevistas semiestructuradas con los principales miembros de empresas, incluidos los directores digitales y directores ejecutivos.

El deseo de la gerencia de aumentar el control y permitir la medición del rendimiento en tiempo real es una fuerza impulsora importante detrás de la Industria 4.0. La resistencia organizativa ya sea por los empleados o el nivel de gestión medio puede representar un obstáculo para la introducción o uso de tecnologías de la Industria 4.0. Otro obstáculo importante es la falta de mano de obra calificada y el requisito de volver a capacitar al personal para adaptarse a las circunstancias cambiantes, además de la escasez de recursos financieros.

Para concluir, las empresas multinacionales tienen mayores fuerzas impulsoras y menores barreras para la Industria 4.0 que las Pymes, pero estas pequeñas empresas también tienen buenas oportunidades. Este documento es de gran importancia porque muestra cuáles son los principales impulsos de las empresas para introducir la Industria 4.0 pero también muestra cuáles pueden ser las posibles barreras que encuentre en el proceso de su implementación.

Ingaldi y Ulewicz (2019) determinaron las posibilidades de adaptación por parte de las Pymes hacia las soluciones que ofrece la Industria 4.0. Para dicho propósito, la investigación piloto se llevó a cabo en el distrito industrial de Czestochowa (Polonia).

Se pidió a las 200 empresas del sector de las Pymes que brinden información sobre las tecnologías empleadas y el nivel de preparación dentro de su organización. Dentro de los resultados se observó que las empresas de investigación están equipadas con dispositivos antiguos no automatizados, que a menudo se descomponen, su nivel de automatización y robotización es inferior al de empresas similares de otros países de la Unión Europea.

Se puede concluir que los sistemas de producción en el sector de las Pymes se caracterizan por un bajo nivel de integración del sistema, así como un bajo nivel de robotización y automatización. Esto se debe principalmente al tamaño de estas empresas y la falta de capital para inversiones. Esta investigación brinda un gran aporte al trabajo porque muestra cuáles son los problemas para aplicar las tecnologías de la Industria 4.0 por parte de las Pymes en un país completamente distinto a Perú, pero se pueden comparar los resultados en un futuro para saber si las limitantes son similares o no.

Türkeş et al. (2019) identificaron las opiniones y percepciones de los gerentes de Pymes en Rumania sobre los factores que impulsan y los limitantes de la implementación de la tecnología Industria 4.0 para el desarrollo empresarial. El método utilizado fue el de muestreo con un cuestionario como herramienta de recopilación de datos. Incluye preguntas cerradas, medidas con una escala nominal y ordenada. Se sabe que Rumania se encuentra en un proceso de transición completo de la industria 2.0 a la Industria 4.0.

Asimismo, había un alto nivel de conocimiento de la nueva tecnología de la Industria 4.0, y un deseo de implementarla en las Pymes rumanas, así como el bajo nivel de recursos necesarios para implementarla. Otra barrera puede ser que las computadoras que supervisan a las personas que trabajan les priva de la intimidad, además de la falta de experiencia (La falta de cultura, visiones o capacitación interna en el dominio digital, así como la falta de especialistas son impedimentos para el desarrollo acelerado de la Industria 4.0).

Se concluye que el hecho de que las empresas no están listas para saltar a la Industria 4.0 demuestra hasta qué punto las Pymes han creado equipos expertos con responsabilidades en la estrategia y actividades específicas para la implementación de nuevas tecnologías. Este documento es importante porque muestra que, a pesar de ser un país totalmente distinto a Perú, presenta problemas similares que deben solucionarse para poder llevar a la industria a una nueva generación y un mayor desarrollo.

Luthra et al. (2020) mencionan que su estudio tiene como objetivo examinar los impulsores de I4.0 para difundir la sostenibilidad en las cadenas de suministro (SC). Además, identifica los impulsores más relevantes a través de la literatura y los discute con expertos del área.

Para ello, se realiza un análisis empírico y así validar los controladores clave. Finalmente, el método Dematel basado en Gray se emplea para examinar la fuerza influyente de los controladores identificados y para construir un diagrama de interrelación. Como resultado se encontró que, las "políticas de apoyo del gobierno" y la "colaboración y transparencia entre los miembros de la cadena de suministro" se identificaron como impulsores muy significativos de I4.0.

Para concluir, este estudio es un esfuerzo inicial que investiga los impulsores clave de Industria 4.0 para lograr mayores ganancias en los tres principales aspectos de la

sostenibilidad (ecológicas, económicas y sociales) dentro de la SCs tomando un ejemplo de una economía emergente como lo es India. Además, puede ayudar a los gerentes, profesionales y formuladores de políticas interesados en las aplicaciones I4.0 a difundir la sostenibilidad en los CS. Este documento brinda importante contenido para la investigación porque usa el modelo Dematel que nos puede ayudar para entender mejor la relación entre los impulsores de la Industria 4.0 y la sostenibilidad.

Raj et al. (2020) analizaron las barreras en el uso de tecnología de la Industria 4.0 en relación al sector de manufacturas dentro del contexto de economías desarrolladas y en desarrollo. La metodología se desarrolla en cuatro etapas dentro de diferentes contextos económicos en donde principalmente se identificaron las barreras gracias a la revisión que se hizo a la literatura y la opinión brindada por expertos y se analizaron las relaciones entre estas con la técnica GreyDEMATEL.

Las principales barreras son: alto costo en la implementación, desafío en la integración de la cadena de valor, riesgo de seguridad informática, resistencia al cambio y bajo nivel de madurez de la tecnología. En conclusión, los resultados permiten orientar a los gerentes y profesionales a abordar las barreras destacadas, para luego poder emplear de manera exitosa las tecnologías de la Industria 4.0 en todo el sector manufacturero. Este estudio es importante porque a pesar de ser otro rubro muestra que diferentes sectores pueden tener los mismos problemas en relación a la Industria 4.0 y buscar una solución podría ayudar a más de un sector.

Rauch et al. (2020) desarrollaron un modelo de evaluación para las Pymes que sea fácil de aplicar, proporcione una visión general y clara de los conceptos de la Industria 4.0, y apoye a las Pymes en la definición de su estrategia individual para introducir la Industria 4.0 en su empresa. Para realizar este estudio se aplicó un enfoque de investigación de 3 fases: (I) revisión de la literatura e identificación de conceptos y tecnologías de la Industria 4.0; (II) la herramienta de evaluación para las Pymes se desarrolló en 2018-2019; (III) el modelo de evaluación desarrollado fue probado y validado mediante el uso de un estudio de campo con empresas industriales en 2019. Los resultados mostraron que el nivel de conocimiento y madurez actual de los conceptos de la Industria 4.0 en las Pymes es generalmente muy bajo.

Para concluir, el modelo de evaluación propuesto muestra varias ventajas en comparación con los modelos ya existentes. Proporciona una descripción detallada de los conceptos existentes de la Industria 4.0 y es muy fácil de adoptar para las Pymes. Además, la Industria 4.0 es una oportunidad para que las Pymes alcancen un nuevo nivel de competitividad. Este artículo es importante para la investigación porque muestra un gran número de conceptos dentro de la Industria 4.0, además señalan una interrogante de estudio sobre que las Pymes necesitan ayuda con la modernización y sus nuevos conceptos.

Pérez (2020) analizó la estructura y desempeño de la tecnología LoRa y el protocolo LoRaWAN (tipos de tecnologías de la Industria 4.0), además se mencionaron ciertas recomendaciones de cómo aplicarla de la mano de otras tecnologías emergentes (todo aplicado a la agroindustria peruana).

Se observó que, las amplias distancias de cobertura inalámbrica de LoRaWAN, su mínimo consumo de batería y su económico precio, además del reducido tamaño que presentan los dispositivos, harían que esta tecnología cumpliera con los requisitos necesarios para monitorear las condiciones climáticas peruanas.

Para concluir, el uso de este sistema tecnológico será de ayuda para los agricultores ya que ayuda a monitorear de manera remota los cultivos, y servirá como antecedente para que en un futuro se puedan implementar nuevas técnicas como el riego inteligente, etc., así se podrá lograr un incremento en la producción agroindustrial. Este estudio es importante porque muestra que dentro de las diversas opciones que se pueden utilizar en la Industria 4.0 LoraWAN es una de las más adecuadas para la situación del país.

## **1.2 Aplicación de modelo TAM en pequeñas y medianas empresas**

El modelo TAM (Modelo de Aceptación Tecnológica) fue elaborado por Davis en 1989 y lo que busca principalmente es analizar el proceso que puede conllevar a un sujeto a adoptar un determinado comportamiento (Sánchez Pietro et al., 2017). De acuerdo con este modelo, la aceptación de la tecnología está determinada por las ideas que se tiene sobre las consecuencias de su uso. (Cabero et al., 2018).

Para ello, se concentra en dos conceptos básicos: la Utilidad Percibida (UP) y la Facilidad de Uso Percibida (FUP). La UP se refiere al grado en el que un individuo cree que empleando una herramienta puede mejorar su desempeño en un trabajo. Por otro lado, la FUP hace alusión al menor esfuerzo que un individuo considera que va a usar al adoptar un sistema determinado. Otros tres factores se ven influenciados por los ya mencionados con anterioridad. Estos son: la Actitud hacia el Uso, la Intención Conductual de Uso y el Uso Real. La primera está basada en las creencias de un sujeto sobre el uso de un sistema y la segunda se define como la probabilidad de que un individuo haga uso del sistema (Sánchez Pietro et al., 2017).

De acuerdo con Camilleri (2019), las Pymes se comunican e interactúan cada vez más con las partes interesadas a través de los medios digitales. Por lo tanto, el propósito de su documento es investigar las actitudes de los propietarios-administradores de las Pymes hacia el ritmo de la innovación tecnológica, y examinar su uso percibido y la facilidad de los medios digitales para la participación de las partes interesadas.

La metodología de investigación integró elementos de medición del Modelo de Aceptación Tecnológica (TAM), el ritmo de la innovación tecnológica y la responsabilidad social corporativa, para comprender mejor la lógica de los propietarios-gerentes de las Pymes para usar medios digitales.

Dentro de los resultados se observó que un análisis factorial indicó que los propietarios-gerentes de las Pymes percibían la utilidad de los medios digitales para interactuar con las partes interesadas del mercado. Mientras que, un análisis de regresión gradual informó relaciones positivas y significativas entre el ritmo de la innovación tecnológica y la utilidad percibida por las Pymes de los medios digitales para fines de comunicación. Los resultados también revelaron que los jóvenes propietarios-gerentes de grandes Pymes tenían más probabilidades de utilizar medios digitales que sus contrapartes más pequeñas.

En conclusión, los gerentes y ejecutivos de las Pymes están en condiciones de mejorar la efectividad de los esfuerzos de comunicación de sus negocios. Este estudio ha identificado y analizado las actitudes de los propietarios-gerentes de las Pymes hacia la utilización de los medios digitales para la comunicación de cuestiones comerciales, éticas y de responsabilidad

social. Este documento es importante porque muestra el modelo TAM que mide las posibles actitudes al momento de adoptar la tecnología y muestra la relación de las Pymes con los stakeholders desde la perspectiva de los gerentes y ejecutivos.

Por otro lado, Monteleone et al. (2019) buscaron analizar cuáles son las variables que afectan la adopción de las tecnologías de la Industria 4.0 en el sector agrícola principalmente relacionadas a herramientas de precisión de gestión de agua y con ello, poder predecir el comportamiento de intención de aplicación de este tipo de tecnología. Para ello se realizó una investigación sistemática de la literatura en relación además de la aplicación de una plataforma piloto en Brasil, España y en Italia para de forma experimental determinar el limitado empleo de las tecnologías de la Industria 4.0 en el sector agrícola.

Dentro de la metodología de investigación, emplearon la teoría del comportamiento para conocer e interpretar las actitudes y percepciones encontradas a lo largo de su investigación. Los hallazgos fueron los siguientes: cuando menos sean los obstáculos percibidos por los agricultores en cuanto a información o impedimentos para acceder a proveedores de las tecnologías de la Industria 4.0, mayor será la probabilidad de adopción. Asimismo, la precariedad de acceso a internet o infraestructura son los factores que mayor impacto tienen en la adopción de las tecnologías de la Industria 4.0 en zonas rurales. De igual manera, resaltaron que la edad y educación moderan la actitud y conservadurismo. Finalmente, concluye que efectivamente la actitud es un componente relacionado directamente a la adopción de las tecnologías de la Industria 4.0 en el sector agro.

Esta investigación es importante para el presente trabajo ya que permite conocer la actitud y comportamiento del sector agrícola frente a las tecnologías de la Industria 4.0 aplicada en distintas zonas geográficas y si bien se enfoca en un proceso en específico (gestión de uso de agua) permite conocer a modo general principales factores que influyen la adopción de este tipo de tecnología.

Por lo anteriormente expuesto, resalta que las investigaciones realizadas en diversos mercados indican que sí es posible aplicar la Industria 4.0 en Pymes como también en países en vía de desarrollo, ya que a diferencia de lo que se podría creer, si hay programas que no requieren de un presupuesto tan elevado para aplicarse y esto podría resultar beneficioso para las Pymes que exportar, porque con ello pueden aumentar sus niveles de producción y reducir

sus costos. También se ve reflejado que no hay tantas investigaciones relacionadas a este tema. Se espera que un futuro esta situación pueda cambiar y más países en vías de desarrollo busquen aplicar la Industria 4.0 en sus procesos para que así las empresas puedan mejorar en cuanto a calidad y cantidad de producción.

De igual manera, Masood et al. (2020) que los futuros sistemas industriales contemplan las tecnologías de la Industria 4.0 dentro de sus procesos ya que presentan grandes beneficios; sin embargo, pese a ello este tipo de tecnologías se encuentran desconectadas de los requerimientos o necesidades de Pymes. Debido a esto realizaron un estudio para determinar los beneficios y desafíos de implementación de las tecnologías de la Industria 4.0 que tienen este tipo de empresas.

La metodología de investigación empleada se basó en el modelo TAM, para lo cual aplicaron encuestas basadas en escala Likert a 303 Pymes del Reino Unido para a través de un análisis de regresión múltiple poder validar las hipótesis que planteaba. De igual manera, emplearon un modelo de ecuaciones estructuradas para determinar las conexiones existentes entre las variables.

Los hallazgos de esta investigación determinaron que las Pymes de mediano tamaño encuestadas muestran mayores beneficios que las más pequeñas y que a mayor percepción o actitud positiva frente a esta tecnología, se incrementan los beneficios que trae consigo. Sin embargo, también determinaron que a mayor complejidad de la empresa esta puede representar mayores desafíos. En conclusión, los investigadores determinaron que si bien muchas de las Pymes tienen el deseo de lograr implementar tecnologías de la industria 4.0 las limitaciones tanto financieras como de conocimiento representan desafíos claves. Este estudio es importante para la investigación, ya que permite determinar los principales desafíos que presentan las pequeñas y medianas empresas al momento de intentar implementar las tecnologías de la Industria 4.0 a sus procesos a través de la metodología del modelo TAM.

Mokhtar et al. (2020) por su parte realizaron una investigación con la finalidad de evaluar y determinar los principales factores de innovación para la adopción de computación en la nube, un tipo de tecnología de la industria 4.0 de las Pymes de Malasia. Para lograr dicho objetivo, con ayuda de un enfoque cuantitativo, se emplearon cuestionarios, y así

podieron recopilar los datos de un total de 114 empresas manufactureras identificadas a través de un muestreo no probabilístico.

Los hallazgos de la investigación fueron los siguientes: la complejidad y compatibilidad de las tecnologías de la Industria 4.0 tiene un fuerte impacto en la utilidad percibida de la misma; de igual manera, la complejidad se correlaciona con la facilidad de uso percibida y tanto esta última junto con la utilidad percibida comprenden un impacto altamente significativo con la intención de uso u adaptación de los sistemas de computación de la nube. Finalmente, el estudio concluye que el crecimiento constante de la economía a nivel mundial ha demostrado la gran importancia de la digitalización y uso de la tecnología dentro de los procesos de las empresas para poder ser más competitivos dentro de la industria.

Este documento es importante ya que permite comprender las diferentes variables que integran el modelo TAM aplicado a empresas pequeñas y medianas del sector manufacturero y pese a que estas pertenecen a un sector diferente al agro, este permite evaluar los principales factores que impactan en el uso de tecnologías de la Industria 4.0 por parte de las Pymes, además de representar el uso y aplicación del modelo TAM

Nuryvev et al. (2020) estudiaron los factores que influyen en el intento de adoptar métodos de pago a través de criptomonedas entre Pymes en turismo y hotelería bajo el modelo de aceptación tecnológica (TAM). El modelado de ecuaciones estructurales se utiliza para examinar el efecto conjunto de los factores internos y externos que aparecen.

Los resultados muestran que la orientación estratégica, las características personales del propietario/gerente (autoeficacia e innovación) y la influencia social posee un gran efecto en cuanto al propósito de adoptar nuevas tecnologías. En conclusión, este estudio extiende los fundamentos teóricos del modelo TAM a las características específicas de Pymes.

Las barreras del estudio son el tamaño de la muestra y un diseño de encuesta única. Sin embargo, los resultados de esta investigación sobre la adopción del pago de criptomonedas ofrecen implicaciones prácticas para los interesados en el turismo, además, sirve para apoyar la competitividad entre las Pymes. Este documento es importante porque muestra cuales son las posibles razones que pueden influenciar en la adopción de la adopción de tecnología, específicamente podría ser la adopción de las tecnologías de la Industria 4.0.

## **CAPÍTULO II: PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA**

En el presente capítulo se mencionan cuáles son los problemas actuales que enfrenta la agricultura y el rol del uso de tecnología en estos tiempos. Los diversos cambios en la actualidad requieren la búsqueda de nuevas soluciones y las tecnologías de la Industria 4.0 pueden representar esta importante ayuda que tanto requiere el sector. Adicional a ello, las pequeñas y medianas empresas pueden explorar el uso de nuevas tecnologías y con ello, observar mejorar y desarrollos en sus procesos.

### **2.1 Situación problemática**

De acuerdo con la FAO (2017) en las próximas décadas se presentarán una serie de tendencias y desafíos globales que tendrán repercusión en la alimentación y la agricultura. Entre los principales desafíos que enfrentará la agricultura se encuentran:

- Mejorar la productividad de forma sostenible frente a la demanda creciente
- Impacto del cambio climático
- Erradicación de la pobreza extrema y desigualdad

Por un lado, de acuerdo con el Departamento de Asuntos Económicos y Sociales (2019) el crecimiento de la población mundial hacia el 2030 llegaría a 8548 millones de habitantes, es decir, en comparación a la población del año 2019 habrá un incremento aproximado de 835 millones y con ello la demanda de alimento sería mayor hacia los próximos años. Asimismo, la FAO (2021) indicó que debido a la sobre explotación de la tierra y presión en la que someten los recursos híbridos ya no se puede desarrollar más la agricultura. Esto a su vez, conlleva a que se reduzca el potencial de producción además que se reduce el acceso a alimentos y ecosistemas lo que reduce las posibilidades de una mejor calidad de vida (FAO, 2021).

Además, de acuerdo con la FAO (2017): en los últimos 50 años, los gases de efecto invernadero, producto de la agricultura y otras actividades relacionadas, se han casi

duplicado, y estos seguirán incrementándose durante los próximos años. Asimismo, la biodiversidad y los recursos disponibles se han visto seriamente afectados por el cambio climático. Es decir, por un lado, se acelera la demanda de alimentos por el incremento de la población hacia los próximos años, pero conforme avanzan estos, los recursos disponibles y las tierras agrícolas se ven afectadas por la sobre explotación además del calentamiento global.

De acuerdo con las estadísticas del Banco Mundial (2019), de 1960 a 1990 sólo hubo un incremento del 9% de áreas destinadas a la agricultura que posteriormente hacia 1992 se redujo en un 5% y a partir de dicho año hacia el 2016 ha habido un incremento del 1% en las áreas cultivadas. En base a ello, se observa que de alguna u otra manera es casi imposible que las tierras de cultivo se incrementen y que, por el contrario, es cada vez mayor la necesidad de una agricultura eficiente con menor impacto negativo en los campos para lograr satisfacer la necesidad de la población a nivel mundial.

La agricultura representa un rol fundamental en el desarrollo económico y en la reducción de la pobreza a nivel mundial. Para ello es, importante que se contemplen actividades como brindar una educación de calidad, incentivar la diversificación de la economía a través de actividades rurales de generación de ingresos diferentes a las agrícolas y promover la creación de empleo. Sin embargo, pese a su importancia sobre todo en zonas rurales, el desarrollo económico ha llevado a lograr una disminución de personas dedicadas a la agricultura, como consecuencia de la urbanización (FAO, 2017).

Por ello, frente a los desafíos que enfrentan las empresas del sector agrícola, la implementación de tecnologías está contribuyendo a reducir el uso de pesticidas, agua, mejora el seguimiento de alimentos y está permitiendo generar nuevos negocios y empleos que además ayudan al desarrollo de algunas regiones rurales con un alto índice de pobreza; es decir, hay un impacto positivo en la sostenibilidad a nivel económico, social y ambiental. Además, en un entorno tan cambiante, es importante que las empresas potencien sus fortalezas y busquen minimizar sus debilidades ya que esto les permitirá aprovechar nuevas oportunidades que se le presenten y mejorar su desempeño en los mercados a través del tiempo (Ciruela-Lorenzo et al., 2020).

Entre las nuevas innovaciones se encuentra la denominada Industria 4.0. Por su parte, Lasi et al., (2014) señaló lo siguiente:

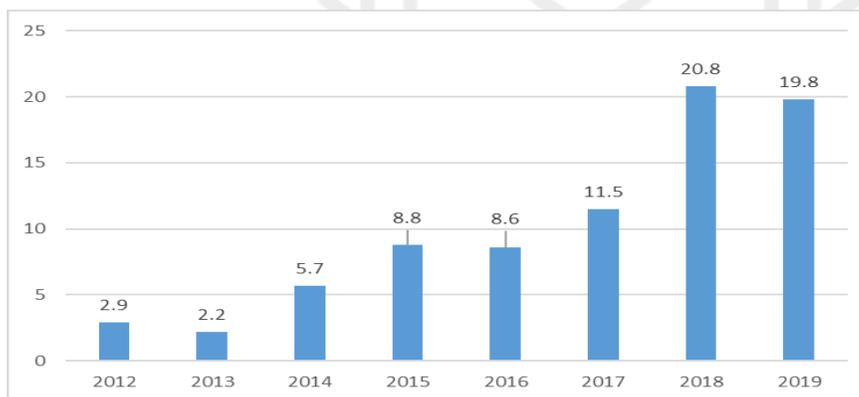
La producción industrial está teniendo un nuevo cambio vinculado a la digitalización avanzada ya sea dentro de los procesos operativos de fábricas, tecnologías del futuro como objetos inteligentes o combinaciones de tecnologías de Internet.

Esta denominada Industria 4.0 está ocasionando una transformación en distintos sectores gracias a las innovaciones tecnológicas y digitales que conlleva (Trendov, 2020). Ya sea transformando cada sector en uno inteligente, logrando ahorros, producciones más eficientes, actividades más sostenibles y transparente con los clientes (Bucci et al., 2018).

El sector agrícola por su parte no es ajeno a este proceso ya que, gracias a la difusión de las diferentes herramientas digitales, ya se está mejorando el acceso de los pequeños productores a financiamientos, capacitación, insumos y mercados (USAID, 2018). Tal y como se observa en la figura 1.2, en los últimos siete años el financiamiento de acuerdos agrícolas y tecnología alimentaria a nivel mundial se ha incrementado en un 85% hacia el 2019, en comparación a las estadísticas del año 2012.

### **Figura 2.1**

*Financiamiento de acuerdos agrícolas y de tecnología alimentaria a nivel mundial 2012 – 2019 (datos en billones dólares americanos)*

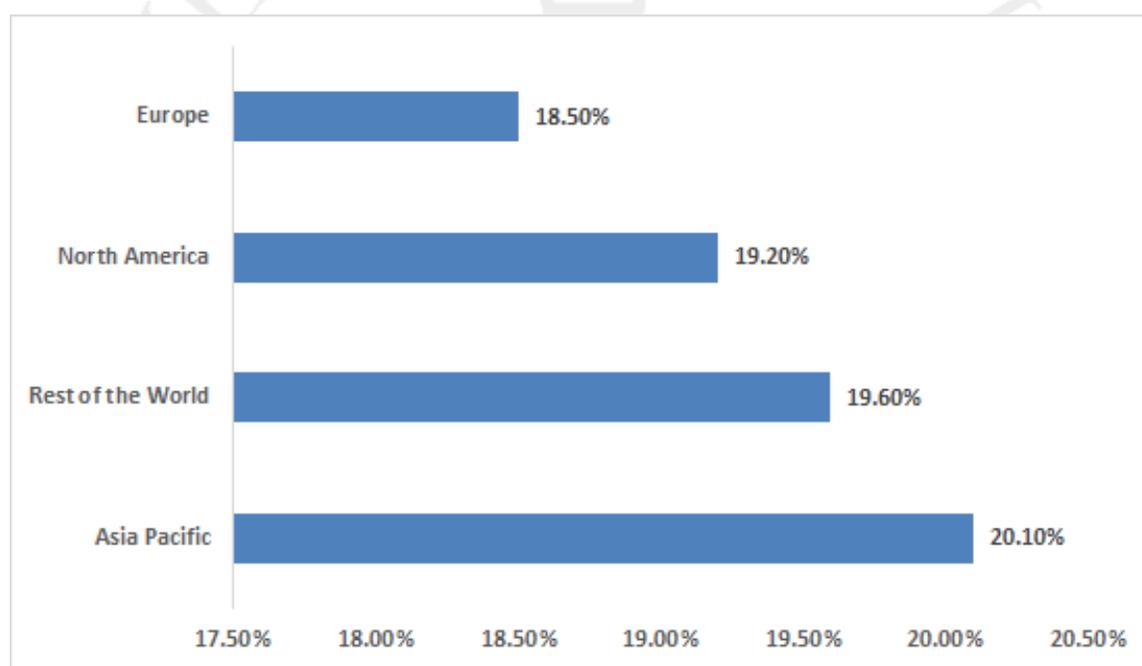


*Nota.* En 2019, las empresas emergentes de tecnología agrícola y alimentaria recibieron una financiación de aproximadamente 19.800 millones de dólares estadounidenses, una disminución de los 20.800 millones de dólares estadounidenses del año anterior, de Statista, 2019 (<https://www.statista.com/statistics/1110728/agriculture-and-food-technology-funding-value-worldwide/>).

De igual manera, la Industria 4.0 se presenta como un proceso que promete generar una mayor eficiencia y mejorar la calidad de la producción. Zonas como Asia del Pacífico y Europa destacan por ser los territorios con mayor desarrollo en la aplicación de tecnologías de la industria 4.0 en el sector agro. Sin embargo, América Latina aún presenta rezagos y dentro de las estadísticas aún no se identifica de manera individual lo que indicaría que el desarrollo digital en la agricultura está todavía muy por debajo de lo esperado en comparación a los otros continentes.

### Figura 2.2

*Tasa de crecimiento anual compuesto de la agricultura inteligente en todo el mundo entre 2017 - 2022 por regiones.*



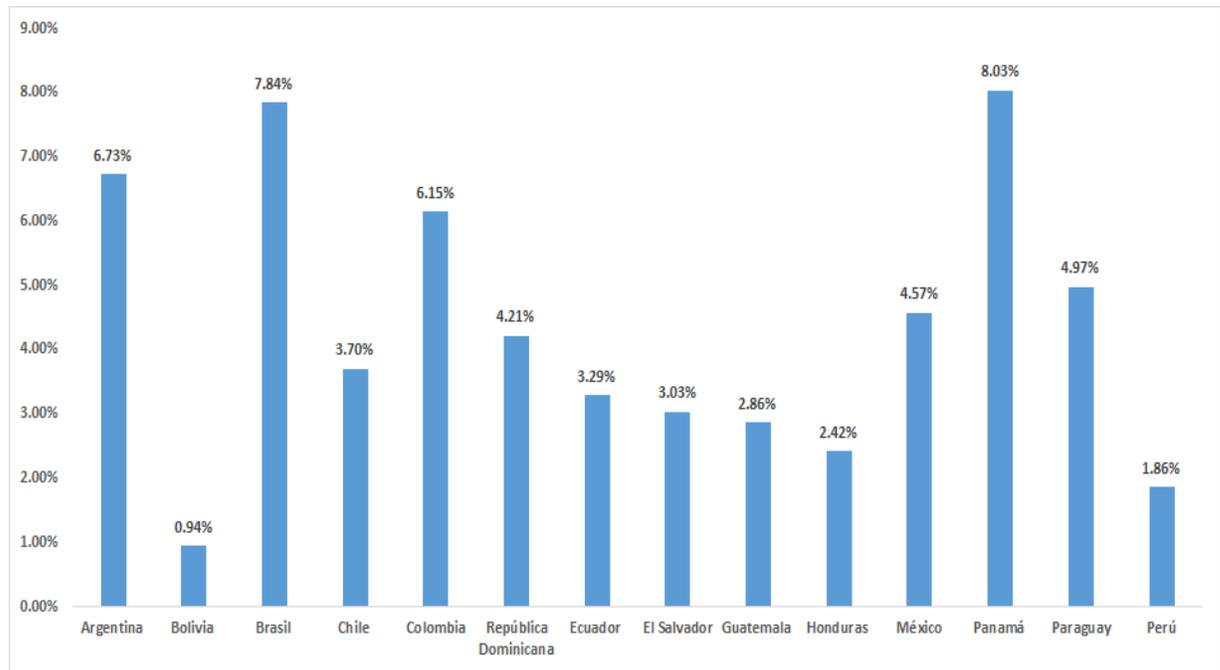
*Nota.* Esta estadística muestra la tasa de crecimiento anual compuesta (CAGR) de la agricultura inteligente en todo el mundo entre 2017 y 2022, por región. De *Tasa de crecimiento anual compuesta (cagr) de la agricultura inteligente en todo el mundo entre 2017 y 2022*, por Statista, 2019 (<https://www-statista-com.ezproxy.ulima.edu.pe/statistics/957261/annual-growth-cagr-smart-agriculture-worldwide-by-region/>).

Por otro lado, en cuanto al desarrollo y adopción de tecnologías de la Industria 4.0 en el territorio de América latina, se observa que Perú es uno de los países con menor índice de aplicación tecnológica en procesos productivos y el desarrollo del comercio. Como se observa en la figura 2.3 con respecto al uso de plataformas para el comercio electrónico, Perú

con 1.86 % de uso de plataformas digitales y comercio electrónico en el sector empresarial, se encuentra por debajo del promedio de la región (5.70 %).

### Figura 2.3

*Uso de Plataformas digitales y comercio electrónico en el Sector Empresarial - América Latina 2019*



*Nota.* Ciertos países fueron excluidos de esta lista por falta de confiabilidad en los datos fuente. De *Uso de Plataformas digitales y comercio electrónico en el Sector Empresarial - América Latina*, por Banco de Desarrollo de América Latina, 2020 ([https://scioteca.caf.com/bitstream/handle/123456789/1540/El\\_estado\\_de\\_la\\_digitalizacion\\_de\\_America\\_Latina\\_frente\\_a\\_la\\_pandemia\\_del\\_COVID-19.pdf](https://scioteca.caf.com/bitstream/handle/123456789/1540/El_estado_de_la_digitalizacion_de_America_Latina_frente_a_la_pandemia_del_COVID-19.pdf)).

Por otro lado, realizando una evaluación en la composición de la economía peruana y el tamaño de las empresas que lo conforman, se observa que la mayoría de las empresas exportadoras están conformadas por micro y pequeñas empresas. Hacia 2017 de acuerdo con la base de datos de SUNAT el 67% del total de empresas exportadoras estaban conformados por MYPEs. Asimismo, el sector agroexportador está conformado en su mayoría por MYPEs, siendo el 82.7% microempresas y el 14.8% pequeñas empresas (SUNAT, 2019).

**Tabla 2.1***Empresas exportadoras por estrato empresarial 2017*

<b>Estrato Empresarial</b>	<b>N° empresas</b>	<b>Part.% Exportadoras</b>	<b>Total de empresas</b>	<b>Razón N° de exportadoras/Total de empresas</b>
<b>Microempresas</b>	3395	48.9	1836848	0.2
<b>Pequeña empresa</b>	1292	18.6	60702	2.1
<b>Mediana empresa</b>	208	3	2304	10.2
<b>Gran empresa</b>	2044	29.5	9245	22.1
<b>Total</b>	6939	100	1909099	

*Nota.* Se analizó un total de 6,939 empresas, entre micro, pequeñas, medianas y grandes empresas. De *Empresas exportadoras por estrato empresarial 2017*, por Sunat, 2017 (<https://ogeiee.produce.gob.pe/index.php/en/shortcode/estadistica-oe/estadisticas-mipyme>).

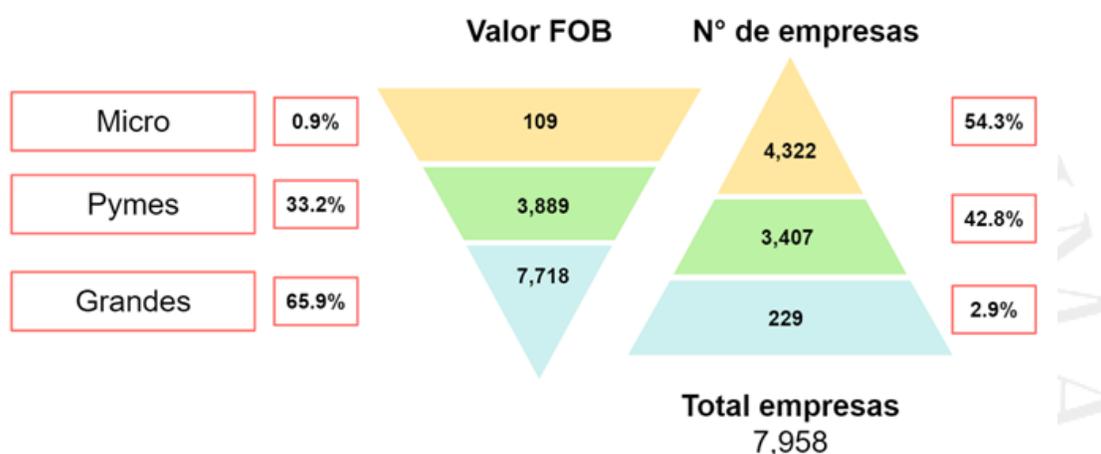
Asimismo, PromPerú, el organismo que se encuentra adscrito al Ministerio de Comercio Exterior y Turismo y cuyo principal objetivo es posicionar al Perú mediante la promoción de sus paisajes, cultura y diversos productos de exportación con gran valor agregado para seguir contribuyendo con el desarrollo sostenible y la descentralización del país (PromPerú, 2022), realizó un informe en donde muestra que las micro empresas representan el 54.3 % del total de empresas que realizaron exportaciones no tradicionales en el 2019, seguido de las Pymes que representaban un 42.8 % del total de empresas, pero al observar los datos en valores FOB, se pudo ver que en cuanto a volúmenes las grandes empresas son las que realizaron una mayor cantidad de exportaciones, llegando a representar el 65.9 % del total y seguido de esta se encuentran las Pymes que representaban un total de 33.2 % del total de exportaciones no tradicionales realizadas durante ese año (2019). Es por ello por lo que se decidió analizar a las Pymes, ya que, si bien en cantidad de empresas no son tantas comparadas con las microempresas, en cuanto a volumen de exportaciones si tienen una mayor representación, además de poseer un mayor poder adquisitivo para poder aplicar las tecnologías de la Industria 4.0 dentro de sus procesos cotidianos.

Además, es importante señalar que para el año 2022 se observó un incremento en el número de empresas agroexportadoras peruanas, llegando a observar 577 empresas dentro

del rubro. Asimismo, es importante mencionar también que en dicho año la cantidad de empresas exportadoras fue de 5,393. Aquel dato confirma que hubo un incremento del 10% con respecto a las cifras del año 2021. Además, se confirma que la mayor parte de esas empresas ahora son MiPymes ya que el 67.7% del total fueron microempresas, el 26.8% fueron pequeñas empresas y el 1.3% medianas (ADEX, 2022).

**Figura 2.4**

*Participación de las Pymes en las exportaciones no tradicionales en el 2019 (Valor FOB, % de Participación)*



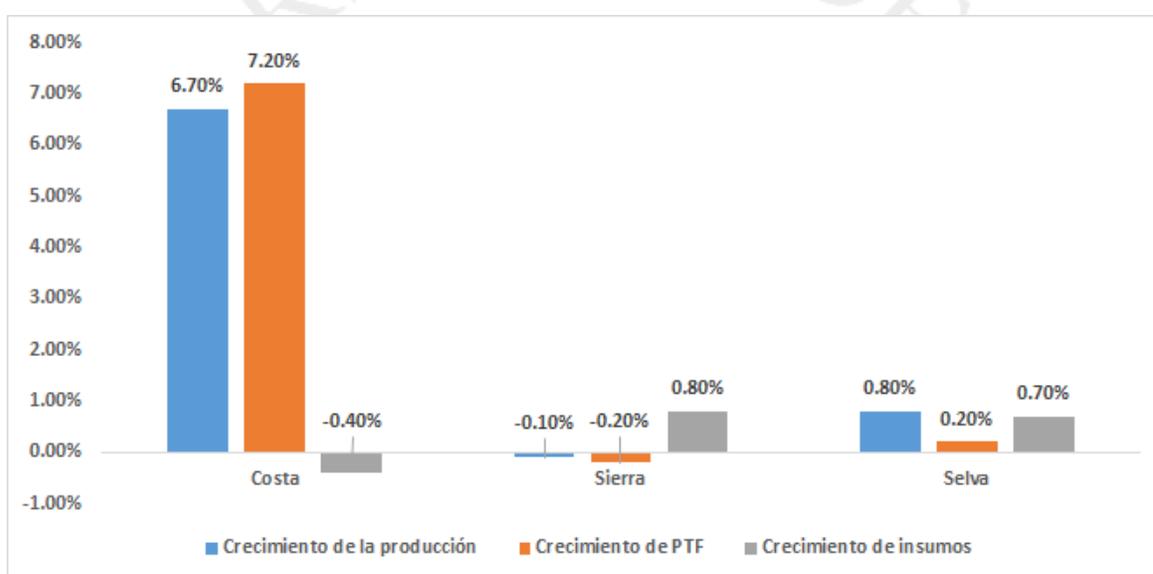
*Nota.* Se analizó un total de 7,958 empresas, entre micro, pequeñas, medianas y grandes que exportaron productos no tradicionales. De *Participación de las Pymes en las exportaciones no tradicionales* por PromPerú, 2019 ([https://www.promperu.gob.pe/Repos/pdf\\_novedades/212202094055\\_882.pdf](https://www.promperu.gob.pe/Repos/pdf_novedades/212202094055_882.pdf)).

Además, de acuerdo con un estudio realizado por Maletta (2017), aproximadamente más del 80 % de empresas agrícolas medianas tienen un nivel tecnológico relativamente alto, mientras que por el lado de las pequeñas empresas agrícolas en el Perú predomina un nivel relativamente bajo en cuanto al uso de tecnología. Esto a su vez, impacta en el desempeño y desarrollo de este tipo de empresas. Asimismo, en una evaluación del desarrollo de las empresas en el periodo comprendido entre 2007 y 2015, se observa que las empresas de la sierra y selva en donde el acceso a tecnologías es menor y predominan las pequeñas empresas agrícolas familiares, han reducido el índice de PTF (índice de productividad) mientras que, a diferencia de estas, en la Costa este indicador se ha incrementado junto con el valor agregado que proveen.

También se debe considerar que, en las zonas rurales a diferencia de las zonas urbanas, el índice de analfabetismo es mayor, por ende, existe una menor cantidad de personal calificado para el uso de nuevas tecnologías en el sector agroexportador impidiendo así en muchos casos el desarrollo y expansión de pequeñas empresas en estas zonas geográficas (INEI, 2018).

**Figura 2.5**

*Índice de crecimiento de la producción, los insumos y la PTF por regiones naturales (2007 -2015)*



*Nota.* PTF hace referencia a la Productividad Total de los Factores. De *Índice de crecimiento de la producción, los insumos y la PTF por regiones naturales (2007 -2015)*, por Banco Mundial, 2017 (<http://documents1.worldbank.org/curated/en/107451498513689693/pdf/P162084-06-26-2017-1498513685623.pdf>).

Es por ello, que frente a los desafíos que enfrenta y enfrentará el sector agrícola y las ventajas que supondría el apoyo de la tecnología para su desarrollo y desempeño sobre todo de las pequeñas y medianas empresas; considerando además al contexto actual que se vive y de acuerdo con el estudio realizado por el Banco de Desarrollo de América Latina (2020) que indica que “la digitalización a su vez puede representar un papel importante al amortiguar los efectos de la pandemia”, se busca determinar la intención de uso de tecnología de la Industria 4.0 entre las Pymes del sector agroexportador peruano y el impacto de estos en la sostenibilidad de estas.

## **2.2 Formulación del Problema**

Considerando los antecedentes mencionados de la investigación, la situación problemática y el modelo TAM explicado en el capítulo 1, se plantea el siguiente problema central.

### **2.2.1 Problema general**

¿Cómo se condiciona la intención conductual de uso (IUT) de tecnologías de la Industria 4.0 por la Facilidad de Uso Percibida (FUP), Utilidad Percibida (UP) y Actitud Hacia el Uso (AUT), por parte de las pequeñas y medianas empresas agroexportadoras peruanas (Pymes)?

### **2.2.2 Problemas específicos**

1. ¿Cómo se condiciona la utilidad percibida de tecnologías por la facilidad de uso percibida de la Industria 4.0, por parte de las Pymes agroexportadoras peruanas?
2. ¿Cómo se condiciona la actitud hacia el uso por la facilidad de uso de tecnologías de la Industria 4.0, por parte de las Pymes agroexportadoras peruanas?
3. ¿Cómo se condiciona la actitud hacia el uso de tecnologías de la Industria 4.0 por la utilidad percibida, por parte de las Pymes agroexportadoras peruanas?
4. ¿Cómo se condiciona IUT por la utilidad percibida, por parte de las Pymes agroexportadoras peruanas?
5. ¿Cómo se condiciona IUT por la actitud hacia el uso, por parte de las Pymes agroexportadoras peruanas?

## **CAPÍTULO III: JUSTIFICACIÓN**

La presente investigación busca determinar la relación de diferentes variables en la adopción de tecnologías de la Industria 4.0 en el sector agroexportador peruano de Pymes, empleando el modelo TAM. En base a ello, a continuación, se desarrollarán argumentos que respalden la realización de esta investigación. Asimismo, se explicará la viabilidad y limitaciones que pueden presentar esta investigación.

### **3.1 Importancia de la investigación**

La aplicación de tecnología representa diversos beneficios para el sector agro peruano y permiten desarrollar una agricultura de alta precisión y calidad (Mayer, 2018, p.11). De acuerdo a una de las más recientes investigaciones, se ha logrado optimizar un 20% del uso de insumos agrícolas, recursos hídricos y consumo de energía en el sector agrícola peruano gracias a la tecnología (Kamt, 2022, conexión ESAN). Por ello, sobre todo, considerando que una de las principales actividades de la economía peruana es la agricultura y el 67% de empresas agroexportadoras están conformados por MYPEs se ha determinado que la importancia de la presente investigación consiste en conocer la intención de uso de tecnologías de la Industria 4.0 por parte de las Pymes agroexportadoras peruanas.

A continuación, se profundizará sobre la importancia de la investigación y se detallará la justificación teórica, práctica y metodológica:

#### **3.1.1 Justificación teórica**

La presente investigación busca a través de la aplicación del modelo de aceptación tecnológica (TAM) y conceptos tanto de tecnologías de la Industria 4.0 como de la agricultura y actividades económicas, determinar el impacto o relación de diferentes variables en la intención de uso de tecnologías de la Industria 4.0 por parte de las Pymes agroexportadoras peruanas.

Es importante mencionar que las investigaciones respecto a la adopción de este tipo de tecnología en el sector agroexportador peruano a la fecha aún son reducidas y/o limitadas. Asimismo, para el desarrollo de esta investigación se consultaron autores y bases científicas tanto locales como internacionales; sin embargo, las fuentes encontradas en su mayoría corresponden a investigaciones internacionales principalmente desarrolladas y/o aplicadas en países europeos. En base a ello, es importante mencionar que con esta investigación se busca aportar información específica para este sector.

Por otro lado, considerando la gran importancia, potencial y el rol que han asumido las tecnologías de la Industria 4.0 en diferentes actividades y sectores económicos se ha observado que existen diferentes teorías para evaluar la adopción de tecnologías de la Industria 4.0 en determinadas empresas de diferente sector.

Por ello, a través del desarrollo del modelo TAM y su versión más simplificada se busca contribuir con esta área del conocimiento y a su vez generar el desarrollo de mayor investigación aplicada a este sector. Asimismo, es importante señalar que se escogió el modelo TAM considerando que es uno de los métodos que más se ha usado para evaluar la intención de uso de tecnologías, además de contar con el respaldo bibliográfico y empírico al haber sido aplicado a otras realidades e industrias incluido el sector agro.

### **3.1.2 Justificación práctica**

Además de contribuir con el campo de investigación mencionado anteriormente, es importante indicar que, en la economía del Perú, la agricultura es una actividad fundamental, ya que esta representa el 23.8% del PBI primario, siendo este el segundo con mayor porcentaje y en donde se encuentran rubros como hidrocarburos, pesca, agricultura y manufactura. Además, según el Instituto Nacional de Estadística e Informática, este sector representó el 26.8% del trabajo a nivel nacional, tanto en el sector formal como informal durante el año 2021 (La Cámara, 2021). Para finalizar, se puede observar que este sector es sumamente importante, especialmente en las zonas rurales donde genera miles de puestos de trabajo, satisface la alimentación que es una de las necesidades básicas de los ciudadanos y, además, debe contrarrestar una serie de desafíos a nivel social, económico y ambiental anteriormente mencionados.

En base a ello, conocer las variables que impactan en la adopción de tecnologías de la Industria 4.0 (herramienta esencial que se ha desarrollado en los últimos años frente a los desafíos que enfrentan las empresas en diferentes sectores incluidos el agrícola) al igual que de alguna u otro manera comprender las limitantes o dificultades de este sector para la aplicación de tecnologías de la Industria 4.0 en las empresas, permite que estas identifiquen los principales retos respecto al uso de la tecnología.

Asimismo, otras partes interesadas como los organismos gubernamentales que fomentan y apoyan a este sector podrán tener más información sobre los desafíos en el desarrollo de estas empresas para ser más competitivas en el ámbito tecnológico y potenciarlas. Además de lograr identificar variables diferentes al aspecto económico que también tienen relevancia en el uso o adopción de tecnologías de la Industria 4.0

Por otro lado, se debe considerar que, en el Perú, el sector agroexportador en su mayoría está conformado por empresas de tamaño pequeño y mediano; sin embargo; en relación con las exportaciones, el aporte de estas Pymes es mucho menor en comparación con el aporte de grandes empresas, que representan solo el 2.9% del total de empresas en el país. Y en términos tecnológicos, son las Pymes de este sector las que representan un porcentaje reducido de uso tecnológico en el desarrollo de sus procesos operativos a diferencia de las grandes empresas que gracias a esta ha logrado mejorar sus procesos, productividad y productos.

Por otro lado, se considera que al realizar la presente investigación de alguna u otra manera se contribuye a la mayor difusión de las ventajas y beneficios que representan las tecnologías de la Industria 4.0 en el sector y motivar a un mayor número de empresas Pymes a que opten por la aplicación de esta. De igual manera, cabe resaltar que mientras más se actualicen este tipo de empresas y empleen tecnología que mejore sus procesos operativos, serán más competitivas en mercados externos y generarán un efecto positivo en el desempeño del sector y del país.

Es importante en el caso peruano que los agricultores hagan uso de las tecnologías de la Industria 4.0 debido a que esta, al poder monitorear el clima y el suelo agrícola, suele brindar información fundamental que después se puede transformar en recomendaciones que permitan una mayor productividad y un menor uso de recursos a ser empleados en las

próximas cosechas. Tal como se vio aplicado en el proyecto conjunto entre la FAO, Movistar y Minagri “Perú Smart Agro 4.0” que se realizó a finales del 2018 para los agricultores algodoneros ubicados en los departamentos de Ica y Lambayeque, el resultado después de un año fue que la productividad puede incrementarse hasta en un 77% y se redujo el consumo de agua en un 25%. Este proyecto se realizó con éxito gracias a las instalaciones de tensiómetros digitales y Big Data permitieron el análisis de la humedad del suelo (FAO, n.d.).

### **3.1.3 Justificación metodológica**

Es importante señalar que para la presente investigación se empleará el método científico sobre variables que ya han sido estudiadas y validadas en otros campos de la ciencia, a través de diferentes teorías que cuentan con respaldo científico y han sido aplicadas en el estudio de diferentes fenómenos, ya sea en el sector tecnológico como en otros sectores y la intención de uso de este tipo de tecnologías.

En base a ello, es necesario indicar que el enfoque de esta investigación es cuantitativo y a través del instrumento del cuestionario se podrá recolectar los datos en relación con la intención de uso por parte de las Pymes agroexportadoras peruanas. Una vez finalizada la recolección de datos, se empleará el software Smart PLS para realizar el análisis de estos y validación de las hipótesis que serán explicadas en los puntos posteriores.

La aplicación de este software permite que la presente investigación pueda ser validada bajo criterios científicos dado que, esta herramienta gracias al uso de ecuaciones estructurales permite el estudio de datos a través de criterios estadísticos, entre ellos el software proporciona índices de confiabilidad y fiabilidad, lo que genera mayor confianza en la investigación desarrollada. Asimismo, se empleó este software, ya que se caracteriza por ser un sistema que permite la trazabilidad de la información de manera transparente generando reportes automáticos y un modelo gráfico.

### **3.2 Viabilidad de la Investigación**

Con relación a la viabilidad de la investigación, las encuestas se aplicarán a Pymes agroexportadoras peruanas. De acuerdo con la base de datos de Adex (2022) en la actualidad existen 652 Pymes de las cuales se han identificado 100 empresas para el presente análisis. Se emplearán medios electrónicos para poder contactarlos, es decir un cuestionario online. Los encuestados serán contactados por medio de llamadas telefónicas, correo electrónico y redes sociales como LinkedIn y WhatsApp.

Es importante mencionar que se ha optado por emplear medios electrónicos, ya que dada la coyuntura sanitaria muchos de los funcionarios de las empresas se encuentran trabajando de manera remota y como investigadores también se está priorizando el cumplimiento de las medidas de bioseguridad y el cuidado de la salud por lo que se considera que el empleo de los medios electrónicos en el desarrollo de la investigación es un gran soporte para el cuidado de la salud tanto de los investigadores como de los encuestados.

Por otro lado, es importante mencionar que se emplearán las bases de datos brindadas por la universidad y de organismos gubernamentales. Por el lado de la Universidad de Lima, se cuenta con una gran base de datos conformada por libros, revistas y artículos indizados que han sido empleados para obtener información verídica y confiable respecto al tema a desarrollar y sobre todo para profundizar la teoría que se aplicará en el campo agroexportador y el uso del tipo de tecnología en investigación

Por el lado de los organismos gubernamentales, se cuenta con reportes e informes tanto de acceso público, como de acceso restringido. Estos últimos son solicitados por los estudiantes universitarios para obtener información actualizada y detallada respecto al tema estudio y principalmente través de estos organismos se logrará contar con las bases de datos de contactos para el envío de los cuestionarios online y/o números de teléfonos para realizar las encuestas vía telefónica.

Finalmente, sobre la base de lo descrito anteriormente se considera que esta investigación es viable ya que la información de campo puede ser recolectada por diversos medios cumpliendo con las características propias de los cuestionarios y sin incumplir las normas de bioseguridad. Además de ello, se cuenta con una gran cantidad de fuentes confiables para el desarrollo de esta investigación.

### **3.3 Limitaciones de la investigación**

En relación con las limitaciones que se presenten durante la realización de esta investigación, por un lado, se encuentra la limitada información teórica y aplicada en el Perú acerca de los factores para la aplicación este tipo de tecnologías en el sector agroexportador.

Si bien se ha considerado diversos medios (vía telefónica, redes sociales, correo electrónico) para contactar a las empresas agroexportadoras y sus representantes, es importante tener en consideración que posiblemente sea un poco complicado poder comunicarse con estas ya que muchas de ellas pueden haber cerrado durante la pandemia, los contactos o representantes hayan sido cambiados y/o las bases de datos de contacto ya sea páginas web o información que manejan los organismos gubernamentales no se encuentren debidamente actualizadas además de que en algunos casos las solicitudes para las encuestas pueden ser rechazadas.

Por último, consideramos que otra limitación frente a la coyuntura actual es la imposibilidad de poder realizar las encuestas de manera presencial. Esto de alguna manera limita la llegada a más empresas, así como también incrementa la posibilidad de errores en el llenado.

## CAPÍTULO IV: OBJETIVOS

En el siguiente capítulo se plantean los objetivos de la investigación en relación a los problemas previamente planteados y a las variables del modelo TAM.

### 4.1 Objetivo General

Analizar la relación existente entre la facilidad de uso (FUP), actitud frente al uso (AUT) y utilidad percibida (UP) en la intención conductual (IUT) de emplear tecnologías de la Industria 4.0 por parte de las pequeñas y medianas empresas agroexportadoras peruanas, según la metodología del modelo TAM.

Por lo expuesto, la pregunta de investigación es ¿Cómo se condiciona la intención la variable IUT por las variables FUP, UP y AUT por parte de las Pymes agroexportadoras peruanas, según la metodología del modelo TAM?

### 4.2 Objetivos Específicos

Contextualizar el problema de intención de uso de las tecnologías de la Industria 4.0 por parte de las pequeñas y medianas empresas agroexportadoras peruanas y en base a ello:

1. Analizar la relación de la influencia de la variable FUP de las tecnologías de la Industria 4.0 sobre la UP.
2. Analizar la relación de FUP de uso de las tecnologías de la Industria 4.0 sobre AUT.
3. Analizar la relación de UP de las tecnologías de la Industria 4.0 sobre la variable AUT.
4. Analizar la relación de AUT sobre IUT.
5. Analizar la relación de UP sobre IUT.

## CAPÍTULO V: HIPÓTESIS

En el presente capítulo, de acuerdo con estudios anteriores, se plantean las siguientes hipótesis:

### 5.1 Hipótesis General

La influencia de facilidad de uso (FUP), utilidad (UP) y actitud hacia el uso (AUT) de tecnologías de la Industria 4.0 están positivamente relacionadas con la intención conductual (IUT) de uso por parte de las Pymes agroexportadoras peruanas

### 5.2 Hipótesis Específicas

1. La variable FUP es directamente proporcional a la utilidad percibida por las Pymes agroexportadoras peruanas.
2. La variable FUP es directamente proporcional a la actitud hacia el uso de tecnologías de la Industria 4.0 de las Pymes agroexportadoras peruanas.
3. La utilidad percibida es directamente proporcional a la actitud de uso las tecnologías de la Industria 4.0 de las Pymes agroexportadoras peruanas.
4. La actitud hacia las tecnologías de la Industria 4.0 es directamente proporcional a la variable IUT por parte de las Pymes peruanas.
5. La utilidad percibida es directamente proporcional a la variable IUT.

## CAPÍTULO VI: FUNDAMENTOS TEÓRICOS

En el siguiente capítulo se menciona los antecedentes y base teórica del modelo TAM así como las variables que lo integran. Asimismo, se describe el desarrollo de la Industria 4.0 y se precisan algunos ejemplos de los tipos de tecnología que la integran. Finalmente, se presenta la matriz de operacionalización de variables y la matriz de consistencia de la investigación.

### 6.1 Marco teórico

#### 6.1.1 Adopción de nuevas tecnologías

##### Modelo de aceptación tecnológica (TAM)

Fue planteado por Fred Davis en 1985. De acuerdo con Bagozzi (2007), este modelo consiste en la aplicación de modelos de psicología social y a partir de ellos se pueden evaluar los sistemas de información por medio de sus características y las motivaciones de los usuarios (como se citó en Córdoba-Cely et al., 2012).

De acuerdo con Alejandro Cataldo (2015):

La teoría de la acción razonada sostiene que las acciones de las personas están sujetas a sus normas y creencias subjetivas, sirvió como base para el modelo. Davis usó TRA (Teoría de la acción razonada) e indicó que usar tecnología requiere principalmente la mediación de la percepción de facilidad de uso y la percepción de utilidad. Ambos factores tienen un efecto sobre cómo uno actúa cuando usa una tecnología, lo que al mismo tiempo determina cómo uno se comporta cuando realmente usa la tecnología (p. 1).

Según Venkatesh y Davis, hay tres factores que conforman el núcleo del modelo TAM y explican por qué los usuarios se comportan de la manera que lo hacen: Percepción de Facilidad de Uso, Utilidad Percibida e Intención de Comportamiento en torno al uso del

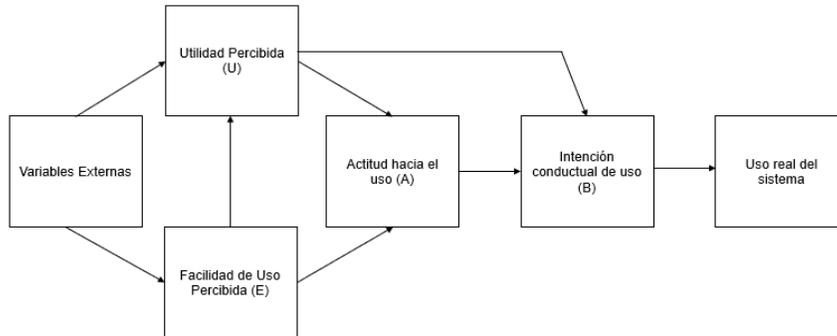
sistema, según a Córdoba-Cely et al. (2012). La utilidad percibida indica el grado en que una persona considera que el uso de un sistema en particular mejorará su rendimiento en el trabajo, y la facilidad de uso percibida indica el grado en que una persona cree que el uso de un sistema en particular resultará en ellos esforzándose menos para cumplir con sus obligaciones (Valera et al., 2010).

De acuerdo con el modelo TAM, existen variables externas que influyen directamente a la UP y al PEOU. Estas variables externas impactan indirectamente en la actitud hacia el uso, la conducta de uso real y la conducta de uso por su influencia en ambas percepciones. El PEOU tiene una relación de causa y efecto con la UP además del impacto de esta variable en la actitud del usuario hacia el uso del sistema (que puede ser un sentimiento positivo o negativo). (Valera et al., 2010).

Según Davis, exponer los factores que definen el uso de las TIC por los usuarios es el propósito fundamental del modelo TAM. Este concepto sugiere que la utilidad y la facilidad de uso de un sistema son factores significativos o influenciadores de la intención de una persona de utilizarlo. A pesar de que esta teoría ayuda a identificar si una determinada tecnología se aplicará de la mejor manera posible, todavía es necesario observar los factores externos que afectan directamente cómo los usuarios de las TIC perciben la facilidad y utilidad de uso y establecer la relación entre estos factores y los resultados del uso de estas tecnologías (Valera et al., 2010).

## Figura 6.1

### Modelo de Aceptación Tecnológica (TAM)



*Nota.* El modelo se divide en 3 partes: Respuesta Cognitiva, Respuesta Afectiva y Respuesta Conductual. De *Modelo de Aceptación Tecnológica (TAM)*, por Davis, 1993

(<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0020737383710229?via%3Dihub>).

A partir del modelo original (TAM) comenzaron a plantearse nuevos modelos como por ejemplo el TAM 2, UTAUT y TAM 3. Venkatesh et al. (s.f.), más adelante se propuso una versión más amplia del modelo TAM que se conoce hoy en día como TAM 2. El TAM 2 incluyó cierto grupo de variables y moderadoras de PU (como se citó en Cataldo et al., 2015).

Años más tarde, propusieron el Unified Theory of Acceptance and Use of Technology (UTAUT), el cual fue elaborado en base a ocho modelos que, en ese momento, disputaban sobre definir cómo las personas adoptan y usan la tecnología. Se incluyeron algunas variables determinantes del PEOU con respecto al TAM 3. La percepción de control externo, la autoeficacia computarizada y el entretenimiento basado en computadora conforman las primeras variables. Los más recientes se caracterizan por la usabilidad objetiva y el disfrute percibido. Los factores como la experiencia y la voluntad se incluyen como variables moderadoras en TAM 3 (citado en Cataldo et al., 2015).

Los tres factores fundamentales del modelo TAM son la actitud, la utilidad percibida y la facilidad de uso (Lorenzo et al., 2011). Según Fishbein y Ajzen, la actitud es una tendencia adquirida a responder, ya sea favorable o desfavorablemente a un objeto en particular (como se citó en Lorenzo et al., 2011). La utilidad percibida de un usuario se ve como una motivación externa. Se describe como la probabilidad subjetiva de que el desempeño de una persona en el trabajo mejore después de usar un sistema en particular. La facilidad de uso se refiere al grado en que una persona cree que no tendrá que hacer ningún esfuerzo para utilizar un determinado sistema, es otro componente esencial del modelo TAM. (Davis, 1989).

De acuerdo con Davis (1993), esta teoría está basada en los principios adoptados por Fishbein y Ajzen (1975) sobre el paradigma del comportamiento psicológico en donde se especifica lo siguiente:

Cuáles son los componentes principales del comportamiento, las diferencias entre actitudes y creencias y se especifica las diferencias entre los estímulos externos relacionados a lo subjetivo y objetivo (p. 2).

La definición de "percepción de uso" se refiere al grado en que un individuo cree que el uso de un sistema en particular le permitirá lograr o alcanzar su objetivo y el grado en que cree que el uso de un sistema en particular lo liberará de cualquier esfuerzo físico y mental. De acuerdo con la teoría de Davis, se sugiere que ambos aspectos son estadísticamente construidos de distintas formas (Davis, 1989).

Por otro lado, el modelo de aceptación tecnológica está expresado en las siguientes ecuaciones:

$$EOU = \beta_{11} \text{System} + e_1$$

$$\text{USEF} = \beta_{21} \text{System} + \beta_{22} \text{EOU} + e$$

$$\text{ATT} = \beta_{31} \text{EOU} + \beta_{32} \text{USEF} + e_3$$

$$\text{USE} = \beta_{41} \text{ATT} + e_4$$

System se refiere a la variable que puede tomar el rango de 0 a 1 por el uso de tecnología, USE se refiere a la intensidad con la que dicho sistema es empleado, ATF se refiere a la actitud que toma el individuo durante su uso, USEF se refiere a la percepción del uso del sistema y EOU se refiere a si es fácil de usar. Para finalizar, los Betas ( $\beta$ ) representan los coeficientes y los e representan los errores. Para el desarrollo, el autor empleó una regresión simple (least squares regression) para la aplicación de sus hipótesis sobre esta teoría. Para ello, el autor plantea las siguientes hipótesis:

1. La Actitud frente al uso tendrá un importante efecto positivo en el sistema de uso actual.
2. La percepción de uso tendrá un valor positivo relevante en la actitud sobre el uso, control durante su uso.
3. La facilidad percibida al usar tendrá un importante efecto positivo sobre la percepción de control del uso.
4. La facilidad percibida tendrá un impacto positivo en el uso, control del sistema.
5. El sistema tiene un impacto relevante en el efecto de percepción de uso y fácil de usar (Davis, 1993).

Además de lo planteado anteriormente, el autor puso a prueba las relaciones causales implícitas dentro de las hipótesis. Luego de la aplicación del modelo de regresión, se obtuvo que la mayoría de las hipótesis fueron confirmadas. La actitud tiene un gran importe en el efecto del uso y la utilidad percibida tiene relevancia y fuerte efecto en la actitud. La facilidad en el uso tuvo un importante significado en el sistema (en este caso se aplicó al correo electrónico y la comparación con el editor de texto). Por otro lado, la hipótesis acerca de los efectos directos en el sistema no fue demostrada porque el sistema y la facilidad de uso no tienen un efecto relevante en la percepción de uso según lo planteado. Sin embargo, a diferencia de lo esperado el autor mencionaba que el uso si tiene un impacto relevante en el uso y la actitud de este (Davis, 1993).

A continuación, se presenta un ejemplo de aplicación del modelo TAM:

H1: La actitud del sistema (mecanismo, herramienta, etc.) y el efecto que tiene sobre la intención de uso.

H2: La intención de uso de determinado sistema o mecanismo y su impacto sobre el uso final o no de dicho sistema o mecanismo.

H3: Utilidad percibida del sistema y su impacto o influencia en la intención de uso.

H4: La facilidad de uso del sistema y la relación o influencia que tiene sobre la intención de uso de este.

H5: La influencia de la facilidad de uso sobre la actitud al uso de dicho mecanismo o sistema.

H6: La facilidad de uso y la influencia de la utilidad percibida.

H7: La utilidad percibida y su impacto en la actitud hacia el empleo de dichos mecanismos.

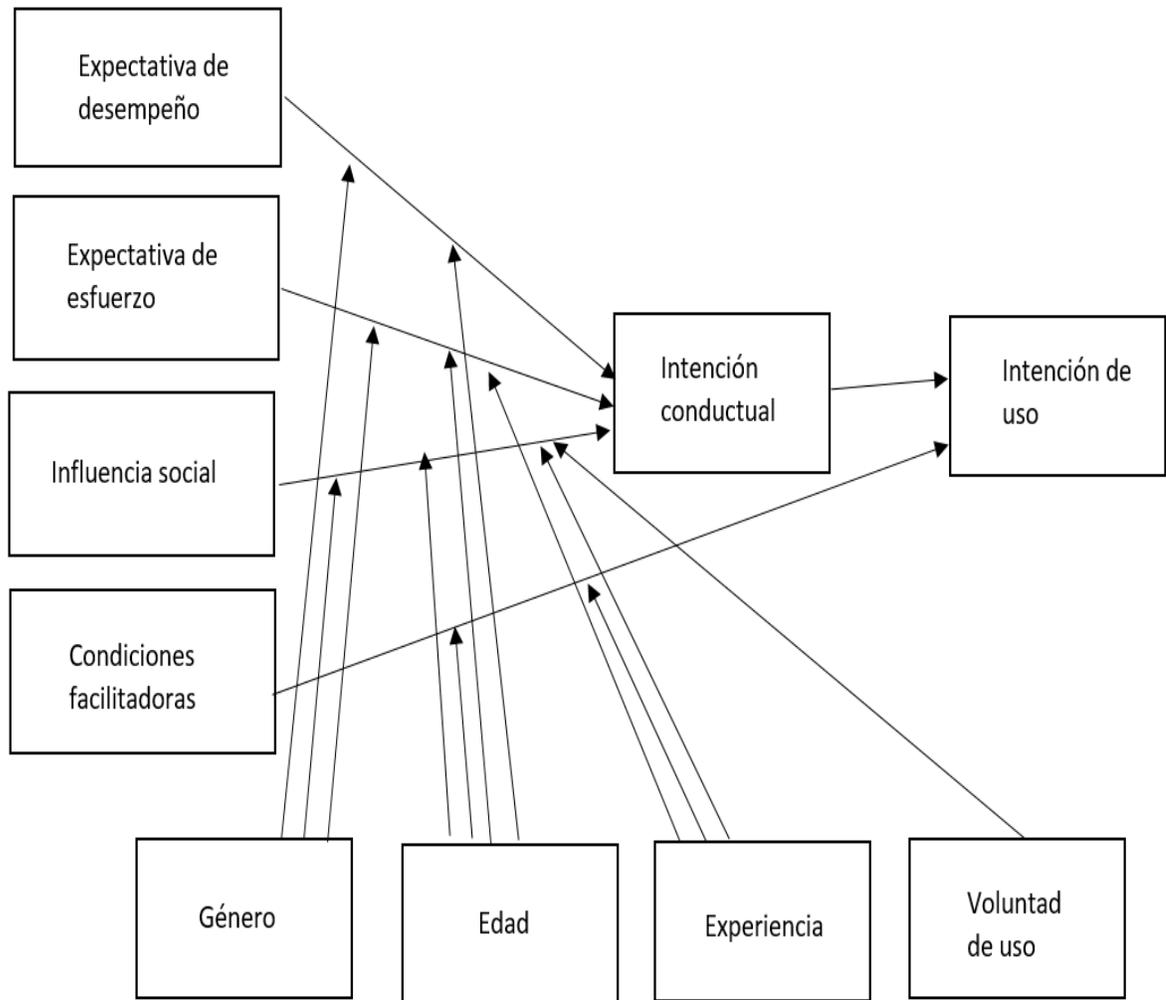
Una vez definidas las hipótesis sobre la percepción de uso, facilidad percibida sobre determinado sistema, se procede a aplicar la herramienta o instrumento que mejor considere el autor para lo planteado (Lorenzo et al., 2011).

### **EL Modelo UTAUT**

El modelo UTAUT mencionado anteriormente es considerado muy importante en relación con la adopción de la tecnología, por esta razón se ahondará un poco más en este.

**Figura 6.2**

*Modelo UTAUT*



*Nota.* Modelo de Teoría unificada de aceptación y uso de tecnología. De *La historia del modelo UTAUT y su impacto en las TIC aceptación y uso por parte de los académicos*, por Oye et al., 2012 (<https://link.springer.com/article/10.1007/s10639-012-9189-9>).

Oye et al. (2012) mencionan que, en el año 2003 fue creada la Teoría Unificada de Aceptación y Uso de Tecnología (UTAUT) por Davis, Venkatesh y Morris. Dicho constructo se encarga de identificar aquellos factores importantes en la aceptación de las tecnologías de información, medidos por la intención conductual de utilizar la tecnología y su verdadero uso.

Por otro lado, los determinantes de la aceptación de las TIC son cuatro: (i) la expectativa del desempeño, (ii) la expectativa de esfuerzo, (iii) la influencia social y (iv) las condiciones facilitadoras. Cabe recalcar que, el modelo TAM solo puede pronosticar el éxito de la adopción de tecnología en un porcentaje de 30% y TAM 2 (extensión de TAM) lo puede predecir en un porcentaje de 40%. UTAUT condensó las 32 variables halladas en los 8 modelos (MM, IDT, TAM, TRA, C-TPB-TAM, MPCU, TPB y SCT) en 4 factores principales y 4 factores moderadores. Las mezclas entre los factores principales y moderados han aumentado la eficiencia predictiva en un 70%, una mejora importante con respecto al porcentaje del modelo TAM (Oye et al., 2012).

Las 4 principales variables de este modelo son: la expectativa de desempeño (ED), la expectativa de esfuerzo (EE), la influencia social (IS) y las condiciones facilitadoras (CF). A continuación, se definirán dichas variables:

- **ED:** El nivel en el que una persona puede creer que el uso de un sistema en específico lo podrá ayudar a obtener mayores ganancias a través de su desempeño (Oye et al., 2012).
- **EF:** El nivel de facilidad con relación al uso de un sistema (Oye et al., 2012).
- **IS:** El nivel en que un individuo percibe que otros más importantes consideran que debería utilizar el nuevo sistema (Oye et al., 2012).
- **CF:** El nivel en el que cree un individuo sobre la existencia de una infraestructura organizativa y técnica que respalda el uso de un sistema (Oye et al., 2012).

### **Modelo Grey-DEMATEL:**

La teoría Grey-DEMATEL se divide en dos partes. La teoría Grey (gris) y el modelo DEMATEL. La teoría Grey fue propuesta por primera vez en el año 1982 por Julong Deng (Xia et al., 2015). El primer artículo "Los problemas de control de los sistemas grises" sobre el Grey system del profesor Deng apareció en una revista llamada Systems & Control Letters, que fue publicada por la editorial North Holland. Ese mismo año, el Journal of Huazhong University of Science and Technology publicó el primer artículo sobre el sistema gris del profesor Julong Deng (Liu et al., 2016).

Liu et al. (2016) mencionan que la teoría gris es una metodología que se centra en el estudio de problemas que involucran muestras pequeñas y poca información. Se trata de sistemas inciertos con información parcialmente conocida mediante la generación, búsqueda y/o extracción de información útil se encuentra a la mano. Por lo tanto, los comportamientos operativos de los sistemas y sus leyes de evolución se pueden describir correctamente y monitorear de manera efectiva.

Según Fue et al. (s.f), dicha teoría puede generar posibles resultados con una pequeña cantidad de datos, esta es la principal ventaja de la teoría grey sobre otras teorías (como se citó en Xia et al., 2015). Los números grises se convierten en números nítidos mediante un procedimiento de tres pasos que se describe a continuación:

1. Normalización.
2. Determinación de un valor nítido normalizado total.
3. Cálculo de valores nítidos finales (Xia et al., 2011).

Además, se menciona que según Tseng, la teoría Grey explica los juicios humanos inapropiados o inexactos y puede incorporarse con éxito en cualquier proceso de toma de decisiones para mejorar la precisión de los juicios (como se citó en Raj et al., 2020).

Por otro lado, se encuentra el modelo DEMATEL, cuyas siglas significan Decision Making Trial and Evaluation Laboratory o en español Laboratorio de Evaluación y Prueba de Toma de Decisiones (Lee et al., 2012). Este modelo fue establecido por Gabus y Fontela en el año 1972 y se presentó por primera vez en el Instituto Battelle Memorial a través de su centro de investigación de Ginebra (Xia et al., 2015). En dicho momento, DEMATEL se usó para estudiar problemas mundiales complicados relacionados con cosas como: raza, hambre, protección ambiental, energía, etc (Lee et al., 2012).

Según Lin, básicamente, este es un enfoque de modelado estructural que explica las relaciones de interdependencia y los valores de efectos influyentes entre los factores relevantes en forma de un diagrama de causa y efecto (como se citó en Xia et al., 2015). Zhou et al. (2016) mencionan que en este método todos los elementos se dividen en grupos causales y efectuados, logrado mediante el análisis de la relación visual de niveles entre los factores del sistema (como se citó en Xia et al., 2015).

Por otro lado, Chang et al. (2018) mencionan que DEMATEL divide un problema en diversos factores y calcula las interacciones, tanto directas como indirectas. Posteriormente, se produce una matriz y un diagrama que expresan la relación causal y el nivel de influencia de cada factor para determinar la solución final. Se ha aplicado a muchos problemas, incluido el análisis de fallas del sistema (1994), el desarrollo de la capacidad de los gerentes globales (2004), los factores clave en las compras en línea (2007) y el método analítico para la toma de decisiones en grupo (1991). Por lo tanto, DEMATEL puede convertir un sistema complicado en una relación causal con una estructura clara, simplificando las relaciones entre las variables a una causa justificada y una relación efectiva para así descubrir el problema central y la posible dirección de mejora (Lee et al., 2012).

Los pasos para desarrollar el modelo DEMATEL son los siguientes:

1. Matriz de relación inicial "A"
2. Configurar la matriz de relación directa normalizada "X"
3. Configurar la matriz de relación total "M"
4. Obtener la suma de la suma de filas y columnas
5. Configurar diagrama causal

En este caso se usó la mezcla Gray-DEMATEL porque detalla el grado total de influencia de cada barrera sobre otras barreras. Esto conlleva a una mejor decodificación de la incertidumbre y vaguedad en las respuestas dadas por expertos. Se puede decir que esta técnica proporciona un mejor análisis que la aplicación del Modelado Estructural Interpretativo (ISM) (Raj et al., 2020).

Según Lee et al., el modelo DEMATEL tiene varias ventajas sobre AHP e ISM. En el método AHP los criterios son independientes entre sí, lo que tiende a no ser realista en algunos escenarios prácticos. ISM establece relaciones entre las variables, pero, aunque se establecen en función de su dependencia y poder de conducción, esto no indica la gravedad de sus efectos (como se citó en Raj et al., 2020). Por lo tanto, DEMATEL tiene una ventaja sobre otros métodos ya que revela las relaciones entre los criterios y los prioriza en función de su naturaleza, así como de la gravedad de sus efectos entre sí (Raj et al., 2020).

La metodología se desarrolla en cuatro etapas para analizar los obstáculos en la ejecución de la Industria 4.0 dentro de diferentes contextos económicos. Primero, se identificaron las barreras gracias a la revisión literaria y la opinión de expertos. Segundo, se analizaron las relaciones entre estas barreras desde la perspectiva de 6 expertos con el modelo Grey-DEMATEL. Tercero, se entrega una matriz que posee una lista de las posibles barreras a los 6 expertos para que la rellenen. Cuarto, a partir de sus respuestas se formó una matriz de relación directa inicial y, posteriormente, se siguieron los procesos secuenciales de Grey-DEMATEL para evaluar barreras. Los resultados obtenidos fueron validados por expertos. Por último, se realizó un análisis de sensibilidad para verificar la veracidad del análisis (Raj et al., 2020).

Etapas 1. Selección de barreras y sus significados:

Se seleccionan 15 barreras diferentes en la implementación de la Industria 4.0

- I. Implementación de alta inversión en la Industria 4.0.
- II. Falta de claridad con respecto al beneficio económico.
- III. Desafíos en la integración de la cadena de valor.
- IV. Riesgo de violaciones de seguridad.
- V. Bajo nivel de madurez de la tecnología preferida.
- VI. Desigualdad.
- VII. Interrupción de trabajos existentes.
- VIII. Falta de normas, reglamentos y formas de certificación.
- IX. Falta de infraestructura.
- X. Falta de habilidades digitales.
- XI. Desafíos para garantizar la calidad de los datos.
- XII. Falta de cultura digital interna y capacitación.
- XIII. Resistencia al cambio.
- XIV. Gestión de cambio ineficaz.

XV. Falta de una estrategia digital junto con la escasez de recursos.

Limitantes financieras:

- Implementación de alta inversión en la tecnología de la Industria 4.0.

Esta limitante hace referencia a que las empresas que intentan implementar las iniciativas de la Industria 4.0 tendrían que comprometerse a aumentar sus inversiones de capital anuales planificadas durante sus próximos cinco años. Esto quiere decir que la empresa va a tener que rediseñar sus estrategias, además de necesitar una cantidad considerable de inversión ya que se necesitará personal, procesos y tecnología tanto a nivel corporativo como a nivel de la cadena de suministro. Se sabe que algunas empresas todavía son reacias a invertir en I + D relacionada con la T 4.0 (Raj et al., 2020).

- Falta de claridad con respecto al beneficio económico.

La paradoja de la productividad con respecto a la implementación de tecnología genera incertidumbre sobre la evaluación clara de los beneficios económicos de la inversión en tecnología (Raj et al., 2020).

Limitantes organizacionales:

- Desafíos en la integración de la cadena de valor.

Hace referencia a discusiones relacionadas al desafío de romper los obstáculos entre varios departamentos de la organización para lograr una coordinación fluida necesaria para la implementación de las tecnologías de la Industria 4.0. Este desafío es mayor cuando varias organizaciones en la cadena de valor requieren integración (Raj et al., 2020). Según Majeed y Rupasinghe, a mayoría de las empresas fracasan debido a una pobre integración de IoT en un entorno de T 4.0 (como se citó en Raj et al., 2020).

- Riesgo de violaciones de seguridad.

Según Geissbauer et al., una mayor conectividad, es decir, vínculos complejos entre los socios de la cadena de valor, crea preocupaciones unánimes sobre los riesgos de seguridad de compartir información entre los socios del canal (como se citó en Raj et

al., 2020). Además, se plantea que los piratas informáticos plantearían serias amenazas para las empresas (Raj et al., 2020).

- Falta de una estrategia digital junto con la escasez de recursos.

Según Schröder, las tecnologías de la Industria 4.0 requieren una disponibilidad y un flujo de datos consistentes tanto horizontal como verticalmente, dentro y entre las organizaciones. Además, indica que este problema surge de la alta gerencia de las empresas, ya que son más cautelosas en la adopción de tecnologías de la Industria 4.0. (como se citó en Raj et al., 2020).

- Bajo nivel de madurez de la tecnología preferida.

Según Lee y Lee, un problema de caos potencial puede surgir cuando se implementan tecnologías mal probadas en la etapa inicial. Es posible que dichas tecnologías no posean la calidad necesaria en relación con los estándares, los problemas de privacidad y seguridad de los datos. Por otro lado, el creciente número de dispositivos parcialmente probados puede generar caos. Además, se argumenta que, si bien esto no plantea un problema significativo en un mundo desconectado, podría afectar críticamente un sistema interconectado de tecnologías (como se citó en Raj et al., 2020).

- Falta de cultura digital interna y capacitación.

Según Breunig et al., para poder aprovechar el valor de la T 4.0, se necesita contar con fuertes capacidades internas en el equipo y una cultura que fomente la innovación, además de estar abierta a la experimentación. Habría una mayor demanda de aquellos empleados que cuenten con dichas capacidades y una oferta reducida. Por lo tanto, las empresas tendrían que estar listas para cambiar a empleados pasados por los que estuvieran disponibles. Dichos recursos inculcan una cultura digital interna y permitirían integrar un equipo con expertos de diferentes dominios (como se citó en Raj et al., 2020).

- Interrupción de trabajos existentes.

Se plantea la interrupción de los trabajos existentes debido a la implementación de la T 4.0. Además, se puede percibir el desplazamiento de los humanos como un desafío

potencial en un contexto social y organizacional ya que los avances en la T 4.0 podrían aumentar la desigualdad, potencialmente interrumpiendo el mercado laboral (Raj et al., 2020).

- Desafíos para garantizar la calidad de los datos.

En el caso de las tecnologías de la Industria 4.0, las empresas están mucho más interconectadas que en la antigüedad. Esto conlleva a un gran problema ya que en esta era en donde las empresas están interconectadas, se genera una gran cantidad de datos, y la naturaleza compleja de estos, junto con su heterogeneidad, dificultan la medición de la integridad y la precisión de los datos. Esto incrementa el riesgo de encontrar falsos descubrimientos (Raj et al., 2020).

- Gestión de cambio ineficaz.

Según Anderson y Anderson, durante la última década, la tecnología ha alterado inmensamente la forma en que ocurre el cambio. Antes el cambio se consideraba transaccional y, por lo tanto, este era fácil de administrar. Ahora el cambio se volvió radical, abierto, continuo y complejo (como se citó en Raj et al., 2020). Esto conllevará a que la gestión eficaz del cambio sea un desafío clave para las organizaciones (Raj et al., 2020).

#### Limitantes sociales:

- Ausencia de normas, reglamentos y formas de certificación.

Según Schröder, las Pymes presentan ciertas dificultades para la adopción de la T 4.0 debido a la falta de estándares y regulaciones comunes. Dicha falta de estándares es un desafío para las Pymes al momento de unirse a actividades y redes de creación de valor. Además, el avance de la tecnología desafía continuamente a los reguladores y legisladores. Ellos deben adaptarse rápidamente a las innovaciones tecnológicas para poder satisfacer las necesidades de sus clientes a tiempo (como se citó en Raj et al., 2020).

- Desigualdad.

Según Schwab, al implementar tecnologías de la Industria 4.0 se puede generar tensión social en el mercado laboral ya que el mercado se dividiría en categorías de

baja calificación/ baja remuneración y alta calificación/alta remuneración (como se citó en Raj et al., 2020). Además, la T 4.0 beneficiará a los propietarios del capital intelectual y sus accionistas y al mismo tiempo profundizará la brecha entre los que dependen del trabajo y del capital, aumentando la desigualdad (Raj et al., 2020).

- Falta de habilidades digitales.

Entre los desafíos que enfrenta la T 4.0 se observa que, los empleados con conocimientos y habilidades requeridos siguen siendo de suma importancia. Muchas empresas admiten que no tienen trabajadores que posean la experiencia o las habilidades necesarias para desarrollar todo el potencial de las aplicaciones de la T 4.0. (Raj et al., 2020).

- Resistencia al cambio.

Según Haddud et al., una de las limitantes más importantes para la adopción de la T 4.0 en las organizaciones está relacionada al hecho de que los empleados no están dispuestos a cambiar su forma de trabajar. Ellos se resisten a usar las nuevas tecnologías y prácticas asociadas con ellos (como se citó en Raj et al., 2020).

- Falta de infraestructura.

Según Schröder, la amplia infraestructura de banda ancha es imprescindible para realizar la T 4.0. Una de las principales dificultades, incluso en países desarrollados como Alemania, es la falta de banda ancha de alta velocidad confiable para las Pymes. Solo grandes empresas con una gama amplia de recursos tienen este tipo de tecnologías a su disposición en la actualidad (como se citó en Raj et al., 2020). La T 4.0 requeriría que cada miembro del canal esté integrado, es por ello por lo que la infraestructura digital es tan importante (Raj et al., 2020).

## Etapa 2. El enfoque Gray-DEMATEL

El procedimiento Gray-DEMATEL se explica en los siguientes pasos:

Paso 1: calcular las matrices de relación inicial.

Paso 2: calcular la matriz de relación gris.

Paso 3: calcular la matriz de relación gris promedio (A).

Paso 4: Determinación de la matriz de relación cruzada (Z).

Paso 5: Cálculo de la matriz de relación cruzada directa normalizada (X).

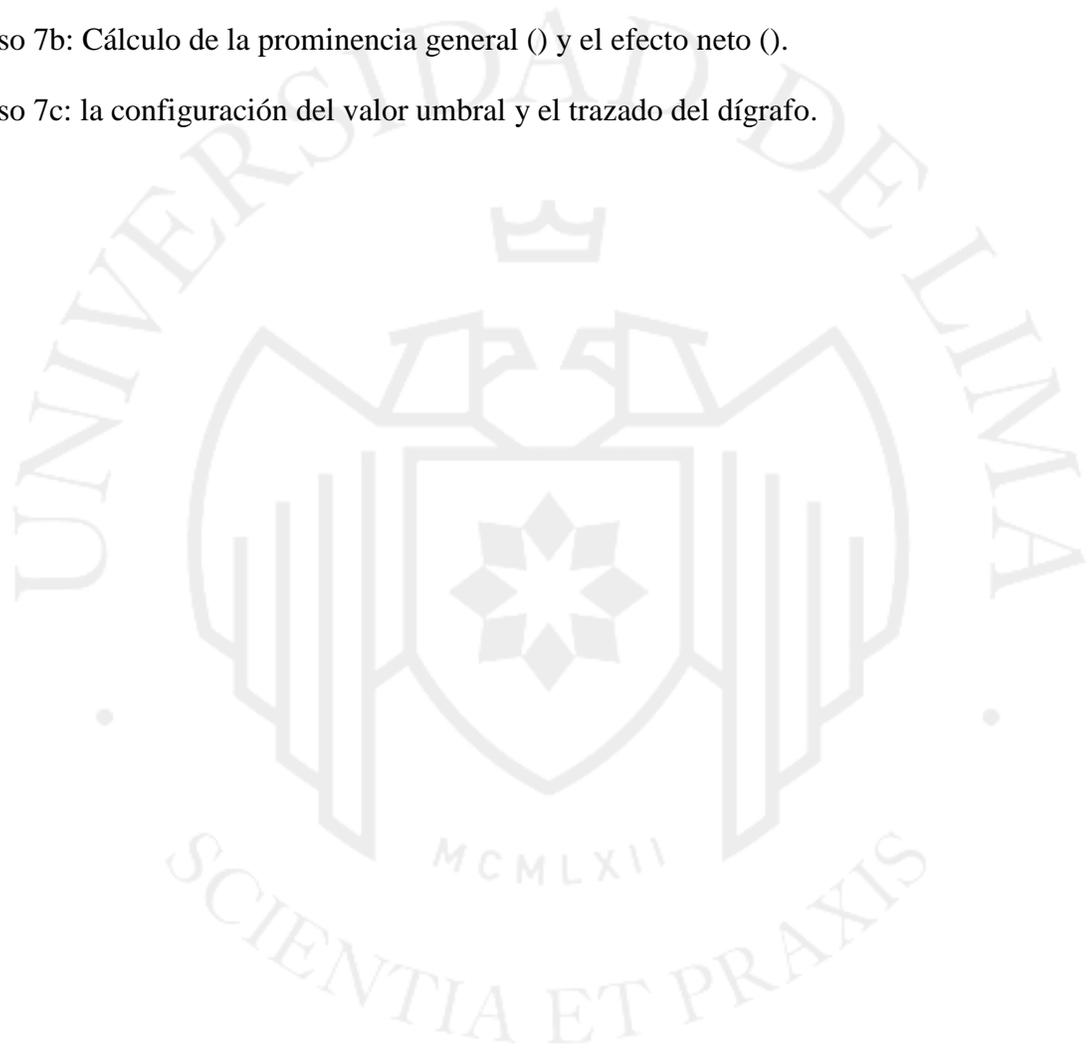
Paso 6: Cálculo de la matriz de relación total (T).

Paso 7: Obteniendo la influencia causal y el diagrama de dígrafo.

Paso 7a: Cálculo de las sumas de fila () y columna).

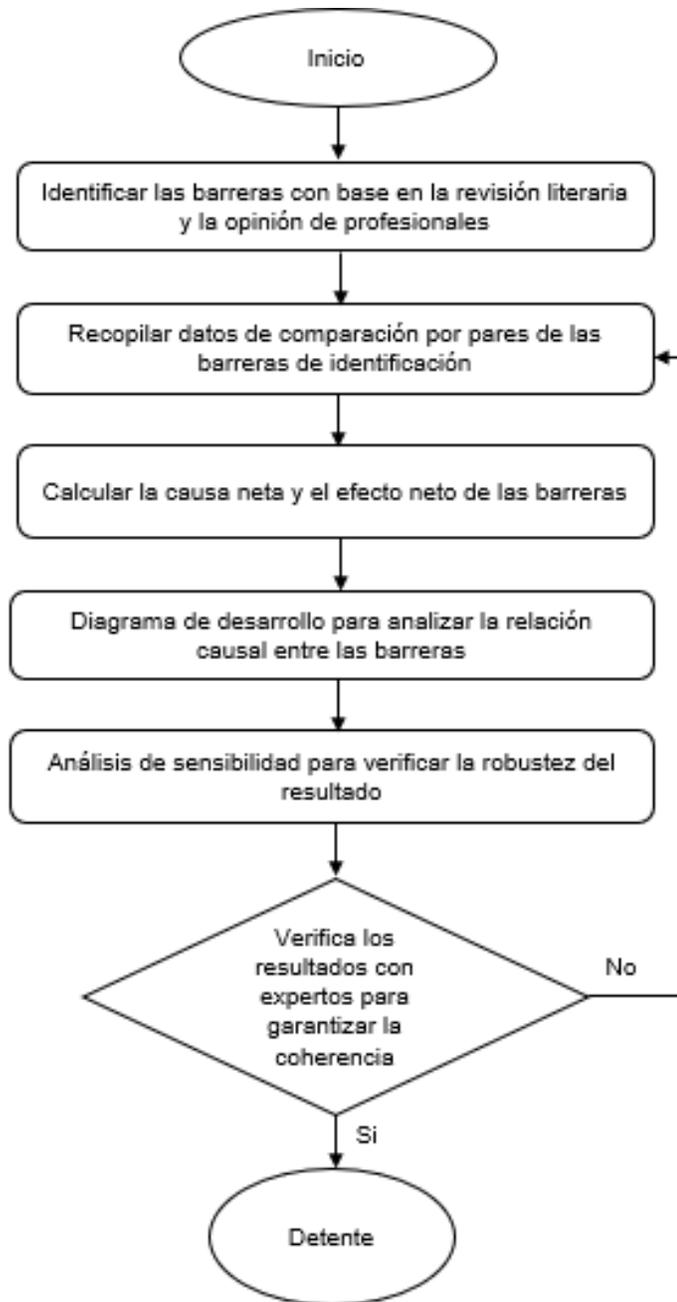
Paso 7b: Cálculo de la prominencia general () y el efecto neto ().

Paso 7c: la configuración del valor umbral y el trazado del dígrafo.



**Figura 6.3**

*Marco propuesto del modelo Grey-DEMATEL*



*Nota.* Marco propuesto para realizar la investigación usando este modelo. De *Marco propuesto del modelo Grey-DEMATEL*, por Raj et al., 2020 (<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S092552731930372X>).

El modelo Grey-DEMATEL y el modelo TAM tienen cierta relación ya que, según Chang et al. (2018) DEMATEL no solo puede convertir las relaciones entre las variables del modelo TAM en modelos estructurales, sino también analizar el nivel de dependencia y los factores o aspectos centrales dentro del modelo. Además, Grey-DEMATEL solo necesita un tamaño de muestra relativamente pequeño para obtener un resultado estadísticamente significativo lo cual resulta ventajoso para el modelo TAM. Por último, Grey-DEMATEL proporciona análisis visuales fácilmente comprensibles ya que se basa en la teoría de grafos.

Para el desarrollo de la presente investigación, se está considerando el estudio realizado por Mokhtar, en el cual se evaluó la adopción de tecnología en la nube por parte de pequeñas y medianas empresas del sector de manufactura en Malasia a través del modelo TAM. Este estudio planteó 5 hipótesis las cuales fueron evaluadas estadísticamente a través del Smart-PLS, sistema que será explicado más adelante. Las hipótesis planteadas en la investigación fueron:

H1: Existe una relación entre la ventaja de usar la tecnología y la intención de adopción.

H2: Hay una relación entre la compatibilidad y la intención de adoptar tecnología de la nube.

H3: Hay una relación entre complejidad y la intención de adopción de tecnología.

H4: Relación positiva entre la percepción de la utilidad y la intención de adopción de tecnología.

H5: Relación positiva entre la facilidad de uso percibido y la intención de adoptar tecnología en la nube por parte de las Pymes de Malasia.

Se encuestó a 114 empresas del sector manufacturero y de servicios en Malasia. Asimismo, los encuestados fueron identificados bajo un muestreo no probabilístico. En cuanto a los hallazgos de esta investigación, el autor concluye que factores como la compatibilidad y complejidad tuvieron una influencia significativa en el nivel de utilidad percibido por parte de los trabajadores y representantes de las empresas. Asimismo, de acuerdo con sus hallazgos, tanto la facilidad de uso percibida como la variable utilidad percibida

tienen una relación positiva y significativa respecto a la variable intención de uso de este tipo de tecnologías.

## **6.2 Marco conceptual**

Tecnologías de la Industria 4.0: Según Kagermann et al., el término de tecnologías de la Industria 4.0 fue certificado en 2011 por una decisión del gobierno federal de Alemania con instituciones educativas superiores y empresas. A través de un programa importante que comenzó la creación y desarrollo de sistemas avanzados de producción, teniendo como objetivo principal incrementar la productividad y la eficiencia de la industria (como se citó en Frank et al., 2019). La Industria 4.0 se sustenta en la fabricación avanzada o también conocida como Smart Manufacturing, este es un sistema que se adapta a distintos procesos de producción para variados productos y condiciones diversas de forma automática (Frank et al., 2019). Dalenogare et al., mencionan que esto permite incrementar tanto la calidad, productividad y flexibilidad que permite obtener productos personalizados a gran escala y sosteniblemente con un uso más eficiente de los recursos (como se citó en Frank et al., 2019). La implementación de la integración vertical y horizontal en la cadena de valor es otro aspecto de la Industria 4.0 que se menciona. La integración horizontal implica conectar la red de información y comunicación con las herramientas necesarias para crear servicios y bienes en tiempo real. La integración vertical es el proceso de convertir un sistema fijo tradicional de producción que ya existe en operaciones modernas controladas por la web. La Industria 4.0 sigue la historia de las tres revoluciones en el mundo del desarrollo industrial (Khan et al., 2017).

En el año 1780, durante la primera revolución, las fábricas comenzaron a utilizar la máquina de vapor con el fin de impulsar el reloj mecánico. Esto podría considerarse la Revolución Industrial 1.0. El comienzo de la segunda revolución, a menudo conocida como Industria 2.0, fue anunciado en 1870 por la producción en masa basada en la división del trabajo y la energía eléctrica. La integración de sistemas y la tecnología de la información impulsaron a las industrias hacia la tercera ola de digitalización, a menudo conocida como Industria 3.0, en la década de 1960. La cuarta revolución (a partir del año 2011) o también conocida como Industria 4.0, se basa principalmente en Cyber Physical-Systems (CPS),

Internet de las cosas (IoT), internet de servicios (IoS), internet de personas (IoP) e internet de la energía (IoE). Esta logró cambiar las industrias clásicas a fábricas inteligentes (Khan et al., 2017).

No todas las tecnologías digitales son tecnologías inteligentes. Este fenómeno está relacionado con la incorporación de tecnologías digitales en la maquinaria y los equipos utilizados en las actividades del proceso agrícola, generando una gran cantidad de datos. Para el propósito de este estudio, las tecnologías digitales se clasifican en tecnologías no inteligentes (sitio web, comercio electrónico y redes sociales) y tecnologías inteligentes (IoT, robots, AI, BD y Blockchain) (Ciruela et al., 2019). Con respecto a las tecnologías no inteligentes y el uso de Internet, se considera que las empresas evolucionan a través de tres fases: Empresa con web, empresa habilitada para Internet y empresa configurada y reinventada para Internet. Primero, la empresa usa la web para establecer una presencia en Internet con fines publicitarios o para difundir información (financiera, para agentes, socios, proveedores o clientes). Segundo, la empresa habilitada para Internet utiliza las capacidades que habilita Internet, pero sin cambios significativos con respecto a su posición en la cadena de valor de su sector, y el comercio electrónico comienza a aplicarse a diferentes áreas de la empresa, como la gestión electrónica de la cadena de suministros. En tercer lugar, la empresa configurada y reinventada para Internet se basa en la reconfiguración y replanteamiento del modelo comercial de una empresa para maximizar su ventaja competitiva basada en el uso intensivo de TI. Además, estas empresas desarrollan perfiles de redes sociales como un canal de comunicación con los clientes o para la promoción de productos o servicios, entre otros (Ciruela et al., 2019).

**Utilidad Percibida:** Es el nivel el cual un individuo considera que, empleando un sistema determinado, mejorará su rendimiento en el trabajo. Se considera como una motivación extrínseca al usuario (Valera et al., 2010).

**Facilidad de Uso:** Es el nivel en el que un individuo considera que usando un sistema en específico podrá realizar un menor esfuerzo para realizar su trabajo (Valera et al., 2010).

Los escenarios de fabricación y los procesos involucrados se han ido transformando debido a la cuarta revolución industrial. La historia de la Revolución Industrial comienza en el siglo XVIII. Pasando de la fabricación manual a la fabricación automatizada. A

continuación, se explicará las diferentes etapas de la revolución industrial y cómo la tecnología ha ido continuamente cambiando (Kumar y Kumar, 2020).

La primera etapa fue la Industria 1.0 que tuvo lugar en Gran Bretaña con la introducción de máquinas en producción a finales del siglo XVIII. Durante este periodo se empleó el vapor como sistema de energía. Los motores reemplazaron el sistema de producción manual y se utilizaba agua como fuente de poder. La primera industria en adoptar estos innovadores sistemas o métodos de producción de la época fue la industria textil que se vio beneficiada de múltiples formas. Le dio un apalancamiento muy bueno a la economía británica en ese momento (Kumar y Kumar, 2020).

Por otro lado, después de la producción mecanizada en la Primera Revolución Industrial, tuvo lugar la Segunda Revolución Industrial en donde la tecnología dio otro salto hacia el avance. Este periodo se inició cerca de 1870. Durante el comienzo de la primera revolución tecnológica, los ferrocarriles habían ya mejorado el sistema de transporte, sin embargo, esta forma mejorada de transporte aseguró el suministro suave e ininterrumpido de materias primas. Además, facilitó la entrega de productos nuevos y el acceso a nuevos mercados sin importar la distancia. Asimismo, la Segunda Revolución Industrial también había sido testigo del desarrollo de la tecnología eléctrica que fue tecnológicamente superior a la energía de vapor para las obras de producción. Estos avances llevaron a que se potencien los niveles de producción. De igual manera, estos avances facilitaron el desarrollo de industrias pesadas en todo el mundo principalmente en Alemania, Japón, Estados Unidos e Inglaterra (Kumar y Kumar, 2020).

Posterior a esta época, llegó la Tercera Revolución Industrial o Industria 3.0 la cual apareció en torno la segunda mitad del siglo XX. Esta revolución conocida como la Revolución Digital ya que surgió a raíz de cambios en los sistemas analógicos y mecánicos a digitales. Gracias al gran desarrollo en computadoras e información y comunicación tecnológica también se le conoce como la era de la información. Durante esta época las máquinas tuvieron un rol de gran importancia a nivel empresarial como en la vida de las personas (Kumar y Kumar, 2020).

Finalmente, Frente a las diferentes necesidades en los distintos procesos de la industria como mejora de calidad, eficiencia e incrementar la efectividad de actividades

productivas se originó la industrialización, proceso que más adelante motivó la aparición de máquinas, automatización de procesos, etc. con el fin de lograr maximizar el desempeño de los procesos logrando actualmente la digitalización. En base a ello nace el concepto de Industria 4.0 o Cuarta Revolución Industrial que se relaciona al concepto nuevo y colectivo de tecnología que alberga y permite como su nombre lo dice, transformar y mejorar los procesos en distintos sectores industriales (Issamar y Roberto, 2019).

La Industria 4.0 se centra en integrar nuevas tecnologías y la digitalización para obtener ventajas y beneficios en los procesos de fabricación y producción. Es un sistema mecanizado en donde las máquinas y equipos operan de forma independiente o puede cooperar con los seres humanos para la producción personalizada con mejora continua. La adopción de Industria 4.0 puede convertir una máquina en una entidad independiente, por lo que puede para recopilar, almacenar y analizar datos y tomar decisiones en su nombre (Kumar y Kumar, 2020).

Como el término lo indica, este concepto trae consigo una perspectiva diferente y completamente nueva sobre la manera en que se desarrollan los procesos o que se fabrican los productos obteniendo además el máximo rendimiento con el empleo mínimo de recursos. Asimismo, gracias al desarrollo altamente tecnológico, estas se adaptan rápidamente y permiten cumplir con los objetivos de gestión. Esta tecnología integra diferentes dispositivos físicos a través de la electrónica integrada conformada por dispositivos como, por ejemplo, sensores, identificadores de radio frecuencia, etc. que no solo permiten el intercambio de información e interacción continua, sino que además permiten la conexión de personas (Kamble et al., 2018).

La Industria 4.0 se utiliza principalmente para los siguientes conceptos y su interconexión:

- Integración y digitalización de técnicas simples de carácter económico con complejos técnicos y redes (Zezulka et al., 2016).
- Modernización y digitalización de productos y servicios ofertados (Zezulka et al., 2016).
- Creación o búsqueda de nuevos modelos de mercado (Zezulka et al., 2016).

Entre las tecnologías que integran la Industria 4.0 se encuentran:

- **Ingeniería robótica o robots autónomos:** Es una integración de tecnologías emergentes que se emplean para la fabricación industrial y lograr aumentar la productividad y calidad de los productos ya que, en tareas repetitivas mayormente operativas, las funciones de las personas son reemplazadas. Para el caso de la agricultura esta tecnología se aplica principalmente en el desarrollo de nuevos patrones de producción agrícola, preservar la forestación y calidad de suelo. Además, gracias a la impresión de alimentos en 3D, se genera una alternativa de solución al desgaste y degradación de las superficies agrícolas y en paralelo, se logra satisfacer la demanda de alimentos. Además de ello, al tener una agricultura biodiversa se logran suelos equilibrados y ayudan a proteger los cultivos frente a enfermedades y plagas. Asimismo, la robótica permite mejoras en la detección, clasificación y recolección de otras actividades del sector (Liu et al., 2021).
- **Tecnología de simulación** Consiste en la tecnología que permite representar o graficar un proceso a través de medios informáticos incluyendo parámetros y variables reales (Issamar y Roberto, 2019). Esta tecnología a base principalmente de herramientas digitales logra el diseño de la producción sistemática generando entornos empresariales más competitivos por los ajustes que permiten tener en sistemas complejos (Erboz, 2017).
- **Integración de sistemas verticales y horizontales:** este tipo de tecnología consiste en sistemas flexibles, adaptables y reconfigurables dentro de otros sistemas que logran implementarse de manera horizontal y se puede optimizar el rendimiento del sistema lo que paralelamente permite también en apoyo con el internet, subir datos a la nube. Estos sistemas son una estructura autoorganizada a través de objetos físicos (Erboz, 2017).
- **Internet de las cosas (IoT):** Uno de los principios de esta tecnología es que permite la comunicación entre entidades, uso de datos a través de sistemas sin tener en cuenta límites geográficos entre empresas y países (Zezulka et al., 2016). Es un sistema que se basa en una red de objetos físicos como sensores y actuadores son conectados digitalmente para detectar, calcular, monitorear e interactuar dentro de la empresa y entre varias empresas y su cadena de suministro, asegurando así la agilidad,

visibilidad, seguimiento e intercambio de información para facilitar la gestión oportuna del proceso de la cadena de suministro (Kumar y Kumar, 2020).

- **Internet Industrial de las Cosas (IIoT):** Tecnología que brinda diferentes tipos de oportunidades e interconecta diferentes sensores. Además de ello, tiene un efecto en diferentes campos de la sociedad (industria automotriz, salud, sistemas ecológicos, agricultura, construcción, etc.). Esta tecnología es considerada actualmente como una de las de mayor crecimiento por ser una de las tecnologías con mayor disponibilidad global, además de su flexibilidad y adaptabilidad. Adicional a ello, logra tener un impacto en la vida de las personas más allá del ámbito laboral (Malik et al., 2021).
- **Ciberseguridad:** los sistemas de seguridad cibernética son herramientas importantes en las empresas ya que constituyen los sistemas de defensa contra ataques cibernéticos, virus, etc. Además de los sistemas, es importante considerar que la capacitación de todos los miembros de las organizaciones sobre este tema es de suma importancia como prevención (Erboz, 2017).
- **Tecnología en la Nube:** este tipo de tecnología aporta diferentes beneficios siendo uno de los principales la automatización, integración y facilitación de la gestión y administración en empresas y sus actividades comerciales o procesos. Básicamente, consiste en virtualizar los recursos y servicios a través de un servidor que ofrece capacidades de almacenamiento y procesamiento virtual y el acceso a un gran número de usuarios (Erboz, 2017).
- **Tecnología aditiva:** Esta tecnología también conocida como impresión 3D se enfoca en producir productos individualizados de acuerdo con las especificaciones o requisitos del cliente. Muchas de las industrias emplean este tipo de tecnología precisamente gracias a versatilidad, adaptabilidad y velocidad con la que funcionan (Erboz, 2017).
- **Realidad Aumentada:** Este tipo de tecnología gracias a su característica digital hace que el contenido sea visible en el mundo real a través de cualquiera de los dispositivos electrónicos, como tabletas, teléfonos móviles o anteojos especiales. Existe una variedad de usos de esta tecnología en las industrias manufactureras, como capacitación en seguridad, mantenimiento, etc. Las herramientas de realidad aumentada recién están en su fase de desarrollo, pero puede tener una gran influencia

en el valor agregado de nuevos servicios, Por ejemplo, proporcionarán a los operadores la información actual, ayudando en la toma de decisiones, haciendo que esta sea más rápida y ágil en cuanto a los flujos de trabajo (Kumar y Kumar, 2020).

- **Análisis de Big Data:** Este tipo de tecnología permite recopilar datos en cada una de las fases de la producción agrícola al igual que de la gestión de cadena de suministro. Este tipo de tecnología también permite una mayor comprensión de los problemas que surgen a lo largo de los procesos de producción, así como sus efectos a nivel económico, funcional, comercial, ambiental y social (Liu et al., 2021).
- **Inteligencia artificial:** Este tipo de tecnología está aplicando sistemas de apoyo bajo circunstancias donde se requiera tomar decisiones. Para ello emplea sistemas de análisis predictivo y sistemas de expertos agrícolas basado en la revisión de datos y antecedentes respecto a la diferentes actividades y circunstancias que se presenten en esta actividad como, por ejemplo: contempla climas, control de desperdicio de alimentos, uso de recursos hídricos, planificación de trabajo, etc. (Liu et al., 2021).

Con respecto a la tecnología y su influencia en la agricultura. Esta también ha sido influenciada a lo largo del tiempo por las diferentes revoluciones industriales mencionadas anteriormente ya que esta ha ido evolucionando de agricultura indígena a una agricultura mecanizada para una más tecnológica en donde se emplea principalmente herramientas de precisión (Liu et al., 2021).

La agricultura ha ido enfrentando a lo largo de los años diferentes desafíos y frente a este escenario se espera que la Industria 4.0 cambie el modelo y mejore los procesos involucrados en la agricultura, a este proceso se le conoce como Agricultura 4.0. A continuación se detallará la evolución de la agricultura en las diferentes etapas de las llamadas revoluciones industriales (Liu et al., 2021).

La primera fase de la agricultura es conocida como Agricultura 1.0 en la cual se resalta las prácticas agrícolas tradicionales en donde se dependía principalmente de herramientas tradicionales como la hoz, la horca, etc. esta etapa duró hasta hacia fines del siglo XIX. Posterior a este periodo, surgió la Agricultura 2.0 la cual introdujo tecnología más avanzada como maquinaria agrícola que empleaba fuentes de energías como aceite y gas para los procesos de siembra, riego, deshierbe y cosecha. Esta segunda revolución se

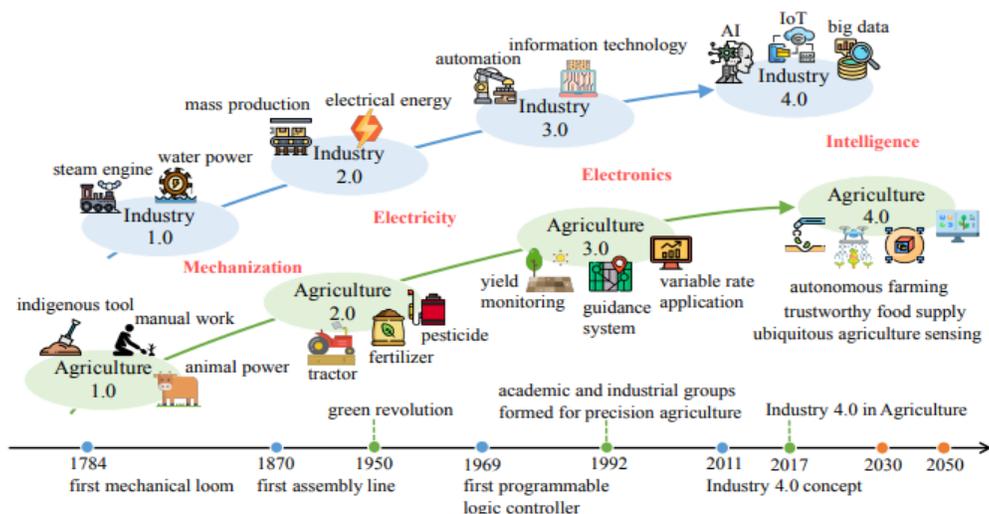
desarrolló durante el siglo XX la cual conllevó a la reducción de trabajos manuales e incremento de la producción de alimentos. Con este avance se mejoró considerablemente la eficiencia y efectividad en esa actividad (Liu et al., 2021).

Posterior a ello, surgió la Agricultura 3.0 fue impulsada gracias a la Industria 3.0 que consistía principalmente en la automatización de los equipos y maquinarias de producción o fabricación. Durante este periodo se empezaron a emplear fuentes de energías renovables que además eran ecológicas como, por ejemplo, la energía eólica, hidroeléctrica y fotovoltaica. Sin embargo, pese a los avances, continuaron surgiendo diferentes problemas que desgastaban los suelos y reducían la eficiencia de la agricultura, entre algunos de estos problemas, se puede mencionar los siguientes: falta de digitalización, problemas de seguridad alimentaria, problemas ecológicos, deficiencias en las cadenas de suministro, etc.

A raíz de estos problemas surge la Agricultura 4.0 que se basa principalmente en el empleo de tecnologías de la Industria 4.0, y que, con ayuda de la fusión de tecnología emergente como Internet de las Cosas, robótica, big data, inteligencia artificial, blockchain, etc. han reducido y mejorado los procesos en la producción industrial y cadenas de suministros (Liu et al., 2021).

**Figura 6.4**

*Evolución de la Industria 4.0 y Agricultura 4.0*



De

From Industry 4.0 to Agriculture 4.0: Current status, Enabling Technologies and Research Challenges, *por Liu et al., 2020* (<https://ieeexplore.ieee.org/abstract/document/9122412>).

## **Oportunidades y retos de las tecnologías de la Industria 4.0**

A nivel general, para la aplicación de la Industria 4.0 el proceso de estas tecnologías puede ser un proceso gradual y algunas soluciones no tienen que ser opciones necesariamente costosas. Se necesita una buena infraestructura de TIC para poder implementarla y lograr un desarrollo en la economía digital. Asimismo, ya sea en países y/o empresas se necesitará una estrategia, y una visión estratégica para lograr una participación de múltiples partes interesadas. Por otro lado, la educación y las calificaciones técnicas deben desempeñar un papel integral en la estrategia digital y en un entorno favorable a las empresas a nivel organizacional o gubernamental. Por otro lado, la sociedad cumple un rol fundamental en la creación de conciencia sobre el potencial de las nuevas tecnologías para la industria y la economía inclusivas y sostenibles de desarrollo mediante el establecimiento de plataformas de diálogo, conocimiento, y compartir experiencias (Kumar y Kumar, 2020).

### **Oportunidades.**

- Beneficios económicos, como mayores ingresos debido a menores costos de transacción y transporte.
- Productos de mayor calidad como resultado del monitoreo en tiempo real.
- Mayor productividad a través de la optimización y la automatización.
- Eliminar la dependencia humana.
- Cambiar a personalización masiva.
- Permitir la innovación en muchas aplicaciones, con mayor impacto económico en el crecimiento.
- Producción energéticamente eficiente y ambientalmente sostenible.
- Uso eficaz de recursos y materiales humanos.
- Mayor seguridad e inocuidad alimentaria.
- Mejoras en la seguridad y salud de los trabajadores.
- Cambios en los sistemas de educación y formación.
- Sistemas de innovación más abiertos.
- Mantenimiento predictivo y remoto.

## Retos.

- Captación y desarrollo de nuevos talentos.
- Seguridad cibernética.
- Grandes inversiones iniciales.
- Colaboración.
- Modernización de TI.
- Brechas de infraestructura.
- Aprendizaje continuo y formación en el puesto de trabajo.
- Reglas y regulaciones internacionales obsoletas.
- Propiedad y seguridad de los datos.
- Fiabilidad y estabilidad de los CPS.
- Transparencia, privacidad, ética y seguridad.

Se ha presentado una serie de teorías y diversos modelos que permiten establecer la aceptación del cambio tecnológico por parte de las distintas industrias; sin embargo, cabe recalcar que para la presente investigación se empleará la teoría del Modelo de Adopción de la Tecnología (TAM) para evaluar la adopción de tecnologías de la Industria 4.0 por parte de las Pymes agroexportadoras peruanas. En base a ello se ha determinado las siguientes abreviaciones para la aplicación del modelo en mención que se emplearán en adelante:

- **UP:** Utilidad percibida.
- **FUP:** Facilidad de uso percibido.
- **AUT:** Actitud hacia el uso.
- **IUT:** Intención conductual de uso.

### 6.3 Matriz de operacionalización de variables

**Tabla 6.1**

*Matriz de operacionalización de variables*

Variable	Definición Conceptual	Dimensiones	Indicador	Ítem	Fuente del ítem	Técnica e instrumentos
<b>Variable Independiente:</b> Facilidad de uso percibida (FU)	Hace referencia al esfuerzo que el individuo cree que dejará de hacer en su trabajo debido a la adopción de la nueva tecnología <sup>a</sup>	Entrenamiento	Nivel de entrenamiento en el uso de nuevas tecnologías	Se necesita capacitación o entrenamiento para utilizar tecnologías de la Industria 4.0. <sup>b</sup>	Müller y Voigt (2018)	<b>Tipo de Investigación</b> Aplicada <b>Alcance de la investigación</b> Correlacional <b>Diseño de Investigación</b> No experimental <b>Población</b> Empresas del sector agroexportador de Lima Metropolitana y Callao <b>Muestra</b> 52 Mypes del sector agroexportador en Lima Metropolitana y Callao <b>Técnica:</b> Encuesta <b>Instrumentos:</b> Cuestionario
			Asesoría por parte de expertos	Es necesario el soporte de expertos para utilizar tecnologías de la Industria 4.0. <sup>d</sup>	Masood & Sonntag (2020)	
		Conocimiento	Cantidad de información sobre uso de este tipo de tecnología	Es necesario tener más información y conocimiento sobre tecnologías de la Industria 4.0 para usarlo. <sup>c</sup>	Bucci et al. (2019)	
			Adaptación a nuevas tecnologías	Nivel de adaptación en infraestructura / software	Las máquinas de las empresas deben ser adaptadas y/o actualizadas para utilizar tecnologías de la Industria 4.0. <sup>b</sup>	
		Estructura de las empresas y procesos		Mientras más compleja y grande es la empresa, menos son los desafíos para usar tecnologías de la Industria 4.0. <sup>d</sup>	Masood & Sonntag (2020)	

<sup>a</sup>Valera, Tovar y Chaparro (2010). <sup>b</sup>Müller y Voigt (2018). <sup>c</sup>Bucci, Bentivoglio y Finco (2019). <sup>d</sup>Masood & Sonntag (2020)

(Continúa)

(Continuación)

<b>Variab le Mediadora 1:</b> Utilidad Percibida (UP)	Se refiere al grado en que una persona opina que mejorará su desempeño en el trabajo implementando el uso de una nueva tecnología. <sup>a</sup>	Aspecto económico	Incremento de utilidad	Las tecnologías de la Industria 4.0 aumentan el rendimiento y reduce costos. <sup>b</sup>	Annosi et al. (2019)	<b>Tipo de Investigación</b> Aplicada <b>Alcance de la investigación</b> Correlacional <b>Diseño de Investigación</b> No experimental <b>Población</b> Empresas del sector agroexportador de Lima Metropolitana y Callao <b>Muestra</b> 44 Pymes del sector agroexportador en Lima Metropolitana y Callao <b>Técnica:</b> Encuesta <b>Instrumentos:</b> Cuestionario
			Reducción de costos	Las tecnologías de la Industria 4.0 permiten ahorrar costos en las operaciones y por ende en la empresa. <sup>c</sup>	Nguyen & Luu (2020)	
		Procesos internos de la empresa	Reducción de tiempos	Las tecnologías de la Industria 4.0 son las plataformas que proveen soluciones, sobre todo ahorra tiempo. <sup>b</sup>	Potter & Christopher (2015)	
			Incremento en el nivel de calidad de producto	Las tecnologías de la Industria 4.0 mejoran la calidad de producto producido. <sup>f</sup>	Nguyen & Luu (2020)	
		Conocimientos de los trabajadores	Desarrollo de capital humano	Las tecnologías de la Industria 4.0 contribuyen a desarrollar el capital humano de la empresa. <sup>f</sup>	Nguyen & Luu (2020)	
<b>Variab le Mediadora 2:</b> Actitud hacia el uso (AU)	Predisposición que posee una persona en relación al uso de la tecnología. La actitud es algo pasivo porque un trabajador observa que se incorpora una nueva tecnología a su trabajo, pero él no es el que decide sobre dicha inclusión. <sup>a</sup>	Tamaño de empresa	Dimensión de la empresa	Las grandes empresas son más propensas a invertir en tecnologías de la Industria 4.0 en comparación a las pequeñas. <sup>d</sup>	Frank et al. (2019)	
		Producción de la empresa	Volumen de producción	Usaría tecnologías de la Industria 4.0 si el volumen de producción fuese alto. <sup>e</sup>	Masood & Sonntag (2020)	
		Tendencias del sector	Nivel de presión de competidores	Si todas las empresas de la industria emplean tecnologías de la Industria 4.0, en mi empresa también se debería implementar este tipo de tecnología. <sup>g</sup>	Yu & Schweisfurth (2020)	
		Beneficios de tecnologías de la Industria 4.0	Nivel de conocimiento sobre beneficio	Las empresas están más dispuestas a implementar una tecnología cuando entienden los beneficios de esta y tienen un alto conocimiento de esta tecnología. <sup>g</sup>	Yu & Schweisfurth (2020)	
		Capacidad de empresa	Nivel de absorción de nuevas tecnologías de la Industria 4.0	Si las compañías no poseen el conocimiento o la capacidad de absorción de tecnologías de la Industria 4.0 ellas son menos propensas a invertir en dicha tecnología. <sup>g</sup>	Yu & Schweisfurth (2020)	

<sup>a</sup>Valera, Tovar y Chaparro (2010). <sup>b</sup>Potter & Christopher (2015). <sup>c</sup>Annosi, Brunetta, Monti y Nat (2019). <sup>d</sup>Frank, Dalenogare y Ayala (2019). <sup>e</sup>Massod & Sonntag (2020). <sup>f</sup>Nguyen & Luu (2020). <sup>g</sup>Yu & Schweisfurth (2020).

(Continúa)

(Continuación)

<b>Variable Dependiente:</b> Intención conductual de uso (IU)  La intención de uso, a diferencia de la actitud hacia el uso, es proactiva y hace referencia a las ganas de usar la tecnología en la vida cotidiana. <sup>a</sup>	Características de los trabajadores	Nivel de adaptación de trabajadores	Hay resistencia por parte de los trabajadores para usar tecnologías de la Industria 4.0. <sup>c</sup>	Barnes et al. (2019)	<b>Tipo de Investigación</b>  Aplicada  <b>Alcance de la investigación</b>  Correlacional  <b>Diseño de Investigación</b>  No experimental  <b>Población</b>  Empresas del sector agroexportador de Lima Metropolitana y Callao  <b>Muestra</b>  44 Pymes del sector agroexportador en Lima Metropolitana y Callao  <b>Técnica:</b> Encuesta  <b>Instrumentos:</b> Cuestionario
	Características de tecnologías de la Industria 4.0	Nivel de compatibilidad de tecnología	Si los sistemas actuales son compatibles con la nueva tecnología, usaría tecnologías de la Industria 4.0. <sup>b</sup>	Mokhtar et al. (2018)	
		Nivel de complejidad de tecnología	El nivel de complejidad en la adopción de tecnologías de la Industria 4.0 es significativa en la intención de uso. <sup>b</sup>	Mokhtar et al. (2018)	
	Características de empresa	Nivel de recursos de la empresa	A mayor cantidad de recursos, mayor es la intención de uso de esta tecnología. <sup>e</sup>	Nguyen & Luu (2020)	
	Información sobre tecnologías de la Industria 4.0	Nivel de conocimiento	Mientras más seguro me encuentre y conocimiento tenga sobre tecnologías de la Industria 4.0 podré usarla. <sup>d</sup>	Chaveesuk (2020)	

<sup>a</sup> Valera, Tovar y Chaparro (2010). <sup>b</sup> Mokhtar et al. (2018). <sup>c</sup> Barnes et al. (2019). <sup>d</sup> Chaveesuk (2020). <sup>e</sup> Nguyen & Luu (2020)

## 6.4 Matriz de consistencia

**Tabla 6.2**

*Matriz de operacionalización de variables*

Problemas	Objetivos	Hipótesis	Variabes	Indicadores
<p><b>Problema General</b> ¿Cómo se condiciona la intención conductual de uso (IUT) de tecnologías de la Industria 4.0 por la facilidad de uso percibida (FUP), utilidad percibida (UP) y actitud hacia el uso (AUT), por parte de las pequeñas y medianas empresas agroexportadoras peruanas?</p>	<p><b>Objetivo general:</b> Analizar la relación existente entre la FUP, AUT y UP en la intención conductual de emplear tecnologías de la Industria 4.0 por parte de las Pymes agroexportadoras peruanas, según la metodología del modelo TAM.</p>	<p><b>Hipótesis general:</b> las variables FUP, AUT y UP están positivamente relacionadas con la intención conductual de uso por parte de las pequeñas y medianas empresas agroexportadoras peruanas</p>	<p><b>Variable Independiente:</b> FU</p> <p><b>Variables Mediadoras:</b> UP AU</p> <p><b>Variable Dependiente:</b> IU</p>	<p>Nivel de entrenamiento en el uso de nuevas tecnologías. Asesoría por parte de expertos para su uso. Disponibilidad de información sobre su uso. Nivel de adaptación en infraestructura / software. Reducción de costos y tiempos. Nivel de presión de competidores. Nivel de compatibilidad y complejidad de tecnología.</p>

(Continúa)

(Continuación)

<p><b>Problema específico 1</b> ¿Cómo se condiciona la utilidad percibida de tecnologías por la facilidad de uso percibida de la Industria 4.0?, por parte de las pequeñas y medianas empresas agroexportadoras peruanas?</p>	<p><b>Objetivo específico 1:</b> Analizar la relación de la influencia de la percepción de facilidad de uso de tecnologías de la Industria 4.0 sobre la utilidad percibida.</p>	<p><b>Hipótesis específica 1:</b> FUP es directamente proporcional a UP por las Pymes agroexportadoras.</p>	<p><b>Variable Mediadora:</b> UP <b>Variable Independiente:</b> FU</p>	<p>Reducción de costos y tiempo. Incremento en el nivel de calidad de producto y operaciones. Nivel de entrenamiento en el uso de nuevas tecnologías. Disponibilidad de información sobre su uso. Nivel de adaptación en infraestructura / software.</p>
<p><b>Problema específico 2</b> ¿Cómo se condiciona la actitud hacia el uso por la facilidad de uso de tecnologías de la Industria 4.0, por parte de las pequeñas y medianas empresas agroexportadoras peruanas?</p>	<p><b>Objetivo específico 2</b> Analizar la relación de la percepción de la facilidad de uso de tecnologías de la Industria 4.0 sobre la actitud hacia su uso.</p>	<p><b>Hipótesis específica 2:</b> FUP es directamente proporcional a la actitud hacia el uso de tecnologías de Industria 4.0 de las Pymes agroexportadoras.</p>	<p><b>Variable Mediadora:</b> AU <b>Variable Independiente:</b> FU</p>	<p>Nivel de entrenamiento en el uso de nuevas tecnologías. Disponibilidad de información sobre su uso. Nivel de adaptación en infraestructura / software.</p>

(Continúa)

(Continuación)

<p><b>Problema específico 3</b> ¿Cómo se condiciona la actitud hacia el uso de tecnologías de la Industria 4.0 por la utilidad percibida, por parte de las Pymes agroexportadoras peruanas?</p>	<p><b>Objetivo específico 3:</b> Analizar la relación de UP sobre la actitud para seguir usando este tipo de tecnologías</p>	<p><b>Hipótesis específica 3:</b> La utilidad percibida es directamente proporcional a la actitud de uso.</p>	<p><b>Variable Mediadora:</b> UP <b>Variable Mediadora:</b> AU</p>	<p>Reducción de costos. Incremento en el nivel de calidad de producto. Nivel de conocimiento sobre beneficios de tecnologías de la Industria 4.0.</p>
<p><b>Problema específico 4</b> ¿Cómo se condiciona la intención conductual de uso de tecnologías de la Industria 4.0 por la utilidad percibida, por parte de las Pymes agroexportadoras peruanas?</p>	<p><b>Objetivo específico 4:</b> Analizar la relación de la actitud de las tecnologías de la Industria 4.0 sobre la intención conductual de usarla</p>	<p><b>Hipótesis específica 4:</b> La actitud hacia las tecnologías de la Industria 4.0 es directamente proporcional a la intención de uso por parte de las Pymes</p>	<p><b>Variable Mediadora:</b> AU <b>Variable Dependiente:</b> IU</p>	<p>Nivel de compatibilidad y complejidad de las tecnologías. Nivel de recursos de la empresa. Nivel de conocimiento de tecnologías de la Industria 4.0. Nivel de conocimiento sobre beneficios de las tecnologías.</p>
<p><b>Problema específico 5</b> ¿Cómo se condiciona la intención conductual de uso de tecnologías de la Industria 4.0 por la actitud hacia el uso, por parte de las Pymes agroexportadoras peruanas?</p>	<p><b>Objetivo específico 5:</b> Analizar la relación de la UP sobre la intención conductual de usar tecnologías de la Industria 4.0</p>	<p><b>Hipótesis específica 5:</b> La utilidad percibida es directamente proporcional a IUT</p>	<p><b>Variable Independiente:</b> UP <b>Variable Dependiente</b> IU</p>	<p>Reducción de costos. Incremento en el nivel de calidad de producto. Reducción de tiempos. Nivel de compatibilidad de tecnología. Nivel de recursos de la empresa. Nivel de conocimiento.</p>

## **CAPÍTULO VII: METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN**

En el séptimo capítulo se menciona el tipo de investigación que se realiza según la orientación, la técnica de contrastación, el diseño de la investigación, la direccionalidad y el tipo de fuente de recolección de datos. Además, se menciona cual es la población, la muestra, el instrumento y la técnica de análisis de datos.

### **7.1 Tipo de investigación**

La investigación es aplicada, exploratoria y correlacional, no experimental transversal, tiene un enfoque prospectivo y es proyectiva.

#### **7.1.1 Según la orientación.**

En base a los objetivos establecidos, se realizará una investigación aplicada ya que se busca obtener nueva información que permita conocer y explicar la intención conductual de adopción de las tecnologías de la Industria 4.0 por parte de las Pymes agroexportadoras peruanas para así en un futuro poder aplicarla y hacer frente a los retos del sector agrario descritos anteriormente en el capítulo 2 de la presente investigación.

#### **7.1.2 Según la técnica de contrastación.**

La presente investigación posee dos clasificaciones según la técnica de contrastación: exploratorio y correlacional. Exploratorio, porque los datos que existen en la actualidad sobre la intención de uso o adopción de la tecnología de la Industria 4.0 entre las Pymes agroexportadoras peruanas son todavía muy escasos y existen pocos ejemplos sobre empresas peruanas que ya estén aplicando dicha tecnología o que la hayan aplicado. Por otro lado, la investigación es correlacional porque se busca saber cuál es el grado de asociación entre las variables del modelo TAM al estar orientado hacia el uso de las tecnologías de la Industria 4.0 entre las Pymes agroexportadoras.

### **7.1.3 Según el diseño de la investigación.**

La investigación se clasifica en no experimental transversal. No experimental porque las variables no fueron controladas o manipuladas de ninguna manera, estas se analizaron de manera natural. Además, es transversal porque las variables solo se procesaron una vez con la ayuda del programa Smart PLS y en base a los datos recolectados se realizó el análisis correspondiente.

### **7.1.4 De acuerdo con la direccionalidad**

Se puede precisar que la investigación cumple con el enfoque prospectivo. Esto ya que se busca analizar cómo los variables de utilidad, facilidad de uso y percepción de uso se relacionan en la intención de adopción de tecnologías de la Industria 4.0 por parte de las Pymes agroexportadoras. Además de servir como base para investigaciones futuras sobre el tema tocado en cuestión y ayudar a una mejor comprensión del tema.

### **7.1.5 Conforme al tipo de fuente de recolección de datos**

La investigación es proyectiva ya que se busca ir más allá de la revisión de documentos e información existente. Se hará un trabajo de campo para recoger información a través de encuestas de las cuales se realizarán procesamiento y análisis que ayudarán a encontrar posibles soluciones a los problemas planteados.

## **7.2 Población, muestra y muestreo.**

La población en la investigación está confirmada por las pymes agroexportadoras peruanas. Para la muestra se escogieron de forma aleatoria aquellas empresas que se encontraban operativas en los últimos 3 años.

### **7.2.1 Marco poblacional.**

Para llevar a cabo los fines del presente estudio, la población está conformada por las Pymes agroexportadoras peruanas.

Para ello se consultó la última base de datos de Adex (2022) en donde se evidencia que actualmente existen 652 empresas agroexportadoras (605 pequeñas empresas y 45 medianas empresas). Es importante resaltar que la clasificación de tipo de empresa de esta base de datos se basa en la Ley N° 30056 según la cual indica lo siguiente:

**Tabla 7.1**

*Clasificación de empresas por tamaño*

<b>Rango de exportación anual</b>	<b>Tamaño de empresa</b>
Venta mayor a 2300 UIT por año	Grande
Ventas entre 1700 a 2300 UIT por año	Mediana
Ventas entre 150 a 1700 UIT por año	Pequeña
Ventas hasta 150 UIT por año	Micro

*Nota.* De *Clasificación de empresas por tamaño*, por Promperú, 2016 (<https://www.comexperu.org.pe/articulo/la-mype-exportadora-motor-del-crecimiento#:~:text=De%20acuerdo%20con%20el%20criterio,mayores%20a%20US%24%201%20mill%C3%B3n.>).

Es decir, la población de la investigación estará compuesta por aquellas empresas agroexportadoras que cumplan con los siguientes requisitos:

- Empresas de tamaño pequeño y mediano agroexportadoras.
- Empresas peruanas.
- Empresas que lleven más de 3 años de funcionamiento y procesos de exportación.
- No se discriminará entre los productos de exportación.

### **7.2.2 Muestra.**

Para la muestra se considera lo siguiente:

- En la muestra que será usada se encuentran empresas de pequeño y mediano tamaño de acuerdo a la clasificación de la Ley N° 30056.
- Empresas agroexportadoras peruanas.
- Empresas que tengan un mínimo de 3 años en el sector de exportaciones.

Se trabajará con una muestra representativa, homogénea y adecuada.

La muestra es representativa porque fue escogida sin tendencia y con la misma probabilidad. Eso quiere decir que se usó la fórmula de muestreo probabilístico, siendo esta:

$$n = n' / 1 + n' / N$$

N = población

n = muestra

La técnica usada es la de muestreo aleatorio simple. Es homogénea porque los componentes ubicados en la muestra son similares o iguales. Adicional a esto, aplicamos un nivel de confianza del 90 % con un margen de error del 10 % sobre nuestra población de 652 empresas obteniendo así una muestra de 62.

### **7.3 Técnicas e instrumentos.**

La técnica de la investigación fue la encuesta y se usó un cuestionario para obtener los datos.

#### **7.3.1 Técnicas.**

Para el desarrollo de la investigación se aplicarán los siguientes instrumentos:

##### **Encuesta.**

Es uno de los principales instrumentos para conocer el comportamiento del grupo de interés y tomar decisiones objetivas sobre los resultados (Cáceres, 1998). Esto debido principalmente a las características que representa la misma:

- Utilidad en gran variedad de campos y aplicaciones.
- Por su naturaleza permite comparar los resultados de manera directa y objetiva.
- Permiten obtener resultados de una forma más estructurada y a gran velocidad.
- Permiten codificar y procesar las respuestas, es una ventaja importante porque se puede agrupar respuestas obtenidas, sin interferencias de interpretación de parte de los investigadores.

Este instrumento será aplicado para evaluar las características y percepciones de los trabajadores de las Pymes agroexportadoras. El objetivo principal de emplear este

instrumento es conocer la utilidad percibida por parte de los empleados (personal operativo, administrativo y gerencial de la empresa) la aplicación de tecnologías de la Industria 4.0 en sus labores y facilidad de uso de las mismas. Además, se busca evaluar el impacto percibido por los trabajadores del uso de este tipo de tecnologías en relación con sus labores (salarios, tiempo y salud).

### **7.3.2 Instrumentos**

#### **Cuestionarios.**

Este instrumento se empleará para alcanzar los resultados que se plantean en las encuestas. De acuerdo con Anguita et. al (2013): “La finalidad del cuestionario es traducir diferentes variables empíricas para obtener información a través de preguntas capaces de conseguir respuestas válidas, confiables y aptas de ser cuantificadas”. Para ello se tomará como punto de partida las hipótesis y variables descritas anteriormente.

El cuestionario estará conformado por preguntas cerradas acerca del nivel de instrucción, y capacitación que reciben los trabajadores al igual que para medir el grado de facilidad percibida en el empleo de tecnologías de la Industria 4.0 de ser aplicable. Además, se empleará preguntas de elección múltiple que contribuyan a establecer la estructura, cultura y relaciones dentro de la organización al igual que para establecer la utilidad percibida por parte de los trabajadores.

### **7.3.3 Proceso de recolección de datos.**

Primero se identificó la técnica que se usará para realizar la recolección de datos, luego se prepararon los instrumentos necesarios con las preguntas adecuadas para contar con la información requerida para realizar la investigación. Además, se estructuran los instrumentos y serán evaluados por expertos para estar seguros de su validez.

A continuación, se identifica la población (pequeñas y medianas empresas agroexportadoras de mango, palta, uva y espárragos que tienen 3 años de experiencia ubicados en Lima Metropolitana y El Callao), después se halló la muestra a través de la técnica de muestreo aleatorio. Luego se realiza una base de datos con la muestra, se busca

hacer un primer contacto con dicha muestra por medio de redes sociales como LinkedIn y con ello se buscó realizar las encuestas online.

#### **7.4 Técnicas de análisis de datos.**

Con la presente investigación se busca evaluar la intención de uso de este tipo de tecnologías de la Industria 4.0 entre las Pymes agroexportadoras, para dicho propósito se realizó un análisis con ayuda del programa Smart PLS, haciendo uso de los datos recolectados mediante las encuestas.

Es importante mencionar que, el programa Smart PLS hace uso de la técnica PLS – SEM que consiste en una técnica que permite evaluar las relaciones complejas entre las diferentes variables existentes y explicar los datos a través de un análisis predictivo para la investigación (Ávila y Moreno, 2018).

Este software utiliza ecuaciones estructurales como principal técnica para analizar los datos multivariantes ya que genera determinado nivel de confianza en cuanto a la investigación debido a su eficacia estadística. Según Haenlein, Kaplan y Statsof, la creación del Smart PLS ha impulsado una revolución en el rubro de la investigación científica debido a la facilidad que genera a la hora de examinar en simultáneo relaciones de dependencia entre variables independientes y dependientes (como se citó en Martínez y Fierro, 2018).

Cabe resaltar que el software mencionado con anterioridad se creó para ser usado como una herramienta que analiza las dificultosas relaciones entre las variables y que posibilitan la explicación de los datos recolectados, además de realizar un análisis predictivo para complementar la investigación. Se aplicó este modelo matemático en la presente investigación, ya que es mucho más flexible que otros en comparación, porque no presenta premisas radicales en cuanto a la distribución de los datos, tamaño de la muestra o escala de medición (Martínez y Fierro, 2018).

Por último, según Henseler, Hubona, Ray y Hair et al., el software Smart PLS puede ser usado para las investigaciones de tipo explicativas o en las de tipo exploratoria como es el caso de esta investigación (como se citó en Martínez y Fierro, 2018). Al realizar el análisis correspondiente se espera observar que efectivamente si existe una relación positiva entre las

variables del modelo TAM respecto a la aplicación o intención de uso de las tecnologías de la Industria 4.0 entre las Pymes agroexportadoras peruanas.

Asimismo, este software proporciona herramientas y procedimientos para el análisis de la confiabilidad de los datos recolectados, este es el caso de índices como la confiabilidad compuesta, el Alpha de Cronbach y varianza extraída media. Para analizar estos índices, se debe seguir el siguiente procedimiento: en primer lugar, se cargan los datos recolectados a la herramienta del Smart PLS, una vez cargada la base de datos se procede a representar o dibujar el modelo teórico que se empleará para el análisis de los datos, en este caso de la metodología del modelo TAM.

Posterior a ello, una vez se hayan asignado los datos según cada variable, se procede a realizar el análisis bajo el algoritmo PLS, una vez se obtengan estos datos; el sistema proporcionara las opciones confiabilidad y validez de datos los cuales, como anteriormente se indicó, están compuestos por tres índices. Más adelante se explicará cada uno de estos índices y se procederá a realizar el contraste con los datos obtenidos en la presente investigación.

# CAPÍTULO VIII: RESULTADOS Y ANÁLISIS DE RESULTADOS

En el presente capítulo se observan los resultados finales de la investigación.

## 8.1 Resultados.

Para la presente investigación se realizó un total de 62 encuestas a trabajadores de Pymes agroexportadoras de empresas peruanas que laboraron o se encuentran actualmente trabajando en dicho rubro. El 98% de la muestra se encontraba actualmente laborando en empresas del sector agro. Además de ello, el 55% de la muestra laboró de 1 a 5 años en Pymes agroexportadoras mientras que más del 45% de los encuestados ha laborado más de 5 años en el sector.

Para el procesamiento de los datos obtenidos, se empleará la herramienta SmartPLS, el cual es un software que emplea ecuaciones estructurales de cuadrados mínimos parciales y permite a través de sus algoritmos obtener un análisis estadístico (SmartPLS, 2021). Asimismo, gracias a esta herramienta se puede obtener tanto la fiabilidad y validez del constructo, así como la validez discriminante de cada una de las variables contempladas de acuerdo con el modelo TAM. En base a ello, se precisará los conceptos que se emplearán para el análisis de los datos en base a los resultados encontrados.

### **Validez y Fiabilidad.**

Para el análisis de la validez y fiabilidad del modelo, la herramienta SmartPLS considera los siguientes conceptos: Alfa de Cronbach,  $\rho_A$ , fiabilidad compuesta y varianza extraída media. En primer lugar, Alfa de Cronbach es un coeficiente que permite medir la fiabilidad del modelo, el cual consiste en que mientras más cerca se encuentre el valor a 1, mayor será la fiabilidad del modelo. El  $\rho_A$  corresponde al coeficiente de correlación entre las variables para determinar su dependencia estadística. La varianza extraída media o AVE, mide la varianza del modelo y finalmente, la fiabilidad compuesta consiste en que los valores mayores a 0.7 corresponden a una mayor confiabilidad.

Con respecto a la fiabilidad y validez del constructo, como se puede observar en la tabla, a pesar de que los resultados son positivos en su totalidad, la relación entre algunas variables aún es débil y/o no cuentan con la fiabilidad que corresponde al constructo. Este es el caso de las variables que tiene una varianza menor a 0.5 lo cual indica que los datos obtenidos aún son considerablemente dispersos, siendo la fiabilidad de estas variables aún baja.

**Tabla 8.1**

*Validez y Fiabilidad del modelo TAM.*

	Alfa de Cronbach	Rho_A	Fiabilidad compuesta	Varianza extraída media (AVE)
AU	0.721	0.753	0.815	0.474
FU	0.497	0.499	0.655	0.260
IU	0.197	0.260	0.642	0.391
UP	0.777	0.810	0.832	0.420

**Validez con SEM – PLS.**

Con relación a la validez del instrumento a través de la herramienta SEM –PLS, se elaboró una la tabla 8.2 en donde se detalla la confiabilidad de cada uno de los ítems para la presente investigación, de igual manera se presentan la consistencia interna de las dimensiones y detalle e la varianza promedio. En base a la herramienta SEM- PLS, un valor mayor a 0.7 significa que la fiabilidad compuesta es más significativa.

**Tabla 8.2***Validez SEM PLS.*

ítems	Peso Factorial	Fiabilidad compuesta	Varianza extraída
Todos los empleados de la empresa agroexportadora saben cómo usar tecnologías de la Industria 4.0	<b>0.382</b>	<b>0.748</b>	<b>0.428</b>
Conozco el concepto de tecnologías de la Industria 4.0	<b>0.644</b>		
Estoy preparado/a para hacer uso de las tecnologías de la Industria 4.0 y no necesito apoyo	<b>0.379</b>		
Las máquinas de las empresas agroexportadora deben ser adaptadas y/o actualizadas para utilizar tecnologías de la Industria 4.0	<b>0.355</b>		
Actualmente, en la empresa agroexportadora en la que laboro usa alguna de las tecnologías de la Industria 4.0	<b>0.383</b>	<b>0.873</b>	<b>0.583</b>
Las grandes empresas agroexportadoras tienen más facilidades para hacer uso de tecnologías de la Industria 4.0 que las pequeñas empresas	<b>0.762</b>		
Usando tecnologías de la Industria 4.0 mi trabajo será más fácil de realizar	<b>0.792</b>		
Las tecnologías de la Industria 4.0 aumentan el rendimiento y reducen costos de la empresa agroexportadora	<b>0.542</b>		
Las tecnologías de la Industria 4.0 aumentan la producción de empresa agroexportadora	<b>0.667</b>		
Las tecnologías de la Industria 4.0 reducen los tiempos de los procesos de la empresa agroexportadora	<b>0.461</b>	<b>0.881</b>	<b>0.650</b>
Las tecnologías de la Industria 4.0 reducen las fallas en los procesos, evitando errores	<b>0.656</b>		
Las tecnologías de la Industria 4.0 mejoran la calidad del producto y/o los procesos de la empresa agroexportadora	<b>0.642</b>		
Las tecnologías de la Industria 4.0 mejoran la comunicación interna y externa de la empresa agroexportadora	<b>0.722</b>		
Las grandes empresas agroexportadoras están más dispuestas a invertir en tecnologías de la Industria 4.0. que las pequeñas y medianas empresas agroexportadoras	<b>0.503</b>	<b>0.876</b>	<b>0.589</b>
La empresa agroexportadora es más propensa a usar tecnologías de la Industria 4.0 si el volumen de producción es alto	<b>0.754</b>		

(continúa)

(continuación)

ítems	Peso Factorial	Fiabilidad compuesta	Varianza extraída
Si la mayoría de las empresas agroexportadoras emplean tecnologías de la Industria 4.0, en la empresa en la que laboro la implementarán	0.780		
Las tecnologías de la Industria 4.0 vuelven más competitivas a las empresas	0.740		
Las empresas están más dispuestas a implementar nuevas tecnologías cuando entienden los beneficios de esta y tienen un alto conocimiento de esta tecnología	0.624		
Me gustaría que la empresa me capacite en tecnologías de la Industria 4.0	0.543		
El nivel de complejidad en la adopción de tecnologías de la Industria 4.0 afecta la intención de uso	0.445		
A mayor cantidad de recursos económicos, mayor es la intención de uso de tecnologías de la Industria 4.0	0.824		

### **Validez discriminante.**

Determina en qué medida una construcción teórica es diferente a otras. Para evaluar este tipo de validez, es necesario considerar los siguientes conceptos:

- Criterio de Fornell-Larcker.
- Cargas cruzadas entre indicadores.
- La matriz HTMT.

En la Tabla 8.4 de cargas cruzadas, se evidencia que las cargas factoriales de cada variable cumplen con la propiedad de ser mayor consigo mismas que con las demás. En la Tabla 8.3 de Fornell-Larcker podemos observar la correlación que tiene cada una de las variables entre sí. Asimismo, en base a los valores obtenidos en la Tabla 8.5 de la matriz HTMT se observa que con respecto a la variable AU-IU y FU-IU no hay una adecuada validez discriminante entre estas variables.

**Tabla 8.3***Valores según criterio de Fornell-Larcker.*

	AU	FU	IU	UP
AU	0.688			
FU	0.543	0.509		
IU	0.619	0.516	0.625	
UP	0.309	0.527	0.345	0.648

**Tabla 8.4***Cargas Cruzadas entre indicadores.*

	AUT	FUP	IUT	UP
AUT1	0.503	0.204	0.366	0.181
AUT3	0.754	0.491	0.509	0.298
AUT4	0.780	0.477	0.495	0.254
AUT5	0.740	0.348	0.423	0.126
AUT6	0.624	0.239	0.274	0.169
FUP2	0.189	0.382	0.249	0.122
FUP4	0.393	0.644	0.334	0.371
FUP5	0.079	0.379	0.111	0.201
FUP7	0.151	0.355	0.120	0.119
FUP8	-0.037	0.383	0.041	0.429
FUP9	0.544	0.762	0.489	0.322
IUT1	0.346	0.144	0.543	0.128

(continúa)

(continuación)

	AUT	FUP	IUT	UP
IUT3	0.281	0.348	0.445	0.127
IUT4	0.501	0.449	0.824	0.336
UP1	0.310	0.501	0.348	0.792
UP3	0.069	0.336	0.159	0.542
UP4	0.187	0.218	0.094	0.667
UP5	0.041	0.098	0.043	0.461
UP6	0.274	0.267	0.265	0.656
UP7	0.144	0.290	0.305	0.642
UP8	0.222	0.452	0.167	0.722

**Tabla 8.5**

*Valores según matriz HTMT.*

	AUT	FUP	IUT	UP
AUT				
FUP	0.884			
IUT	1.337	1.335		
UP	0.383	0.802	0.771	

**Modelo Estructural.**

En esta investigación de acuerdo con lo descrito anteriormente se plantearon 5 hipótesis y para identificar el nivel de significancia de estas a través de las herramientas Smart PLS se encontraron los valores mostrados en la Tabla 8.5 y en la Tabla 8.6.

**Tabla 8.6**

*Coefficiente de Path.*

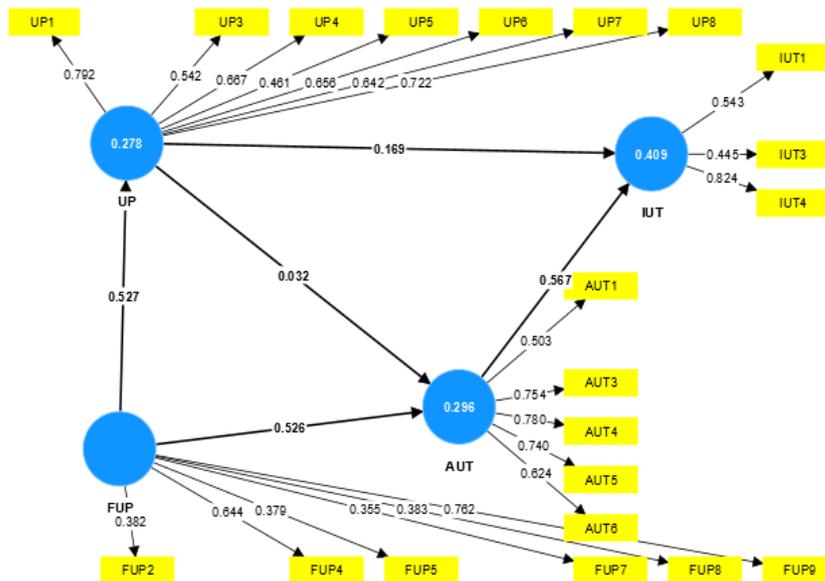
	Coefficiente de Path
<i>AUT -&gt; IUT</i>	0.567
<i>FUP -&gt; AUT</i>	0.526
<i>FUP -&gt; UP</i>	0.527
<i>UP -&gt; AUT</i>	0.032
<i>UP -&gt; IUT</i>	0.169

**8.2 Análisis de resultados.**

Por otro lado, en la Figura 8.1 se presentará los resultados de las encuestas obtenidas a través del modelo TAM y explicarán los mismos en contraste con los objetivos de la presente investigación.

**Figura 8.1**

*Modelo TAM aplicado*



En base a la figura se describen los resultados obtenidos de acuerdo con cada uno de los objetivos planteados en la presente investigación:

- **Objetivo 1:** Establecer cómo se condiciona la variable IUT tecnologías de la Industria 4.0 por la FUP, UP y AUT, por parte de las Pymes agroexportadoras peruanas, según la metodología del modelo TAM.

De acuerdo con el modelo desarrollado, las variables FUP, AUT y UP efectivamente tienen una influencia en la variable IUT respecto al uso de tecnologías de la Industria 4.0. Se observa que la influencia de estas variables es positiva, es decir directamente proporcional.

- **Objetivo 2:** Analizar la relación de la influencia de FUP sobre la UP.

De acuerdo con los resultados, la variable FUP tiene un efecto positivo de 0.527 sobre UP respecto a las tecnologías de Industria 4.0 en Pymes agroexportadoras. En base al indicador, se valida que la influencia es considerable.

- **Objetivo 3:** Analizar la relación de la percepción de la facilidad de uso de las tecnologías de la Industria 4.0 sobre la actitud hacia su uso.

De acuerdo con los resultados, la variable FUP tiene un efecto positivo, es decir es directamente proporcional sobre AUT respecto a las tecnologías de la Industria 4.0 en Pymes agroexportadoras. En base al indicador, se valida que la influencia es considerable (0.526).

- **Objetivo 4:** Analizar la relación de la utilidad percibida de las tecnologías de la Industria 4.0 sobre la actitud para seguir usándola.

De acuerdo con los resultados, la variable UP tiene una relación e influencia positiva de 0.032 sobre la variable AUT, esto quiere decir que si bien la relación es positiva no es significativa sobre esta variable.

- **Objetivo 5:** Analizar la relación de la actitud de las tecnologías de la Industria 4.0 sobre la intención conductual de usarla.

De acuerdo con los resultados, la variable AUT tiene una relación e influencia positiva de 0.587 sobre la variable IUT.

- **Objetivo 6:** Analizar la relación de UP sobre IUT.

De acuerdo con los resultados, efectivamente la variable UP tiene una influencia positiva, es decir directamente proporcional sobre la variable IUT 0.169.

### **Contrastación de hipótesis**

En base a lo descrito anteriormente y según las hipótesis planteadas, se observa lo siguiente:

- **H1:** La influencia de las variables FUP, UP y AUT en el uso de tecnologías de la Industria 4.0 están positivamente relacionadas con la IUT por parte de las Pymes agroexportadoras peruana.

En base a los resultados, la variable FUP tiene un efecto positivo de 0.527 sobre la variable UP y un efecto positivo de 0.526 sobre la variable AUT y estas dos últimas variables tienen un efecto positivo de 0.169 y 0.567 respectivamente sobre la variable IUT, por ende, esta hipótesis se acepta. Es importante señalar que, si bien se relacionan positivamente, también en base a los hallazgos se evidencia que la influencia entre variables difiere, siendo unas más representativas que otras en relación con el indicador hallado.

- **H2:** La variable FUP está positivamente relacionada con UP por las Pymes agroexportadoras.

De acuerdo con el modelo TAM desarrollado, la variable FU ejerce una influencia positiva de 0.527 sobre la variable UP. Por ende, se acepta esta hipótesis considerando que los encuestados indicaron que el uso de tecnologías de la Industria 4.0 en las Pymes agroexportadoras representan un grado de dificultad al necesitar capacitación o guía por parte de expertos en el tema lo que implica que la percepción de utilidad de este tipo de tecnologías se vea afectada. Es decir, mientras más difícil sea emplear tecnologías de la Industria 4.0 la percepción sobre la utilidad de esta se reduce y viceversa.

Ello se refuerza en lo planteado por Annosi et al. (2019) respecto a que una de las principales limitaciones que se tiene para la adopción de tecnologías por parte de las empresas agroexportadoras es la baja capacidad y conocimiento que tienen respecto a estas innovaciones al igual que Sachin et al. (2018) quien a través de su

investigación concluye que además de otras variables, el conocimiento y la necesidad de habilidades mejoradas de los trabajadores de Pymes son considerados como una de las principales limitaciones para la adopción de esta nueva tecnología.

- **H3:** La variable FUP está positivamente relacionada con AUT sobre tecnologías de la Industria 4.0 por parte de las Pymes agroexportadoras.

En efecto, se ha demostrado que la variable FUP esta positivamente relacionada a la variable AUT. En base a ello, la H3 se acepta tomando en consideración que de acuerdo con los hallazgos la variable FUP influye positivamente en 0.526 sobre la variable AUT.

Asimismo, de acuerdo con las Pymes agroexportadoras encuestadas, a menor facilidad percibida en el uso de tecnologías de la Industria 4.0, la actitud hacia el uso de esta de igual manera disminuye. Además de ello, los encuestados señalaron que existen otros factores que influyen en la variable AU como la capacitación y conocimientos del personal, así como la capacidad de absorción de esta nueva tecnología por parte de las Pymes agroexportadoras.

Principalmente los encuestados indicaron que conforme se requiera mayor conocimiento sobre el uso de este tipo de tecnologías en investigación y estas no sean compatibles con la infraestructura de la empresa, la actitud frente al uso de esta tecnología se ve afectada negativamente.

Esto a su vez es señalado por Schwarz (2017) en su investigación dónde señala que entre las principales restricciones que tienen las Pymes para la adopción de tecnologías de la Industria 4.0 se encuentra la ausencia de sistemas integrados en relación con su infraestructura, falta de flexibilidad de las capacidades instaladas y complejidades que se puedan presentar respecto a la regularización de estos en los nuevos sistemas. Este planteamiento también coincide con Moktadir et al. (2018) en su investigación se señala que la falta de infraestructura tecnológica es uno de los desafíos más apremiantes que pueden tener la implementación de estas nuevas tecnologías.

Sin embargo, es importante también indicar que Annosi et al. (2019) en contraste con lo anteriormente señalado, considera que la disponibilidad de infraestructura no tiene mayor relevancia sobre la actitud y decisiones sobre el uso de este tipo de tecnologías. Estas diferencias se podrían explicar considerando los diferentes escenarios en los cuales se aplicaron los estudios; sin embargo, para demostrar ello consideramos es necesario realizar un estudio más profundo considerando otros aspectos diferentes a esta investigación.

- **H4:** UP está positivamente relacionada con la variable AUT.

En base a los resultados, se ha demostrado que efectivamente la variable UP tiene una relación positiva sobre AU. Por ende, esta hipótesis se acepta.

Los encuestados indicaron que hay mayor inclinación hacia el uso de las tecnologías de la Industria 4.0, es decir la actitud frente a estas nuevas tecnologías incrementa positivamente mientras que los beneficios respecto al ahorro en las operaciones y/o procesos de las agroexportadoras sea mayor a lo largo de su cadena de producción.

Sin embargo, tal como lo señala Camilleri (2018) principalmente las pequeñas empresas y/o agricultores no pueden asumir el costo de implementación o uso por lo que, finalmente, pese a los beneficios percibidos por las empresas, estas desisten de adoptar esta nueva tecnología. Por otra parte, si bien Bucci et al. (2019) señalan de igual manera que la inversión en tecnología es una de las principales barreras para la adopción y empleo de ésta, también considera existe una barrera respecto al conocimiento y apreciación de los beneficios que pueden brindar las tecnologías de la Industria 4.0

Por su parte, Sachin et al. (2018) al igual que Bucci, consideran que hay una falta de comprensión clara por parte de las Pymes sobre los beneficios que puede aportar este conjunto de tecnologías. Sin embargo, en base al trabajo de campo desarrollado en esta investigación y de acuerdo con los resultados obtenidos se observa que las Pymes agroexportadoras peruanas si conocen y comprenden los beneficios que conlleva la aplicación de este tipo de tecnologías.

- **H5:** La variable AUT sobre tecnologías de la Industria 4.0 está positivamente relacionada con la IUT por parte de las Pymes.

De acuerdo con el modelo desarrollado y los resultados encontrados, la relación de AUT es positiva de 0.567 sobre IUT, es decir, la hipótesis planteada se acepta, ya que la relación es positiva y el valor mayor a 0.

En base a los resultados del modelo desarrollado, además de la relación positiva, AUT es la variable con mayor impacto con relación a la intención de uso por parte de las agroexportadoras; en este sentido, las empresas encuestadas indican que la adopción y/o aplicación de tecnologías de la Industria 4.0 es más probable en este tipo de empresas cuando se comprenden y perciben mejor sus beneficios y la actitud frente a este tipo de tecnología mejora.

Es decir, hay mayor intención de uso de esta tecnología cuando las empresas se encuentran motivadas y con una actitud positiva respecto a su uso y beneficios (Massod et al., 2020). Sin embargo, es importante mencionar que la variable AU está influenciada a su vez por la variable FU, en base a ello y las respuestas recolectadas se infiere que la actitud e inclinación respecto al uso de estas tecnologías incrementa en tanto las Pymes agroexportadoras cuenten con el conocimiento y capacidad necesaria.

Asimismo, es importante indicar que conforme los resultados de la encuesta la actitud hacia el uso de tecnologías de la Industria 4.0 se da de forma jerárquica y se concuerda con lo señalado por Nuryyev et al. (2020) donde mencionan que las características personales del propietario/gerente (autoeficacia e innovación) y la influencia social posee un gran efecto en cuanto al propósito de adoptar nuevas tecnologías.

- **H6:** La UP está positivamente relacionada con la IUT.

En base a los resultados de las encuestas realizadas, la variable UP tiene una relación positiva con respecto a la variable IUT. Por ende, la hipótesis planteada se acepta.

De acuerdo con los encuestados, si bien las tecnologías de la Industria 4.0 permiten ahorrar costos y mejorar la calidad de los productos agrícolas, existen otros

factores que impactan finalmente en la intención de emplear este tipo de tecnología como por ejemplo, contar con personal capacitado, tener información y capacidades compatibles con la nueva tecnología, esto explicaría por qué pese a ser directamente proporcional UP a IUT, la influencia entre las variables es menor en comparación a las otras relaciones.

Por el lado de los datos bibliográficos y validando investigaciones pasadas como la realizada por Schwarz (2017), en donde señala que las Pymes mientras mayor sea la utilidad percibida respecto a los beneficios que dan las tecnologías de la Industria 4.0 mayor será la intención de uso y que, por el contrario, las limitaciones que tiene esta tecnología se relaciona principalmente con restricciones en el financiamiento, complejidad legal para el uso de éstas y los altos costos de inversión para la estandarización.



## CONCLUSIONES

1. Actualmente, diversas empresas agroexportadoras están haciendo uso de tecnologías de la Industria 4.0, lo cual les permite contar con información dentro de la cadena de proceso, precio de los productos, estado del tiempo e incrementa la comunicación entre áreas de acuerdo con lo investigado. Asimismo, las Pymes peruanas agroexportadoras tienen la intención de usar tecnologías de la Industria 4.0, en la medida que les ayudará a mejorar sus procesos y contar con información oportuna.
2. Para implementar el uso de las tecnologías de la Industria 4.0, el principal reto que enfrentan las Pymes agroexportadoras peruanas es la falta de conocimiento y poca capacitación. Dejando de lado el factor económico, podemos concluir que mientras menor sea el conocimiento y capacidades de las empresas agroexportadoras, la adopción y/o aplicación de las tecnologías de la Industria 4.0 será limitada dado que se ha evidenciado que existe una falta de capacitación.
3. Por otro lado, la facilidad de uso percibida, además las capacidades de conocimiento se encuentran estrechamente relacionadas a la capacidad de adopción en infraestructura de tecnologías de la Industria 4.0 y las dificultades que esta presenta impactan negativamente en la decisión de emplear esta nueva tecnología por parte de las empresas Pymes agroexportadoras peruanas. Asimismo, las empresas encuestadas reflejaron que el volumen de producción y beneficios percibidos también son variables importantes en la decisión de emplear o no esta tecnología.
4. Si bien es cierto que, en muchos casos la aplicación de las tecnologías de la Industria 4.0 puede ser costosa para las Pymes agroexportadoras peruanas, en diversos estudios se demostró que existen algunas herramientas tecnológicas que se han adaptado al territorio peruano como Cloud Computing o LoraWAN. Las empresas deben buscar el tipo de tecnología que se adapte mejor a sus necesidades no solo económicas, sino también climáticas, operativas, etc.
5. Tomando en consideración todos los beneficios que trae la aplicación de las tecnologías de la Industria 4.0 y la existencia de ésta a bajos precios se estima que la relación entre las variables UP y AUT presentarán una mayor afinidad.

6. A pesar de que los encuestados entienden cuáles son los beneficios del uso de las tecnologías de la Industria 4.0, e incluso algunas de las empresas encuestadas ya las utilizan, se observó que al momento de decidir aplicar y/o adoptar este tipo de tecnologías, pesan más otros factores como: la falta de capacitación, el poder adquisitivo, el volumen de ventas y la poca conectividad entre los procesos.



## RECOMENDACIONES

- ✓ El Estado peruano debería brindar apoyo a las Pymes agroexportadoras peruanas a fin de que puedan implementar tecnologías de la Industria 4.0, generando concursos en donde se puedan crear nuevas herramientas de tecnologías de la Industria 4.0 que sean sostenibles, aumenten la productividad y tengan bajos costos, además pueden buscar la manera de que sean fáciles de usar para poder eliminar el problema de la falta de capacitación y conocimiento por parte de los trabajadores. Mientras más beneficios genere, mayor será la probabilidad de que las Pymes agroexportadoras hagan uso de este tipo de herramientas. Se considera que este tema va a ser de interés del Estado, ya que se sabe que las Pymes agrícolas son el segundo grupo más grande exportador de productos en Perú.
- ✓ Se recomienda que el Estado peruano siga incentivando el uso de tecnologías de la Industria 4.0 entre las Pymes agroexportadoras, ya que los resultados que se pudieron observar fueron favorables para los productores. Se considera que los proyectos piloto pueden realizarse en diferentes zonas del Perú para combatir los distintos obstáculos principales que tienen los productores de la costa, sierra y selva y ver la mejor manera de superar estos obstáculos, apoyándose de las nuevas herramientas que se observan en la actualidad.
- ✓ Se recomienda al Estado peruano brindar información importante para las Pymes agroexportadoras en relación con sus cultivos, como por ejemplo la información de precios del mercado, cambios climáticos importantes como el Fenómeno del Niño, etc, así como brindar mayor cobertura de internet de banda ancha en zonas rurales alejadas. Con dicha ayuda se podría observar una transición a la Industria 4.0 mucho más rápida que en un contexto en donde el Estado no interviniera.
- ✓ Se recomienda a las Pymes agroexportadoras peruanas adoptar el empleo de tecnologías de la Industria 4.0, en la medida que le permitirá aumentar su productividad, eficiencia de sus procesos y ser más competitivos en el mercado.
- ✓ Es importante que las Pymes agroexportadoras peruanas inicien sus procesos de capacitación sobre tecnología, realizar mayor investigación sobre los procesos de

adaptación de estas nuevas tecnologías para conseguir así reducir la brecha de falta de conocimiento y lograr de manera paulatina una transición hacia el empleo de tecnologías de la Industria 4.0, lo cual puede ahorrarles costos, tiempos y esfuerzos, además de mejorar la calidad de sus productos y los procesos que emplea en la actualidad para ser mucho más competitivos a nivel global y lograr un incremento de sus exportaciones, generando rentas para el país, la empresa y sus trabajadores.

- ✓ Para evitar problemas de falta de adaptación de la tecnología de la Industria 4.0, se recomienda a las Pymes agroexportadoras peruanas optimizar primero los procesos internos de la empresa y posteriormente aplicar dicha tecnología. Otra solución es que solo se aplique dicha tecnología a una de las parcelas que posee la empresa, a modo de prueba y al final de la cosecha comparar los resultados de la parcela que aplicó la tecnología de la Industria 4.0 con las parcelas que no la usaron, para observar si es que efectivamente hubo una mejora o no en cuanto a la sostenibilidad, calidad, incremento de producción, etc. Por otro lado, al ver los resultados favorables, con el paso del tiempo, más empresas solicitarán este tipo de tecnología en el Perú. Esto puede volverse una oportunidad de negocio, ya que se crearía un nuevo mercado con pocos competidores ya que en la actualidad no existen muchas empresas que provean de tecnología de la Industria 4.0 al sector agrícola dentro del país.
- ✓ Es importante que las Pymes agroexportadoras peruanas impulsen el uso de la tecnología de la Industria 4.0 dentro de las mismas, ya que de eso dependerá que los trabajadores la apliquen en su uso diario, hasta que con el paso del tiempo comprendan los beneficios que les genera y la empiecen a usar por convicción propia, no por obligación. Asimismo, es importante Eliminar los mitos que poseen los trabajadores sobre la aplicación de la tecnología de la Industria 4.0, a fin de que empiecen a observar todos los beneficios que puede traer a futuro su aplicación.
- ✓ Se recomienda que, para futuros estudios aplicados al escenario peruano en relación a las tecnologías de la Industria 4.0 y el modelo TAM, se consideren las variables externas y éstas sean definidas en profundidad ya que, según lo evaluado, el sector agrícola peruano tiene características propias que deben ser consideradas.

## REFERENCIAS

- Annosi, M. C., Brunetta, F., Monti, A., & Nat, F. (2019). Is the trend your friend? An analysis of technology 4.0 investment decisions in agricultural SMEs. *Computers in Industry, 109*, 59–71. <https://doi.org/10.1016/j.compind.2019.04.003>
- Ávila, M. M., & Moreno, E. F. (2018). Aplicación de la técnica PLS-SEM en la gestión del conocimiento: un enfoque técnico práctico. *RIDE Revista Iberoamericana Para La Investigación y El Desarrollo Educativo, 8*(16), 130–164. <https://doi.org/10.23913/RIDE.V8I16.336>
- Barnes, A. P., Soto, I., Eory, V., Beck, B., Balafoutis, A. T., Sanchez, B., Vangeyte, J., Fountas, S., van der Wal, T., & Gómez-Barbero, M. (2019). Influencing incentives for precision agricultural technologies within European arable farming systems. *Environmental Science & Policy, 93*. <https://doi.org/10.1016/j.envsci.2018.12.014>
- Birkel, H., Veile, J., Müller, J., Hartmann, E., & Voigt, K.-I. (2019). Development of a Risk Framework for Industry 4.0 in the Context of Sustainability for Established Manufacturers. *Sustainability, 11*(2). <https://doi.org/10.3390/su11020384>
- Bucci, G., Bentivoglio, D., Finco, A., & Student, P. D. (2019). *Factors affecting ICT adoption in Agriculture: a case study in Italy Biogas production from waste from local food, wood and sugar cane industries for increasing self-sufficiency of energy in Sancti Spiritus, Cuba View project factors affecting ICT adoption in agriculture: a case study in Italy*. <https://www.researchgate.net/publication/332753855>
- Byshov, N. V., Lazutkina, L. N., Konkina, V. S., Chikhman, M. A., Fedosova, O. A., y Starodubova. (2019). Improving the quality of agrarian education as a basis for transferring technologies to agricultural production. *Dilemas Contemporáneos: Educación, Política y Valores, VI*. Proquest. <https://search.proquest.com/openview/506ebc09ae4d798400182c1931f97808/1?pqori-gsite=gscholar&cbl=4400984>

- Cabero-Almenara, J., & De Los Ríos, José Luis Pérez Díez. (2018). Validación del modelo TAM de adopción de la Realidad Aumentada mediante ecuaciones estructurales. *Estudios Sobre Educación*, 34, 129-153. <http://dx.doi.org/10.15581/004.34.129-153>
- Camilleri, M. A. (2019). The SMEs' technology acceptance of digital media for stakeholder engagement. *Journal of Small Business and Enterprise Development*, 26(4). <https://doi.org/10.1108/JSBED-02-2018-0042>
- Cataldo, A. (2012). (PDF) *Limitaciones y oportunidades del Modelo de Aceptación Tecnológica (TAM)*. [https://www.researchgate.net/publication/266851907\\_Limitaciones\\_y\\_oportunidades\\_del\\_Modelo\\_de\\_Aceptacion\\_Tecnologica\\_TAM](https://www.researchgate.net/publication/266851907_Limitaciones_y_oportunidades_del_Modelo_de_Aceptacion_Tecnologica_TAM)
- Chang, C. C., & Chen, P. Y. (2018). Analysis of critical factors for social games based on extended technology acceptance model: a DEMATEL approach. *Behaviour and Information Technology*, 37(8), 774–785. <https://doi.org/10.1080/0144929X.2018.1480654>
- Ciruela-Lorenzo, A. M., Del-Aguila-Obra, A. R., Padilla-Meléndez, A., & Plaza-Angulo, J. J. (2020). Digitalization of Agri-Cooperatives in the Smart Agriculture Context. Proposal for a Digital Diagnosis Tool. *Sustainability*, 12(4). <https://doi.org/10.3390/su12041325>
- Centro de Investigación de Economía y Negocios de la Asociación de Exportadores del Perú. (2022). Reporte Económico Mensual abril 2022. [https://www.cien.adexperu.org.pe/wp-content/uploads/2022/08/CIEN\\_REM\\_Abril\\_2022..pdf](https://www.cien.adexperu.org.pe/wp-content/uploads/2022/08/CIEN_REM_Abril_2022..pdf)
- ComexPerú - Sociedad de Comercio Exterior del Perú. (s.f.). *La MYPE exportadora: motor del crecimiento*. <https://www.comexperu.org.pe/articulo/la-mype-exportadora-motor-del-crecimiento>
- Córdoba-Cely, C., Alpiste, F., Londoño, F., & Monguet, J. (2012). Análisis de cocitación de autor en el modelo de aceptación tecnológico, 2005-2010. *Revista Española de Documentación Científica*, 35(2). <https://doi.org/10.3989/redc.2012.2.864>
- Davis, F. D. (1989). Perceived Usefulness, Perceived Ease of Use, and User Acceptance of Information Technology. *MIS Quarterly*, 13(3). <https://doi.org/10.2307/249008>

- Davis, F. D. (1993). User acceptance of information technology: system characteristics, user perceptions and behavioral impacts. *International Journal of Man-Machine Studies*, 38(3), 475–487. <https://doi.org/10.1006/imms.1993.1022>.
- Erboz, G. (2017). *How to define Industry 4.0: Main Pillars of Industry 4.0 The effects of Industry 4.0 on Supply Chain Practices View Project How to Define Industry 4.0: The Main Pillars of Industry 4.0 The concept of Industry 4.0 has gained great importance in recent years. The increase in usage.* <https://www.researchgate.net/publication/326557388>
- Frank, A. G., Dalenogare, L. S., & Ayala, N. F. (2019). Industry 4.0 technologies: Implementation patterns in manufacturing companies. *International Journal of Production Economics*, 210. <https://doi.org/10.1016/j.ijpe.2019.01.004>
- FAO. (2021). *Proyecto “Perú smart agro 4.0” incrementó productividad de agricultores algodonereros hasta en un 77%.* <https://www.fao.org/americas/noticias/ver/es/c/1267504/>
- FAO. (2019). *El estado de la seguridad alimentaria y la nutrición en el mundo 2019.* <https://www.fao.org/3/cb7654es/cb7654es.pdf>
- Ghobakhloo, M. (2020). Industry 4.0, digitization, and opportunities for sustainability. *Journal of Cleaner Production*, 252. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2019.119869>
- Grupo Banco Mundial. (2017). *Tomando impulso en la agricultura peruana.* <http://documentos.bancomundial.org/curated/es/781561519138355286/pdf/123395-WP-SPANISH-PUBLIC.pdf>
- Horváth, D., & Szabó, R. Zs. (2019). Driving forces and barriers of Industry 4.0: Do multinational and small and medium-sized companies have equal opportunities? *Technological Forecasting and Social Change*, 146. <https://doi.org/10.1016/j.techfore.2019.05.021>
- Ingaldi, M., & Ulewicz, R. (2019). Problems with the Implementation of Industry 4.0 in Enterprises from the SME Sector. *Sustainability*, 12(1). <https://doi.org/10.3390/su12010217>

- Issamar, F. H. M. K., & Roberto, R. L. (2019). New and emerging occupational risks (NER) in industry 4.0: Literature review. *Proceedings - 2019 7th International Engineering, Sciences and Technology Conference, IESTEC 2019*, 394–399. <https://doi.org/10.1109/IESTEC46403.2019.00078>
- Kamble, S. S., Gunasekaran, A., & Sharma, R. (2018). Analysis of the driving and dependence power of barriers to adopt industry 4.0 in Indian manufacturing industry. *Computers in Industry*, 101. <https://doi.org/10.1016/j.compind.2018.06.004>
- Kamble, S. S., Gunasekaran, A., & Gawankar, S. A. (2018). Sustainable Industry 4.0 framework: A systematic literature review identifying the current trends and future perspectives. *Process Safety and Environmental Protection*, 117, 408–425. <https://doi.org/10.1016/j.psep.2018.05.009>
- Kamt Ganoza, F. (2022) *La agroexportación 4.0: El Aliado que necesitamos ante una posible recesión*, Conexión ESAN. <https://www.esan.edu.pe/conexion-esan/la-agroexportacion-4-0-el-aliado-que-necesitamos-ante-una-possible-recesion>.
- Katz, R., Jung, J., & Callorda, F. (s.f.). *EDITOR: CAF Mauricio Agudelo-Coordinador de la Agenda Digital CAF y del Observatorio CAF para el Ecosistema Digital*. Recuperado el 9 de abril de 2021, de [www.caf.com](http://www.caf.com)
- Khan, M., Wu, X., Xu, X., & Dou, W. (2017). Big data challenges and opportunities in the hype of Industry 4.0. *2017 IEEE International Conference on Communications (ICC)*. <https://doi.org/10.1109/ICC.2017.7996801>
- Kiel, D., Müller, J. M., Arnold, C., & Voigt, K.I. (2017). Sustainable industrial value creation: benefits and challenges of Industry 4.0. *International Journal of Innovation Management*, 21(08). <https://doi.org/10.1142/S1363919617400151>
- Kumar, A., & Kumar, S. (2020). Industry 4.0: Evolution, Opportunities, and Challenges. *International Journal of Research and Analytical Reviews*, 7(2), 297-306. [https://www.researchgate.net/publication/344902769\\_Industry\\_40\\_Evolution\\_Opportunities\\_and\\_Challenges](https://www.researchgate.net/publication/344902769_Industry_40_Evolution_Opportunities_and_Challenges)
- La Cámara. (2021). *El PBI primario crecería más de 5% en 2021 y 2022*. <https://lacamara.pe/el-pbi-primario-creceria-mas-de-5-en-2021-y2022/#:~:text=De%20acuerdo%20a%20su%20estructura,%2C%20con%201%2C9%25>.

- La Rosa Mayta, B., Panduro Ruiz, C., Pretell Vásquez, M., & Valdivia Vera, A. (2017). *Planeamiento estratégico para la industria peruana de tecnología de información y comunicación (TIC)* [Tesis para obtener el grado Magister en Administración Estratégica de Empresas, Pontificie Universidad Católica del Perú]. Repositorio Institucional de la PUCP.  
<https://tesis.pucp.edu.pe/repositorio/handle/20.500.12404/9027>
- Lasi, H., Fettke, P., Kemper, H.-G., Feld, T., & Hoffmann, M. (2014). Industry 4.0. *Business & Information Systems Engineering*, 6(4). <https://doi.org/10.1007/s12599-014-0334-4>
- Lee, Y. C., Chen, C. Y., Chao, Y. H., & Li, M. L. (2012). Analysis of adopting an integrated DEMATEL on TAM and TTF model. *2012 9th International Conference on Service Systems and Service Management - Proceedings of ICSSSM'12*, 668–671.  
<https://doi.org/10.1109/ICSSSM.2012.6252323>
- Liu, S., Yang, Y., Xie, N., & Forrest, J. (2016). New progress of Grey System Theory in the new millennium. *Grey Systems: Theory and Application*, 6(1), 2–31.  
<https://doi.org/10.1108/gs-09-2015-0054>
- Liu, Y., Ma, X., Shu, L., Hancke, G. P., & Abu-Mahfouz, A. M. (2021). From Industry 4.0 to Agriculture 4.0: Current Status, Enabling Technologies, and Research Challenges. *IEEE Transactions on Industrial Informatics*, 17(6), 4322–4334.  
<https://doi.org/10.1109/TII.2020.3003910>
- Loayza Alatrística, S. (2017). Mujer campesina y tecnología agroalimentaria en el Perú actual. *Investigaciones Sociales*, 20(37). <https://doi.org/10.15381/is.v20i37.13434>
- López Inga, M. E., & Guerrero Huaranga, R. M. (2018). Modelo de inteligencia de negocios y analítica en la nube para Pymes del sector retail en Perú. *Ingeniería Solidaria*, 14(24), 1–17. <https://doi.org/10.16925/in.v14i24.2157>
- Luthra, S., Kumar, A., Zavadskas, E. K., Mangla, S. K., & Garza-Reyes, J. A. (2020). Industry 4.0 as an enabler of sustainability diffusion in supply chain: an analysis of influential strength of drivers in an emerging economy. *International Journal of Production Research*, 58(5). <https://doi.org/10.1080/00207543.2019.1660828>

- Maletta, H. E. (2018). *La pequeña agricultura familiar en el Perú: Una tipología microrregionalizada (small family farming in Peru: A micro-regionalized farm typology)*. SSRN. [https://papers.ssrn.com/sol3/papers.cfm?abstract\\_id=3121354](https://papers.ssrn.com/sol3/papers.cfm?abstract_id=3121354)
- Malik, P. K., Sharma, R., Singh, R., Gehlot, A., Satapathy, S. C., Alnumay, W. S., Pelusi, D., Ghosh, U., & Nayak, J. (2021). Industrial Internet of Things and its Applications in Industry 4.0: State of The Art. *Computer Communications*, 166, 125–139. <https://doi.org/10.1016/j.comcom.2020.11.016>
- Martínez Ávila, M., & Fierro Moreno, E. (2018). Aplicación de la técnica PLS-SEM en la gestión del conocimiento: un enfoque técnico práctico / Application of the PLS-SEM technique in Knowledge Management: a practical technical approach. *RIDE Revista Iberoamericana Para La Investigación y El Desarrollo Educativo*, 8(16), 130–164. <https://doi.org/10.23913/RIDE.V8I16.336>
- Masood, T., & Sonntag, P. (2020). Industry 4.0: Adoption challenges and benefits for SMEs. *Computers in Industry*, 121. <https://doi.org/10.1016/j.compind.2020.103261>
- Mayer, S. (2018) *La Industria 4.0 optimiza la calidad y precisión en el sector agrícola*. [https://apps.camaralima.org.pe/repositorioaps/0/0/par/r813\\_2/informe%20especial.pdf](https://apps.camaralima.org.pe/repositorioaps/0/0/par/r813_2/informe%20especial.pdf)
- Ministerio de Agricultura y Riego (2019). Boletín estadístico mensual “El AGRO EN CIFRAS”. <https://www.minagri.gob.pe/portal/boletin-estadistico-mensual-el-agro-en-cifras?limitstart=0>
- Mokhtar, S. S. S., Mahomed, A. S. B., Aziz, Y. A., & Rahman, S. Ab. (2020). INDUSTRY 4.0: THE IMPORTANCE OF INNOVATION IN ADOPTING CLOUD COMPUTING AMONG SMEs IN MALAYSIA. *Polish Journal of Management Studies*, 22(1). <https://doi.org/10.17512/pjms.2020.22.1.20>
- Moktadir, Md. A., Ali, S. M., Kusi-Sarpong, S., & Shaikh, Md. A. A. (2018). Assessing challenges for implementing Industry 4.0: Implications for process safety and environmental protection. *Process Safety and Environmental Protection*, 117. <https://doi.org/10.1016/j.psep.2018.04.020>

- Monteleone, S., de Moraes, E. A., & Maia, R. F. (2019). Analysis of the variables that affect the intention to adopt Precision Agriculture for smart water management in Agriculture 4.0 context. *2019 Global IoT Summit (GIoTS)*.  
<https://doi.org/10.1109/GIOTS.2019.8766384>
- Morris, M. (s.f.). *Gaining momentum in Peruvian agriculture: Opportunities to increase productivity and enhance competitiveness*. World Bank.  
<https://documents.worldbank.org/en/publication/documents-reports/documentdetail/107451498513689693/gaining-momentum-in-peruvian-agriculture-opportunities-to-increase-productivity-and-enhance-competitiveness>
- Müller, Julian M., & Voigt, K.-I. (2018). Sustainable Industrial Value Creation in SMEs: A Comparison between Industry 4.0 and Made in China 2025. *International Journal of Precision Engineering and Manufacturing-Green Technology*, 5(5).  
<https://doi.org/10.1007/s40684-018-0056-z>
- Müller, Julian Marius, Kiel, D., & Voigt, K.-I. (2018). What Drives the Implementation of Industry 4.0? The Role of Opportunities and Challenges in the Context of Sustainability. *Sustainability*, 10(1). <https://doi.org/10.3390/su10010247>
- Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. (2017). La pequeña agricultura familiar en el Perú: Una tipología micro regionalizada.  
<http://www.fao.org/3/a-i6759s.pdf>
- Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. (2019). TECNOLOGÍAS DIGITALES EN LA AGRICULTURA Y LAS ZONAS RURALES DOCUMENTO DE ORIENTACIÓN.  
<http://www.fao.org/3/ca4887es/ca4887es.pdf>
- Oye, N. D., A.Iahad, N., & Ab.Rahim, N. (2014). The history of UTAUT model and its impact on ICT acceptance and usage by academicians. *Education and Information Technologies*, 19(1), 251–270. <https://doi.org/10.1007/s10639-012-9189-9>
- Pérez, D. (2020). IMPLEMENTATION OF LORA AND LORAWAN AS A FUTURE SCENARIO OF INDUSTRY 4.0 IN PERUVIAN AGRO-INDUSTRY SECTOR. [https://www.usmp.edu.pe/campus/pdf/articulos/articulo\\_20.pdf](https://www.usmp.edu.pe/campus/pdf/articulos/articulo_20.pdf)
- Premkumar, G., & Roberts, M. (1999). Adoption of new information technologies in rural small businesses. *Omega*, 27(4). [https://doi.org/10.1016/S0305-0483\(98\)00071-1](https://doi.org/10.1016/S0305-0483(98)00071-1)

- PromPerú. (2020). *De Participación de las Pymes en las exportaciones no tradicionales por PromPerú*.  
[https://www.promperu.gob.pe/Repos/pdf\\_novedades/212202094055\\_882.pdf](https://www.promperu.gob.pe/Repos/pdf_novedades/212202094055_882.pdf)
- Raj, A., Dwivedi, G., Sharma, A., Lopes de Sousa Jabbour, A. B., & Rajak, S. (2020). Barriers to the adoption of industry 4.0 technologies in the manufacturing sector: An inter-country comparative perspective. *International Journal of Production Economics*, 224. <https://doi.org/10.1016/j.ijpe.2019.107546>
- Rauch, E., Unterhofer, M., Rojas, R. A., Gualtieri, L., Woschank, M., & Matt, D. T. (2020). A Maturity Level-Based Assessment Tool to Enhance the Implementation of Industry 4.0 in Small and Medium-Sized Enterprises. *Sustainability*, 12(9), 3559. <https://doi.org/10.3390/su12093559>
- Schulz, S. A., & Flanigan, R. L. (2016). Developing competitive advantage using the triple bottom line: a conceptual framework. *Journal of Business & Industrial Marketing*, 31(4), 449–458. <https://doi.org/10.1108/JBIM-08-2014-0150>
- Schwarz Díaz, M. G. (2017). Reconversión industrial de las PYMES peruanas: cambio para la competitividad. *Nexo Revista Científica*, 30(01).  
<https://doi.org/10.5377/nexo.v30i01.5171>
- Shahbandeh, M. (2022). *Agri-Food Technology: Funding worldwide 2021*. Statista. <https://www.statista.com/statistics/1110728/agriculture-and-food-technology-funding-value-worldwide/>
- Shahbandeh, M. (2022). *Smart agriculture: Compound annual growth by region worldwide 2017-2022*. Statista. <https://www.statista.com/statistics/957261/annual-growth-cagr-smart-agriculture-worldwide-by-region/>
- Smith, P. A. C., & Sharicz, C. (2011). The shift needed for sustainability. *The Learning Organization*, 18(1). <https://doi.org/10.1108/09696471111096019>
- Türkeş, M., Oncioiu, I., Aslam, H., Marin-Pantelescu, A., Topor, D., & Căpuşeanu, S. (2019). Drivers and Barriers in Using Industry 4.0: A Perspective of SMEs in Romania. *Processes*, 7(3). <https://doi.org/10.3390/pr7030153>
- University of California. (2001). Challenges to World Agriculture in the 21st Century. [https://s.giannini.ucop.edu/uploads/giannini\\_public/60/d7/60d76d93-a039-405f-b572-115dd8b1bca6/spring2001.pdf](https://s.giannini.ucop.edu/uploads/giannini_public/60/d7/60d76d93-a039-405f-b572-115dd8b1bca6/spring2001.pdf)

United Nations. (2019). World Population Prospects 2019.

[https://population.un.org/wpp/Publications/Files/WPP2019\\_Highlights.pdf](https://population.un.org/wpp/Publications/Files/WPP2019_Highlights.pdf)

USAID. (2014). Data-Driven Agriculture: The Future of Smallholder Farmer Data Management and Use.

[https://www.usaid.gov/sites/default/files/documents/15396/Data\\_Driven\\_Agriculture\\_Farmer\\_Profile.pdf](https://www.usaid.gov/sites/default/files/documents/15396/Data_Driven_Agriculture_Farmer_Profile.pdf)

Varela, L. A. Y., Tovar, L. A. R., & Chaparro, J. (2010). Modelo de aceptación tecnológica (TAM): un estudio de la influencia de la cultura nacional y del perfil del usuario en el uso de las TIC. *Innovar. Revista de Ciencias Administrativas y Sociales*, 20(36), 187-203.

Zezulka, F., Marcon, P., Vesely, I., & Sajdl, O. (2016). Industry 4.0 – An Introduction to the phenomenon. *IFAC-PapersOnLine*, 49(25), 8–12.

<https://doi.org/10.1016/j.ifacol.2016.12.002>

Zhou, K., Taigang Liu, & Lifeng Zhou. (2015). Industry 4.0: Towards future industrial opportunities and challenges. *2015 12th International Conference on Fuzzy Systems and Knowledge Discovery (FSKD)*. <https://doi.org/10.1109/FSKD.2015.7382284>





**ANEXOS**

## Anexo 1: Muestra

RAZÓN SOCIAL	2019	TAMAÑO EMPRESA	DEPARTAMENTO	AÑO INSCRIPCION
SOCIEDAD AGRICOLA DON LUIS S.A.	8,586,101.09	MEDIANA	LIMA	1997
SUN FRUITS EXPORTS S.A.	8,437,239.11	MEDIANA	LIMA	2008
EXPORTADORA EL PARQUE PERU SAC	7,223,130.61	MEDIANA	LIMA	2012
PROYECTOS TORINO S.A.C.	6,866,728.89	MEDIANA	LIMA	2011
FRUSAN AGRO S.A.C.	6,626,167.47	MEDIANA	LIMA	2005
EXPORTADORA Y COMERCIALIZADORA GREENVIC S.A.C.	6,487,824.30	MEDIANA	LIMA	2014
ALCOAXARQUIA PERU S.A.C.	6,365,991.20	MEDIANA	LIMA	2017
FUNDO SACRAMENTO S.A.C.	6,008,880.38	MEDIANA	LIMA	1998
AGROVISION PERU S.A.C.	5,991,115.98	MEDIANA	LIMA	2013
DOLE PERU S.R.L.	5,823,269.62	MEDIANA	LIMA	2017

	AGRICOLA RIACHUELO S.A.C	5,801,644.53	MEDIANA	LIMA	1993
	GREENLAND PERU S.A.C.	5,295,762.37	MEDIANA	LIMA	2005
	FUNDO SAN FERNANDO S.A.	4,909,752.40	MEDIANA	LIMA	1999
	AGROINPER FOODS S.A.C.	4,870,006.81	MEDIANA	LIMA	2013
	EUROFRESH PERU S.A.C	4,856,971.47	MEDIANA	LIMA	2008
	PHOENIX FOODS S.A.C.	4,593,504.61	MEDIANA	LIMA	1997
S.A.C.	SANG BARRENTS'S COMPANY	4,139,201.47	MEDIANA	LIMA	2010
	SIEMBRA ALTA S.A.C.	4,118,224.60	MEDIANA	LIMA	2010
	GLOBAL AGRO PERU S.A.C.	4,082,921.40	MEDIANA	LIMA	2014
	AGRONEGOCIOS LA GRAMA S.A.C.	3,506,486.89	MEDIANA	LIMA	2006
	AGROCROP SANTA S.A.C.	3,484,997.70	MEDIANA	LIMA	2017
	NEGOCACER S.A.C.	3,365,507.25	MEDIANA	LIMA	2015
	SUN FRUITS PACKS S.A.	3,303,159.80	MEDIANA	LIMA	2012
	ALV TRADING S.A.	3,229,724.69	MEDIANA	LIMA	2011
	FUNDO SAN ISIDRO S.A.C.	3,085,462.38	MEDIANA	LIMA	2005
	AGRICOLA SAN EXPEDITO S.A.C.	3,057,959.20	MEDIANA	LIMA	2016
S.A.C.	POLAR FRUIT INTERNATIONAL	3,007,354.15	MEDIANA	LIMA	2011
	TWF S.A., SUCURSAL EN EL PERU	2,941,825.75	MEDIANA	LIMA	2002
	PROFRUTOS PERU E.I.R.L.	2,925,480.99	MEDIANA	LIMA	2015

DESARROLLO FRUTICOLA SUDAMERICANA SOCIEDAD ANONIMA CERRADA - DEFRUSA SAC	2,881,838.08	MEDIANA	LIMA	2017
SANTA SOFIA DEL SUR S.A.C.	2,482,000.47	MEDIANA	LIMA	2005
CORPORACION AGRICOLA OLMOS S.A.	2,330,552.44	MEDIANA	LIMA	2014
AGROINDUSTRIAS JOSE LUIS SOCIEDAD ANONIMA CERRADA - AGROINDUSTRIAS JOSE LUIS S.A.C.	2,077,418.00	MEDIANA	LIMA	2006
BANANICA S.A.C.	1,854,081.28	MEDIANA	LIMA	2010
AGUALIMA S.A.C.	1,842,578.64	MEDIANA	LIMA	2005
AGROINDUSTRIAS CHECCOBAMBA S.A.C. - CHECCOBAMBA S.A.C.	1,807,949.50	MEDIANA	LIMA	2013
AGROINDUSTRIA CAMPO VERDE S.A.C.	1,781,817.35	MEDIANA	LIMA	2001
MARAND COMPANY S.A.C.	1,690,986.75	MEDIANA	LIMA	2017
CAMPO FRUIT S.A.C.	1,673,629.12	MEDIANA	LIMA	2017
PEPAS TROPICALES DEL PERU S.A.C.	1,551,866.24	MEDIANA	LIMA	2012
AGROPIURA S.A.C.	1,527,087.40	MEDIANA	LIMA	2013
ENZAFRUIT PERU S.A.C.	1,514,038.19	MEDIANA	LIMA	2013
AGROVALKO S.A.C.	1,471,533.77	MEDIANA	LIMA	2013
SOCIEDAD AGRICOLA ARONA S.A.	1,470,654.74	MEDIANA	LIMA	1994
SOBIFRUIITS S.A.C.	1,467,796.00	MEDIANA	LIMA	2010

EXPORTADORA FRUTICOLA DEL SUR SA	1,416,433.88	MEDIANA	LIMA	1993
GRUPO COMERCIAL CAMPO VERDE S.A.C.	1,410,228.80	MEDIANA	LIMA	2014
FRUIT FARM SOCIEDAD ANONIMA CERRADA - FRUIT FARM S.A.C.	1,296,768.00	MEDIANA	LIMA	2015
LIMA	1,244,340.55	MEDIANA	LIMA	2005
SOCIEDAD AGRICOLA 3P S.A.C.	1,125,327.39	MEDIANA	LIMA	2014
CIA.DE EXP.Y NEGOCIOS GNRLES.S.A.(COEXA)	1,045,480.50	MEDIANA	LIMA	1993
AGRO DIRECT S.A.C.	950,630.00	PEQUEÑA	LIMA	2016
AGROINDUSTRIAS AIB S.A	864,785.79	PEQUEÑA	LIMA	1993
BEO S.A.C.	828,252.18	PEQUEÑA	LIMA	2015
INTERLOOM S.A.C.	746,668.15	PEQUEÑA	LIMA	1995
CORPORACION AGRICOLA VIÑASOL S.A.C.	713,264.68	PEQUEÑA	LIMA	2011
AGRICOLA MIRANDA S.A.C.	673,116.16	PEQUEÑA	LIMA	2008
PACIFIC PRIDE S.A.C.	666,158.52	PEQUEÑA	LIMA	2017
SHAMROCK INTL S.A.C.	606,472.31	PEQUEÑA	LIMA	2016
UVICA S.A.C.	573,340.53	PEQUEÑA	LIMA	2015
ARENA VERDE S.A.C.	562,588.03	PEQUEÑA	LIMA	2008
AGRICOLA CAMPOVERDE PERU S.A.C.	528,388.57	PEQUEÑA	LIMA	2016
CE COMERCIAL S.A.C.	523,462.00	PEQUEÑA	CALLAO	2012

ESFIEL TOP INTERNATIONAL BUSINESS S.A.	522,751.99	PEQUEÑA	LIMA	2014
MIRANDA INTERNACIONAL S.A.C.	522,507.07	PEQUEÑA	LIMA	2011
AGRICOLA CHALLAPAMPA SAC	517,668.65	PEQUEÑA	LIMA	2007
LATIN AMERICAN FRUITS SAC	483,941.68	PEQUEÑA	LIMA	2017
AGROEXPORTACIONES NOR PERU S.A.C.	481,476.00	PEQUEÑA	LIMA	2009
AGRICOLA BGS S.A.C.	474,383.03	PEQUEÑA	LIMA	2010
AGRICOLA SAN MIGUEL ICA S.A.C.	413,784.00	PEQUEÑA	LIMA	2015
C&R TRADING EXPORT SAC	412,244.00	PEQUEÑA	LIMA	2014
AGRICOLA CUYUMA S.A.	394,562.25	PEQUEÑA	LIMA	2014
COMERCIAL NIVAMA S.A.C.	380,944.00	PEQUEÑA	LIMA	2014
VISON'S S.A.C.	364,440.15	PEQUEÑA	LIMA	2010
ATUQ PERU COMPANY S.A.C.	337,644.40	PEQUEÑA	LIMA	2017
FRUSABE SOCIEDAD ANONIMA CERRADA - FRUSABE S.A.C.	307,471.40	PEQUEÑA	LIMA	2010
ICASOL S.A.	306,215.19	PEQUEÑA	LIMA	1999
AGRIMPEX PERU CIA S.A.C.	288,425.00	PEQUEÑA	LIMA	2014
J & L AGROEXPORTACIONES S.A.C.	276,480.00	PEQUEÑA	LIMA	2010
INCA VERDE DEL PERU S.A.C.	267,039.01	PEQUEÑA	LIMA	2013
TM SOLUTIONS SAC	233,606.92	PEQUEÑA	LIMA	2017
COMPAÑIA AGROINDUSTRIAL SANTA FE DE LANCHAS S.A.C.	218,797.00	PEQUEÑA	LIMA	2003

CASA CHICA S.A.C.	210,038.93	PEQUEÑA	LIMA	1998
POMICA PERU SOCIEDAD ANONIMA CERRADA	199,419.21	PEQUEÑA	LIMA	2006
GRUPO HO CONSULTING EMPRESARIAL S.A.C.	197,541.60	PEQUEÑA	LIMA	2013
POWER MEALS S.A.C.	189,308.00	PEQUEÑA	LIMA	2016
AGRICOLA DEL RIO S.A.C.	186,217.79	PEQUEÑA	LIMA	2014
ROBSONS S.A.C.	163,200.00	PEQUEÑA	LIMA	1999
T & T FRUITS TRADING S.A.C.	156,816.00	PEQUEÑA	LIMA	2017
AGROINVERSIONES VALLE Y PAMPA PERU SOCIEDAD ANONIMA	138,697.50	PEQUEÑA	LIMA	2008
CORPORACION AGRICOLA MILAGRITOS SOCIEDAD ANONIMA CERRADA	132,520.96	PEQUEÑA	LIMA	2011
NEGOCIACIONES AGRICOLAS Y SOLUCIONES AMBIENTALES E.I.R.L.	129,600.00	PEQUEÑA	LIMA	2013
EARTHFRUCTIFERA S.A.C.	113,862.00	PEQUEÑA	LIMA	2013
AÑAY PERUVIAN FRUITS SOCIEDAD ANONIMA CERRADA - AÑAY PERUVIAN FRUITS S.A.C.	109,621.43	PEQUEÑA	LIMA	2016
AGROINDUSTRIAS VERDEFLO S.A.C.	101,328.31	PEQUEÑA	LIMA	1998
ALLCORI S.A.C.	33,600.00	PEQUEÑA	LIMA	2017

## Anexo 2: Encuesta

### ESTUDIO SOBRE LA INTENCIÓN DE USO DE LA TECNOLOGÍAS DE LA INDUSTRIA 4.0 ENTE LAS PYMES AGROEXPORTADORAS PERUANAS - MODELO TAM

Estimado Señor / Señora

El presente cuestionario tiene como **finalidad** la recolección de datos para determinar los factores que influyen en la intención de uso de tecnologías de la Industria 4.0 (internet, procesos automatizados, monitoreo, flujo de datos, big data, inteligencia artificial, etc) En base a ello, LE SOLICITAMOS participar **voluntariamente en** esta investigación académica, agradecemos pueda responder las preguntas que se indican a continuación.

La duración de este cuestionario es de aproximadamente 10 minutos. Responda con la alternativa que mejor refleje su opinión. La información obtenida será **anónima** y solo utilizada para **propósitos de la presente investigación.**

#### Preguntas generales

1. Actualmente, ¿Usted trabaja en una empresa agroexportadora?
2. ¿Cuánto tiempo lleva laborando en el sector agrícola? (años)
3. ¿En qué región(es) o departamento(s) se encuentra el área agrícola de la empresa en la que usted labora?
4. ¿Qué producto(s) agrícolas produce la empresa en la que usted labora?

#### Empleo de tecnologías de la Industria 4.0

Indique que tan de acuerdo o en desacuerdo se encuentra con los siguientes enunciados considerando los siguientes valores:

- [1] **Totalmente en desacuerdo.**
- [2] **En desacuerdo.**
- [3] **Ni de acuerdo ni en desacuerdo.**
- [4] **De acuerdo.**
- [5] **Totalmente de acuerdo.**

N		1	2	3	4	5
<b>Facilidad de Uso percibido de tecnologías de la Industria 4.0 (Internet de las cosas, Big data, inteligencia artificial, automatización, informática) (puede que lo quitemos)</b>						
5.	Es necesario que las empresas agroexportadoras brinden capacitaciones para aprender tecnologías de la Industria 4.0 a fin de aplicarla dentro de los procesos de la empresa.					
6.	Todos los empleados de la empresa agroexportadora saben cómo usar tecnologías de la Industria 4.0.					
7.	Es necesario el soporte de expertos para utilizar tecnologías de la Industria 4.0.					
8.	Conozco el concepto de tecnologías de la Industria 4.0.					
9.	Estoy preparado/a para hacer uso de las tecnologías de la Industria 4.0 y no necesito apoyo.					
10.	Es necesario tener más información y conocimiento sobre tecnologías de la Industria 4.0 para poder usarla.					
11.	Las máquinas de las empresas agroexportadora deben ser adaptadas y/o actualizadas para utilizar tecnologías de la Industria 4.0.					
12.	Actualmente, en la empresa agroexportadora en la que laboro usa alguna de las tecnologías de la Industria 4.0.					
13.	Las grandes empresas agroexportadoras tienen más facilidades para hacer uso de tecnologías de la Industria 4.0 que las pequeñas empresas.					
<b>Utilidad percibida</b>						
14.	Usando tecnologías de la Industria 4.0 mi trabajo será más fácil de realizar.					
15.	Usando tecnologías de la Industria 4.0 mejoran los procesos de la empresa agroexportadora.					
16.	Las tecnologías de la Industria 4.0 aumentan el rendimiento y reducen costos de la empresa agroexportadora.					
17.	Las tecnologías de la Industria 4.0 aumentan la producción de empresa agroexportadora.					
18.	Las tecnologías de la Industria 4.0 reducen los tiempos de los procesos de la empresa agroexportadora.					
19.	tecnologías de la Industria 4.0 reducen las fallas en los procesos, evitando errores.					
20.	tecnologías de la Industria 4.0 mejoran la calidad del producto y/o los procesos de la empresa agroexportadora.					
21.	tecnologías de la Industria 4.0 mejoran la comunicación interna y externa de la empresa agroexportadora.					
<b>Actitud hacia uso de tecnologías de la Industria 4.0</b>						
22.	Las grandes empresas agroexportadoras están más dispuestas a invertir en tecnologías de la Industria 4.0. que las pequeñas y medianas empresas agroexportadoras.					

23.	Las tecnologías de la Industria 4.0 son fáciles de usar.					
24.	La empresa agroexportadora es más propensa a usar tecnologías de la Industria 4.0 si el volumen de producción es alto.					
25.	Si la mayoría de las empresas agroexportadoras emplean tecnologías de la Industria 4.0, en la empresa en la que laboro la implementarán.					
26.	Las tecnologías de la Industria 4.0 vuelven más competitivas a las empresas.					
27.	Las empresas están más dispuestas a implementar nuevas tecnologías cuando entienden los beneficios de esta y tienen un alto conocimiento de esta tecnología.					

<b>Intención de uso de tecnologías de la Industria 4.0</b>						
28	Me gustaría que la empresa me capacite en tecnologías de la Industria 4.0.					
29	Hay resistencia por parte de los trabajadores para usar nuevas tecnologías.					
30	El nivel de complejidad en la adopción de tecnologías de la Industria 4.0 afecta la intención de uso.					
31	A mayor cantidad de recursos económicos, mayor es la intención de uso de tecnologías de la Industria 4.0.					
32	Mientras más conocimiento tenga sobre tecnologías de la Industria 4.0, es más probable que las utilice.					



## Version final 14 agosto

### INFORME DE ORIGINALIDAD

<b>14%</b>	<b>13%</b>	<b>6%</b>	<b>6%</b>
INDICE DE SIMILITUD	FUENTES DE INTERNET	PUBLICACIONES	TRABAJOS DEL ESTUDIANTE

### FUENTES PRIMARIAS

<b>1</b>	<b>hdl.handle.net</b> Fuente de Internet	<b>2%</b>
<b>2</b>	<b>Submitted to Universidad de Lima</b> Trabajo del estudiante	<b>1%</b>
<b>3</b>	<b>repositorio.upct.es</b> Fuente de Internet	<b>1%</b>
<b>4</b>	<b>repositorio.ulima.edu.pe</b> Fuente de Internet	<b>1%</b>
<b>5</b>	<b>www.researchgate.net</b> Fuente de Internet	<b>1%</b>
<b>6</b>	<b>Submitted to Pontificia Universidad Catolica del Peru</b> Trabajo del estudiante	<b>&lt;1%</b>
<b>7</b>	<b>Submitted to pontificiabolivariana</b> Trabajo del estudiante	<b>&lt;1%</b>
<b>8</b>	<b>upc.aws.openrepository.com</b> Fuente de Internet	<b>&lt;1%</b>
<b>9</b>	<b>www.mindomo.com</b> Fuente de Internet	