



# GESTIÓN DE OPERACIONES INDUSTRIALES

Revista de Ingeniería Industrial con enfoque en la Industria 4.0

**Vol. 01, N° 01, Enero - Junio 2022**

## **GESTIÓN DE OPERACIONES INDUSTRIALES**

### **Revista de Ingeniería Industrial con enfoque en la Industria 4.0**

Vol. 01, N° 01, Enero - Junio 2022

Editado en mayo 2022

ISSN: 2810-8914 (En línea)

URL: <https://revistas.unitru.edu.pe/index.php/RINGIND>

© Universidad Nacional de Trujillo

Facultad de Ingeniería, Trujillo

Escuela Profesional de Ingeniería Industrial

Av. Juan Pablo II S/N – Ciudad Universitaria, Trujillo, La Libertad, Perú.

#### **EDITORES:**

Dr. Luis Alberto Benites Gutiérrez   
Universidad Nacional de Trujillo  
Av. Juan Pablo II, km 4.6 - 13011  
Trujillo (Perú)  
Correo-e: lbenites@unitru.edu.pe

Dr. Joe Alexis González Vásquez   
Universidad Nacional de Trujillo  
Av. Juan Pablo II, km 4.6 - 13011  
Trujillo (Perú)  
Correo-e: jgonzalezv@unitru.edu.pe

#### **COMITÉ EDITORIAL:**

Dr. Claudio Ruff, Universidad Bernardo O'Higgins, Santiago (Chile)   
Dra. Purificación Galindo Villardón, Universidad de Salamanca, Salamanca (España)   
Dr. Rafael Espinosa Mosqueda, Universidad de Guanajuato, Guanajuato (México)   
Dr. Marcelo Ruiz Toledo, Universidad Bernardo O'Higgins, Santiago (Chile)   
Dr. Orivel Jackson Buchelli Perales, Universidad Nacional de Trujillo, Trujillo (Perú)   
Dr. Segundo Seijas Velásquez, Universidad Nacional de Trujillo, Trujillo (Perú)   
Dr. Alexis Matheu Pérez, Universidad Bernardo O'Higgins, Santiago (Chile)   
Dr. Iván Martín Olivares Espino, Universidad Nacional de Trujillo, Trujillo (Perú)   
Dr. Joel David Vargas Sagastegui, Universidad San Martín de Porres, Lima (Perú)   
Dr. Alex Ruiz Torres, Universidad de Puerto Rico, San Juan (Puerto Rico)   
Dr. Segundo Castro Gonzáles, Universidad de Puerto Rico, San Juan (Puerto Rico)   
Dr. Edgar D. Ramos, Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas, Lima (Perú)   
Dr. Jorge Luis Rojas Arce, Universidad Nacional Autónoma de México, Ciudad de México (México) 



# CRÉDITOS

REVISTA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL CON  
ENFOQUE EN LA INDUSTRIA 4.0

**GESTIÓN EN OPERACIONES INDUSTRIALES**

VOL. 01, N° 01

2022

## UNIVERSIDAD NACIONAL DE TRUJILLO

### RECTOR

Dr. Carlos Alberto Vásquez Boyer

### VICERRECTOR ACADÉMICO

Dr. Juan Amaro Villacorta Vásquez

### VICERRECTOR INVESTIGACIÓN

Dr. Guillermo Arturo García Pérez

### DECANO DE LA FACULTAD DE INGENIERÍA

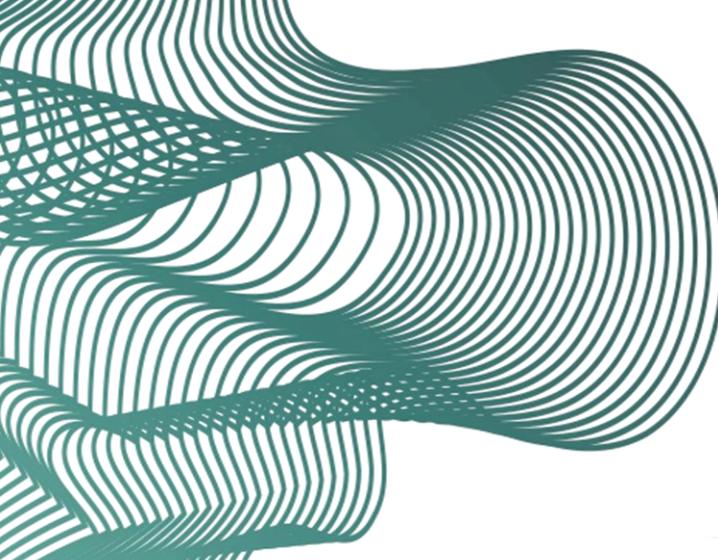
Dr. Miguel Armando Benites Gutiérrez

### DIRECTOR DE LA DIRECCIÓN DE INVESTIGACIÓN Y ÉTICA

Dr. Juan Carlos Rodríguez Soto

### DIRECTOR DE LA ESCUELA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL

Dr. Luis Alberto Benites Gutiérrez



# PRÓLOGO

*Este primer número de la revista **Gestión de las Operaciones Industriales**, constituye el punto de partida un gran y ambicioso proyecto de una transformación radical en la doctrina de la Ingeniería Industrial que, se complementa con el **Sistema de Vigilancia Tecnológica e Inteligencia Competitiva**, este proyecto se inició financiado con los fondos del CANON en su tercera convocatoria por el Vicerrectorado de Investigación de la Universidad Nacional de Trujillo (año 2014). Se prevé que la presente revista sea de publicación cuatrimestral de manera continua, dedicada a la investigación y su aplicación práctica para la solución de los problemas de nuestra sociedad actual, iniciando por aquellos presentados en nuestra región, abordando temas fundamentalmente en la Dirección de las Operaciones de la Cadena de Valor de las Empresas del sector manufactura y en la Gestión de la Innovación y Desarrollo Tecnológico, haciendo especial hincapié en **las Tecnologías de la Industria 4.0**; enfatizando en todos aquellos aspectos, factores contextuales y elementos críticos que favorecen su implementación para de esta forma contribuir en la competitividad sostenible a los largo de la evolución espacio temporal de las empresas y de la satisfacción plena de las necesidades de la sociedad.*

*Encontrándose el mundo empresarial en pleno proceso de la cuarta revolución industrial y aunado a esto, la crisis de salud mundial – Pandemia de la COVID 19 y sus variantes, es que como resultado de impacto de nuestro proyecto PIC-009-2014 III Convocatoria CANON, se publica este primer número de la revista, con el objetivo de difundir las investigaciones de nuestros alumnos de la carrera de Ingeniería Industrial con una visión hacia las implementaciones de las Tecnologías de la Industria 4.0 haciendo especial énfasis en las problemáticas en las PYMES, que constituyen casi el 90% de nuestra industria base nacional.*

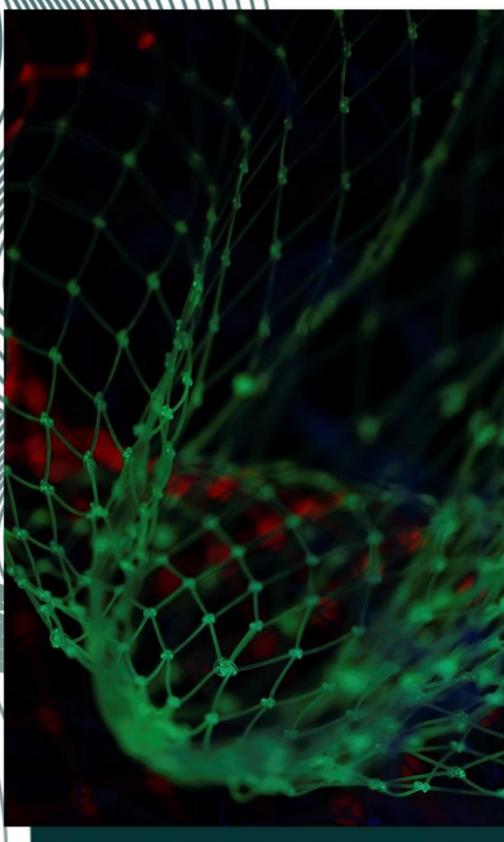
*La Escuela Académico Profesional de Ingeniería Industrial de la Universidad Nacional de Trujillo con el equipo de profesores de su Departamento Académico, todos registrados en la base de docentes investigadores nacionales DINA, de los cuales dos de ellos están calificados como investigadores RENACYC del CONCYTEC y en alianza estratégica con nueve renombrados y reconocidos profesores investigadores internacionales se proponen el desarrollo de publicaciones de alto nivel científico y lograr que las investigaciones de nuestros alumnos de pregrado y posgrado logren el impacto científico y tecnológico en favor del sector empresarial-industrial y del bienestar pleno basado en la mejora continua en el nivel de calidad de vida de la sociedad del país.*

*Para este primer número de nuestra revista nos hemos enfocado en core de toda PyMe que busca alinearse con la Industria 4.0: El Área de Operaciones, con sus principales actividades que basan su estructura y doctrina de funcionamiento: La cadena de suministro, las máquinas autónomas, el ERP y el CRM para Pymes manufactureras; de esta forma estamos dando el primer paso para lograr impulsar la filosofía de la Sociedad 5.0; en la que el ser humano es el centro y principal beneficiario con un enfoque de soporte con la aplicación de la creatividad y el uso libre de la tecnología en todo su esplendor y potencialidad.*

**Los Editores**  
**Mayo 2022**



# TABLE OF CONTENTS



## SUPPLY CHAIN IN THE CONTEXT OF INDUSTRY 4.0

*Pgs. 07 - 22*

### Authors

*Eduard Chávez, Saul Cholan, Héctor Díaz,  
Luigui Figueroa, Alexia Marín,  
Joe González.*

## AUTONOMOUS MACHINES IN THE INDUSTRY 4.0

*Pgs. 23 - 47*

### Authors

*Kevin Alvarado Santos, Kevin Grados del Castillo,  
Daniel Llanos Rodríguez, Jorge Palomino Vigo,  
Álex Ramos Llanos, María Sipián Velasquez,  
Manuel Vásquez Olivares.*

## IMPLEMENTATION OF ERP AND CRM SYSTEMS IN AN SME

*Pgs. 48 - 60*

### Authors

*Esmeralda Arana Rodríguez, María Calderón Rodríguez,  
Yani Flores Morillas, Brigitte González Rodríguez,  
Stefano Rodríguez Chup, Greisy Sandoval Alvarado.*

## THE IMPLEMENTATION OF AN ERP SYSTEM IN MANUFACTURING PYMES

*Pgs. 61 - 72*

### Authors

*Luz Acevedo Ávila, Maite Acuña Jimenez,  
Ángel Bazán Ríos, Edgar Grijalba Atavios,  
Martín Guarderas Rodríguez, Carlos Huaila Chaupe,  
Dhan Lázaro Saavedra.*

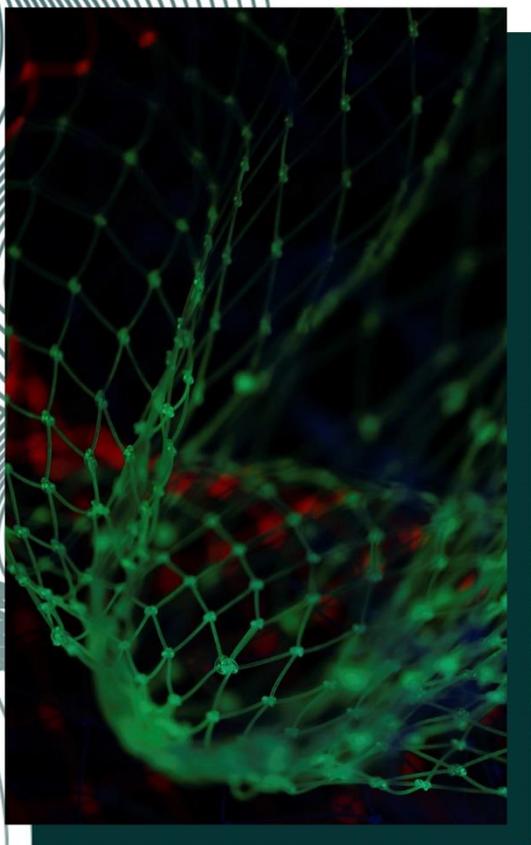
## IMPLEMENTATION OF A CRM SYSTEM IN AN SME

*Pgs. 73 - 82*

### Authors

*Richard Florián Rogel, Renato Pérez Laveriano,  
Brayan Valle Sagastegui.*

# TABLA DE CONTENIDO



## CADENA DE SUMINISTRO EN EL CONTEXTO DE LA INDUSTRIA 4.0

*Págs. 07 - 22*

**Autores**

*Eduard Chávez, Saul Cholan, Héctor Díaz,  
Luigi Figueroa, Alexia Marín,  
Joe González.*

## MÁQUINAS AUTÓNOMAS EN LA INDUSTRIA 4.0

*Págs. 23 - 47*

**Autores**

*Kevin Alvarado Santos, Kevin Grados del Castillo,  
Daniel Llanos Rodríguez, Jorge Palomino Vigo,  
Álex Ramos Llanos, María Sipirán Velasquez,  
Manuel Vásquez Olivares.*

## IMPLEMENTACIÓN DE LOS SISTEMAS ERP Y CRM EN UNA PYME

*Págs. 48 - 60*

**Autores**

*Esmeralda Arana Rodríguez, María Calderón Rodríguez,  
Yani Flores Morillas, Brigitte González Rodríguez,  
Stefano Rodríguez Chup, Greisy Sandoval Alvarado.*

## LA IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA ERP EN LAS PYMES DE MANUFACTURA

*Págs. 61 - 72*

**Autores**

*Luz Acevedo Ávila, Maite Acuña Jimenez,  
Ángel Bazán Ríos, Edgar Grijalba Atavios,  
Martín Guarderas Rodríguez, Carlos Huaila Chaupe,  
Dhan Lázaro Saavedra.*

## IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA CRM EN UNA PYME

*Págs. 73 - 82*

**Autores**

*Richard Florián Rogel, Renatto Pérez Laveriano,  
Brayan Valle Sagastegui.*

# GESTIÓN DE OPERACIONES

---

# INDUSTRIALES

---



Esta obra está bajo una [Licencia Creative Commons Atribución 4.0 Internacional](https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/).



UNIVERSIDAD  
NACIONAL DE  
TRUJILLO

FACULTAD DE INGENIERÍA  
ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA INDUSTRIAL  
TRUJILLO, PERÚ  
Mayo, 2022

## Supply Chain in the Context of Industry 4.0

**Eduard Chávez, Saul Cholan, Héctor Diaz, Luigui Figueroa, Alexia Marín, Joe González \***

\*Facultad de Ciencias Agropecuarias, Universidad Nacional de Trujillo. Av. Juan Pablo II s/n – Ciudad Universitaria, Trujillo, Perú.

Correo electrónico: [jgonzalezv@unitru.edu.pe](mailto:jgonzalezv@unitru.edu.pe)

---

### ABSTRACT

**Purpose** – Its objective is to improve the efficiency of logistics tasks.

**Methodology** – This research article was composed using a systematic revision of numerous publications focused on the theme of our research using the Technological Vigilance Service of the Universidad Nacional de Trujillo.

**Findings** – This review article shows how the supply chain influenced the 4th industrial revolution, how it was organized and what strategies were used for the transition of the supply chain in industry 4.0.

**Value** – Revolutionizing logistics and supply chain management in smart manufacturing is one of the key goals of the industry 4.0 movement. Emerging technologies such as autonomous vehicles, cyber physical systems and digital twins enable highly optimized and automated solutions in these areas to ensure full traceability of each product. Keeping track of various assets in the factory and warehouse is the focal point of asset management.

**Keywords:** Supply chain management; logistics; industry 4.0; asset management.

---

---

## Cadena de Suministro en el Contexto de la Industria 4.0

---

### RESUMEN

**Propósito** - Hacer un seguimiento de varios activos en la fábrica y el almacén es el punto central de la gestión de activos; su objetivo es mejorar la eficiencia de las tareas logísticas

**Metodología** - Este artículo de investigación fue elaborado a partir de una revisión sistemática de numerosas publicaciones enfocadas en el tema de nuestra investigación utilizando el Servicio de Vigilancia Tecnológica de la Universidad Nacional de Trujillo.

**Hallazgos** – Este artículo de revisión muestra cómo la cadena de suministro influyó en la 4ª revolución industrial, cómo se organizó y qué estrategias se utilizaron para la transición de la cadena de suministro en la industria 4.0.

**Valor** - La revolución de la logística y la gestión de la cadena de suministro en la fabricación inteligente es uno de los objetivos clave del movimiento Industria 4.0. Las tecnologías emergentes, como los vehículos autónomos, los sistemas ciber físicos y los gemelos digitales, permiten soluciones altamente optimizadas y automatizadas en estas áreas para garantizar la trazabilidad completa de cada producto.

**Palabras clave:** Gestión de la cadena de suministro; logística; industria 4.0; gestión de activos.

---

## 1. Introducción

El advenimiento y la convergencia de nuevas tecnologías que han desencadenado la 4ta Revolución Industrial el cual apertura hacia nuevos cambios fundamentales y sin precedentes en la forma en que operan las redes de producción impulsadas por la cadena de suministro (van Lopik et al., 2020). Lo que caracteriza a esta Cuarta Revolución Industrial, entre otras cosas, es el alcance y la escala de posibles transformaciones que no solo aumentarán la productividad en la lógica de negocios actual, sino que también repensarán de manera integral la forma en que estos modelos y relaciones a través de la cadena de abastecimiento (Frontoni et al., 2020).

Dado que la transformación digital requiere, entre otras cosas, tremendas capacidades técnicas, financieras y humanas para capitalizar la evolución y adaptarse a una nueva economía, aquellos mejor equipados para enfrentar este desafío podrán comprometerse con las empresas más complejas ubicadas en el país (Yörükoğlu & Aydın, 2020). Es una empresa al mismo tiempo, con una mayor competitividad del sistema, existe el riesgo de que muchas empresas pertenecientes a la misma cadena de suministro, pero sin la capacidad de adaptación, puede ser reemplazada por otra empresa con un mayor nivel de avance tecnológico (Sutawijaya & Nawangsari, 2020). Así también, el desempeño de las empresas depende también de las características macroeconómicas de las regiones en las que se ubican y de las condiciones microeconómicas de sus redes (Facchini et al., 2020). El potencial disruptivo del nuevo panorama de fabricación global ha hecho de la transformación digital una de las principales preocupaciones de los gobiernos, las grandes corporaciones y las pequeñas empresas (Correa et al., 2020). Por lo que esta revisión propone un panorama general del estado de la evolución actual en el que se encuentra la industria a nivel global, los factores que influyen en la rápida transición hacia un mundo más digitalizado, así como su importancia en el sector industrial en el marco de la cadena de suministros.

## 2. Metodología

La información necesaria fue recopilada de artículos publicados en los últimos años, se recurrió a Scopus para realizar la búsqueda de la información en el que se utilizó las palabras clave “Logistic”, “Industry 4.0” “Suply chain”.

De los muchos resultados obtenidos se limitó la búsqueda para artículos de los años 2019, 2020, 2021 y 2022. Todos los artículos recopilados fueron publicados en inglés y de diferentes países.

## 3. Resultados

### 3.1. La cadena de suministros en la cuarta revolución industrial

Las cadenas de suministro son la columna vertebral de la economía moderna (Bodkhe et al., 2020). Actualmente, la diversidad de partes interesadas y los procesos involucrados ha resultado en una gestión compleja, y las nuevas tecnologías prometen mejorar la eficiencia (Abdirad & Krishnan, 2020).

La Cuarta Revolución Industrial es un movimiento global e imparable que afectará a gobiernos, empresas y economías de manera muy sustancial. Se implementan agendas digitales integrales para la industria del futuro interconectada, que cambia rápida y socialmente disruptiva (Kucukaltan et al., 2020). Por ejemplo, en Europa, Industria 4.0 se lanzó a fines de 2011 como parte de la estrategia de alta tecnología del gobierno alemán para transformar la industria utilizando sistemas ciber físicos. (Kucukaltan et al., 2020) Su objetivo era hacer fábricas más inteligentes y aptas para responder a las crecientes demandas de la sociedad. Sin embargo, la transformación de los sistemas productivos va más allá de las fronteras organizacionales para asegurar la integración digital horizontal, vertical y de extremo a extremo (Dharmasiri et al., 2020). Actualmente, las economías más avanzadas del mundo, las industrias globales y las empresas de consultoría colocan las transformaciones de la cadena de suministro en la cima de las prioridades industriales (Sharma et al., 2020). Dos razones que justifican esta importancia son la creciente cantidad y potencial de datos y las innovaciones en la cadena de suministro.

### 3.1.1. La cadena de suministro

La cadena de suministro fue, por primera vez, identificado por Oliver y Webber en 1982, y desde entonces ha evolucionado para enfrentar los desafíos que presenta la economía moderna. Con la globalización, la gestión de la cadena de suministro se convirtió en una de las principales preocupaciones organizacionales que apuntan a un proceso continuo de aumento de la eficiencia de la cadena de suministro donde las estructuras más complejas deben optimizarse para obtener el máximo beneficio en circunstancias normales (Lagorio et al., 2020).

La cadena de suministro es la actividad principal de una organización que convierte materias primas o componentes en productos o servicios terminados. Buscamos proveedores y proveedores de materias primas o repuestos en la cadena de suministro de una organización (de Man et al., 2020). En un entorno de fabricación tradicional, las interacciones con los proveedores a menudo ocurren a través de la "compra" y los materiales se envían a los almacenes y a los almacenes de productos terminados en la planta de producción, la actividad principal de la "gestión operativa" desempeñará un papel importante en el movimiento de recursos y productos a lo largo de la logística de la cadena de suministro para garantizar que los productos terminados lleguen a los consumidores (Pekarčíková et al., 2020).

Las cadenas de suministro pueden tomar la forma de cadenas de suministro basadas en productos o servicios donde los servicios se combinan para proporcionar un servicio común a los clientes en lugar de productos terminados. Un ejemplo sería el transporte de mercancías, personal y clientes. Servicio. Se necesitan barcos, suministros y combustible para proporcionar servicios de transporte a los consumidores. A medida que las cadenas de suministro se conectan con proveedores y clientes, comienzan a construir redes de cadenas de suministro que pueden comprender el flujo de materiales e información de una manera mucho más compleja (Arif et al., 2020).

Los actores principales son:

- **Proveedores de insumos primarios y secundarios**

Los distribuidores primarios son proveedores directos de insumos para grandes empresas manufactureras. Los distribuidores secundarios son aquellos que proporcionan insumos a las empresas primarias, convirtiéndose en proveedores indirectos (Ma et al., 2020).

- **Empresas manufacturadas**

Suelen ser grandes empresas y pertenecen a distintas industrias, como la automotriz, la alimentaria o la de textilera.

Mayoristas y minoristas. Son empresas del ámbito de la comercialización que acercan los productos desde la empresa fabricante hasta el consumidor final (Ma et al., 2020).

- **Organismos de control.**

Participan en el movimiento de mercancías, específicamente de exportaciones e importaciones, para que cumplan con las normas establecidas, ya sean internacionales y nacionales aplicadas en materia de condiciones arancelarias, sanitaria y de seguridad (Pekarčíková et al., 2020).

- **Proveedores de tecnología.**

Estas están conformadas por empresas proveedoras de tecnología y sistemas para la gestión digital y automatización de procesos (Dev et al., 2020).

- **Proveedores de servicios financieros.**

Están conformadas por bancos e instituciones financieras que brindan acceso a financiamiento para inversiones y capital a través de herramientas como factoring, garantías, leasing y préstamos (Bodkhe et al., 2020).

### 3.1.2. La revolución tecnológica

La evolución tecnológica de la última década ha dado lugar a un impresionante avance en varias áreas como big data, inteligencia artificial robótica, etc, lo que ha dado lugar a la llamada 4ta revolución industrial. Podemos decir que la 1ra revolución industrial se hizo famosa por el uso de máquinas a vapor en la fase de producción, la 2da revolución industrial utilizó la electricidad para lograr la producción en masa, la 3ra revolución industrial utilizó la tecnología de la información para automatizar procesos y la cuarta revolución industrial se basó en la convergencia sin precedentes de las tecnologías digitales. (van Lopik et al., 2020). La revolución está comenzando a desdibujar las líneas entre el espacio físico y el espacio digital. La tecnología digital tiene el potencial de generar importantes beneficios económicos (Danjou et al., 2020).

Entre las tecnologías clave de la cuarta revolución industrial se puede identificar las siguientes.

#### · **Internet de pensamiento y servicio (IoT)**

Internet de las cosas o comúnmente conocido como IoT es un concepto que tiene como objetivo ampliar los beneficios de una conexión a Internet siempre conectada. Esencialmente, IoT se refiere a objetos que pueden identificarse de manera única como representaciones virtuales en una estructura basada en Internet (Lagorio et al., 2020).

En las operaciones de almacén, IoT puede ayudar en la gestión de aspectos de salud y seguridad ocupacional, como sensores instalados en equipos de manejo de materiales (MHE) que se pueden conectar a un dispositivo que proporcionará información si MHE viaja a una velocidad más allá del límite y/o choca contra algo (Correa et al., 2020). Completo con información de ubicación, horas y conductores. En el aspecto de la precisión del inventario, IoT puede ayudar a los cálculos con un alto grado de precisión y sin involucrar mucho poder humano. Como con el uso de sensores contenidos en cada estantería que pueden proporcionar información sobre el número de productos contenidos en la estantería en tiempo real (Dolgui et al., 2020).

#### · **Análítica de big data**

Trata de producir bases de datos demasiado grandes, para encontrar patrones en los datos, como correlaciones o relaciones causales. Esta tecnología es ampliamente utilizada en áreas como el marketing digital y el comercio electrónico, utilizando las "huellas dactilares" de los usuarios de Internet para adaptar los anuncios a los intereses de estos usuarios (Fathi et al., 2020).

#### · **Inteligencia artificial**

Permite que una computadora aprenda el proceso sin tener que programarlo previamente gracias a ciertos algoritmos. Cuando los algoritmos se aplican al análisis de la información, estos "aprenden" y modifican su comportamiento. Los ejemplos más comunes del uso del aprendizaje automático se encuentran en los automóviles autónomos, la recomendación de productos en plataformas electrónicas, o es capaz de detectar fraudes con tarjetas de crédito (Granillo-Macías et al., 2020).

### 3.1.3. La influencia de la cadena de suministro en el futuro

La Cadena de Suministro 4.0 se puede decir que es la aplicación de tecnologías en la cuarta revolución industrial a diferentes métodos de procesos de una cadena de suministro. Estas se diferencian por un elevado grado de conectividad entre los dominios físico y digital, donde los sensores IoT permiten la recopilación y transmisión de información en tiempo real que permiten tomar decisiones para diferentes procesos, para mejorar el rendimiento del subproceso en tiempo real (Bemthuis et al., 2020). Por su parte, la automatización y la robótica facilitan la implementación de decisiones sin intervención humana. Con la convergencia de las tecnologías de IoT, IA, se espera ahorrar mucho tiempo como también costos, agilidad y gestión de riesgos, entre otros elementos clave de la adquisición. rendimiento de la cadena (Garay-Rondero et al., 2020).

### 3.1.3.1. Digitalización e IoT

La ubicuidad de estos elementos de procesos que anteriormente era manual brinda beneficios sin precedentes. Para 2020 estarán operativos más de 50 mil millones de sensores IoT, mejorando drásticamente la conectividad entre organizaciones (Tozanlı et al., 2020). Esto es fundamental para mejorar el desempeño de las cadenas donde el proceso está ampliamente distribuido entre una gran cantidad de actores. Por ejemplo, los sensores adjuntos a las botellas envían información sobre la temperatura, el tiempo y la ubicación de las botellas para ayudar a administrar la calidad y el inventario en toda la línea (Esmailian et al., 2020). Reemplazar los sensores de los camiones puede proporcionar a los administradores de flotas información del gasto de velocidad y combustible, así como también los posibles daños al vehículo que requieren mantenimiento preventivo. Una carretilla elevadora "conectada" puede encontrar datos de inventario y comunicarlo en tiempo real a los administradores de almacenes y usuarios (Büttner et al., 2020).

Ningún elemento como motores, botellas o carretillas elevadoras, se ha asociado tradicionalmente a la información (Moldabekova et al., 2021). Gracias a este elemento, los componentes ahora pueden iniciar la generación y transmisión de la gran cantidad de datos necesarios para monitorear el estado de la cadena de suministro. En concreto, aumenta la transparencia de toda la cadena, permite a los participantes tomar decisiones más informadas, responde a los cambios y desviaciones del plan en tiempo real, minimiza el riesgo de confusión y satisface la demanda en todo momento (Pires et al., 2021).

Según investigaciones existentes, las empresas que invierten en tecnología IoT pueden reducir el inventario hasta en un 30 %, aumentar el cumplimiento hasta en un 7 % y aumentar los ingresos hasta en un 15 % (Portna et al., 2021).

### 3.1.3.2. La Inteligencia artificial

La inteligencia artificial viene siendo unas tecnologías más transformadoras que componen la cadena de suministro. A través de la implementación de algoritmos aplicados para recopilar big data, originales de muchas fuentes relacionadas con actividades de muchos de los actores de la cadena, se puede alcanzar un nuevo límite de servicio y eficacia de los resultados de la actividad de las cadenas (Ramingwong et al., 2021). La puesta en acción de estas tecnologías como parte de una acción inteligente general de cambio del proceso de suministro mejorará drásticamente los procesos clave de la cadena, como la previsión de la demanda; gestión de cumplimiento de pedidos; gestión logística integrada e inteligente en almacenes, fábricas y muelles; gestión de distribución y transmisión, entre otros (Affia & Aamer, 2021).

No hace mucho se ha considerado la idea de Process Mining como uno de los elementos de aplicación de la inteligencia artificial para mejorar y gestionar los procesos de la cadena de suministro. Este tipo de solución permite, mediante el uso de big data y el apoyo de inteligencia artificial, identificar desviaciones de los procesos estándar, predecir resultados inesperados e iniciar acciones de movimiento óptimo. El uso de este método permite alcanzar nuevas metas de producción antes difíciles de pensar (Pires et al., 2021).

La incorporación de algoritmos de inteligencia artificial en los billones de datos proporcionados por los sensores de IoT y los grandes datos recopilados por otros sistemas mejorará en gran medida la previsión de la demanda (Affia & Aamer, 2021).

En cuanto a la logística, desde hace 9 años, empresas como Amazon trabajan con inteligencia artificial para disminuir el tiempo de entrega de los productos comprados a través del comercio electrónico (Ramingwong et al., 2021). Los algoritmos crean perfiles de compradores basados en el historial de compras, la búsqueda, la demografía, la ubicación y más. Con base en este perfil, los algoritmos hacen predicciones sobre las compras que los consumidores realizarán en el futuro. Estos productos se envían a las tiendas más cercanas al consumidor para que, tras una compra, puedan ser entregados de forma inmediata. El uso de esta tecnología será fundamental para satisfacer la creciente demanda de entregas rápidas, de bajo costo o gratuitas. De esta forma,

mientras que en la actualidad las entregas en el día significan el 6 % del total de entregas de Amazon, se prevé que para 2026 alcance el 16% (Barykin et al., 2021).

A pesar de reconocer el impacto de esta tecnología en la cadena de suministro, la adopción aún está en pañales en la mayoría de las industrias. En una encuesta reciente de McKinsey a 1000 ejecutivos globales, solo el 8 % dijo que estaba participando en iniciativas de IA que se aplican a partes determinantes como parte de su estrategia general de cambio de la cadena de suministro y del negocio. Por otro lado, el mayor porcentaje de los líderes dan prueba de proyectos piloto que se aplican a un proceso o tarea en particular (MICHLOWICZ, 2021).

### 3.1.3.3. Automatización

La tecnología de sensores y la inteligencia artificial son clave para la automatización, otro sello distintivo de la cadena de suministro digital. La automatización del proceso de fabricación ha aumentado en las últimas décadas, y hoy en día encontramos fábricas llevadas a cabo por maquinas autónomas. Al mismo tiempo, la fuerza laboral se está enfocando en los procesos de mayor valor agregado (Barykin et al., 2021).

De su lado, la automatización va a revolucionar la logística y el transporte en todos sus aspectos. Entre los avances más destacados se encuentran:

#### - Platooning

Esta es una tecnología que utiliza la conectividad inalámbrica en conjunto con el control de crucero adaptativo para conformar un grupo de camiones que ajustan automáticamente la rapidez y la distancia, imitando los cambios de velocidad y dirección liderados por los camiones (Ozbalci, 2021). La mayoría de los principales actores de este sector, como Volvo, DAF, Daimler, Scania e Iveco, se encuentran realizando pruebas a la tecnología principalmente durante los corredores geo-cercados en EE. UU., Europa y Singapur (Nagar et al., 2021). Uno de los controles más minuciosos se llevó a cabo en Europa en el 2016, cuando grupos de camiones arribaron al puerto de Róterdam desde diferentes naciones, tras cruzar fronteras y pasar por zonas de alta congestión (Dobrowolski, 2021). Los datos recopilados de varias pruebas muestran que, gracias a una coordinación mayor y eficiencia durante la conducción de camiones, esta tecnología ahorra combustible entre 10 % y 30 % por año. Asimismo, las tecnologías que requieren las flotas, como Advanced Emergency Braking System, AEBS y AEBS, pueden reducir hasta en un 80% la cantidad de accidentes relacionados con camiones, incluso si no están involucrados en una columna (Sundarakani et al., 2021).

#### - Camiones autónomos

Está asociada con la conducción automática de camiones de nivel 4 y superiores. El interés de la industria automotriz y las empresas de tecnología ha incrementado, junto con la tecnología de prueba en áreas abiertas y geográficamente confinadas (Tran-Dang & Kim, 2021). Por ejemplo, una compañía también ha desarrollado un nuevo concepto de camión que no requiere conductor de taxi. Esto aumentará la capacidad de carga del vehículo (Wahab et al., 2021). En junio de 2019, Volvo anunció que el vehículo comenzará a operar en contenedores entre el almacén y el puerto de Gotemburgo. Información actual de los EE.UU. muestran que la introducción de camiones autónomos puede reducir los costos operativos en la industria de camiones en un 45 % (Wahab et al., 2021).

Los beneficios de los camiones autónomos, comenzando con la automatización de nivel 3, pueden ser sustanciales, e incluyen:

(i) Tareas repetitivas reducidas y valor agregado reducido, liberando tiempo del conductor para tareas de conducción, transporte de mercancías, etc. y mayor interés en el oficio (actualmente en un declive que preocupa a las autoridades en pises importantes) (Mastos et al., 2021).

- (ii) Reducir los costos de mano de obra, que representan alrededor del 60% de los costos del transporte por tierra (Mastos et al., 2021).
- (iii) Reducir el “factor humano” (fatiga, errores, etc.), que a veces son las causas de los accidentes de tráfico (Mastos et al., 2021).
- (iv) Aumento del horario de funcionamiento, ya que no está sujeto a cambios por parte del conductor (Mastos et al., 2021).
- (v) Cuando se combina con la conectividad de carro a carro y de vehículo a punto de control (V2V y V2I respectivamente), aumenta la eficiencia de enrutamiento de la empresa de transporte y la infraestructura operativa de gestión del tráfico de las instalaciones (Hossain & Thakur, 2021).
- (vi) Incremento del poder de la infraestructura, disminución de la congestión y mejor cumplimiento de los lineamientos, basados en la conducción segura y coordinada entre vehículos, lo que reduce las distancias requeridas entre ellos (Shayganmehr et al., 2021).

#### **- Drones**

La tecnología de drones, comúnmente conocida como "dron", ha recibido mucha atención en la industria de la tecnología y la logística, ya que se ha probado en una amplia gama de actividades, como el transporte de carga de recolección de luz a través de la entrega remota de medicamentos y el transporte de equipamiento de salud en emergencias a zonas con escasa conexión a internet o congestión. Otros usos incluyen ayudar con el monitoreo en tránsito, la gestión de inventario en almacenes y la creación de imágenes para la planificación de envíos (Pishdar et al., 2021).

#### **- Infraestructuras logísticas automatizadas**

La tecnología de automatización también empieza a hacerse presente en las operaciones de infraestructura logística. En cuanto a los almacenes, la instalación de robots y la inteligencia artificial para la gestión de movimientos e inventarios, preparación de pedidos y cumplimiento de pedidos es muy rápida, gracias a los avances en los desarrollos tecnológicos para la industria, menor costo de adquisición de tecnología en comparación con otros segmentos, retorno claro en la inversión y la capacidad para satisfacer la mayor demanda en medio del creciente volumen de negocios debido al incremento del comercio por internet (Spieske & Birkel, 2021).

Por otro lado, en el caso de los muelles, la automatización de grúas y equipos para el movimiento de contenedores también genera importantes expectativas económicas de productividad, gracias a operaciones estándar y consistentes, 24 horas al día y 7 días a la semana (Hartsch et al., 2021). Este es un factor importante debido al aumento continuo en las medidas de los barcos, lo que genera grandes desafíos operativos en las maniobras de atraque de los buques, así como en la gestión de la flota de contenedores. Sin embargo, las grandes inversiones requeridas, junto con la preocupante disminución futura de la fuerza laboral portuaria, ha resultado en un bajo nivel de adopción, con solo el 2% de las terminales semiautomáticas y el 1% de las terminales totalmente automatizadas a nivel mundial en la actualidad (Moshood & Sorooshian, 2021).

#### **3.1.4. Necesidades de una transformación integral**

Los nuevos avances en los sistemas de información y comunicación ofrecen innumerables oportunidades para la inteligencia y la autonomía de la cadena de suministro de la Industria 4.0, el aprendizaje de estas tecnologías se vuelve una necesidad principal para las industrias actuales, lo que da un sentido de pertenencia y significado de la industria hacia el mercado (Toktaş-Palut, 2022).

La automatización está creciendo rápidamente y aumentando las rivalidades de competencia donde la supervivencia a largo plazo se convierte en un problema para las industrias. Para esto, las industrias están utilizando sistemas habilitados por software como medio de comunicación para permitir que las organizaciones resistan las últimas tendencias (Khalifa et al., 2021).

La transformación digital en el mundo se conoce como Industria 4.0 que generalmente significa el avance en modelos comerciales existentes donde las operaciones comerciales están interconectadas entre sí por el modo digital, esta nueva etapa está siendo mapeada digitalmente todas las operaciones de tal manera que los flujos físicos de recursos o mercancías no se resientan en ninguna etapa (Cano et al., 2021).

A través de estas tecnologías de Industria 4.0, es posible recopilar y analizar datos a través de sistemas conectados, lo que lleva a procesos más eficientes, productos de mejor calidad y reducir costos, aumenta la capacidad de compartir datos precisos y puntuales, algunos otros beneficios son una mayor productividad, un mejor uso de los recursos, alto compromiso e involucramiento de las áreas de la cadena de suministro tanto de coordinación horizontal y vertical, mejores relaciones con los clientes, rápida respuesta a las nuevas tendencias del mercado, menores costos de desarrollo de productos y plazos de entrega más cortos (Stanisławski & Szymonik, 2021).

En la implementación de estas nuevas tecnologías es primordial considerar la intervención de todos actores de la industria, el compromiso hacia la transformación digital para obtener los beneficios generados en esta nueva etapa, por ejemplo el big data aplicado en los dispositivos IoT de un supermercado, pone a disponibilidad información sobre cambios o variaciones de la demanda, y que este sea notificado en los procesos de manufactura, aprovisionamiento y transporte, utilizado como un recurso. Otro ejemplo en las empresas logísticas con operaciones en puerto aduaneros permite la planificación de sus operaciones en la gestión adecuada de tráfico de cargas (Ada et al., 2021).

Así mismo en el sector agroindustrial la trazabilidad es un parámetro importante para considerar en las industrias, la implementación de tecnología Big data contempla un sistema de trazabilidad completa mediante el uso de dispositivos que responden al cambio enviados en algoritmos enviados a sistemas que interpretan, generan y comparten información no solo entre en proveedores, contratistas y empresas, sino también en comercializadores y transportistas (Hartsch et al., 2021).

### **3.2. Estrategias integrales para la transición hacia la cadena de suministro 4.0**

La nueva ideología de los grandes líderes de la cadena de suministro es equilibrar la capacidad de resistir al cambio y la eficiencia para asegurar sus sistemas y redes ante posibles sucesos como es el contexto de pandemia COVID 19, tener una red con alta capacidad de flexibilidad significa un método que pone a evidencia para cambiar las actividades de abastecimiento, fabricación y distribución en tiempo más cortos. Rediseñar cadenas de suministro que sean altamente resistentes, las organizaciones deberían implementar sistemas de simulación en cadena de suministro existente con el objetivo de predecir, visualizar y cuantificar los impactos de las acciones tomadas en sus indicadores clave de desempeño (Tu et al., 2021).

Si bien no existe estrategias integrales altamente definidas hacia una transformación de cadena suministro 4.0, los gobiernos de los países deben trabajar de manera conjunta con el sector privada, la transferencia de información oportuna permitirá tomar determinación en acciones que tengan impacto positivo hacia la transformación digital en el marco de innovación y sostenibilidad que son dos ejes importantes dentro de las organizaciones que le definen y permiten mantenerse en el tiempo (Yu et al., 2021).

#### **3.2.1. Programas de industria 4.0**

En los países industrializados se muestra que a través del desarrollo de planes nacionales para la Industria 4.0, los gobiernos establecen planes para incentivar la digitalización de los procesos de producción (Strandhagen et al., 2017). Estas iniciativas nacionales poseen un impacto directo en la transformación digital de las cadenas de suministro. Entre las buenas prácticas encontradas en estos planes, el sector público está trabajando con el sector privado para desarrollar planes metodológicos y lineamientos para apoyar a las empresas de manufactura a mantenerse en el rumbo de la industria 4.0 (Sustainable & Manufacturing, 2021).

Cuando se trata de documentación de situaciones de uso, la veteranía alemana está a la vanguardia. Por otro lado, la elaboración de índices de futuros, España y Singapur proporcionan los modelos más complejos. Específicamente el indicador de madurez de Singapur, este posee exclusivamente un módulo especial aplicado a valorar el grado de la digitalización en la cadena de suministro (Fernandez et al., 2021).

En total, los planes de la industria 4.0 suelen centrarse en la digitalización de las pequeñas y medianas empresas, que, son las que más soporte necesitan en su transformación digital. Este apoyo incluye programas de formación, servicios de consultoría y asesoría, establecimientos de desarrollo y evaluación para nuevos casos de uso y recompensas financieros (Yu et al., 2021).

Siguiendo el actual ejemplo, el planeamiento de la industria 4.0 de Alemania se centra en la evolución tecnológica y su efecto indirecto horizontal de tecnologías específicas y verticales en sectores industriales predefinidos. La red de institutos Fraunhofer clasifica empresas privadas y universidades para llevar a cabo investigaciones en áreas verticales, así como específicas de la tecnología. Este modelo aplicado por Estados Unidos para desarrollar su red de establecimientos tecnológicos. Otros lugares también han estudiado el caso de Alemania para imitar sus mejores prácticas y avances tecnológicos (Fernandez et al., 2021).

Estados Unidos es sobre todo típico porque ha formalizado colaboraciones entre agencias gubernamentales y el sector privado para poner en marcha establecimientos de investigación y formación enfocados en tecnologías innovadoras que impactan la cadena de suministro (Strandhagen et al., 2017).

### **3.2.2. Planes logísticos**

La logística ha evolucionado enormemente en los últimos treinta años desde una función puramente operativa centrada en informar a ventas o fabricación, adquirir líneas de productos y enviarlas a los clientes, a una función de gestión de la cadena de suministro independiente que, en algunas empresas, ya está gestionada por el encargado de la cadena de suministro (Bamunuarachchi et al., 2021).

El enfoque de las funciones de gestión de la cadena de suministro se ha dirigido hacia protocolos de planificación avanzados, por ejemplo, la preparación analítica de la demanda o S&OP integrado, que ha cambiado en un proceso comercial establecido para muchas empresas, así como la logística operativa mayormente se subcontrata a proveedores de servicios de logística externos. Las capacidades de la cadena de suministro proporcionan operaciones integradas desde el cliente hasta el proveedor (Ho et al., 2021).

Los países analizados en los últimos años han desarrollado o renovado planes logísticos para incorporar la conversión digital a centrarse en este ámbito. Por tanto, el objetivo es fortalecer el desarrollo tecnológico de los nodos y digitalizar las funciones logísticas y simplificar y digitalizar los procedimientos y el control aduanero (Correia et al., 2021).

La logística marcará una gran diferencia con una mejor comunicación, análisis avanzados, fabricación aditiva y automatización mejorada. Así como, a medida que los almacenes se automaticen, veremos vehículos aún más autónomos e inteligentes, la impresión 3D también está transformando por completo los enfoques de gestión de inventario y almacenamiento (Jin et al., 2020).

Las tareas de planificación, como la planificación de la demanda, la preparación del proceso de planificación de la demanda analítica, la planificación de la producción acumulada y la planificación del suministro, requieren mucho tiempo y, a menudo, son manuales. Con soporte de sistema avanzado, el 80-90 % del total de tareas de planificación se pueden automatizar y aun así brindar una mayor calidad que el trabajo manual (Mohd Salleh et al., 2021). El proceso de planificación analítica de la demanda se realiza semanalmente y el proceso de toma de decisiones se basa en escenarios que pueden actualizarse en tiempo real. Esta precisión, detalle y velocidad afectan otros factores como el servicio, los costos de la cadena de suministro y el inventario. El

sistema puede detectar excepciones cuando el programador necesita intervenir para tomar una decisión (Pourmehdi et al., 2021).

El Plan Federal de Infraestructura de Alemania son ejemplos de buenas prácticas por el hecho que Esto incluye, en particular, el vínculo entre la logística y la digitalización. Esto se debe a que es necesario promover la introducción de nuevas tecnologías en la infraestructura de transporte, como carreteras, puertos y vías férreas. En particular, hemos priorizado el desarrollo de sistemas de transporte inteligente en corredores logísticos clave para mejorar la recopilación y emisión de datos para la gestión del tráfico y optimizar el uso de la infraestructura (Pekarčíková et al., 2020). La aplicación de la tecnología 4.0 a la industria y la infraestructura marina también se identifica como una de las áreas prioritarias para aumentar la competitividad del país en este sector. Por ello sugiere que es necesario liderar la investigación e implementación de redes 5G, tecnologías 4.0 para el sector marítimo, El plan de desarrollo de infraestructura logística a mediano y largo plazo de China (2014-2020) también presenta el sector logístico como una de las industrias estratégicas del país como un ejemplo relacionado (Fathi et al., 2020). Por lo tanto, proporciona un marco innovador y completo para avanzar en el desarrollo de la industria logística, para así mejorar la eficiencia y mejorar la competitividad.

Es importante mencionar que, como buena práctica, los planes logísticos estratégicos deben basarse en la visión global de la industria del transporte e incluir diferentes modalidades en un marco general orientador (Sutawijaya & Nawangsari, 2020).

### **3.2.3. Planes y agendas digitales**

Además de las estrategias de logística, los planes y programas digitales que abordan desafíos específicos de infraestructura en telecomunicaciones, planes de banda ancha o programas digitales, existe un mayor enfoque en la ejecución de un ecosistema de aplicaciones centrado en la transformación digital (Ma et al., 2020).

La iniciativa nacional de banda ancha brinda orientación y hojas de ruta a los sectores público y privado para desarrollar las redes fijas y móviles necesarias para la transformación digital de la sociedad y la economía en su conjunto (Granillo-Macías et al., 2020).

Por lo tanto, los gobiernos pueden mejorar la comunicación al permitir la conectividad multiplataforma basada en una estrategia definida para avanzar hacia un estándar de datos común. En la segunda categoría, la financiación e incubación de empresas tecnológicas se ha centrado en desarrollar productos y servicios para tener una mejor eficiencia en las cadenas de suministro, como aplicaciones de inteligencia artificial o sistemas robóticos (Büttner et al., 2020).

La Agenda Digital también incluye recomendaciones para la transformación digital en la fabricación con un enfoque particular en el sector de las PYME. Si bien todos los países avanzados tienen planes nacionales de banda ancha y agendas digitales, el ejemplo de Corea del Sur es particularmente relevante debido a dos factores: el carácter cíclico de la planificación y las metas actualizadas; si como la participación formal del sector privado en la ejecución de planes (Garay-Rondero et al., 2020).

## **4. Conclusiones**

La revolución industrial 4.0 ha dado un gran salto en el sector industrial, especialmente en las empresas dedicadas a empresas de servicios como organizadores de eventos, donde se explotan las tecnologías de la información. Para ser competitivas, las empresas deben ser capaces de seguir el modelo de esta Industria 4.0 y preparar las estrategias que sean adecuadas para todos los departamentos (Esmailian et al., 2020).

Esto significa que ha habido un rápido cambio tecnológico en forma de Internet de las cosas (IoT), inteligencia artificial o inteligencia artificial (AI), automatización, robótica y Big Data que influye directamente en la logística y el personal operativo.

Se puede decir que la cadena de suministro influyo en la rápida transición hacia un mundo más digitalizado, así como su importancia en el sector industrial.

## 5. Referencias Bibliográficas.

- Abdirad, M., & Krishnan, K. (2020). Industry 4.0 in Logistics and Supply Chain Management: A Systematic Literature Review. *EMJ - Engineering Management Journal*, 1–15. <https://doi.org/10.1080/10429247.2020.1783935>
- Ada, N., Ethirajan, M., Kumar, A., Vimal, K. E. K., Nadeem, S. P., Kazancoglu, Y., & Kandasamy, J. (2021). *Blockchain Technology for Enhancing Traceability and Efficiency in Automobile Supply Chain — A Case Study*. 1–21.
- Affia, I., & Aamer, A. (2021). An internet of things-based smart warehouse infrastructure: design and application. *Journal of Science and Technology Policy Management*. <https://doi.org/10.1108/JSTPM-08-2020-0117>
- Arif, J., Azzouz, K., Mouzouna, Y., & Jawab, F. (2020). Design on improvement of traceability process in the outsourcing of logistics' activities using the internet of things (IoT) applications. *International Journal of Advanced Science and Technology*, 29(1), 1093–1108.
- Bamunuarachchi, D., Georgakopoulos, D., Banerjee, A., & Jayaraman, P. P. (2021). Digital twins supporting efficient digital industrial transformation. *Sensors*, 21(20). <https://doi.org/10.3390/s21206829>
- Barykin, S. Y., Bochkarev, A. A., Dobronravin, E., & Sergeev, M. (2021). The place and role of digital twin in supply chain management. *Academy of Strategic Management Journal*, 20(SpecialIssue2), 1–19.
- Bemthuis, R., Iacob, M. E., & Havinga, P. (2020). A design of the resilient enterprise: A reference architecture for emergent behaviors control. *Sensors (Switzerland)*, 20(22), 1–39. <https://doi.org/10.3390/S20226672>
- Bodkhe, U., Tanwar, S., Parekh, K., Khanpara, P., Tyagi, S., Kumar, N., & Alazab, M. (2020). Blockchain for Industry 4.0: A comprehensive review. *IEEE Access*, 8, 79764–79800. <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2020.2988579>
- Büttner, T., Wenzel, K., Stange, M., & Fischer, M. (2020). Bidirectional synchronization in supply chains - Requirements and approach for synchronization of production and interlogistics. *ZWF Zeitschrift Fuer Wirtschaftlichen Fabrikbetrieb*, 115(12), 855–859. <https://doi.org/10.3139/104.112474>
- Cano, J. A., Salazar, F., Gómez-Montoya, R. A., & Cortés, P. (2021). Disruptive and Conventional Technologies for the Support of Logistics Processes: A Literature Review. *International Journal of Technology*, 12(3), 448–460. <https://doi.org/10.14716/ijtech.v12i3.4280>
- Correa, J. S., Sampaio, M., de Casto Barros, R., & de Castro Hilsdorf, W. (2020). IoT and BDA in the Brazilian future logistics 4.0 scenario. *Production*, 30, 1–14. <https://doi.org/10.1590/0103-6513.20190102>
- Correia, D., Teixeira, L., & Marques, J. L. (2021). Last-mile-as-a-service (LMaaS): An innovative concept for the disruption of the supply chain. *Sustainable Cities and Society*, 75(August). <https://doi.org/10.1016/j.scs.2021.103310>
- Danjou, C., Bled, A., Cousin, N., Roland, T., Perrier, N., Bourgault, M., & Pellerin, R. (2020). Industry 4.0 in Construction Site Logistics: A Comparative Analysis of Research and Practice. *Journal of Modern Project Management*, 7(4), 296–310.

<https://doi.org/10.19255/JMPM02214>

- de Man, J. C., Strandhagen, J. W., Buer, S. V., & Strandhagen, J. O. (2020). Planning and control frameworks of the future. *International Journal of Mechatronics and Manufacturing Systems*, 13(3), 199–209. <https://doi.org/10.1504/IJMMS.2020.111281>
- Dev, N. K., Shankar, R., & Qaiser, F. H. (2020). Industry 4.0 and circular economy: Operational excellence for sustainable reverse supply chain performance. *Resources, Conservation and Recycling*, 153. <https://doi.org/10.1016/J.RESCONREC.2019.104583>
- Dharmasiri, P., Kavalchuk, I., & Akbari, M. (2020). Novel implementation of multiple automated ground vehicles traffic real time control algorithm for warehouse operations: Dijkstra approach. *Operations and Supply Chain Management*, 13(4), 396–405. <https://doi.org/10.31387/OSCM0430279>
- Dobrowolski, Z. (2021). Internet of things and other e-solutions in supply chain management may generate threats in the energy sector—the quest for preventive measures. *Energies*, 14(17). <https://doi.org/10.3390/en14175381>
- Dolgui, A., Ivanov, D., Potryasaev, S., Sokolov, B., Ivanova, M., & Werner, F. (2020). Blockchain-oriented dynamic modelling of smart contract design and execution in the supply chain. *International Journal of Production Research*, 58(7), 2184–2199. <https://doi.org/10.1080/00207543.2019.1627439>
- Esmailian, B., Sarkis, J., Lewis, K., & Behdad, S. (2020). Blockchain for the future of sustainable supply chain management in Industry 4.0. *Resources, Conservation and Recycling*, 163. <https://doi.org/10.1016/J.RESCONREC.2020.105064>
- Facchini, F., Olésków-Szłapka, J., Ranieri, L., & Urbinati, A. (2020). A maturity model for logistics 4.0: An empirical analysis and a roadmap for future research. *Sustainability (Switzerland)*, 12(1), 1–18. <https://doi.org/10.3390/SU12010086>
- Fathi, M., Nourmohammadi, A., Ghobakhloo, M., & Yousefi, M. (2020). Production sustainability via supermarket location optimization in assembly lines. *Sustainability (Switzerland)*, 12(11). <https://doi.org/10.3390/SU12114728>
- Fernandez, C. M., Alves, J., Gaspar, P. D., & Lima, T. M. (2021). Fostering awareness on environmentally sustainable technological solutions for the post-harvest food supply chain. *Processes*, 9(9). <https://doi.org/10.3390/pr9091611>
- Frontoni, E., Rosetti, R., Paolanti, M., & Alves, A. C. (2020). HATS project for lean and smart global logistic: A shipping company case study. *Manufacturing Letters*, 23, 71–74. <https://doi.org/10.1016/J.MFGLET.2019.12.003>
- Garay-Rondero, C. L., Martinez-Flores, J. L., Smith, N. R., Caballero Morales, S. O., & Aldrette-Malacara, A. (2020). Digital supply chain model in Industry 4.0. *Journal of Manufacturing Technology Management*, 31(5), 887–933. <https://doi.org/10.1108/JMTM-08-2018-0280>
- Granillo-Macías, R., Simón-Marmolejo, I., González-Hernández, I. J., & Zuno-Silva, J. (2020). Traceability in industry 4.0: A case study in the metal-mechanical sector. *Acta Logistica*, 7(2), 95–101. <https://doi.org/10.22306/AL.V7I2.162>
- Hartsch, F., Kemmerer, J., Labelle, E. R., Jaeger, D., & Wagner, T. (2021). Integration of harvester production data in German wood supply chains: Legal, social and economic requirements. *Forests*, 12(4), 1–16. <https://doi.org/10.3390/f12040460>
- Ho, G. T. S., Tang, Y. M., Tsang, K. Y., Tang, V., & Chau, K. Y. (2021). A blockchain-based system to enhance aircraft parts traceability and trackability for inventory management. *Expert Systems with Applications*, 179(April). <https://doi.org/10.1016/j.eswa.2021.115101>

- Hossain, M. K., & Thakur, V. (2021). Benchmarking health-care supply chain by implementing Industry 4.0: a fuzzy-AHP-DEMATEL approach. *Benchmarking*, 28(2), 556–581. <https://doi.org/10.1108/BIJ-05-2020-0268>
- Jin, C., Bouzembrak, Y., Zhou, J., Liang, Q., van den Bulk, L. M., Gavai, A., Liu, N., van den Heuvel, L. J., Hoenderdaal, W., & Marvin, H. J. P. (2020). Big Data in food safety- A review. *Current Opinion in Food Science*, 36, 24–32. <https://doi.org/10.1016/j.cofs.2020.11.006>
- Khalifa, N., Abd Elghany, M., & Abd Elghany, M. (2021). Exploratory research on digitalization transformation practices within supply chain management context in developing countries specifically Egypt in the MENA region. *Cogent Business and Management*, 8(1). <https://doi.org/10.1080/23311975.2021.1965459>
- Kucukaltan, B., Saatcioglu, O. Y., Irani, Z., & Tuna, O. (2020). Gaining strategic insights into Logistics 4.0: expectations and impacts\*. *Production Planning and Control*. <https://doi.org/10.1080/09537287.2020.1810760>
- Lagorio, A., Zenezini, G., Mangano, G., & Pinto, R. (2020). A systematic literature review of innovative technologies adopted in logistics management. *International Journal of Logistics Research and Applications*. <https://doi.org/10.1080/13675567.2020.1850661>
- Ma, X., Wang, J., Bai, Q., & Wang, S. (2020). Optimization of a three-echelon cold chain considering freshness-keeping efforts under cap-and-trade regulation in Industry 4.0. *International Journal of Production Economics*, 220. <https://doi.org/10.1016/J.IJPE.2019.07.030>
- Mastos, T. D., Nizamis, A., Terzi, S., Gkortzis, D., Papadopoulos, A., Tsagkalidis, N., Ioannidis, D., Votis, K., & Tzovaras, D. (2021). Introducing an application of an industry 4.0 solution for circular supply chain management. *Journal of Cleaner Production*, 300. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2021.126886>
- MICHLÓWICZ, E. (2021). Logistics engineering and industry 4.0 and digital factory. *Archives of Transport*, 57(1), 59–72. <https://doi.org/10.5604/01.3001.0014.7484>
- Mohd Salleh, N. H., Selvaduray, M., Jeevan, J., Ngah, A. H., & Zailani, S. (2021). Adaptation of industrial revolution 4.0 in a seaport system. *Sustainability (Switzerland)*, 13(19), 1–13. <https://doi.org/10.3390/su131910667>
- Moldabekova, A., Philipp, R., Satybaldin, A. A., & Prause, G. (2021). Technological Readiness and Innovation as Drivers for Logistics 4.0\*. *Journal of Asian Finance, Economics and Business*, 8(1), 145–156. <https://doi.org/10.13106/JAFEB.2021.VOL8.NO1.145>
- Moshood, T. D., & Sorooshian, S. (2021). The Physical Internet: A means towards achieving global logistics sustainability. *Open Engineering*, 11(1), 815–829. <https://doi.org/10.1515/eng-2021-0080>
- Nagar, D., Raghav, S., Bhardwaj, A., Kumar, R., Lata Singh, P., & Sindhwani, R. (2021). Machine learning: Best way to sustain the supply chain in the era of industry 4.0. *Materials Today: Proceedings*, 47, 3676–3682. <https://doi.org/10.1016/j.matpr.2021.01.267>
- Ozbalci, S. (2021). *LogForum*. 17(4), 547–554.
- Pekarčíková, M., Trebuňa, P., Kliment, M., Edl, M., & Rosocha, L. (2020). Transformation the logistics to digital logistics: Theoretical approach. *Acta Logistica*, 7(4), 217–223. <https://doi.org/10.22306/AL.V7I4.174>
- Pires, M. C., Parreira, R., & Frazzon, E. M. (2021). Integrated operational supply chain planning in industry 4.0. *International Journal of Integrated Supply Management*, 14(1), 28–49.

<https://doi.org/10.1504/IJISM.2021.113566>

- Pishdar, M., Danesh Shakib, M., Antucheviciene, J., & Vilkonis, A. (2021). Interval type-2 fuzzy super sbm network dea for assessing sustainability performance of third-party logistics service providers considering circular economy strategies in the era of industry 4.0. *Sustainability (Switzerland)*, 13(11). <https://doi.org/10.3390/su13116497>
- Portna, O. V., Iershova, N. Y. U., Tereshchenko, D. A., & Kryvytska, O. R. (2021). Economic business partnerships within industry 4.0: New technologies in management. *Montenegrin Journal of Economics*, 17(1), 151–163. <https://doi.org/10.14254/1800-5845/2021.17-1.11>
- Pourmehdi, M., Paydar, M. M., Ghadimi, P., & Azadnia, A. H. (2021). Analysis and evaluation of challenges in the integration of Industry 4.0 and sustainable steel reverse logistics network. *Computers and Industrial Engineering*, 163(November 2021), 107808. <https://doi.org/10.1016/j.cie.2021.107808>
- Ramingwong, S., Tippayawong, K. Y., Sopadang, A., Santiteerakul, S., Limcharoen, A., & Manopiniwes, W. (2021). IT Usage in Logistics and Supply Chain of Thai Industry Toward Industry 4.0. *Chiang Mai University Journal of Natural Sciences*, 20(2), 1–11. <https://doi.org/10.12982/CMUJNS.2021.021>
- Sharma, R., Shishodia, A., Kamble, S., Gunasekaran, A., & Belhadi, A. (2020). Agriculture supply chain risks and COVID-19: mitigation strategies and implications for the practitioners. *International Journal of Logistics Research and Applications*. <https://doi.org/10.1080/13675567.2020.1830049>
- Shayganmehr, M., Gupta, S., Laguir, I., Stekelorum, R., & Kumar, A. (2021). Assessing the role of industry 4.0 for enhancing swift trust and coordination in humanitarian supply chain. *Annals of Operations Research*. <https://doi.org/10.1007/s10479-021-04430-4>
- Spieske, A., & Birkel, H. (2021). Improving supply chain resilience through industry 4.0: A systematic literature review under the impressions of the COVID-19 pandemic. *Computers and Industrial Engineering*, 158(June), 107452. <https://doi.org/10.1016/j.cie.2021.107452>
- Stanisławski, R., & Szymonik, A. (2021). Impact of selected intelligent systems in logistics on the creation of a sustainable market position of manufacturing companies in poland in the context of industry 4.0. *Sustainability (Switzerland)*, 13(7). <https://doi.org/10.3390/su13073996>
- Strandhagen, J. O., Vallandingham, L. R., Fragapane, G., Strandhagen, J. W., Stangeland, A. B. H., & Sharma, N. (2017). Logistics 4.0 and emerging sustainable business models. *Advances in Manufacturing*, 5(4), 359–369. <https://doi.org/10.1007/s40436-017-0198-1>
- Sundarakani, B., Ajaykumar, A., & Gunasekaran, A. (2021). Big data driven supply chain design and applications for blockchain: An action research using case study approach. *Omega (United Kingdom)*, 102. <https://doi.org/10.1016/j.omega.2021.102452>
- Sustainable, S., & Manufacturing, C. (2021). *Smart Sustainable City Manufacturing and Logistics : A Framework for City Logistics Node 4 . 0 Operations*.
- Sutawijaya, A. H., & Nawangsari, L. C. (2020). What is the impact of industry 4.0 to green supply chain? *Journal of Environmental Treatment Techniques*, 8(1), 207–213.
- Toktaş-Palut, P. (2022). Analyzing the effects of Industry 4.0 technologies and coordination on the sustainability of supply chains. *Sustainable Production and Consumption*, 30, 341–358. <https://doi.org/10.1016/j.spc.2021.12.005>

- Tozanlı, Ö., Kongar, E., & Gupta, S. M. (2020). Trade-in-to-upgrade as a marketing strategy in disassembly-to-order systems at the edge of blockchain technology. *International Journal of Production Research*, 58(23), 7183–7200. <https://doi.org/10.1080/00207543.2020.1712489>
- Tran-Dang, H., & Kim, D.-S. (2021). The Physical Internet in the Era of Digital Transformation: Perspectives and Open Issues. *IEEE Access*, 9, 164613–164631. <https://doi.org/10.1109/access.2021.3131562>
- Tu, L., Lv, Y., Zhang, Y., & Cao, X. (2021). Logistics service provider selection decision making for healthcare industry based on a novel weighted density-based hierarchical clustering. *Advanced Engineering Informatics*, 48(May), 101301. <https://doi.org/10.1016/j.aei.2021.101301>
- van Lopik, K., Schnieder, M., Sharpe, R., Sinclair, M., Hinde, C., Conway, P., West, A., & Maguire, M. (2020). Comparison of in-sight and handheld navigation devices toward supporting industry 4.0 supply chains: First and last mile deliveries at the human level. *Applied Ergonomics*, 82. <https://doi.org/10.1016/J.APERGO.2019.102928>
- Wahab, S. N., Rajendran, S. D., & Yeap, S. P. (2021). *LogForum AND SUPPLY CHAIN INDUSTRY FOR THE FOURTH INDUSTRIAL*. 17(3), 399–410.
- Yörükoğlu, M., & Aydin, S. (2020). Smart container evaluation by neutrosophic MCDM method. *Journal of Intelligent and Fuzzy Systems*, 38(1), 723–733. <https://doi.org/10.3233/JIFS-179444>
- Yu, Y., Zhang, J. Z., Cao, Y., & Kazancoglu, Y. (2021). Intelligent transformation of the manufacturing industry for Industry 4.0: Seizing financial benefits from supply chain relationship capital through enterprise green management. *Technological Forecasting and Social Change*, 172(June), 120999. <https://doi.org/10.1016/j.techfore.2021.120999>

# GESTIÓN DE OPERACIONES

---

# INDUSTRIALES

---



Esta obra está bajo una [Licencia Creative Commons Atribución 4.0 Internacional](https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/).



UNIVERSIDAD  
NACIONAL DE  
TRUJILLO

FACULTAD DE INGENIERÍA  
ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA INDUSTRIAL  
TRUJILLO, PERÚ  
Mayo, 2022

## Autonomous Machines in the Industry 4.0

**Kevin Alvarado, Kevin Grados, Daniel Llanos, Jorge Palomino,  
Álex Ramos, María Sipirán, Manuel Vásquez \***

\*Facultad de Ingeniería, Escuela de Ingeniería Industrial, Universidad Nacional de Trujillo. Av. Juan Pablo II s/n – Ciudad Universitaria, Trujillo, Perú.

Correo electrónico: [jpalomino@unitru.edu.pe](mailto:jpalomino@unitru.edu.pe)

---

### ABSTRACT

**Purpose** – This investigation is directed to show some examples of how these new technologies can help Mypes in the national industry to grow and improve their production values, focusing primarily in the technological branch of autonomous machines and AI learning of the 4.0 industry.

**Methodology** – This research article was composed using a systematic revision of numerous publications focused on the theme of our research using the Technological Vigilance Service of the Universidad Nacional de Trujillo.

**Findings**- After the research, a lot of applications were found of the autonomous machines of the industry 4.0 in different industries and with some possible uses in our national industry.

**Value** – In this research we can highlight some articles like the ones about the theorization of possible future use of laser science in the woodwork industry, with huge opportunities for the application in Mypes, the investigation about a classification system based on artificial intelligence, that shows us how it will be the future of logistics and a study about tendencies in the collaboration relationships between humans and robots, article that studies the actual relation between autonomous machines and human workers.

**Keywords**- Industry 4.0, Autonomous Machines, MYPE, Technological change

**Type of Article**- Investigation article

---

---

## Máquinas Autónomas en la Industria 4.0

---

### RESUMEN

**Propósito-** Esta investigación se direcciona a mostrar algunos ejemplos de cómo estas nuevas tecnologías pueden ayudar a las mypes manufactureras nacionales a crecer y mejorar sus índices de producción, enfocándonos principalmente en la rama de la tecnología 4.0 de las máquinas autónomas.

**Metodología** - Se empleó una revisión sistemática de varias publicaciones concernientes a nuestro tema de investigación en el Servicio de Vigilancia Tecnológica de la Universidad Nacional de Trujillo.

**Hallazgos-** Tras la investigación, encontramos numerosas aplicaciones de la tecnología de la industria 4.0, específicamente de máquinas autónomas siendo empleadas en distintas industrias y con posibles usos para la industria nacional.

**Valor-** Entre nuestra investigación podemos destacar algunos artículos como la teorización sobre el uso de la ciencia láser para mejorar la exactitud en el trazado de madera, con bastante potencial en aplicaciones para pequeñas empresas, la investigación sobre un sistema de clasificación de objetos basado en inteligencia artificial, que muestra como sería el futuro del almacenamiento inteligente, y un estudio sobre las tendencias entre la colaboración entre humanos-robots, artículo que estudia la actual relación que hay entre máquinas autónomas y operarios humanos.

**Palabras Clave-** Industria 4.0, Máquinas Autónomas, MYPE, Cambio Tecnológico

**Tipo de Artículo-** Artículo de Investigación

---

## 1. Introducción.

La presente investigación está enfocada principalmente a mostrar algunos ejemplos de cómo las nuevas tecnologías, que se están aplicando actualmente en el ámbito internacional, pueden ayudar a las mypes manufactureras nacionales a crecer y mejorar sus índices de producción, enfocándonos principalmente en la rama de la tecnología 4.0 de las máquinas autónomas, las cuales confiamos en que podrían ayudar a que nuestra industria de un paso adelante en el aspecto tecnológico.

El presente trabajo apunta principalmente a la pregunta:

¿Qué aplicaciones están teniendo actualmente las máquinas autónomas? ¿Qué ejemplos podrían beneficiar a la industria nacional, enfocando de manera prioritaria a las mypes?

## 2. Metodología.

Para el presente trabajo se empleó una revisión sistemática de varias publicaciones concernientes a nuestro tema de investigación. Para la búsqueda se empleó el Servicio de Vigilancia Tecnológica de la Universidad Nacional de Trujillo, específicamente, la sección de industria 4.0 referente a las máquinas autónomas. Se seleccionaron 22 artículos de los cuales se filtraron los que contenían temas más relacionados y con posibles aplicaciones al sector manufacturero de la carpintería. Tras el filtro, quedaron 15 publicaciones, las cuales fueron comprendidas y resumidas de manera comprensible para los lectores con un formato entendible y ordenado.

## 3. Revisión literaria.

### 3.1. CALIBRACIÓN AUTOMATIZADA DE SISTEMAS BASADOS EN LA TOMA DE HUELLAS DACTILARES RSS MEDIANTE UN ROBOT MÓVIL Y APRENDIZAJE AUTOMÁTICO.

Kolakowski, M. *Automated Calibration of RSS Fingerprinting Based Systems Using a Mobile Robot and Machine Learning*. Sensors 2021, 21, 6270. <https://doi.org/10.3390/s21186270>

#### 3.1.1. Objetivo

Describir un método automatizado para la calibración de sistemas de posicionamiento basados en huellas dactilares RSS

#### 3.1.2. Conceptos relevantes

- **Sistema de posicionamiento en interiores:** Red de dispositivos empleados para la localización inalámbrica de objetos o personas en el interior de un espacio cerrado.
- **BLE:** Tecnología Bluetooth de baja energía.
- **ANN:** Red artificial neural.
- **kNN:** Algoritmo basado en clasificación supervisada empleada para estimar la función de densidad.
- **Rango de RSS:** Método de posicionamiento en interiores, basado en la intensidad de señal recibida. Es decir, el valor de la potencia se convierte en una distancia entre la etiqueta localiza y los dispositivos del sistema que la captan. Estas distancias se procesan a través de algoritmos como la trilateración o el Filtro Kalman “Unscented”.
- **Toma de Huellas Dactilares.** Método de posicionamiento en interiores, en el que la etiqueta se localiza a través de una comparación de los valores RSS registrados con el mapa de radio que contiene información sobre la distribución de potencia de la señal en el área respectiva.

- **Mapa de radio.** Base de datos creada al configurar el sistema y compuesto por múltiples huellas dactilares.
- **Sensor LiDAR:** Técnica de teledetección óptica que emplea luz láser para medir distancias y ángulos de la superficie del terreno en las tres dimensiones.

### 3.1.3. Metodología

A través del uso de un robot móvil equipado con un sensor Li-DAR y una etiqueta del sistema, se realiza la calibración del sistema a través de 2 pasos: la cartografía del medio ambiente y la calibración de mapas de radio RSS. Para el primer paso, el mapeado se realiza con el sensor LiDAR adjunto al robot, el cual realiza escaneos estacionarios del área. Toda esta información es procesada a través del algoritmo SLAM, obteniéndose el mapeado del entorno. Para el segundo paso, se condujo el robot a través del área de despliegue del sistema. Con esto, el robot se localiza a sí mismo utilizando su sensor LiDAR, midiendo la intensidad de señales transmitidas por las redes del sistema y captadas por la etiqueta incorporada en sí mismo. Estos resultados son guardados junto con las ubicaciones derivadas del robot (x, y). Con esto, se obtiene una base de datos que se empleará para calibrar el sistema de posicionamiento y crear un mapa de radio completo.

### 3.1.4. Principales resultados

El método con actualizaciones de mapas específicos presentó un error medio de 1.1 m para ANN. El error medio para la toma de huellas dactilares kNN es de 0.87 m. Respecto al posicionamiento de una persona en movimiento, el error de trayectoria medio es de 0.4 m. Respecto a las soluciones robóticas, presenta un error de 0.72 m. Comparando estos resultados con literatura referente al tema, la precisión del método propuesto está a un nivel similar que esta.

### 3.1.5. Conclusiones y limitaciones

El método de calibración de mapas de radio diseñado en la presente investigación es completo, cubriendo desde el mapeo del entorno hasta la calibración del mapa de radio con ayuda de datos recopilados por un robot móvil. Empleándose un sistema de localización basado en BLE, se calculó un error de localización medio del robot de aproximadamente 0.87 m. El método puede ser útil en espacios donde hay una pequeña cantidad de usuarios, o si la calibración debe ser hecha rápidamente.

## 3.2. RAPTOR: UN DISEÑO DE UN ROBOT DE INSPECCIÓN DE DESAGÜES.

Muthugala, M.A.V.J.; Palanisamy, P.; Samarakoon, S.M.B.P.; Padmanabha, S.G.A.; Elara, M.R.; Terntzer, D.N. *Raptor: A Design of a Drain Inspection Robot*. *Sensors* 2021, 21, 5742. <https://doi.org/10.3390/s21175742>

### 3.2.1. Objetivo

Proponer un novedoso diseño de un robot de inspección de drenaje, Raptor, equipado con la función de seguimiento de drenaje autónomo.

### 3.2.2. Conceptos relevantes

- **RMSE:** Error cuadrático medio, también conocido como raíz de la desviación cuadrática media, que mide la cantidad de error que hay entre dos conjuntos de datos.
- **Capas de autonomía.** Niveles de autonomía de vehículos, que van desde la no automatización (nivel 0) hasta la automatización completa (nivel 5).
- **Capacidad de reconfiguración:** Capacidad que permite que el robot se adapte a diferentes superficies y terrenos de desagües.

- **Mecanismos Tuck-In y Tuck-Out:** Mecanismos que permiten replegar o desplegar accesorios adicionales de un cuerpo robótico.
- **ROS (Robot Operating System):** Es una suite robótica que permite el desarrollo de software para robots con la funcionalidad de un sistema operativo.
- **RaspberryPi:** Serie de ordenadores de placa reducida, única y de bajo costo, muy empleada para la elaboración de pequeños prototipos robóticos.

### 3.2.3. Metodología

Para el diseño del robot deben considerarse aspectos como los principios de su diseño, la reconfigurabilidad, el análisis estructural, el control y las capas de autonomía del robot.

Respecto a los principios del diseño, se consideraron los siguientes requisitos: capacidad para maniobrar en desagües estrechos; aptitud para viajar en diversos terrenos; ligereza y compactibilidad; capacidad para realizar giros cerrados; flexibilidad para montar sensores y actuadores; y capacidad para transportar cargas útiles.

Respecto al módulo de reconfiguración, se consideraron mecanismos Tuck-In y Tuck-out, para adaptarse a diferentes tipos de terrenos.

Respecto al análisis estructural, se simuló el esfuerzo y deformación máxima de la estructura a través de un modelo CAD mezclado con una malla tetraédrica.

Respecto a la arquitectura de Control, se empleó un módulo de locomoción con cuatro motores de engranajes metálicos de CC, controlados por controladores de motor separados a través del protocolo Universal Serial Bus (USB). Respecto al microprocesador, es de tipo RaspberryPi, con una velocidad de reloj de 1.2 GHz, con un procesamiento de autonomía ROS de alto nivel, permitiendo la comunicación directa con los controladores de motor. Se equipó el robot, además, con una cámara 435i RealSense, con transferencia directa a la unidad maestra ROS en una computadora personal, de sistema operativo Ubuntu 18.4.

Respecto a su autonomía e interfaz gráfica de usuario (GUI), emplea una interfaz basada en Unity 2019.4. La comunicación entre el robot y los dispositivos de control se realiza a través de Message Queue Server (MQTT), funcionalidad de ROS. Así mismo, para garantizar la detección y evitamiento de obstáculos, consta de un sensor LiDAR 2D.

### 3.2.4. Principales resultados

Los ruidos generados por la naturaleza rugosa de las paredes del drenaje son incluidos en la información del sensor de rango, en forma de variaciones de alta frecuencia  $e$ . Sin embargo, esto no impidió a que el robot navegara de forma adecuada a través del drenaje, demostrando así la capacidad de manejo de la incertidumbre del sensor del controlador propuesto.

El robot fue sometido a cinco pruebas:

- En el escenario A, el robot fue colocado sin error de rumbo ni desviación del centro. A pesar de existir oscilaciones  $e$ , el RMSE fue pequeño (3.8 cm). Por lo tanto, el desempeño del controlador incorporado en el robot fue aceptable.
- En el escenario B, con el fin de validar la capacidad del controlador para recuperar alguna descompensación del robot desde un rumbo paralelo centro del drenaje, se obtuvo una RMSE también de valor bajo (5.9 cm), por lo que el controlador sí es capaz de recuperarse de desviaciones durante sus operaciones.
- En el escenario C, con el fin de validar la capacidad del controlador para recuperar alguna descompensación del robot desde un rumbo no paralelo al centro del drenaje, el robot logró recuperarse con éxito y posicionarse en el medio del drenaje nuevamente.

- En el escenario D, el robot fue colocado inicialmente con errores de desplazamiento y de rumbo. El robot también se recuperó con éxito; sin embargo, su RMSE fue mayor (7.4 cm). Sin embargo, es un resultado aceptable, dadas las condiciones más complejas de recuperación.
- En el escenario E, se evaluó el comportamiento del controlador ante segmentos de drenaje con dirección en ángulo. Como los resultados anteriores, el robot fue capaz de girar hacia la nueva dirección, aunque con errores iniciales de desplazamiento y rumbo. No obstante, como en el escenario D, logró adaptarse rápidamente al nuevo segmento, por lo que el controlador es efectivo también ante estas situaciones.

El RMSE promedio tiene un valor de 6.6 cm, siendo una cantidad de desviación promedio desde la mitad del drenaje aceptable, comparándose con las dimensiones del robot y del drenaje.

### 3.2.5. Conclusiones y limitaciones

El robot de inspección de desagües propuesto está equipado con un mecanismo de eje de rueda adaptable a la altura y longitud del espacio del terreno donde hará sus operaciones. Así mismo, cuenta con un controlador difuso para que su movimiento esté centrado respecto a las paredes del drenaje mientras realiza su exploración. Esto lo hace valioso como herramienta para la mejora de inspección de drenajes.

## 3.3. DISEÑO DE UNA MÁQUINA AUTOMÁTICA PARA CLASIFICAR OBJETOS SEGÚN EL COLOR DETECTADO A TRAVÉS DE SENSORES DE COLOR Y CLASIFICADOS POR BRAZOS ROBÓTICOS.

Zurita Pérez, José Luis (2014). *Diseño de una máquina automática para clasificar objetos según el color detectado a través de sensores de color y clasificados por brazos robóticos*. Departamento de Eléctrica y Electrónica. Carrera de Ingeniería Electrónica e Instrumentación. ESPE. Extensión Latacunga.

### 3.3.1. Introducción

El desarrollo del sistema sensorial de los humanos ha evolucionado exponencialmente, por ejemplo, en una situación simple como abrir una puerta casi nunca representa algún problema, pero a nivel cerebral representa una enorme cantidad y complejidad que se debe procesar.

A través del tiempo los científicos, filósofos, artista e inclusive físicos han estudiado el color; desde el Homo Erectus que empezó a preguntarse el porqué del color rojo en la sangre o el negro del carbón en las hogueras.

### 3.3.2. Desarrollo

#### A. Descripción de elementos utilizados.

##### • Servomotor de modelismo Hitec HS-311:

Este tipo de motor especial incluye como parte principal un motor de corriente continua, además de una caja reductora y tablero de control electrónico.

##### • Sensor de proximidad SICK WL250-S132:

Este sensor fotoeléctrico es usado para encontrar objetos a grandes distancias. La sensibilidad de la luz roja visible tipo reflexión es indicado a través de un potenciómetro.

##### • Sensor de color TCS-230:

Este sensor es usado para convertir la luz recibida en una señal analógica o digital. Esta señal viene a ser directamente proporcional a la intensidad de la luz.

- **Servomotor AX-12A Smart Robotic Arm:**

Este es un actuador modular inteligente que tiene incluido en su sistema un motor de corriente continua, un reductor y el circuito de control con funciones de red.

- **Controlador USB2Dynamixel:**

Este dispositivo sirve para controlar directamente a los servomotores Dynamixel AX, DX y RX a través de la computadora.

## **B. Diseño del Hardware.**

- **Brazo Robótico AX-12A Smart Robotic Arm:**

Este dispositivo inteligente es usado para el movimiento de las articulaciones. Es necesario que los servomotores Dynamixel AX-12<sup>a</sup> tengan una buena velocidad y un gran torque para su excelente funcionamiento. Este brazo robótico debe ser compatible con los programas para computadora de Matlab o LabVIEW, entre otros.

- **Estructura para el Sistema:**

La madera es un material versátil y resistente para la construcción de esta estructura y es diseñado básicamente con Autocad. La estructura del sistema contiene una cinta transportadora, cajas donde se introduce las fuentes de alimentación, una caja de control y espacios de almacenamientos por color.

## **C. Diseño del software.**

- **Adquisición de Datos:**

Los datos analógicos y digitales son necesarios que se conviertan a señales para que la computadora y el software de LabVIEW pueda entenderlos y en consecuencia procesarlos. Para esto se utiliza DAQ 6008 que cuenta con entradas analógicas y digitales y estas son configuradas desde el software para posteriormente se conviertan la señales según la necesidad del usuario.

- **Sensor de Color con la Salida Analógica:**

El sensor de color TCS-230 tiene un voltaje de entrega entre 0 y 5V, por lo que necesariamente se conecta directamente a las entradas analógicas del dispositivo de adquisición de datos DAQ 6008, posteriormente el equipo devuelve un voltaje para cada color detectado.

- **Sensor de Color con la Salida Digital:**

El microcontrolador PIC16F628A se conecta a un dispositivo que tenga conexión y comunicación UART, este se usa para enviar datos hasta el sensor de color.

- **Brazo Robótico:**

Para controlar el brazo robótico es necesario el controlador USB2Dynamixel que se puede utilizar con diversos programas como Matlab, LabVIEW, Visual Basic, Python, entre otros similares.

### **3.3.3. Resultados**

#### **(i) Prueba del generado de pulsos**

Se calculan los valores de R1 que se encuentra en el rango de 230K $\Omega$  y 260K $\Omega$  y para R2 que están en el rango de 15K $\Omega$  y 29K $\Omega$ . Para variar el ancho de pulso tenemos que cambiar el potenciómetro y en consecuencia los valores de R1 y R2 variarán.

**(ii) Prueba de la Modificación del Servomotor Hitec HS-311**

Al modificar el servomotor se le puede controlar la velocidad y también invertir el giro. Al momento de realizar las pruebas el ancho del pulso es de 1ms girando el servomotor a su máxima velocidad en un sentido y si cambiamos el valor del pulso a 2 ms el servomotor gira en el sentido contrario a su máxima velocidad, en cambio si el valor del pulso es de 1.5 ms el servomotor deja de girar y se queda estático.

**(iii) Prueba del Sensor de Proximidad SICK WL250-S132**

Se debe hacer pruebas con un objeto a distintas distancias y diferentes sensibilidades del sensor para poder encontrar los rangos de detección del sensor.

**(iv) Pruebas del Sensor de Color TCS-230**

A mayor nivel de intensidad luminosa que llega sobre el objeto mayor es el voltaje de salida, es lo que nos demuestra las pruebas del sensor de color TCS-230

**(v) Pruebas del Brazo Robótico AX-12A Smart RoboticArm**

En esta prueba encontramos el área de trabajo que utiliza el brazo robótico.

**3.3.4. Conclusiones**

- El dispositivo que detecta cubos de color rojo, verde y azul a través del sensor de color logra clasificar los objetos en el lugar establecido cumpliendo los objetivos del proyecto.
- El sensor de proximidad nos permite cambiar la sensibilidad y esto determina la distancia de la detección.
- La distancia máxima de detección recomendada es de 8 centímetros, aunque puede detectar hasta 11.5 cm, no es recomendado ya que se obtienen errores de detección.
- La salida analógica del sensor de color es variable y esta depende si se analiza colores claros o también colores oscuros.
- Al analizar el color del objeto a diferentes distancias, esta entrega también diferentes valores analógicos que depende de la distancia. Si es objeto está cerca, la salida analógica es menor y viceversa, si el objeto está más lejos, la salida analógica es mayor.
- Si el sensor de color está aislado de la luz ambiental, esta entrega una salida analógica con una variación menor, esto es debido a que la luz en la zona del sensor de color es constante.
- Los colores claro absorben menor cantidad de luz a diferencia de los colores oscuros.
- La salida analógica del sensor de color es menos segura respecto a la salida digital, ya que esta obtiene un error de cero.

**3.3.5. Recomendaciones**

- La luz debe ser constante lo mayor posible, sino el proceso podría no funcionar correctamente.
- Se debe tener en cuenta las características y parámetros técnicos de cada dispositivo antes de conectarlos para poder evitar posibles errores y daños en los dispositivos.
- Debemos tener siempre en cuenta las unidades en las que se está trabajando para realizar los cálculos y obtener los valores deseados.

- Se debe tener en cuenta que el tiempo en alto es mayor y viceversa al momento de diseñar el generador de pulsos.
- Al momento de modificar el servomotor hay que retirar los engranajes de la caja reductora y tomar una fotografía para que al momento de volver a ensamblarlo no tener inconvenientes.
- Se debe tener cuidado al momento de extraer la pestaña limitadora de giro del servomotor, ya que puede dañar el engranaje.
- Cuando sustituimos el potenciómetro del servomotor hay que colocar dos resistencias del mismo valor y que al sumarlas den el valor del potenciómetro.
- Para evitar posibles errores debemos aislar el sistema de la luz ambiental.

### 3.4. ESTIMACIÓN DE ORIENTACIÓN DE UN VEHÍCULO AÉREO NO PILOTADO CON SENSORES INERCIALES Y APRENDIZAJE DE MÁQUINA

Fonnegra, R.; Goez, G.; Tobón, A. (2019). *Estimación de orientación de un vehículo aéreo no pilotado con sensores inerciales y aprendizaje de máquina*. Revista Iberoamericana de Automática e Informática. 16(4):415-422. <https://doi.org/10.4995/riai.2019.11286>

#### 3.4.1. Resumen

Existen alternativas aplicativas de los vehículos aéreos no tripulados (UAV) que pueden comprometer la integridad humana. Para aumentar considerablemente la autonomía de los vehículos aéreos no tripulados es necesario considerar la inteligencia artificial y en consecuencia aumentar sus capacidades de navegación en los distintos entornos donde se presente. El presente experimento evalúa una estimación de orientación e inclinación, usando los algoritmos de aprendizaje automático representado en una planta dinámica con x cantidad de rotores.

En el experimento se propone recopilar datos de unidades de medición inercial, estas ubicadas sobre una placa de un vehículo aéreo no tripulado y someterlo a distintas inclinaciones antes que sean clasificados. Los resultados del experimento se reportando usando algoritmos de k vecinos cercanos, maquinaria con soporte vectorial y de Bayes que muestran eficiencia en su reconocimiento. Esto nos reporta una precisión de hasta el 99%. Estos algoritmos son combinados con técnicas de control muy robustas, y son ideales para implementarse en sistemas con capacidad de procesamiento limitado.

#### 3.4.2. Introducción

En los años 40 del siglo XX se empezaron a utilizar dispositivos que cierta forma tenía autonomía. A partir de eso se empezó a desarrollar diversas plataformas con distintas aplicaciones de las cuales predomina esta necesidad de controlar los vehículos de forma remota. En el contexto mencionado se encuentra el envío de naves espaciales controlados desde la Tierra, los vehículos aéreos con la misión de vigilar y combatir. Pero hace poco se propuso nuevas aplicaciones para los vehículos no tripulados aéreos, como los sistemas de vigilancia, monitorear campos de cultivo, operaciones de búsqueda y rescate solo por mencionar algunos. Estas nuevas aplicaciones mencionadas demandan un sistema computacional robusto y de control en los vehículos aéreos no tripulados con la finalidad de aumentar la confiabilidad y seguridad de estos complejos sistemas de navegación, el cual está relacionado directamente con la capacidad del vehículo de percibir el medio en el cual está navegando como el aire.

#### 3.4.3. Materiales y Métodos

##### • Etapa de adquisición, Base de datos y pre procesamiento:

Para diseñar el algoritmo se tuvo en cuenta una base de datos experimental con información obtenida de un acelerómetro y giroscopio que fueron instalados sobre la placa de un vehículo

aéreo no tripulado. Luego para propósitos del experimento se modifica su orientación y posición con la finalidad obtener una inclinación para posteriormente medirla.

#### 3.4.4. Resultados

Se utiliza una validación cruzada con la finalidad de hacer una clasificación efectiva y confiable de la inclinación de los vehículos aéreos no tripulados, para ellos utilizamos 10 subconjuntos dada su significancia estadística. Además, consideramos que los datos estén estratificados con la finalidad de evitar posibles sesgos debido al desbalanceo entre nuestras muestras al momento de ajustar los parámetros.

El algoritmo de Bayes reporta los resultados con una tasa de reconocimiento de 0.948 Este clasificador tiene la menor tasa de reconocimiento en los clasificadores, pero a pesar de eso tiene el menor tiempo de procesamiento. Esta tasa obtenida es debido a la regla usada para la estimación de instancias que no requiere complejidad matemática para encontrar su solución. El algoritmo mostrado obtiene resultados prometedores para implementarlo en sistemas reales aéreos no tripulados teniendo un bajo costo y limitadas prestaciones.

#### 3.4.5. Conclusiones

En el presente proyecto se muestra el uso de diversos algoritmos de aprendizaje computacional con la finalidad de encontrar la inclinación adecuada de un vehículo aéreo no tripulado y obtener la orientación en tiempo de vuelo del que desconocemos el modelo cinemático. Las técnicas utilizadas nos muestran la efectividad al presentar los resultados obteniendo tasas de acierto notables en el justificado problema de identificar la inclinación del vehículo aéreo no tripulado.

Se utilizaron clasificadores de maquinaria con soporte vectorial, k vecinos cercanos y Bayes para el reconocimiento. Esto resultados que se obtuvieron son prometedores que varían entre 0.95 y 0.99 en la tarea de la identificación de la inclinación. Además, se reporta los tiempos que en promedio clasifica cada instancia en los algoritmos usados, una vez que fueron ajustados los parámetros de cada modelo.

### 3.5. AUTOMATIZACIÓN DE UNA CELDA MANUFACTURERA ROBOTIZADA

Sánchez, I., & Martell, F. (2019). *Automatización multinivel de celda de manufactura robotizada utilizando máquinas de estados finitos*. Revista Ingeniería, investigación y tecnología, 40-52.

#### 3.5.1. Objetivo

Diseñar una propuesta para automatizar cada subsistema de una celda de manufactura de manera que estén coordinadas mediante una máquina de estado.

#### 3.5.2. Conceptos relevantes

- **Celda de manufactura:** Conjunto de máquinas o estaciones de trabajo que están conectadas que permite descomponer el sistema en unidades más simples que fabrican una familia de partes.
- **Automatización:** Sistema mediante el cual las tareas de producción, a menudo realizadas por humanos, se transfieren a un conjunto de elementos tecnológicos.
- **Sensor:** Instrumento electrónico que detecta algún modelo de entrada del entorno físico y responde a él y convierte estas señales de salida en una pantalla que el operador puede leer.
- **Actuador:** Componente que utiliza la energía recibida para activar un proceso automatizado. El actuador es capaz de efectuar su función en base a la información recibida de los controles, a partir de la cual se genera un comando del actuador, que puede ser hidráulico, neumático, eléctrico o mecánico.

- **Máquina de estados:** El prototipo de comportamiento de un sistema describe paso a paso la secuencia o proceso a realizar, incluidas las acciones a ejecutar. Se puede utilizar una representación gráfica o tabular de la máquina de estado.
- **Programación PCL:** Es una plataforma de automatización muy utilizada, sin embargo, su programación depende no solo del dominio de un lenguaje de programación en particular sino también de la práctica y método de cada programador.
- **Programación HMI:** También llamada interfaz hombre-máquina, es el vínculo entre el proceso y el operador; básicamente es un panel de control. Es la herramienta principal que utilizan los operadores y supervisores para organizar y controlar los procesos industriales y de fabricación.

### 3.5.3. Metodología

Se graficó utilizando el modelo de máquina de estados, mediante simbologías que representen etapas, acciones o transiciones correspondientes para cada unidad del sistema. Además, se utilizó un método de programación para facilitar la integración de las distintas unidades y celdas de procesamiento, así como la modificación y depuración de programas.

### 3.5.4. Resultados

La automatización de la celda de producción se desarrolló e integró utilizando una máquina de estado (se requiere código de programación y operación). En cuanto al funcionamiento de la celda, se han cumplido las especificaciones recomendadas: activación de actuadores (modo manual), funcionamiento individual de cada unidad (modo semiautomático) y unidades integradas (modo automático), se ha producido un desarrollo ordenado de la automatización de varios niveles altos, tanto para la programación de PLC como la HMI, y lograr la coordinación de unidades en la celda.

### 3.5.5. Conclusiones

Es posible diseñar una propuesta para automatizar cada subsistema de una celda de producción utilizando máquinas de estado, que no solo es una herramienta de análisis sino también un modelado de soluciones de control y programación. Programación estructurada de PLC, incluyendo el desarrollo de una interfaz hombre-máquina que proporciona virtualización completa. Mediante el método de programación, se facilita la integración de varias unidades y la manipulación celular, así como la modificación y depuración del programa.

## 3.6. USO DE LA CIENCIA LÁSER PARA MEJORAR LA EXACTITUD EN EL TRAZADO DE MADERA EN CARPINTERÍAS

Gordón, M., Gordón, D., & Revelo, R. (2021). *Corte por láser con Raspberry Pi para el trazado en los talleres de carpintería*. . Revista Dilemas Contemporáneos: Educación, Política y Valores, , 21-40.

### 3.6.1. Objetivo

Ofrece una propuesta de uso de tecnología láser con Rasperry PI para carpintería para mejorar la precisión del marcado en madera.

### 3.6.2. Conceptos relevantes

- **Corte:** Técnica en la que una sierra de mano es paralela a la veta de la madera en toda su longitud. Para obtener un buen corte, no aplique demasiada presión y la sierra debe funcionar en la mayor parte de su longitud.
- **Láser con Rasperry PI:** Dispositivo que utiliza la emisión estimulada para crear o amplificar radiación electromagnética de longitudes de onda o radiación luminosa, que da como resultado un haz de luz que viaja a la velocidad de la luz.

- **Trazado:** Se trata de reconstruir sobre la superficie de una chapa o parte de las dimensiones o referencias requeridas para el desarrollo de posteriores procesos mecánicos de fabricación (taladrado, conservación, corte, entubado, etc.). En definitiva, es el dibujo sobre papel lo que quieres conseguir.
- **Taller:** Campo en el que las instalaciones mecánicas, los equipos y otros medios de trabajo se organizan adecuadamente, de acuerdo con características que pueden representar el trabajo realizado por la idea del carpintero.

### 3.6.3. Metodología

Los métodos utilizados para el procesamiento de la información son analíticos - de síntesis, inductivos - deductivos y sistemáticos; De esta manera, el problema analizado se divide en partes, con el fin de realizar un estudio individual de sus componentes y los resultados recolectados se puedan generalizar a otros talleres de carpintería.

### 3.6.4. Resultados

Los talleres no cuentan con las herramientas tecnológicas para realizar una trazabilidad más precisa en la industria de la madera y el mueble.

Por ello se planeó y desarrolló un sistema de corte por láser con Raspberry PI para mejorar la precisión del trazado de la madera, en las carpinterías de Tulcán, sin utilizar cortadoras láser. Proceso de corte, este sistema es ideal para pre-cortes y cortes finales, pudiendo ser utilizado para definir superficies, modificar siluetas o piezas de trabajo y no crear rebabas en buenos casos.

### 3.6.5. Conclusiones

Al implementar sistemas de corte por láser, podemos mejorar el diseño y acabado de los cortes en madera, mejorar los procesos, lograr la excelencia en el acabado y la innovación en los productos que ofrecerán a sus clientes.

## 3.7. PROGRAMACIÓN DE ROBOTS MEDIANTE DEMOSTRACIÓN CON REALIDAD AUMENTADA

Soares, I., Prety, M., & Moreira, P. (2021). *Programming Robots by Demonstration Using Augmented Reality*. *Sensors*, 21-34.

### 3.7.1. Objetivo

Desarrollar un prototipo industrial de un sistema de interacción hombre-máquina mediante Realidad Aumentada que permita que un operador sin experiencia en programación pueda programar un robot.

### 3.7.2. Conceptos relevantes

- **Realidad aumentada:** Instrumentos tecnológicos que brindan una experiencia interactiva para usuarios de una variedad de dimensiones virtuales y físicas, con la utilización de dispositivos digitales.
- **Traductor de programas:** Este es un tipo de software que tiene como función convertir código de un lenguaje de programación a otro. En este estudio, el paquete ROS está diseñado para implementar dos ensambladores, uno para cada lenguaje de programación de robot requerido (URScript y RAPID).
- **Algoritmo informático:** Consiste en un conglomerado de instrucciones específicas, ordenadas y finitas para resolver un problema o realizar una tarea, mediante código, de manera que podamos decirle a la máquina que queremos que lo haga. Qué acciones deben tomarse. Entonces, un

programa de computadora no será más que un conjunto de algoritmos dispuestos y codificados en un lenguaje de programación para que puedan ejecutarse en una computadora.

- **Registro de ruta:** Su objetivo es crear una sintaxis general para localizar un recurso de red, como un archivo, carpeta o impresora compartidos.
- **Universal Robots UR5:** Este es un robot industrial colaborativo ligero diseñado para aplicaciones de capacidad media. El objetivo general del desarrollo de este robot es la flexibilidad y la adaptabilidad. El método elegido es la secuencia de comandos porque permitirá la comunicación entre el ROS y el controlador UR5 a través de un conector TCP / IP.
- **ABB IRB 2600:** Es un robot industrial, al no ser un robot colaborativo, no contaba con sensores de seguridad de fuerza y presión. El modo de controlador del robot se definió como semi-manual, lo que significa que la velocidad se reduciría automáticamente a la mitad y el robot solo se movería cuando el usuario estuviera presionando un botón en su colgante de enseñanza; en el momento en que el usuario suelta el botón, el robot se detiene.

### 3.7.3. Metodología

A través del sistema AR (Realidad Aumentada) se programa dos robots (Universal Robots UR5 y ABB IRB 2600) utilizando dos fases: la adquisición de los datos de la trayectoria del robot y la traducción de las coordenadas de la mano del operador al lenguaje del robot.

### 3.7.4. Resultados

El sistema se dividió en dos partes diferentes: la aplicación AR que registraría los movimientos de la mano del operador, y luego los traductores que transformarían las coordenadas de la trayectoria registrada al lenguaje del robot requerido. La interacción con la interfaz se realiza mediante gestos con las manos y ventanas emergentes, evitando el uso de botones que podrían confinar al usuario a una zona específica. Para probar el sistema desarrollado y validarlo, se realizaron algunos experimentos para demostrar el concepto propuesto inicialmente, se optó por dibujar figuras geométricas, porque sería fácil verificar si el robot era capaz de replicar la trayectoria. Estos experimentos se consideraron exitosos en ambos robots, ya que pudieron replicar la ruta registrada. Vale la pena mencionar que la orientación y la velocidad impuestas en estos experimentos fueron siempre las mismas, aunque pueden modificarse de acuerdo con la aplicación de cada robot.

Los resultados obtenidos permitieron demostrar que si se puede permitir que un operador programe un robot mediante demostración utilizando tecnología AR. Este trabajo utilizó dos robots, uno colaborativo y otro industrial, sin embargo, la aplicación fue construida para agregar fácilmente nuevos. Para eso, el programador solo necesita insertar los parámetros del robot para definir su espacio de trabajo y construir el traductor correspondiente.

### 3.7.5. Conclusiones

Se proporciona una solución viable, sin esfuerzo y económica para la programación de robots por demostración, sin necesidad de conocimientos de programación. El objetivo principal de este trabajo es evitar el uso de marcadores, proporcionando un método de registro de ruta suave y sencillo. Además, este enfoque es computacionalmente liviano en comparación con otras técnicas de aprendizaje de demostración, como los enfoques de aprendizaje automático.

Para integrar estos sistemas a la industria, se deberían considerar algunas observaciones con respecto a la ejecución del robot, se puede aumentar la velocidad y ajustar el radio de precisión deseada de la ejecución de la trayectoria.

### **3.8. PROGRAMACIÓN PREVENTIVA DE TAREAS CON RECUPERACIÓN DE FALLOS PARA SISTEMAS MULTI-ROBOT: UN NUEVO ACERCAMIENTO A LA LOGÍSTICA AUTOMATIZADA DE FÁBRICAS INTELIGENTES.**

Kalempa, V.C.; Piardi, L.; Limeira, M.; de Oliveira, A.S. *Multi-Robot Preemptive Task Scheduling with Fault Recovery: A Novel Approach to Automatic Logistics of Smart Factories*. *Sensors* 2021, 21, 6536. <https://doi.org/10.3390/s21196536>

#### **3.8.1. Objetivo**

Investigar una mejora de la programación de tareas (MRTA) para sistemas multi-robot (MRS) que tenga en cuenta recuperaciones para fallos logísticos.

#### **3.8.2. Metodología**

La Programación Preventiva de Tareas con Recuperación de Fallos fue probada en un almacén creado con realidad aumentada basado en el almacén real de una empresa brasileña. Se compararon los resultados con otras programaciones ya conocidas para determinar cuál era la más óptima en esta simulación.

#### **3.8.3. Conceptos relevantes**

##### **• Sistema Multi-Robot (MRS):**

Un sistema multi - robot es aquel compuesto por dos o más robots diseñados para realizar tareas conjuntas y alcanzar objetivos comunes. Para que puedan realizar sus tareas conjuntas es necesario que interactúen y se comuniquen entre los robots del sistema. Como en la robótica aplicada en ambientes reales, también se debe tener en cuenta la incertidumbre que siempre conlleva la robótica móvil.

##### **• Localización de Tareas para MRS (MRTA):**

Programación que distribuye las tareas de los robots pertenecientes al MRS. Es muy empleado en los almacenes actuales, pero tiene ciertas desventajas como no poder responder ante fallos, cambios bruscos de prioridad o dependencia entre tareas.

##### **• Programación Preventiva de Tareas con Recuperación de Fallos para MRS (MRPF):**

Es un sistema MRTA mejorado capaz de responder rápidamente a cambios de prioridad, fallos en los procesos y adaptable a la dependencia entre tareas. Fue puesto a prueba con resultados positivos en esta investigación en un almacén de realidad aumentada basada en un almacén real.

#### **3.8.4. Resultados**

La programación preventiva de tareas con recuperación de fallos (MRPF) reportó rutas más cortas y mejor optimizadas para el desplazamiento de las máquinas autónomas en el almacén que otras programaciones antes probadas.

#### **3.8.5. Conclusiones**

El MRPF, una nueva propuesta para el diseño de distribución de sistemas multi-robots, tiene en cuenta las restricciones de los robots, las tareas, la prioridad de sus deberes y los recursos que necesitan para su funcionalidad. El MRPF se enfoca en la distribución durante la ejecución, administrando las interacciones de trabajo, los recursos e introduce nuevas mejoras dinámicas como la capacidad de cubrir fallos en los procesos.

### **3.9. INVESTIGACIÓN DE SISTEMA DE CLASIFICACIÓN DE OBJETOS BASADO EN DEEP LEARNING.**

Zhang, H.; Liang, H.; Ni, T.; Huang, L.; Yang, J. *Research on Multi-Object Sorting System Based on Deep Learning*. Sensors 2021, 21, 6238. <https://doi.org/10.3390/s21186238>

#### **3.9.1. Objetivo**

Construir un sistema de clasificación multi-objetos para robots que se encarguen de clasificar automáticamente cargas mediante Deep Learning.

#### **3.9.2. Metodología**

Se entrenó a un robot Epson C4-A901 con una cámara cinética, un servidor Linux y un cliente de Windows. El robot Epson se colocó a un lado de la mesa de pruebas y la cámara cinética al lado opuesto. Se configuró para que la cámara y el robot tuvieran una relación ojo-a-mano y se entrenó con Deep Learning para diferenciar distintos objetos y manipularlos dependiendo de su percepción.

El sistema consistía en la cámara cinética que enviaba la posición y forma de los objetos a la computadora, un sistema de reconocimiento de la clase de objeto y los controladores del robot que calculaban los movimientos y ordenaban su función.

#### **3.9.3. Conceptos relevantes**

- **Deep Learning:** Un tipo de Machine Learning que entrena a una computadora para realizar tareas como si fuera un ser humano, tal como reconocer el habla, hacer predicciones o identificar imágenes u objetos. No emplea ecuaciones predefinidas, sino que enseña a la computadora a adaptarse reconociendo ciertos patrones.

#### **3.9.4. Resultados**

Se reportaron algunos fallos en la manipulación de algunos tipos de objetos, mayormente en los de forma irregular, pero en todas las clases de objetos pasó el 90% de éxito, alcanzando hasta el 100% en algunas categorías. Por otro lado, la detección de la clase de objeto y el orden de atención según la clase fue completamente acertada, sin reportar ningún error en estos aspectos.

#### **3.9.5. Conclusiones**

El sistema de clasificación multi-objetos presentó resultados satisfactorios. El sistema funcionó correctamente: la cámara cinética enviaba la localización de los objetos, el sistema de reconocimiento reportaba el tipo de objeto con su posicionamiento y los controladores del robot se encargaban de calcular y comandar los movimientos del robot para la manipulación. En un futuro probablemente se pueda aplicar en situaciones reales diarias con un poco más de profundización en el entrenamiento mediante Deep Learning.

### **3.10. APLICACIONES AL LÍMITE DE MECATRÓNICA A TRAVÉS DEL CONTROL DE MOVIMIENTO INTELIGENTE.**

Cech, M.; Beltman, A.-J.; Ozols, K. X. *Aplicaciones Al Límite De Mecatrónica A Través Del Control De Movimiento Inteligente*. Appl. Sci. 2021, 11, 8337. <https://doi.org/10.3390/app11188337>

#### **3.10.1. Objetivos**

A menudo que transcurre el tiempo se han anunciado muchos logros tecnológicos en las diferentes áreas y campos. Los sistemas mecatrónicos inteligentes se enfrentan a diferentes limitaciones de velocidad, precisión, adaptabilidad, tamaño, autodiagnóstico. Ante ello deben de adaptarse.

- (i) Es necesaria la adaptación rutinaria de las máquinas a nuevos entornos y productos (Autoadaptación).
- (ii) Las máquinas/robots a menudo deben trabajar en líneas de producción con varias etapas en las cuales son complejas con cero defectos, por lo tanto, deben ser totalmente conectables a las capas superiores de la fábrica y proporcionar información de autodiagnóstico/inspección, y seguir con la línea de la Industria 4.0

### 3.10.2. Conceptos relevantes

- **BB:** Building block (Bloques de construcción)
- **RT:** Real time (Tiempo real)
- **CNC:** Computer numerical control (Control numérico por computadora)

### 3.10.3. Metodología

Los desarrolladores deben de tomar en cuentas algunas exigencias que no entre las áreas tecnológicas, las cuales son:

*Caso 1:* los avances en los sensores industriales inalámbricos y los protocolos no se concentran lo suficiente en la baja intensidad y sincronización, y esto es esencial para sistemas mecatrónicos rápidos y precisos.

#### • Las fresadoras inteligentes (basadas en CNC):

Están optimizadas para dominios de alta productividad en diferentes campos. El cabezal de fresado es el más importantes que tiene un impacto directo en la calidad de la producción, depende ello el tipo de producto que se brindará. Inteligente nodos inalámbricos capaces de recoger datos en tiempo real (RT) sobre el rendimiento del cabezal de fresado de una máquina. A nivel de sistema, los sensores siguen la estructura de BB2 (Red inalámbrica rápida que garantiza una transferencia de datos segura y mejora las precisiones en las mediciones). Este conjunto de sensores incluye sensores de vibración basados en acelerómetros, sensores de proximidad, sondas inalámbricas de temperatura y preprocesamiento de datos electrónicos integrados.

### 3.10.4. Conclusiones

Se documenta que los límites de rendimiento en los sistemas mecatrónicos con elementos móviles son a menudo creados por deficiencias en la integración rápida de subsistemas altamente interoperables (sensores, SW, HW, actuadores, etc.). Mencionemos que las aplicaciones descritas se encuentran actualmente en el mercado. La demanda de nuevos bloques de construcción y cadenas de herramientas para la integración surge de la necesidad de situar esos dispositivos en la clase de calidad superior, es decir convertirlos en productos punteros.

En un trabajo a futuro está claro que las innovaciones tecnológicas son bastante ágiles, y como consecuencia en una futura colaboración se integrará un sistema de control para poder apoyar el mantenimiento predictivo y producción con cero defectos.

## 3.11. TENDENCIAS ENTRE LA COLABORACIÓN ENTRE HUMANOS-ROBOTS Y ASPECTOS DE SEGURIDAD: UNA REVISIÓN SISTEMÁTICA.

Arents, J.; Abolins, V.; Judvaitis, J.; Vismanis, O.; Oraby, A.; Ozols, K. “Tendencias entre la colaboración entre Humanos-Robots y aspectos de seguridad: Una revisión sistemática” J. Sens. Actuator Netw. 2021, 10, 48. <https://doi.org/10.3390/jsan10030048>

### 3.11.1. Objetivos

Los nuevos métodos de interacción están mejorando los despliegues de HRC en el mundo real, sin embargo, la seguridad de acuerdo con la seguridad norma: ISO/TS 15066 debe tenerse en cuenta para adoptar las nuevas tecnologías de forma segura. El HRC puede dividirse en tres niveles diferentes, como son la coexistencia, la cooperación y la colaboración. Los niveles de colaboración están directamente relacionados con la forma en que el trabajador humano y el robot interactúan entre sí a través de sus espacios de trabajo.

### 3.11.2. Conceptos relevantes

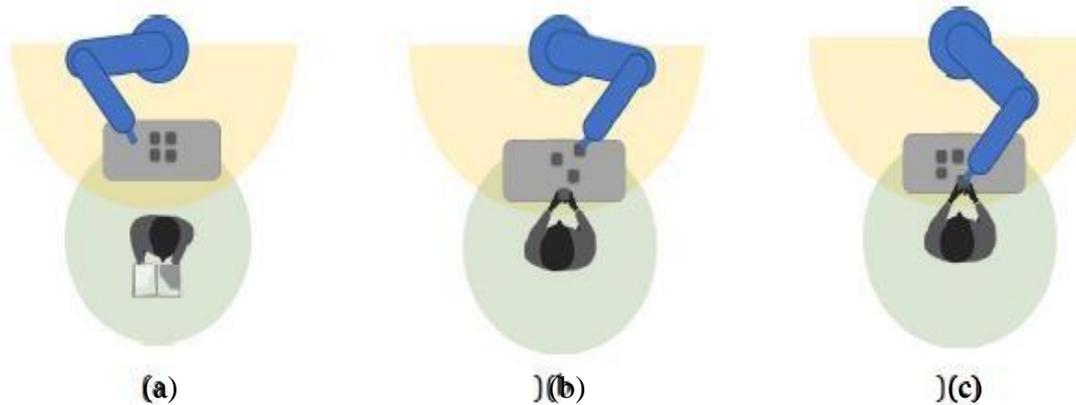
- **AI:** Artificial intelligence
- **HRC:** human robot collaboration (Colaboración humano robot)
- **SW:** Shared workspace (espacio de trabajo compartido)
- **WW:** workers' workspaces (Espacio de trabajo de humanos)
- **RW:** Robot workspaces (Espacio de trabajo de humanos)
- **HRI:** robot human interaction (Interacción humano\_robot)

Niveles de colaboración:

- (i) Coexistencia: el humano trabaja en un espacio compartido (parcial o totalmente) con un robot sin compartir objetivos.
- (ii) Cooperación: el ser humano y el robot trabajan hacia un objetivo común en un espacio compartido (parcial o totalmente).
- (iii) Colaboración: el humano y el robot trabajan simultáneamente en un objeto compartido en un espacio compartido.

**Figura 1.**

*Niveles de colaboración para este estudio (a) coexistencia (b) Cooperación (c) Colaboración.*



### 3.11.3. Metodología

El estudio siguió cuatro etapas consecutivas: identificación, cribado, elegibilidad e inclusión.

- (i) **Identificación:** Se realizaron la búsqueda de artículos en diferentes páginas como Scopus y Web of Science donde se encontraron 193 artículos relacionados con la colaboración humano robot.
- (ii) **Revisión:** Se realizaron filtros como si está en inglés, no es un artículo y si trata de la HRC, dando como resultado 51 artículos.

- (iii) Elegibilidad: Se examinó cada artículo completamente y verificaron si el artículo está disponible, en inglés, no es un artículo y si trata de HRC, dando como resultado 46 artículos.
- (iv) Inclusión: Los artículos elegidos fueron extraídos los diferentes parámetros como • Sensores/dispositivos utilizados para el HRC, Algoritmos para HRC, Nivel de colaboración, Acción de seguridad, Normas utilizadas para el HRC.

#### 3.11.4. Debate

Teniendo en cuenta todos los posibles peligros que pueden suponer los robots industriales, la seguridad debe ser la máxima prioridad a la hora de establecer una célula de trabajo HRC.

- La coexistencia puede considerarse como el nivel más bajo de HRC, en el que el humano y el robot trabajan en un espacio compartido sin compartir objetivos; en consecuencia, el robot necesita realizar si un humano entra en el espacio de trabajo del robot o la velocidad del robot debe ajustarse en función de la distancia entre el humano y el robot.
- La cooperación es similar a la coexistencia, el humano y el robot también trabajan en un espacio compartido, pero en la cooperación tienen un objetivo compartido. Todas las acciones de seguridad de la coexistencia siguen estando presentes en la cooperación
- La colaboración puede considerarse el nivel más alto de HRC, en el que el humano y el robot trabajan simultáneamente en el objeto compartido.

#### • *Métodos de interacción entre humanos y robots para una colaboración más intuitiva*

Establecer un método de trabajo HRC no significa cambiar sólo el robot; hay que rediseñar todo el proceso observando sobre las normas de seguridad. Algunas de las soluciones revisadas proponen nuevos métodos de interacción humana, por lo que uno de los objetivos de la HRI es desarrollar formas más naturales de interacción entre humanos y robots.

#### • *Colaboración eficaz y segura mediante la formación virtual*

El HRC puede ser una forma segura de aumentar la eficacia en la fabricación y hacer frente a la escasez de mano de obra humana. No se puede alcanzar todo el potencial del HRC sólo desarrollando nuevos métodos de HRI y mejorando los existentes. El proceso de HRC será eficiente cuando ambas partes trabajen en armonía, lo que significa que el humano debe aprender a colaborar eficazmente con el robot.

#### • *Beneficios de la colaboración entre humanos y robots*

El HRC puede considerarse un paso entre la fabricación tradicional y la fábrica totalmente automatizada dentro de las grandes empresas. Sin embargo, el HRC puede aumentar significativamente la eficacia de las pequeñas y medianas empresas (PYMES) también a largo plazo ya que para conseguir una fabricación ágil se necesitan menos fondos que para rediseñar toda la fábrica

#### 3.11.5. Conclusiones

- El aspecto de la seguridad es crucial en lo que respecta a la HRC porque los robots industriales pueden suponer una amenaza para los trabajadores humanos si no se establecen los mecanismos de seguridad adecuados.
- Esta revisión muestra que 1/4 de todos los estudios no utilizaron ninguna acción de seguridad.
- Más de la mitad no abordaron los problemas de seguridad ni siquiera cuando la colaboración entre humanos y robots se produjo en el mismo espacio
- El humano necesita sentirse seguro cuando colabora con el robot. La sensación de seguridad puede conseguirse confiando en el robot, en el sistema.

- El nivel de eficacia de la HRC está diseñado para que se pueda conseguir, una colaboración segura, cuando el trabajador humano no se siente en peligro.

### 3.12. SENSORES PARA DETALLES MUY PEQUEÑOS.

Cirillo, A.; Laudante, G.; Pirozzi, S. “Proximity Sensor for Thin Wire Recognition and Manipulation”. *Machines* 2021, 9, 188.

#### 3.12.1. Objetivos

Describir el uso de un Time-of-Flight pre-touch sensor (sensor pre-táctil de tiempo de vuelo) integrado con un sensor táctil diseñado previamente para una estimación precisa de la pose y forma de un objeto.

#### 3.12.2. Conceptos relevantes

- **Manipulación de objetos:** El agarre y la manipulación siguen siendo un desafío debido a las dificultades intrínsecas para percibir con precisión objetos de diferentes formas y tamaños en entornos abarrotados. Con este tipo de aplicaciones, los sensores de visión/profundidad pueden obtener información posicional y geométrica, pero se ven afectados por problemas con oclusiones y errores de calibración.

#### 3.12.3. Conclusiones

El documento propuso un sensor de proximidad basado en el tiempo de vuelo para la detección de objetos pequeños y delgados, al igual que la estimación de la forma. El texto presentó varias contribuciones desde el punto de vista físico de las computadoras, los autores desarrollaron un hardware adecuado para la integración de varios módulos Tol a bordo de dedos de pinza paralelos. Desde el punto de vista de software muestra el desarrollo de una biblioteca para el uso de sensores, permitiendo esta mejorar el rendimiento del sensor con respecto a la solución estándar.

### 3.13. SENSORES EN LA AUTOMATIZACIÓN.

Coito, T.; Firme, B.; Martins, M.S.E.; Vieira, S.M.; Figueiredo, J.; Sousa, J.M.C. *Intelligent Sensors for Real-Time Decision-Making. Automation* 2021, 2, 62–82.

#### 3.13.1. Objetivos

Mejorar la toma de decisiones de una herramienta de programación dinámica utilizando una combinación de plataformas PLC y PC en una arquitectura de tres niveles.

#### 3.13.2. Conceptos relevantes

- **Sensores Inteligentes para la toma de decisiones:** Para explicar este punto el documento detalla una aplicación de sensores inteligentes en un problema industrial de toma de decisiones en tiempo real, el cual consiste en utilizar sensores de identificación automática para activar y mejorar la toma de decisiones de la programación dinámica de tareas en los laboratorios de control de calidad.

#### 3.13.3. Muestra

La plataforma propuesta se aplica a un caso de uso industrial en laboratorios analíticos de control de calidad, dado su complejidad regulatoria, la producción personalizada y los requisitos de trazabilidad.

### 3.13.4. Resultados

Se muestra como la integración de sensores inteligentes puede mejorar la programación en línea de tareas, disminuyendo los tiempos de procesamiento en el caso aplicado en más del 30 %.

### 3.14. DIGITAL TWIN PARA ROBOTS FANUC: PROGRAMACIÓN DE ROBOTS INDUSTRIALES Y SIMULACIÓN USANDO REALIDAD VIRTUAL.

Garg, G.; Kuts, V.; Anbarjafari, G. *Digital Twin for FANUC Robots: Industrial Robot Programming and Simulation Using Virtual Reality*. Sustainability 2021, 13, 10336. <https://doi.org/10.3390/su131810336>

#### 3.14.1. Introducción

Los programas de simulación para robots desarrollados en entornos “offline” o fuera de línea presentan problemas, carecen de precisión y esto significa una sobrecarga de trabajo y tiempo. Ante estas limitaciones se propone la implementación de un “Digital Twin”, concepto que consiste en la creación de una réplica digital de modelos físicos, es decir realizar la simulación de los movimientos de un robot a través de la realidad virtual y cuya salida sea la programación de la trayectoria que seguirá el robot.

Sin embargo, estos modelos “Digital Twin” requieren un entorno 3D adecuado el cual le permita simular dichas trayectorias, para ello se ha implementado el uso de motores de juegos los cuales han demostrado gran calidad en la visualización de gráficos además de presentar una ventaja en la generación de datos sintéticos, lo cuales por ejemplo ayudan a una inteligencia artificial a comprender mejor el entorno aún bajo diferentes intensidades de iluminación en un entorno físico.

Contribución:

- La contribución clave del trabajo es el desarrollo de un modelo Digital Twin el cual permite simular y de esta manera identificar los puntos de la trayectoria que seguirá un robot, siendo estos datos almacenados en el mismo a través de una configuración de comunicación en tiempo real.
- La facilidad con la que se puede programar al robot, siendo los participantes los que consideraron en un rango de 0 a 10, donde 10 es muy difícil de programar, un valor de 3 para el modelo desarrollado.
- Para el intercambio/control de datos se desarrolló una comunicación a través de plataformas Do net a Karel.

#### 3.14.2. Metodología

El modelo desarrollado consta de dos componentes, el primero es el robot FANUC y el segundo componente es el controlador de realidad virtual (RV), específicamente el dispositivo HTC Vive VR.

##### • Robot:

Se utiliza el robot FANUC M-10Ia/12 como guía para las pruebas. Es un brazo hueco, que tiene múltiples ventajas, como proteger los cables, lo que hace que no se desgasten por lo tanto los costes de mantenimiento se reducen, otra de los aspectos positivos de este diseño es el aumento de la productividad, debido que se permite controlar la velocidad al momento de operar, acelerando así el proceso y reduciendo los tiempos del ciclo.

##### • Dispositivo RV:

Para este ensamble se necesita un dispositivo de realidad virtual. HTC Vive es un dispositivo de RV que se usa para observar el entorno de manera virtual, el cual se da digitalmente. En esta investigación se utilizó Unity platform, se usó este dispositivo porque se contaba con disponibilidad, sin embargo, se puede utilizar cualquiera que permita proyectar el entorno virtual.

Se considera crucial los componentes principales en un dispositivo de RV:

- (i) Una unidad central de dispositivo montado en la cabeza (HDM), el cual permite someterse a una vista digital en entorno real.
- (ii) Mandos de mano: Las manos actúan como las de un humano, y permite realizar acciones en el entorno de la realidad virtual.

### 3.14.3. Marco Propuesto

Ahora mostramos la arquitectura para la creación de un modelo gemelo, el cual consta de dos secciones, la física y la digital. Esta investigación se centra en la sección digital, debido a que es necesario para la creación de un Digital Twin para la industria de la robótica.

A continuación, se explicarán los seis pasos para el diseño de un gemelo digital

- (iii) Se crea un modelo digital para que un robot controle el RP.
- (iv) Seguidamente, se tiene brindar una interfaz de realidad virtual mediante el uso de un dispositivo y por medio de la plataforma Unity, utilizando el paquete OpenVR, el cual comprueba el movimiento del robot, tanto el digital como el de realidad virtual.
- (v) El controlador de realidad virtual se desplaza en un entorno digital, el cual da valor de posición para la circulación del brazo robótico, el cual se transmite por la plataforma Unity, para determinar la cinemática inversa, este a su vez origina ángulos de las articulaciones individuales para establecer la posición adecuada por el controlador de RV.
- (vi) Con el apoyo de la mensajería de socket, el cual es un canal de comunicación cliente-servidor desarrollado en este trabajo entre un modelo digital y un modelo físico, teniendo los valores de los ángulos de articulaciones, estos deben ser reportados al modelo físico para que centre en la posición adecuada por el controlador de realidad virtual.
- (vii) El código para generar la comunicación del modelo digital y el modelo físico, y además replicar el desplazamiento de la realidad virtual, el cual se realiza en la programación KAREL, el cual es compatible con el modelo físico del robot FANUC.
- (viii) Con la asistencia de la cinemática directa (FK), el cual convierte los valores de los ángulos en datos de posición en un entorno 3D, seguidamente estos datos se desplazan al modelo físico.

#### • Creación del modelo digital:

El modelo físico permite la réplica del modelo digital. En primer lugar, a partir del modelo físico se crea un dibujo 3D, conocido como CAD model.

Este archivo brinda detalle de las medidas de los eslabones del robot y la posición entre estos. En este trabajo experimental, se necesita proyectar el modelo CAD en un motor de juegos, sin embargo, no puede realizarse directamente, por ello se emplea el uso de un software de gráficos llamado Blender, para añadir detalles extras en el CAD model.

#### • Renderizado CAD en software de infografía:

En el software blender se define la relación padre-hijo, en el cual el padre es la base y los enlaces consecutivos son los hijos, este software es compatible con el formato stl que es exportado del archivo CAD. Además, debe detallarse el punto de pivote de cada escalón, el cual es un punto que define el movimiento. Entonces la relación padre-hijo detalla el desplazamiento de los eslabones, y el punto de pivote, creando así el modelo completo, este se exporta desde el software blender en formato film box, y cualquier posición se corrige mediante este software.

#### • Importar un modelo 3D en Unity:

Teniendo el formato film box, está listo para el scripting y la animación en la plataforma Unity, en el cual se añaden algunos componentes extras al robot digital, como el banco de componentes, el plano de tierra, el banco de robot y el robot. En este entorno debe replicarse el modelo real del robot.

• **Cinemática inversa (IK) para el modelo digital:**

En este trabajo experimental se ha usado seis escalones para el brazo robótico, toda estructura mecánica requiere de un algoritmo que determine los ángulos de las articulaciones para definirse en el espacio 3D, esto se hace mediante la cinemática inversa. La tener los valores de los ángulos de articulaciones se utilizó el paquete BiolK de Unity Asset, el cual es un paquete que brinda soluciones dinámicas.

• **Matriz de transformación entre Unity y Robot Físico (PR):**

Es importante tener en cuenta el sistema de coordenadas, para la correcta imitación del movimiento de un modelo físico con su modelo digital. El robot en estudio, FANU, tiene diversas orientaciones donde Z apunta hacia arriba, Y hacia la derecha y X hacia el circunstante.

• **Canal de comunicación:**

Ya establecido el modelo digital en el motor de juego, a continuación, se elige un canal para la comunicación entre el modelo digital y el físico.

En este trabajo se utiliza el compilador de lenguaje de programación KAREL, en el cual se tiene un canal de mensajería socket, indispensable tanto para el cliente como el servidor con diversas funciones personalizadas para la programación de los movimientos.

• **Interfaz de realidad virtual (RV):**

Este concepto ya se viene desarrollando hace muchos años, la investigación a permitido el uso de esta tecnología en las diferentes industrias, la manufacturera es una de ellas. Con este trabajo, se integra la realidad virtual con un robot industrial, con el fin de hacer más simple la programación y el manejo de las acciones robóticas. Sin embargo, se requiere operadores con experiencia, por ello la configuración en la plataforma Unity, brinda una manera simplificada de programar el desplazamiento requerido. En esta investigación, también se utiliza HTC Vive para la interacción con el robot, para ello se utiliza el modelo digital en un entorno virtual en la plataforma Unity.

#### 3.14.4. Resultados

- Se reportó una mejora considerable del tiempo de transferencia de los datos entre el modelo digital y el PR (Physical robot), de 150 ms a 40 ms
- Luego de observar la trayectoria y el desplazamiento del ángulo de la articulación, se compara los valores del movimiento de la articulación digital y el modelo físico, en el cual se usó algoritmos de IK y FK, podemos decir que hay diferencia en los movimientos articulares comandados y ejecutados, y que el error en cada articulación varía dentro de los límites permitidos, lo cual nos permite decir que el valor de error es realmente bajo con respecto a los robots industriales.

#### 3.14.5. Discusión

Se presentan algunas ventajas para el uso de la realidad virtual en la programación de un robot.

- La experimentación de este trabajo, permiten generalizar todo el proceso de implementación para cualquier robot FANUC. El modelo de Gemelo digital hace más fácil la programación de un robot FANUC, incluso favorece para los usuarios novatos.
- El modelo digital Twin presenta diversas aplicaciones, que permite la utilización en un entorno de realidad virtual
- Se aprovecha la capacidad de un entorno virtual para generar una trayectoria de desplazamiento en espacios no permitidos y así simular la factibilidad de la instalación en un

sistema físico, esto es una ventaja, debido que para las fábricas el saber el espacio requerido para una nueva instalación siempre es un reto.

### 3.14.6. Conclusiones

- Se creó un modelo Digital Twin con éxito de un robot industrial, al integrar la realidad virtual en un entorno digital, se observó los programas de trayectoria del robot, el cual son más fáciles de perseguir que en un modelo físico.
- Se logró una fácil programación, el entorno de la realidad virtual es más simple a comparación de otras programaciones disponibles, además se logró la comunicación entre diferentes plataformas como Karel.

## 3.15. MANIPULACIÓN DIRIGIDA DE ARQUITECTURA MÓVIL DE BRAZOS DUALES PARA MOVER GRANDES OBJETOS EN AMBIENTES INDUSTRIALES

Ibarguren, A.; Daelman, P. *Path Driven Dual Arm Mobile Co-Manipulation Architecture for Large Part Manipulation in Industrial Environments*. *Sensors* 2021, 21, 6620. <https://doi.org/10.3390/s21196620>

### 3.15.1. Introducción

Los sectores industriales, en el desarrollo de los procesos implicados en sus áreas emplean diversas aplicaciones, entre ellas, el transporte en la variedad de piezas de diversos tamaños que se requiere, de este modo, en este artículo se implementa una tecnología de la robótica colaborativa, una nueva solución para resolver problemas de implementación en entornos industriales, trayendo consigo desafíos técnicos (force feedback, áreas colaborativas) y beneficios en un transporte de piezas de grandes tamaños a nivel global, mediante la fabricación de carriles colaborativos. Además, el referirse a la colaboración humano-robot en el transporte colaborativo de piezas, es hablar del dinamismo del robot fomentando una producción flexible, transporte de cargas pesadas de manera óptima, manipulación conjunta, tomándose en cuenta diversos parámetros de control como, algoritmos, retroalimentación, la fuerza controlada, desplazamiento acorde de operario-robot en las tareas realizadas, trayectorias y guías pre establecidas, limitaciones en espacios de trabajo y principalmente, parámetros de control, permitiendo áreas seguras en los talleres industriales.

### 3.15.2. Metodología

Esta arquitectura se da mediante cuatro capas, el cual garantiza el control en su totalidad. La primera capa, de gestión de fuerzas, considera la información de las fuerzas aplicadas a cada brazo del robot mediante sensores, también las masas de las herramientas, generando el vector de torsión, este definirá los rangos de fuerza y par en el que se movilizará el robot en el transporte de las piezas ya sea de manera rápida o lenta, entre estaciones dentro del taller, para un posicionamiento preciso o en las diferentes zonas de carga. La segunda capa, de filtro de media móvil, aplicará al vector anterior la fluida navegación garantizada de la plataforma, sin embargo, la capa de gestión de rutas, limitará la trayectoria y la distancia máxima del robot con muros virtuales en situaciones que se quiera transgredir los límites del carril, caso contrario la plataforma móvil desempeña sus funciones libremente. Para la última capa, de gestión de la interfaz de usuario, responsable de la retroalimentación mediante dos señales, la primera de dirección de movimiento, mediante el vector de giro, y la última, dirección a la siguiente postura del camino, a cargo del vector de dirección. Dichas señales realimentan la comanipulación con el usuario.

De tal manera, en la plataforma móvil omnidireccional de doble brazo creada para realizar las tareas de manipulación se implementa la arquitectura mencionada anteriormente. Dicha plataforma móvil equipada por el siguiente hardware, luces led de dirección de movimiento, ruedas para el desplazamiento, brazos robóticos compuestas de sensores de torsión para brindar información de fuerza e intercambiadores automáticos de herramientas el cual permitirá sujetar diversas piezas, proyector para mostrar anticipadamente la dirección del siguiente tramo a

desplazar. Respecto al software, la instalación de una PC ubicada en la parte interna de la plataforma, servirá para la manipulación de las cuatro capas, además de una interfaz que servirá de conducción del sistema, desencadenar y finalmente, la cancelación de la realización de la comanipulación móvil ante cualquier situación.

Implementada la arquitectura para la plataforma móvil la cual fue evaluada mediante ciertas pruebas de transporte de pieza de fibra de carbono entre estaciones diferentes dentro de un taller industrial, a 10 m de distancia entre estos, teniendo como actores a 5 operarios, que no cuentan con conocimientos sobre el tramo definido y desempeñan la función de transporte que se menciona. Tras una serie de resultados experimentados y agrupados por distancias se concluye que en una máxima distancia los operarios transportaron en menor tiempo y con la comodidad necesaria la pieza.

### 3.15.3. Conclusiones

Finalmente, se destaca la comanipulación móvil como una novedosa e idónea arquitectura, garantizando la seguridad del transporte de grandes piezas de fibra de carbono en el espacio de trabajo mediante acciones correctivas programadas ante cualquier situación anormal del desarrollo del robot y la retroalimentación, además en base a una configuración de diversos algoritmos facilitan el óptimo desempeño de la plataforma móvil omnidireccional de doble brazo. Incluso la flecha de proyección agregada ayuda al operador a acercarse a la ruta nominal, incluso si hay un carril ancho para el coprocesamiento. Del mismo modo, en base a la experimentación existe posibilidad de reajuste manual de los algoritmos. Por tanto, la información obtenida de la ejecución de las tareas hechas por el robot es un indicador de aprovechamiento complementando con Inteligencia Artificial brindaría un crecimiento en la eficiencia de los procesos de comanipulación entre humanos y robots.

## 4. Referencias bibliográficas.

- Kolakowski, M. *Automated Calibration of RSS Fingerprinting Based Systems Using a Mobile Robot and Machine Learning*. Sensors 2021, 21, 6270. <https://doi.org/10.3390/s21186270>
- Muthugala, M.A.V.J.; Palanisamy, P.; Samarakoon, S.M.B.P.; Padmanabha, S.G.A.; Elara, M.R.; Terntzer, D.N. *Raptor: A Design of a Drain Inspection Robot*. Sensors 2021, 21, 5742. <https://doi.org/10.3390/s21175742>
- Zurita Pérez, José Luis (2014). *Diseño de una máquina automática para clasificar objetos según el color detectado a través de sensores de color y clasificados por brazos robóticos*. Departamento de Eléctrica y Electrónica. Carrera de Ingeniería Electrónica e Instrumentación. ESPE. Extensión Latacunga.
- Fonnegra, R.; Goez, G.; Tobón, A. (2019). *Estimación de orientación de un vehículo aéreo no pilotado con sensores inerciales y aprendizaje de máquina*. Revista Iberoamericana de Automática e Informática. 16(4):415-422. <https://doi.org/10.4995/riai.2019.11286>
- Sánchez, I., & Martell, F. (2019). *Automatización multinivel de celda de manufactura robotizada utilizando máquinas de estados finitos*. Revista Ingeniería, investigación y tecnología, 40-52.
- Gordón, M., Gordón, D., & Revelo, R. (2021). *Corte por láser con Raspberry Pi para el trazado en los talleres de carpintería*. Revista Dilemas Contemporáneos: Educación, Política y Valores. , 21-40.
- Soares, I., Prety, M., & Moreira, P. (2021). *Programming Robots by Demonstration Using Augmented Reality*. Sensors, 21-34.
- Kalempa, V.C.; Piardi, L.; Limeira, M.; de Oliveira, A.S. *Multi-Robot Preemptive Task Scheduling with Fault Recovery: A Novel Approach to Automatic Logistics of Smart Factories*. Sensors 2021, 21, 6536. <https://doi.org/10.3390/s21196536>

- Zhang, H.; Liang, H.; Ni, T.; Huang, L.; Yang, J. *Research on Multi-Object Sorting System Based on Deep Learning*. *Sensors* 2021, 21, 6238. <https://doi.org/10.3390/s21186238>
- Cech, M.; Beltman, A.-J.; Ozols, K. X. *Aplicaciones Al Límite De Mecatrónica A Través Del Control De Movimiento Inteligente*. *Appl. Sci.* 2021, 11, 8337. <https://doi.org/10.3390/app11188337>
- Arents, J.; Abolins, V.; Judvaitis, J.; Vismanis, O.; Oraby, A.; Ozols, K. “*Tendencias entre la colaboracion entre Humanos-Robots y aspectos de seguridad: Una revisión sistemática*” *J. Sens. Actuator Netw.* 2021, 10, 48. <https://doi.org/10.3390/jsan10030048>
- Cirillo, A.; Laudante, G.; Pirozzi, S. “*Proximity Sensor for Thin Wire Recognition and Manipulation*”. *Machines* 2021, 9, 188.
- Coito, T.; Firme, B.; Martins, M.S.E.; Vieira, S.M.; Figueiredo, J.; Sousa, J.M.C. *Intelligent Sensors for Real-Time Decision-Making*. *Automation* 2021, 2, 62–82.
- Garg, G.; Kuts, V.; Anbarjafari, G. *Digital Twin for FANUC Robots: Industrial Robot Programming and Simulation Using Virtual Reality*. *Sustainability* 2021, 13, 10336. <https://doi.org/10.3390/su131810336>
- Ibarguren, A.; Daelman, P. *Path Driven Dual Arm Mobile Co-Manipulation Architecture for Large Part Manipulation in Industrial Environments*. *Sensors* 2021, 21, 6620. <https://doi.org/10.3390/s21196620>

# GESTIÓN DE OPERACIONES

---

## INDUSTRIALES

---



Esta obra está bajo una [Licencia Creative Commons Atribución 4.0 Internacional](https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/).



UNIVERSIDAD  
NACIONAL DE  
TRUJILLO

FACULTAD DE INGENIERÍA  
ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA INDUSTRIAL  
TRUJILLO, PERÚ  
Mayo, 2022

## Implementation of ERP and CRM Systems in an SME

**Esmeralda Arana, María Calderón, Yani Flores, Brigitte  
González, Stefano Rodriguez, Greisy Sandoval \***

\*Facultad de Ingeniería, Escuela de Ingeniería Industrial, Universidad Nacional de Trujillo. Av. Juan Pablo II s/n – Ciudad Universitaria, Trujillo, Perú.

Correo electrónico: [earanaa@unitru.edu.pe](mailto:earanaa@unitru.edu.pe)

---

### ABSTRACT

**Purpose** – The purpose of this article is to present the most relevant aspects involved in the implementation of ERP and CRM systems in an SME.

**Methodology** – The scope of this research includes the critical analysis and review of scientific journals derived from the Technological Surveillance Service of the National University of Trujillo, on the conceptual approach, the implementation process, implementation methods, limitations, evaluation techniques, impact in the competitiveness of ERP and CRM systems taking into account the nature, circumstances and objective of the SME.

**Findings** – After searching for information on the implementation of ERP and CRM systems, the main ways to start the aforementioned systems within a certain organizational culture were found, problems faced by companies in our country and abroad, steps necessary for a successful implementation, benefits, performance indicators, among other aspects. In addition, SMEs are encouraged to implement these systems mainly for comprehensive information management of each department in the organization.

**Value** – This research explores the various implementation contexts of ERP and CRM systems in a company, leading to Industry 4.0. This article provides an overview of the implementation of these systems under study, as well as the tools, resources and strategies they can contribute to an organization that is in the implementation phase or is thinking of implementing it or already has it implemented, but has some drawbacks. and still no solution. This information will allow providing more timely and clear responses to certain concerns and doubts about the proposed topic.

**Keywords:** ERP, CRM, implementation, SME

---

---

## Implementación de los Sistemas ERP y CRM en una Pyme

---

### RESUMEN

**Propósito** – El propósito de este artículo es presentar los aspectos más relevantes involucrados en la implementación de sistemas ERP y CRM en una PYME.

**Metodología** – El alcance de esta investigación incluye el análisis crítico y revisión de revistas científicas derivadas del Servicio de Vigilancia Tecnológica de la Universidad Nacional de Trujillo, sobre el enfoque conceptual, el proceso de implementación, métodos de implementación, limitaciones, técnicas de evaluación, impacto en la competitividad de los sistemas ERP y CRM teniendo en cuenta la naturaleza, circunstancias y objetivos de la PYME.

**Hallazgos** – Luego de buscar información sobre la implementación de los sistemas ERP y CRM, se encontraron las principales vías para poner en marcha los sistemas antes mencionados dentro de una determinada cultura organizacional, problemas que enfrentan las empresas en nuestro país y en el exterior, pasos necesarios para una implementación exitosa, beneficios, indicadores de desempeño, entre otros aspectos. Además, se anima a las PYMES a implementar estos sistemas principalmente para la gestión integral de la información de cada departamento de la organización.

**Valor** – esta investigación explora los diversos contextos de implementación de los sistemas ERP y CRM en una empresa, lo que lleva a la Industria 4.0. Este artículo ofrece una visión general de la implantación de estos sistemas objeto de estudio, así como de las herramientas, recursos y estrategias que pueden aportar a una organización que se encuentra en fase de implantación o está pensando en implantarlo o ya lo ha implantado, pero tiene algunos inconvenientes y aun no hay solución. Esta información permitirá dar respuestas más oportunas y claras a ciertas inquietudes y dudas sobre el tema propuesto.

**Palabras clave**- ERP, CRM, implementación, PYME

---

## 1. Introducción

Típicamente, las pymes son las que tienen mayores deficiencias y carencias, en cuanto a la gestión de sus procesos operativos, aspectos tecnológicos, digitales entre otros. Es por ello, la necesidad de dar a conocer la siguiente investigación científica que comprende los principales puntos a tener en cuenta para una exitosa implementación de un ERP o CRM, herramientas tecnológicas empresariales, a través de experiencias, consejos de expertos, entre otros aspectos enriquecedores para el empresario e interesado de esta información.

## 2. Aspectos importantes sobre la implementación del ERP

### 2.1. Definición del ERP

Según una investigación hecha en el libro “SPS 2020: Advances in transdisciplinary engineering series” (Jeong, Singh, Zafarzadeh, Wiktorsson, & Baalsrud, 2020), los autores mencionan que un sistema ERP permite proporcionar información a la capa computacional de la empresa, a través de recopilación de datos generados en tiempo real, recopilados de la ayuda de dispositivos. Para ello, se requieren diferentes algoritmos, modelos y herramientas para encontrar patrones significativos y crear conocimiento e información de apoyo.

Según (Svensson & Thoss, 2021), un sistema ERP está basado en un software de forma estandarizada que puede adecuarse a diversas empresas, este tiene que adaptarse a todos los procesos en las organizaciones, requiriendo variaciones en los procesos de la empresa, volviéndolos más eficientes.

### 2.2. Tipos de ERP

Silvaa y Oliveirab (2015) recomiendan tres principales maneras de iniciar un sistema ERP dentro de la cultura organizacional:

- Big Bang: Se sustituyen todos los sistemas que existen en el ERP, deteniendo primero todos los procesos por completo.
- Franquicia: Las empresas deberán implementar sistemas de forma personalizada, interconectando cada proceso que tiene alguna similitud. Suele usarse para organizaciones que no tienen procesos parecidos entre sus unidades.
- Slam-Dunk: Permite definir la planificación de algunos procesos importantes, como los financieros.

### 2.3. Problemas de implementación del ERP

La economía mundial ha sido impulsada por el desarrollo de la tecnología de la información, es por ello que las grandes empresas decidieron invertir y a consecuencia, se obtuvo grandes beneficios, incluso la pandemia del COVID-19 obligó a empresas de distintas industrias a invertir en nuevas operaciones comerciales, ya que la capacidad de innovación trae consigo mayores ganancias. Debido a la digitalización y al desarrollo de las tecnologías de información, las empresas se han visto interesadas en aplicar herramientas tecnológicas, como ERP, algunas de ellas han logrado implementarlas, sin embargo y a pesar de que cuentan con la inversión necesaria para ello; existen algunas que fracasan. ¿Por qué sucede esto? Según (Masood & Sonntag, 2020), la implementación de estas herramientas tecnológicas resulta ser beneficiosa para el crecimiento de las empresas, más no para todas, pues mayormente estas herramientas están diseñadas por, o para, grandes empresas, y es por ello que gran parte del trabajo contemporáneo está desconectado de lo que necesitan las pymes, aun cuando estas se muestran deseosas de aplicar tecnologías de Industria 4.0, las limitaciones de conocimiento y financieras, son desafíos clave.

Los principales problemas de la implementación de ERP, para (Silvaa & Oliveirab, 2015) se deben a la compatibilidad, normalización, complejidad tecnológica, etc. Así también todo lo relacionado con organización y relaciones humanas, procedimientos empresariales incompatibles, compromisos de alta dirección, pésima gestión de proyectos, etc.

## 2.4. Métodos de implementación del ERP

Los pasos necesarios para implementar satisfactoriamente el ERP son:

- Identificar Key Performance Indicators (KPIs) de los requerimientos del negocio.
- Seleccionar los módulos relevantes del ERP.
- Identificar factores críticos de éxito (CSFs) relacionados.

El autor de la investigación donde se hace la propuesta de esta metodología realiza un análisis completo de los pasos mencionados y los implementa en algunas pymes demostrando la efectividad de la metodología. (Jituri, Fleck, & Ahmad, 2018)

Así, las organizaciones pueden hacer uso de la metodología propuesta para realizar la implementación de ERP más fácil y de la manera más rentable. El aporte propuesto permite a las pequeñas y medianas empresas optimizar los recursos que van a utilizar en la implementación de un sistema ERP, a través de la selección y compra de los módulos correctos del ERP y direccionando solo los CSFs claves para el negocio. En el paper se limita solo a cuatro KPIs para identificar los módulos del ERP claves y sus correspondientes CSFs. Sin embargo, KPIs, los cuales pequeñas y medianas empresas desearían mejorar, son muchos y necesitan una investigación extensa. Por lo tanto, futuras investigaciones deben considerar aquellos KPIs y desarrollarlos bajo la metodología propuesta. (Jituri, Fleck, & Ahmad, 2018)

Otro estudio realizado en el 2019 hace una investigación completamente exhaustiva acerca de los componentes de éxito y de fracaso que enfrentan las empresas al momento de realizar una implementación de un ERP en PYMES. Asimismo, analiza los riesgos que asumen las empresas al implementar software de este tipo asumen y finalmente correlacionan el impacto que tienen los ERP en las PYMES (Talluri & Vasudeva, 2019). La investigación llega a la siguiente conclusión: La implementación de ERP en las PYMES se ha considerado apropiada cuando las PYMES tienen TI compatibles, infraestructura y sistemas de información a explotar. Además, es esencial seguir las mejores prácticas de la industria. Las soluciones ERP resultan más útiles cuando se utiliza la gama completa de sus servicios en la organización. Ha habido un aumento en el uso de ERP en las pymes. Sin embargo, se entiende de la literatura que la mayoría de las implementaciones de ERP no son exitosas. El porcentaje de éxito es relativamente menor. Este artículo ha investigado a través de investigaciones secundarias y ha proporcionado información sobre factores de éxito, factores de falla e impacto de las implementaciones de ERP. Los factores de éxito de las implementaciones de ERP incluyen el compromiso organizacional, el apoyo total de la gerencia de alto nivel, BPR con personalización mínima, procedimientos de comunicación efectivos, selección adecuada del paquete ERP y formación adecuada y gestión del cambio. (Talluri & Vasudeva, 2019)

Los factores de falla de ERP incluyen resistencia de los empleados, falta de compromiso inadecuado por parte de la gerencia de alto nivel, capacitación y educación inadecuadas, definición de requisitos inadecuada, recursos inadecuados, incompatibilidad entre negocios de la organización procesos y software ERP, expectativas poco realistas sobre el ROI, mala selección de paquetes ERP, personalizaciones intensas e ineficacia en la gestión de cambios.

El impacto de la puesta en funcionamiento de un ERP en las organizaciones se encuentra positiva y negativamente también. Nuevamente se le atribuyen los factores de éxito y fracaso. Las implementaciones exitosas han afectado a las pymes a crecer económicamente y en términos de productividad también. Hay un período que necesita estabilización. Sin embargo, el impacto general es impresionante cuando la implementación se realiza con éxito y la empresa la utiliza de forma eficaz (Talluri & Vasudeva, 2019).

Asimismo, la literatura científica nos proporciona otro punto de vista donde según un artículo de investigación explora los desafíos críticos en la puesta en marcha de un (ERP) basado en conocimientos de un estudio de caso único cualitativo exploratorio en la industria canadiense del

petróleo y el gas. El estudio fue realizado en una organización de casos canadiense utilizando veinte entrevistas de miembros de cuatro grupos de roles de proyecto de líderes senior, gerentes de proyectos, miembros del equipo del proyecto y usuarios comerciales. El estudio recopiló y revisó los documentos del plan de implementación de ERP para la triangulación. La investigación evocó una lista completa de sesenta desafíos críticos y de los cuales, los doce principales desafíos fueron discutidos en detalle. se extrajeron de las respuestas de los participantes de los cuatro grupos de roles del proyecto. Los hallazgos del estudio indicaron que los desafíos críticos fueron importantes durante la implementación de ERP. ( Menon, Muchnick, Butler, & Pizur, 2019). Tal estudio concluyó que abordar los desafíos críticos en la implementación de un ERP puede proporcionar una mayor visibilidad de los problemas que enfrentan las organizaciones. Corrigiendo desafíos críticos, que representan factores de falla en oposición a factores de éxito, pueden garantizar un mejor desempeño y éxito del proyecto. La literatura identificó desafíos críticos basados en varios estudios. Sin embargo, no se ha compilado una lista completa de desafíos para el uso de las organizaciones que llevan a cabo la implementación de ERP. Específicamente, el estudio actual exploró el método de desafíos críticos y compiló una lista completa de desafíos que pueden afectar la implementación de un ERP. Por lo tanto, las organizaciones que emprendan futuras implementaciones pueden revisar la lista completa de desafíos críticos, que se pueden agregar al cuerpo de conocimiento ( Menon, Muchnick, Butler, & Pizur, 2019).

## **2.5. Impacto en la competitividad de la compañía**

En la actualidad, una auténtica empresa de comercio electrónico requiere del soporte de un sistema ERP adecuado para entregar datos en tiempo real. Por ello, el mercado de los programas informáticos dirigidos a pymes es un mercado congestionado de soluciones, con una intensidad de competencia muy alta. (Żółtowski, 2021)

Además, hay casos de microempresas del sector de calzado que introducen su propio software de ERP en el mercado. Como es el caso de la compañía regional llamada Negociaciones Anconsa, donde se implementará un sistema ERP. Esto es muy importante, ya que la adopción de este sistema se considera una de las innovaciones tecnológicas y organizativas fundamentales en las empresas y PYMES modernas, debido a que promueven la difusión del conocimiento, y los procesos sólidos de toma de decisiones. (Antoniadis I., 2015)

El sistema ERP, genera ventajas competitivas para la empresa con su competencia. Aunque hay casos donde las empresas se quejan, porque descubren que el software no les aporta nuevos pedidos. Finalmente se puede decir que, ni los recursos informáticos ni los organizativos proporcionan directamente a las empresas una ventaja competitiva. En cambio, la capacidad de integración empresarial elaborada a partir de ambos recursos desempeña un papel importante a través del cual las empresas logran una ventaja competitiva.

## **2.6. Técnicas de evaluación e indicadores de desempeño del ERP**

La adopción de un nuevo software en empresas grandes, medianas o pequeñas, no es de lo más sencillo, pues cada organización tiene una realidad y cultura única, cada una tiene sus propios objetivos, puntos fuertes y débiles, e indudablemente el caso de una PYME que invierta en una innovación tecnológica es más crítico. Dado que, la implementación de un ERP conlleva seguir con cuidado ciertas etapas, en las cuales es necesario el uso de indicadores de tipo financiero, operativo y de eficacia, que permitan saber el nivel y la calidad de desempeño del software en la organización. (Freire de Castro Silva & Barbará de Oliveirab, 2015) hace mención del gran aporte que brinda el ERP de acuerdo a las particularidades de cada empresa, ya que garantiza la integración de los procesos a través de la estrategia empresarial, brindando como beneficios: la optimización global de los procesos de la empresa, reducción de costos, reducción de trabajo e inconsistentes, eliminación de interfaces entre sistemas aislados y la contribución a la gestión integrada.

Evidentemente, para el desarrollo de indicadores como instrumentos que permiten constatar el correcto funcionamiento y crecimiento de la empresa es fundamental conocer los enfoques y su impacto del ERP, en todas las áreas: Contabilidad financiera, Control, Gestión de activos, Sistema del proyecto, Recursos Humanos, Gestión de calidad, Planificación de la producción, Gestión de materiales, Ventas y distribución y en el Mantenimiento de la planta que según (Amado & Paulo Belfo, 2021) menciona que ante cualquier desperfecto hallado a través del indicador de paralización que determina el paro del funcionamiento, el rendimiento a través de un plan de evaluación y verificación de forma regular al sistema con especialistas en el tema.

En este contexto, (Gálvez Albarracín, Riascos Erazo, & Contreras Palacios, 2014) refiere a la medición respecto a tres tipos de variables: en base a la tecnología de investigación y efusión en base a la productividad como organización y de control. El inicial, consiste en medir la capacidad y uso de la tecnología entorno a la actividad de los gerentes o directivos como hacer uso de correos electrónicos, páginas web, banca electrónica, redes sociales, tramite de impuestos de la web. A través de las respuestas afirmativas se halla el grado de capacidad y uso de TIC en entorno web. La segunda variable, consiste en medir el rendimiento de las pequeñas organizaciones mediante indicadores de acuerdo a la percepción del gerente sobre su nivel competitivo, frente al uso de indicadores de data contable, ya que si se usa información contable se puede pasar por alto activos identificables, fundamentales para el logro competitivo empresarial. La tercera variable consiste en la medición del tamaño respecto al promedio de empleados de un determinado año de forma logarítmica y la edad respecto al número de años transcurridos desde el inicio laboral.

Otro aspecto interesante son las técnicas o herramientas para construir un software basado netamente en las necesidades de una determinada empresa, según (Żóltowski, 2021) existen muchos microempresarios de tecnologías de la información que se arriesgan a construir su propio ERP, iniciando con una meticulosa investigación, la cual consiste en las siguientes etapas:

Previo a la primera etapa de la investigación, se necesita definir posibles temas, el objeto y el desarrollo de una herramienta de investigación. Para ello, se aplica el método del análisis de los registros de empresas y reconocimiento del medio ambiente, planeando seleccionar una microempresa deliberadamente para la investigación; y una metodología y herramienta de investigación para la primera etapa. Ya en la primera etapa de la investigación se realiza el estudio cualitativo, en el que se necesita determinar una lista de factores que intervienen en la decisión de iniciar el trabajo en su propio sistema ERP por parte de la instalación probada y el reconocimiento inicial del valor de los factores individuales para la decisión. Para ello, se llevan a cabo entrevistas, para luego transcribir su contenido.

Por consiguiente, se efectúa un análisis de los datos cualitativos recopilados y se procesa los resultados del anterior paso, el cual servirá como una lista de base para la verificación en un grupo más amplio de objetos probados. Para ello, se aplica la técnica del análisis de datos de calidad (análisis del contenido de la entrevista), planeando tener como resultados una lista básica y primaria definida de factores y el reconocimiento inicial de la importancia de los factores para la toma de decisión.

Previo a la segunda etapa que consiste en una nueva preparación de la investigación, en el que se necesita definir los posibles objetos de investigación, verificar detalladamente el cumplimiento de los criterios del objeto de prueba y preparar un instrumento de investigación. Se aplica la técnica del análisis de registros de empresas y el contacto con microempresarios), planeando tener como resultados una lista de posibles microempresas para la investigación y el desarrollo de un nuevo instrumento de investigación.

En la segunda etapa que consiste en una nueva realización de una investigación cualitativa, en el que se necesita verificar la lista básica de factores del paso uno en un grupo más amplio de objetos estudiados y definir la importancia de los factores individuales para tomar una decisión acerca de la instalación de prueba que inicia el trabajo en su propio sistema ERP en un grupo más amplio de instalaciones probadas. Se realiza encuestas para luego tener un resumen de ello.

La siguiente etapa consiste en analizar los datos cualitativos recopilados y procesados de los resultados de la anterior etapa, en el que se necesita establecer la posibilidad de generalizar los

resultados de la primera etapa a una población más amplia de objetos de prueba y determinar la importancia de los factores individuales para tomar una decisión. Para ello, se aplica el método de análisis cuantitativo de datos, planeando tener una lista de factores que intervienen en la decisión de iniciar el trabajo en su propio sistema ERP por parte de la instalación probada y determinar los factores con la influencia más significativa.

La última etapa consiste en el desarrollo y explicación de los resultados de la investigación, en el que se necesita verificar la hipótesis y desarrollar los resultados. Sintetizando ideas, los sistemas de planificación de recursos empresariales (ERP) intervienen de forma valiosa en la productividad de la empresa y las estrategias comerciales. No obstante, identificar, administrar y poner en marcha los beneficios anhelados de ERP es realmente un reto. (Hietala & Päivärinta, 2021) .

Para medir dichos beneficios del ERP como la reducción de costes operativos en las empresas, mejoras de la eficiencia operativa y los procesos empresariales. (Svensson & Thoss, 2021) , es preciso saber el rendimiento de la organización además del desarrollo y uso de indicadores puesto que estos difieren de acuerdo al aspecto a analizar, por ejemplo, referente a los recursos humanos, los procesos operativos, las finanzas entre otros. Por ello, es vital tener un panorama más amplio para analizar la capacidad organizacional a través de la exploración, y la apreciación de los involucrados en los procesos de la organización, asimismo, de individuos externos. (Gálvez Albarracín, Riascos Erazo, & Contreras Palacios, 2014). Por otro lado, es interesante las herramientas y técnicas que usan los microempresarios de las tecnologías de información, quienes están en constante investigación para la creación de softwares a medida del tamaño de las necesidades y expectativas de la organización.

### **3. Aspectos importantes sobre la implementación del CRM.**

#### **3.1. Definición del CRM**

Desde una perspectiva de la necesidad como de la suficiencia, el CRM tiene una importancia significativa y decisiva, junto a la cultura de gestionar buenas relaciones con los clientes.

El trabajo de investigación “Customer Relationship Management (CRM) e Innovación” (Vicente, Badenes, Gomez, & Fernandez, 2021), demuestra que es un sistema que influye directamente con el fortalecimiento del vínculo con los clientes, y su aplicación en un mercado de constante cambio, donde las estrategias dirigidas en el cliente son de vital importancia, permiten obtener el éxito empresarial. En el estudio mencionado, se muestra que la innovación en los procesos influye directamente con la capacidad de la organización para adaptarse al entorno, en donde el uso de la tecnología CRM es esencial para llegar a la información de gestión que se debe brindar, y de forma indirecta se asume que la tecnología CRM tiene un gran impacto en el rendimiento de la empresa.

#### **3.2. Tipos de CRM**

Según (Suoniemi, Terho, Zablah, Olkkonen, & Straub, 2021) existen dos tipos de CRM, los cuales se mencionan a continuación:

- Modelo CRM-on-Premise: Está ligada a empresas que quieren encontrar resultados competentes, sin necesidad de arriesgarse a servidores sobrecargados de datos internos de la empresa, brindando una gestión que se pueda controlar.
- CRM bajo demanda model: Permite que los elementos de hardware y software puedan ser obtenidos desde la nube, como por ejemplo los proveedores tradicionales. Gracias a su acceso instantáneo a internet ayuda a una gestión rentable en perspectiva de costes en la empresa.

Esta investigación (Suoniemi, Terho, Zablah, Olkkonen, & Straub, 2021) también hace mención a que últimamente las tecnologías CRM han empezado a hacer un cambio de un modelo de CRM-on-Premise por un modelo CRM-on-demand. Explica que esto se debe a múltiples ventajas como, por ejemplo: el incremento de cibernética seguridad.

### 3.3. Problemas de implementación del CRM

Para (Charbanneau Genest & Gamache, 2021), La cuarta revolución industrial y sus tecnologías, han impactado positivamente en la productividad y agilidad de empresas de fabricación, aumentando así su competitividad, pero, también nos dice que “En Quebec, las pequeñas y medianas empresas (PYME) de la industria manufacturera no suelen adherirse a esta tendencia tecnológica, que crea una brecha de rendimiento entre ellos y sus competidores. Una de las principales razones por las que Quebec lucha por mantenerse al día es que sus PYMEs no parecen estar equipadas para realizar esta transformación digital”, es lo que sucede en la mayoría de países tercermundistas.

Wakabayashi & Merzthal (2021) indican que deben considerarse algunos puntos antes de aplicar un CRM:

- Algunos clientes no producen una notoria utilidad.
- Algunos clientes no les interesa mantener un vínculo con una organización.
- Para llegar al marketing *one to one*, se debe aplicar una segmentación efectiva.
- Se debe aprovechar hasta el menor contacto que se tenga con el cliente, para proveerse de información, además de forjar lazos con el mismo.
- Una de las ventajas competitivas que surge gracias a la estrategia del CRM, es la personalización, además de construir una barrera de salida para el cliente.

Según (Khan Chi, 2021), debe existir una relación valorada entre socios, de esa manera se asegura una relación a largo plazo, además de mantener el compromiso de los socios frente a la empresa. Superar estos desafíos inherentes para construir relaciones a largo plazo requiere que las empresas que adoptan e-CRM se centren en la creación de valor para sus socios.

### 3.4. Métodos de implementación del CRM

El aspecto clave más valioso para el éxito de una empresa es un cliente satisfecho. Por esta razón, es posible afirmar que la tendencia creciente de focalización en el cliente y sus necesidades ha prevalecido en los últimos años. La mejor práctica para la implementación de CRM adecuado para PYMES se aclara utilizando un caso específico de empresa global. Un sistema CRM completamente funcional puede considerarse una ventaja competitiva, y este no es solo el caso de las empresas globales, sino también para pequeñas y medianas empresas. Utilizando un CRM funcional interconectado con un sistema ERP, las empresas pueden gestionar las actividades comerciales y de marketing directo, así como las ganancias generales. Estos sistemas funcionales conducen a un sistema integrado llamado gestión de embudo, que mejora la gestión de las relaciones con los clientes y conduce a un negocio sostenible. (Pohludka & Štverková, 2019)

Entre los indicadores de la necesidad de CRM se encuentran el caos de información del cliente y la incapacidad de evaluar el valor del cliente. Por ejemplo, se puede argumentar que un indicador de la necesidad de comprar un CRM sistema es la necesidad de reducir el ciclo de ventas, aumentar el número de indicadores clave de rendimiento 14, o aumentar la productividad de los trabajadores de servicios y los clientes leales. Si la empresa no puede determinar cuántos clientes tiene, qué productos posee el cliente, cuánto tiene presentó una queja, o cómo su volumen total de transacciones o facturación ha cambiado durante el último período, el CRM es muy necesario. (Pohludka & Štverková, 2019)

La gestión de relaciones con el cliente (CRM) es una de las herramientas de gestión más adoptadas y ha recibido mucha atención en la literatura. Desde una perspectiva de toda la empresa, CRM se ve como un complejo proceso que requiere intervenciones en diferentes áreas de la empresa. Investigaciones anteriores ya han puesto de relieve las trampas y fallas relacionadas con una vista parcial e incompleta de CRM. En esta investigación se profundiza sobre CRM al realizar un análisis exhaustivo acerca del impacto en la relatividad del tiempo que toma implementarlo, según aquella duración se realiza la implantación en diferentes áreas (Lineamiento y estrategia del CRM, tecnología utilizada en el CRM o la administración del cliente) en el rendimiento del CRM, en tal estudio se concluye que la implementación de ciertas actividades de lineamiento estratégico

organizacional tiene un impacto negativo en el desempeño. Además, dichos resultados muestran que la implementación de un CRM no tiene un impacto igualitario en todas las áreas que se han adquirido, además, el crecimiento y la lealtad de los clientes claramente depende del plan estratégico de objetivos, los cuales presenta la empresa y también de los distintos niveles geográficos en los cuales se ha implementado el proyecto. (Pozza, Goetz, & Sahut, 2017)

Este estudio contribuye a la literatura en el sentido de que confirma de cierta manera que por más diferentes que sean las dimensiones de CRM, la contribución de estas no tiene el mismo impacto en la capacitación de clientes, fidelización y crecimiento de los mismos, una implementación posterior de la organización la alineación reduce significativamente el rendimiento. El insignificante efecto de la dimensión de gestión de clientes en el rendimiento de CRM requiere más investigación. Investigaciones futuras sobre la adopción e implementación de actividades en diferentes departamentos con contacto con el cliente (por ejemplo, las ventas o la investigación y departamentos de desarrollo) sería valioso.

Finalmente, los hallazgos apoyan la noción de que las distintas dimensiones de CRM no deben verse en aislamiento, pero en su orquestación general: el tiempo relativo de implementación de las actividades de CRM puede, por lo tanto, afectar el rendimiento de CRM. En este sentido, aquel estudio sugiere que la investigación futura debería considerar la Integración temporal de dimensiones de procesos complejos para investigar sinergias en su orden durante un período de tiempo. (Pozza, Goetz, & Sahut, 2017)

Uno de los casos de éxito en la industria de zapatos podemos notarla en el siguiente estudio: S-Neat-Kers es una empresa de servicios de lavado de zapatos con problemas. S-Neat-Kers es una recién creada PYME con problemas. La cuestión en cuestión es cómo adquirir nuevos clientes potenciales mientras aun conservando los viejos. Se espera que al crear un sistema e-Business basado en CRM, el los desafíos de la empresa se resuelvan. con un análisis basado en la fase CRM, seguido del diseño y desarrollo de aplicaciones e-Business utilizando herramientas UML. El sistema se implementa cuando se completa el diseño y desarrollo de la aplicación. Basado en los resultados de la implementación, se realizó un estudio de implementación para evaluar la aplicabilidad del diseño a los desafíos de la empresa. Como resultado, se puede inferir que las capacidades de la aplicación pueden ayudar a las empresas a ganar nuevos consumidores y aumentar ventas, así como el procesamiento de datos de clientes que se pueden utilizar para retener a los clientes existentes, gracias a los datos que ahora tiene la empresa. (Ayuninggati, Lutfiani, & Millah, 2021)

Para ejecutar un comercio electrónico utilizando este sistema basado en CRM, los recursos humanos deben estar desarrollados para apoyar el funcionamiento y mantenimiento de la aplicación. Otros académicos podrían adaptar esta tecnología para su uso en una empresa de servicios de lavado de zapatos con un mayor volumen operativo y la capacidad de colaborar con socios en varias ciudades de Indonesia. (Ayuninggati, Lutfiani, & Millah, 2021)

### **3.5. Impacto en la competitividad de la compañía**

En estos tiempos de crisis, la gran mayoría de las pymes subestiman la aplicación de la Inteligencia Empresarial en sus procesos de toma de decisiones y sus subsistemas orientados al marketing, como lo es el CRM. Si bien, dentro del sector del calzado varias pymes han implementado el CRM, con un claro objetivo que es obtener un nivel de competitividad eficiente en el cambiante clima económico y mercado actual.

Además, el estudio complementa los conocimientos existentes sobre el vínculo entre las capacidades de TI estratégicas y operativas al ofrecer una visión práctica sobre la combinación de recursos que necesitan las empresas para ofrecer un sistema de CRM que mejore el rendimiento. (Samppa Suoniemi, 2021)

En líneas generales, la gestión de las relaciones con los clientes (CRM) desempeña un papel fundamental en el e-commerce. (Alfred Zhu Liu, 2013)

A modo de ejemplificación, se tiene a la compañía Negociaciones Anconsa, que se ve influida por cuestiones relacionadas con factores organizativos, técnicos y de calidad de los datos de sus ventas. En otras palabras, esta herramienta permitirá a la empresa obtener resultados como aumenta de su valor en entornos competitivos específicos con sus principales competencias.

El CRM, en nuestra era se ha transformado en un elemento primordial para muchas empresas (Alexander Josiassen, 2014). Por ello, Nuestra empresa logrará el éxito con el esfuerzo e implementación de herramientas tecnológicas que le permitirán lograr ventajas competitivas, por ejemplo, a través de las relaciones con sus clientes. Por ello, podemos decir que el CRM es vital en el desarrollo de las Mypes en nuestra sociedad actual.

### 3.6. Técnicas de evaluación e indicadores de desempeño del CRM

La implementación de un CRM en una empresa trae consigo ventajas tales como administrar y gestionar de manera más eficiente la información de los clientes, brindar un servicio personalizado e incluso identificar nuevas oportunidades de mercado. No obstante, es importante realizar una medición y evaluación del impacto de un CRM dentro de la organización, para de esta manera, poder determinar si los beneficios superan la inversión y esfuerzo implicados en su implantación.

Dentro de los indicadores de rendimiento de la implementación de un CRM se encuentran la tasa de retención y precaución de perder de clientes, con lo cual se busca incrementar los ingresos en el tiempo para los interesados y, por ende, se mantiene la competitividad (Wakabayashi & Merzthal, 2015).

Además, otro de los indicadores es el retorno a la inversión (ROI), el cual dependerá del adecuado análisis de los datos e información del cliente, por consiguiente:

Para que una empresa tenga éxito, hay que hacer campañas de marketing. Y para que este tipo de campañas también lo tengan es preciso recurrir a datos. A datos de clientes que ayuden a la empresa a establecer una mejor campaña publicitaria. Sin embargo, lo que puede ser un ideal se puede convertir en una verdadera pesadilla para la empresa si no se emplean los datos adecuados para maximizar la inversión presupuestaria. (González, 2020)

Es por ello, que un sistema CRM al ser una herramienta generadora de Big Data, es decir, de obtención y análisis de un gran volumen de datos, permite orientar las estrategias de Marketing y lograr que el mensaje establecido se dirija hacia el público objetivo.

Por otro lado, otro indicador aplicado para evaluar el efecto de la implementación de un CRM específicamente en empresas donde su modelo de producción es Make-to-Stock o producción basada en pronósticos de ventas, es la cobertura que la funcionalidad del sistema CRM proporciona a las actividades que se realizan para gestionar la demanda y fortalecer las relaciones con los clientes.

Según un estudio realizado por investigadores brasileños acerca de un sistema CRM en específico el sistema SAP CRM versión 3.0 de la empresa alemana SAP SE, se identificó en primer lugar cada una de las funcionalidades del sistema, las cuales estaban clasificadas dentro de un área específica de negocio, tales como: ventas de campo, administración de Marketing, prestación de servicio al cliente, servicio de campo y despacho, ventas vía internet, central de interacción; posterior a ello, se realizó una matriz donde se estableció actividades modelo versus funcionalidades del sistema para finalmente realizar una evaluación en cuanto al grado de cobertura (cobertura completa, cobertura parcial, no cubre) que la funcionalidad del sistema proporciona a la actividad modelo realizada por una empresa (Azevedo, Bremer, Rebelatto, & Tarallo, 2006).

Además, se realizó un nuevo análisis con el fin de visualizar de manera gráfica la posible aplicación del sistema, para lo cual, se desarrolló a partir del cálculo del porcentaje de actividades de cada subproceso de Gestión de la Demanda que se apoyan en las funcionalidades encontradas en los sistemas, “un indicador, denominado “IA Functionality Applicability Index”, que tiene

como objetivo para cada uno de los subprocesos existentes en el modelo, presentar un valor porcentual de soporte de herramienta” (Azevedo, Bremer, Rebelatto, & Tarallo, 2006).

La ecuación del indicador es la siguiente:  $IA = [(C + 0,5 * P) / T] * 100\%$

Dónde:

IA, representa el índice de aplicabilidad del sistema en el subproceso; C, representa el número de actividades de subproceso totalmente cubiertas por el sistema; P, el número de actividades de subproceso parcialmente cubiertas por el sistema, independientemente del número de características que asistan a cada actividad; y T, el total de actividades de subprocesamiento (Azevedo, Bremer, Rebelatto, & Tarallo, 2006).

Los resultados del análisis fueron los siguientes: se determinó que los subprocesos realizados por una empresa que tuvieron un mayor índice de aplicabilidad fueron: Influenciar en la demanda, Gestionar cartera de pedidos e Ingresar el pedido del cliente con porcentajes de 54,17%, 16,66% y 100% respectivamente, mientras que los subprocesos de Pronosticar demanda y Administrar ATP obtuvieron porcentajes de 0% (Azevedo, Bremer, Rebelatto, & Tarallo, 2006).

De acuerdo a estos resultados, se puede identificar que aquellos procesos de gestión de Marketing que pueden ser automatizados mediante herramientas computacionales, el índice de aplicabilidad de un sistema CMR resulta ser alto, por ejemplo, cuando una empresa opta por la estrategia de marketing de enviar un mensaje de correo electrónico personalizado a un grupo particular de clientes, para identificar clientes potenciales; por el contrario, en los procesos basados en estrategias de marketing con características operativas en lugar de características analíticas, el índice es bajo, tal es el caso de la edición de un anuncio para medios de televisión o radio (Azevedo, Bremer, Rebelatto, & Tarallo, 2006).

En consecuencia, existen diferentes indicadores del rendimiento de un CRM que pueden brindar la información necesaria a una empresa sea pequeña, mediana o grande, acerca del impacto que este sistema tiene en la gestión de la demanda y relaciones con los clientes, y de esta manera orientarla a una mejor toma de decisiones dentro del área de Marketing y en general a una mejor gestión de sus procesos.

#### 4. Conclusiones

Según la investigación realizada, la implementación de un ERP y CRM representa grandes ventajas para las organizaciones, dando como principales resultados incrementar los ingresos o fidelizar más clientes, convirtiendo así a la compañía más competitiva y rentable. No obstante, esto requiere de una excelente planificación previa, conocerse bien como organización, es decir, cómo es su cultura organizacional, de qué tamaño es la empresa, cuál es su situación en la actualidad, cuáles son sus necesidades, sus fortalezas, debilidades, oportunidades y amenazas, entre otros aspectos vitales para una implementación exitosa.

Los sistemas ERP y CRM se encuentran en constante evolución de sus módulos, lo que les hace ser muy demandados últimamente por distintos tipos de empresas, por sus increíbles efectos y mejoras en las funcionalidades de cualquier compañía, como integrar todos los procesos que se realizan en una compañía, establecer una adecuada comunicación entre todos sus miembros, minimizar los posibles errores que se puedan dar, mantener actualizados los informes necesarios para la realización de alguna operación necesaria, brindar seguridad de datos que hoy en día es primordial para evitar cualquier peligro cibernético.

Cabe resaltar, a las pymes de diferentes sectores industriales en la actualidad que apuestan por la adopción de herramientas y recursos de la industria 4.0, lo cual es alentador para la industria peruana, pues impulsa a la competitividad empresarial de buena forma, dando lugar a la automatización, digitalización, mejora constante y la habilidad ágil de responder ante uno o varios desafíos, especialmente para una mejor toma de decisiones de parte de los altos cargos de una organización que involucre la posición e ideales de todas las personas que hacen posible el crecimiento de una compañía, además de la consideración de sus partes interesadas.

## 5. Referencias bibliográficas

- Charbanneau Genest, M., & Gamache, S. (15 de Junio de 2021). Prerequisites for the Implementation of Industry 4.0 in Manufacturing SMEs. ScienceDirect.
- Freire de Castro Silva, S. L., & Barbará de Oliveirab, S. (2015). Planning and scope definition to implement ERP: The case study of. ELSEVIER, (8).
- Gálvez Albarracín, E., Riascos Erazo, S., & Contreras Palacios, F. (2014). Influencia de las tecnologías de la información y comunicación en el rendimiento de las micro, pequeñas y medianas empresas. ELSEVIER DOYMA, 4-10.
- González, R. (06 de Octubre de 2020). Para maximizar el ROI en marketing hay que usar el Big Data. Big Data Magazine. doi: <https://bigdatamagazine.es/para-maximizar-el-roi-en-marketing-hay-que-usar-el-big-data>
- Hietala, H., & Päivärinta, T. (2021). Benefits Realisation in Post-Implementation Development of ERP Systems: A Case Study. ELSEVIER, (8).
- Jeong, Y., Singh, A., Zafarzadeh, M., Wiktorsson, M., & Baalsrud, J. (2020). Data-Driven Manufacturing Simulation: Towards a CPS-Based Approach. En K. Safsten, & F. Elgh., SPS 2020: Advances in transdisciplinary engineering series. IOS Press.
- Menon, S., Muchnick, M., Butler, C., & Pizur, T. (2019). Critical Challenges in Enterprise Resource Planning (ERP) Implementation. International Journal of Business and Management, 54-69.
- Alexander Josiassen, A. G. (2014). CRM and the bottom line: Do all CRM dimensions affect firm performance? ELSEVIER, 6.
- Alfred Zhu Liu, H. L. (2013). How do competitive environments moderate CRM value? ELSEVIER, 12.
- Amado, A., & Paulo Belfo, F. (2021). Maintenance and Support Model within the ERP Systems Lifecycle. ELSEVIER, 9.
- Antoniadis I., T. T. (2015). Business Intelligence during times of crisis: Adoption and usage of ERP systems by SMEs. ELSEVIER, 9.
- Ayuninggati, T., Lutfiani, N., & Millah, S. (2021). CRM-Based E-Business Design (Customer Relationship Management) Case Study: Shoe Washing Service Company S-Neat-Kers. International Journal of Cyber and IT Service Management (IJCITSM) , 216-225.
- Azevedo, R. C., Bremer, C. F., Rebelatto, D. A., & Tarallo, F. B. (11 de Mayo de 2006). O uso de ERP e CRM no suporte à gestão da demanda em ambientes de produção Make-to-Stock. 13(2), 170-190. São Paulo, Brasil. doi: <https://doi.org/10.1590/S0104-530X2006000200002>
- Charbanneau Genest, M., & Gamache, S. (15 de junio de 2021). Prerequisites for the Implementation of Industry 4.0 in Manufacturing SMEs. ScienceDirect.
- Freire de Castro Silva, S. L., & Barbará de Oliveirab, S. (2015). Planning and scope definition to implement ERP: The case study of. ELSEVIER, (8).
- Jituri, S., Fleck, B., & Ahmad, R. (2018). A Methodology to Satisfy Key Performance Indicators for Successful ERP Implementation in Small and Medium Enterprises. International Journal of Innovation, Management and Technology, 9, 79-84. doi:10.18178/ijimt.2018.9.2.792
- Khan Chi, N. T. (02 de Septiembre de 2021). Innovation capability: The impact of e-CRM and COVID-19 risk perception. ELSEVIER.

- Masood, T., & Sonntag, P. (23 de Junio de 2020). Industry 4.0: Adoption challenges and benefits for SMEs. *ScienceDirect*. doi: <https://doi.org/10.1016/j.compind.2020.103261>
- Pohludka, M., & Štverková, H. (2019). The Best Practice of CRM Implementation for Small and Medium-Sized Enterprises. *Administrative sciences*, 1-17.
- Pozza, I. D., Goetz, O., & Sahut, J. M. (2017). Implementation effects in the relationship between CRM and its performance. *Journal of Business Research*, 391-403.
- Samppa Suoniemi, H. T. (2021). The impact of firm-level and project-level it capabilities on CRM system quality and organizational productivity. *ELSEVIER*, 15.
- Silvaa, S. L., & Oliveirab, S. B. (2015). Planning and scope definition to implement ERP: The case study of Federal Rural University of Rio de Janeiro (UFRRJ). *ELSEVIER*.
- Suoniemi, S., Terho, H., Zablah, A., Olkkonen, R., & Straub, D. W. (2021). The impact of firm-level and project -level its capabilities on CRM system quality and organizational productivity. *ELSEVIER*.
- Svensson, A., & Thoss, A. (2021). Risk Factors When Implementing ERP Systems in small companies. *Information*.
- Talluri, S., & Vasudeva, R. (2019). Critical success factors of ERP implementation in SMEs. *Journal of Project Management*, 267–280.
- Vicente, G. N., Badenes, R. O., Gomez, H. G., & Fernandez, A. I. (2021). Customer Relationship Management (CRM) e Innovación: Un análisis comparativo cualitativo (QCA) en la búsqueda de mejoras en el desempeño de la firma en el sector bodeguero. *Technological Forecasting & Social Change*.
- Wakabayashi, J. L., & Merzthal, J. (15 de noviembre de 2015). Directrices para la implementación de un modelo de gestión de la relación con el cliente en el sector industrial: caso DAMERA. *ELSEVIER*, 455-462. doi: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0123592315000571?via%3Dihub>
- Żółtowski, D. (2021). Determinants of microentrepreneurs' decision to start work on their own ERP software for the SME sector. *ELSEVIER*, (8).

# GESTIÓN DE OPERACIONES

---

# INDUSTRIALES

---



Esta obra está bajo una [Licencia Creative Commons Atribución 4.0 Internacional](https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/).



UNIVERSIDAD  
NACIONAL DE  
TRUJILLO

FACULTAD DE INGENIERÍA  
ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA INDUSTRIAL  
TRUJILLO, PERÚ  
Mayo, 2022

## The Implementation of an ERP System in Manufacturing PYMES

**Luz Acevedo, Maite Acuña, Ángel Bazán, Edgar Grijalba, Martín Guarderas,  
Carlos Huaila, Dhan Lázaro \***

\*Facultad de Ingeniería, Escuela de Ingeniería Industrial, Universidad Nacional de Trujillo. Av. Juan Pablo II s/n – Ciudad Universitaria, Trujillo, Perú.

Correo electrónico: [mguarderasa@unitru.edu.pe](mailto:mguarderasa@unitru.edu.pe)

### ABSTRACT

**Purpose** – The purpose of this paper is to present a conceptual model focused on Industry 4.0 and the implementation of ERP software in SMEs.

**Methodology** – In order to achieve a better familiarisation with respect to our research topic and to contribute to the delimitation and construction of the problem statement and objectives regarding Industry 4.0 technologies in the implementation of textile manufacturing companies, a compilation of 15 scientific journals and/or papers published between 2016 - 2021 from the virtual library of the National University of Trujillo on the topics of ERP, Industry 4.0 and its implementation in SMEs as well as innovation and development in the management of processes within companies was carried out.

**Finding** – After searching for information on industry 4.0 tools, CRM and ERP systems, as well as their implementation in textile manufacturing companies, we managed to find the role played by digital tools in companies, the benefits they represent, criteria for evaluation of these tools among other aspects. In this way we determine and guide companies towards the implementation of these tools since these would increase their competitiveness in the market.

**Value** – This research covers various concepts about the tools of industry 4.0, specifically in the implementation of CRM and ERP systems in SMEs in the manufacturing sector, showing in a general way the importance of having these tools in companies and how they contribute to their development. thus, increasing its competitiveness in the market.

**Key word:** Industry 4.0, ERP (Enterprise Resource Planning), SMEs, Textile Industry, Innovation

---

## La Implementación de un Sistema ERP en las PYMES de Manufactura

---

### RESUMEN

**Propósito** – El propósito de este trabajo es presentar un modelo conceptual enfocado en la Industria 4.0 y la implementación de un software ERP en PYMES.

**Metodología** – Para lograr una mejor familiarización con respecto a nuestro tema de investigación y para contribuir a la delimitación y construcción del planteamiento del problema y los objetivos en cuanto a las tecnologías de la Industria 4.0 en la implementación de las empresas de manufactura textil, se realizó una recopilación de 15 revistas científicas y/o papers publicados entre los años 2016 – 2021 de la biblioteca virtual de la Universidad Nacional de Trujillo sobre los temas de ERP, Industria 4.0 y su implementación en PYMES así como la innovación y desarrollo en la gestión de procesos dentro las empresas.

**Hallazgos** – Luego de buscar la información sobre las herramientas de la industria 4.0, los sistemas CRM y ERP así como su implementación en las empresas de manufactura textil, logramos encontrar el rol que juegan las herramientas digitales en las empresas, los beneficios que estas representan, criterios de evaluación de estas herramientas entre otros aspectos. De esta manera determinamos y orientamos a las empresas hacia la implementación de estas herramientas ya que estas aumentarían su competitividad en el mercado.

**Valor** – Esta investigación abarca diversos conceptos sobre las herramientas de la industria 4.0, específicamente en la implementación de sistemas CRM y ERP en PYMES del sector manufactura, mostrando de manera general la importancia de contar con estas herramientas en las empresas y como contribuyen en su desarrollo aumentando así su competitividad en el mercado.

**Palabras claves:** Industria 4.0, ERP (Enterprise Resource Planning), PYMES, Industria Textil, Innovación

---

## 1. Introducción

Al igual que muchos otros negocios en todo el mundo, el emprendimiento textil también fue afectado por la situación actual de pandemia, y por supuesto, China, quien es el mayor productor textil a nivel mundial, ha sufrido un notable daño por la pandemia con una caída de entre 5 y 10% respecto al cierre de ventas del año anterior en la industria de las telas, aunque esto es mucho menor comparándola con la caída de 20% de Estados Unidos y de aproximadamente el 40% de España (Vásquez Díaz, 2021).

La industria textil peruana no ha podido levantarse después del golpe causado por el virus, pues sabemos que el Perú es uno de los países de los que el emprendimiento es la base de su economía, y según estudios de la (Sociedad Nacional de Industrias, 2021), el sector confecciones se vio afectado un 35.9%, mientras que el textil un 25.7%, aunque para diciembre del 2020 se registró una recuperación del 9.4%.

En Perú, la reacción de los productores ante las restricciones sanitarias no fue favorable, pues esto implicaba el cierre total o parcial de sus negocios, y debido al poco desarrollo del e-commerce en nuestro país, sigue siendo muy difícil concretar una venta online para los emprendedores. Asimismo, el nuevo estilo de vida que acompañó al confinamiento y las restricciones de compra física ha generado cambios sumamente drásticos en el momento de elegir una prenda a través de medios digitales, obligando que muchas empresas pertenecientes a este rubro tengan que disminuir sus precios en un 12% durante los meses de marzo y abril del 2020, o, por el contrario, dedicarse a la venta de otro tipo de productos, diferente a los que confeccionaba originalmente. (Vásquez Díaz, 2021).

Esta investigación tiene como objetivo contribuir con la identificación de las herramientas de la industria 4.0 que permitan a las PYMES del sector textil tener una mayor productividad, una mejor gestión de la información y rápida respuesta a sus clientes, así como también la reducción de sus costos, mediante una revisión literaria con la finalidad de elaborar una propuesta de innovación en la empresa textil MAHE.

En base al objetivo planteado se identificó los sistemas ERP y CRM como alternativas atractivas para su implementación en estas empresas debido a la importancia de mantenerse en contacto con sus clientes y sus preferencias.

Según (Asociación Española de Contabilidad y Administración de Empresas, 2007) el Enterprise Resource Planning (ERP) puede ser definido como una clase de sistema creado recientemente de tipo apoyo. Esto va a permitir que los sistemas MRP II puedan tener una relación entre ellos y compartan información importante como finanzas, recursos humanos, entre otros. Así como también tener una integración de la información de todos los departamentos de la empresa en un solo sistema de datos en común para todas estas.

La aparición de estos sistemas como el ERP ha permitido que todas las áreas de una empresa se integren y se beneficien de una mejor administración de los procesos. La implementación de un ERP es un riesgo que toda empresa en estos momentos debe asumir para poder mantenerse en el mercado en el cual se desenvuelve. Estas tecnologías son un soporte para el desarrollo empresarial y permiten seguir el paso a la competencia.

La herramienta CRM permite a la empresa estar más cerca de sus clientes actuales y potenciales logrando así comprender sus necesidades y así persuadirlos en su toma de decisiones para la realización de transacciones con la empresa. Esta herramienta se encuentra implementada en diferentes sectores jugando actualmente un papel importante ya que permite el procesamiento de datos y la personalización que se ajuste a los diferentes perfiles de sus consumidores. (Anshari, Nabil Almunawar, Ariff Lim, & Al - Mudimigh, 2018)

La sección 2 de este documento indica la metodología empleada para la revisión literaria y el horizonte temporal de los papers seleccionados, la sección 3 explica brevemente la información obtenida de la revisión literaria.

## 2. Metodología

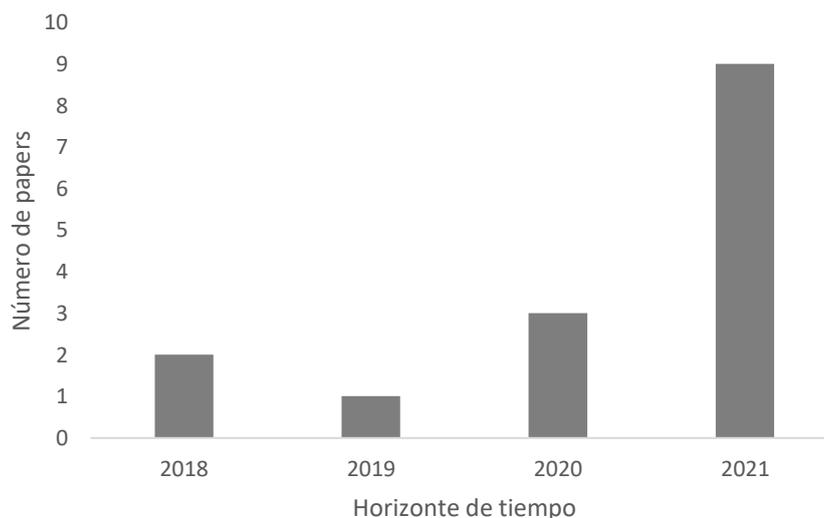
Para enmarcar el objeto de estudio, se realizó una aplicación de la técnica exploratoria para recopilar información mediante una minuciosa revisión de los diferentes artículos.

En un primer instante se buscaron artículos en el sitio web de Servicio de Vigilancia Tecnológica de la Universidad Nacional de Trujillo, seguidamente se revisó el contenido de alta calidad académica y luego se seleccionaron y clasificaron en tres secciones: 1) Tecnologías asociadas a la industria 4.0, 2) ERP y 3) CRM. Luego se adaptaron y contextualizan la información acerca de las tecnologías de la industria 4.0, ERP y CRM.

Para la revisión bibliográfica, se en el motor de búsqueda mencionado anteriormente, se exploró mediante los títulos de los artículos o palabras claves como: "Innovación en la industria 4.0", "automatización", "Big data", "Data analytics", "CRM", "Web 2.0", "Social networks", "Social CRM", "Customer relationship management", "CRM", "Social Media", "state of the art", "Digital manufacturing", "SME", "Case Study", "Internet of things", "Blockchain Technology", "Global Apparel Manufacturing", "Supply Chain Management", "Radio Frequency Identification", "Sensor Network".

Para esta revisión se han considerado un horizonte temporal de los últimos 4 años debido a los avances que se van generando constantemente en los temas relacionados con la industria 4.0 ya que los artículos publicados con una mayor antigüedad pueden contener información obsoleta.

**Figura 2.**  
*Horizonte temporal de la revisión literaria*



De los 20 artículos revisados de alta calidad académica, prácticos y fáciles de adaptarse a diferentes contextos, se seleccionaron 15. Siendo que en la primera parte se explica sobre las tecnologías asociadas a la industria 4.0 y cómo están influyendo en las organizaciones en la actualidad; en la segunda parte se describe a los ERP's y el éxito que tienen para mejorar la competitividad de las pymes; y finalmente en la última sección, se menciona al CRM asociada a la estrategia digital para la personalización de los servicios.

## 3. Revisión literaria:

### 3.1. Internet of Things and Blockchain Technology in Apparel Manufacturing Supply Chain Data Management

El autor (Kamalendu & Yasar, 2020) menciona la complejidad que actualmente se están enfrentando los comercios de manufactura textil, esto debido a que se vive en un entorno operativo dinámico (demanda de los precios más bajos, el comercio móvil, etc.), por lo que las empresas dedicadas a este sector están en la obligación de redireccionar sus estrategias de diseño

de la cadena de suministros. Por lo que, el autor plantea la adopción de sistemas de información empresarial híbrida, haciendo uso de aplicaciones de IoT y un libro de contabilidad basado en blockchain, para lograr un apoyo a los servicios de transacción de una red de negocios. Con esta tecnología de la Industria 4.0, las empresas que lo apliquen (destinadas a la elaboración de manufactura textil) pueden facilitar la toma de decisiones operativas y lograr una cooperación con los socios comerciales para alcanzar objetivos comunes.

### **3.2. Concept and Case Study for a Generic Simulation as a Digital Shadow to Be Used for Production Optimisation**

Los autores (Kassen, Tammen, Zarte, & Pechmann, 2021) nos presentan un artículo muy acorde con nuestro caso clínico ya que se basa en una simulación genérica con el uso de un grupo de notas ERP de ingreso primordial, dicho grupo de notas es tomado para la invención de un idéntico digital de producción verídica. El desarrollo de esta tecnología de la Industria 4.0, tal como mencionan los autores, pueden contribuir a la empresa con una planificación de la producción optimizando los programas de producción futuros y permitiendo a las Pymes diseñar su producción de forma más eficiente y más específica sin costosas configuraciones de prueba. Si bien, la mayoría de empresas no implementan la creación de gemelos digitales en la actualidad, si es muy común la utilización de sistemas de planificación de recursos empresariales (ERP) con lo que tendrían la capacidad de para una creación de sombras digitales, este sería el primer gran paso para una futura creación de un gemelo digital completo.

### **3.3. ERP Software Offers Structure to Manufacturers**

(Wolff, 2021) nos menciona que las empresas inician con una idea atractiva al mercado y con conocimientos básicos respecto a esa idea, sin embargo, con el éxito de la empresa viene consigo la necesidad de mejorar la estructura. Esto lo podemos notar cuando la empresa, que en un inicio manejaba su información con ayuda de Microsoft Excel, se ve en la necesidad de realizar una estandarización ya que cuentan con una mayor cantidad de personal y por ende un mayor flujo de datos como la gestión de inventarios, la comunicación con los proveedores entre otros.

La empresa frente a esta necesidad y con la finalidad de ser más competitiva debe optar por un software ERP, sin embargo, nos enfrentamos a interrogantes como: ¿Es de fácil uso o complejo? Y ¿Cómo mejorará la administración de las operaciones?

El autor nos habla sobre un software ERP de la compañía Epicor en donde se incluye diversas cosas como un MES, estimaciones, ingeniería de CAD y mediciones de capacidad. Sin embargo, para muchos empresarios puede verse complejo manejar un software así, por lo que otras empresas como Hansen y ECI desarrollaron soluciones que permiten adaptar el espacio de trabajo para cada usuario.

Adicionalmente existen otros softwares como KnowledgeSync el cual permite identificar y dar solución a problemas en base a indicadores o BAM que permite identificar a los clientes que no hayan pagado sus deudas comunicando inmediatamente al área de finanzas con la finalidad de inhabilitar al cliente por mora integrando y mejorando el flujo de información entre las áreas expandiendo así el ERP.

### **3.4. “Digital Manufacturing in SMEs based on the context of the industry 4.0 framework - one approach”**

Los autores nos mencionan que la industria 4.0 se apoya en 3 pilares: los sistemas ciber físicos, la inteligencia artificial y el internet de las cosas y es importante implementar la industria 4.0 en las Pymes ya que esto permitirá la automatización de los sistemas y, en caso de un ERP, se obtendrá como beneficio la planificación de los micro y macro procesos el cual consiste en la unión de la información de diferentes áreas de la organización formándose de esta manera un modelo único. Además, los autores nos mencionan que en Serbia se ha creado una plataforma con la finalidad de impulsar la implementación de la industria 4.0 en las Pymes logrando que gran parte de sus pequeñas y medianas empresas cuenten ya con sistemas ERP aplicados.

### 3.5. “HloTron Develop a remote machine monitoring system to help industries to increase manufacturing efficiency”

La empresa hloTron nos comenta que la industria manufacturera está empezando a tomar las cosas en serio, cosa que no lo hacían antes. Es por eso que hloTron desarrolló un sistema de monitoreo para máquinas que serán controladas de forma remota, con la finalidad de mejorar la eficiencia. También en el mismo artículo nos comenta que este monitoreo remoto brinda un panorama completo de los activos de una empresa, con el plus de no tener que estar físicamente en ella.

Es así como este sistema de monitoreo remoto inteligente nos brinda información de calidad y necesaria para mejorar las operaciones y aumentar al máximo la productividad, al mismo tiempo que disminuye los costos y aumenta las rentabilidades obtenidas.

Como se conoce existen diversos factores por lo cual se puede afectar los requerimientos del cliente, algunos son medio ambiente, operarios y la materia prima. Para solucionar este inconveniente el monitoreo remoto nos brinda una solución bastante accesible y rentable para prevenir estas posibles fallas.

El monitoreo remoto es el nuevo boom en la industria manufacturera, es elemental para asegurar la seguridad y comodidad del trabajador, mientras sigue en marcha la producción. IIOT permite acceder a los diferentes datos de forma remota, en cualquier lugar incluso estén separadas.

La empresa también nos comparte una idea que nos dice: “El monitoreo remoto de máquinas puede liderar la digitalización en la industria manufacturera.”

### 3.6. “SMEs and Industry 4.0: Two case studies of digitalization for a smoother integration”

Los autores consideran que toda PYME tiene problema para acoplarse a la cuarta revolución industrial, es por ello que proponen 2 propuestas de digitalización, basándose en una exhaustiva investigación que tuvo por duración 3 meses. Ambas propuestas muestran un camino diferente para que una empresa ingrese a la digitalización y pueda adentrarse en la cuarta revolución industrial.

Para ellos la industria 4.0 representa un nuevo método para todas las empresas a nivel mundial. Esto representa una digitalización total de los procesos productos, organizaciones, procesos logísticos y toda la cadena de suministro.

Cabe decir que ambas propuestas se elaboraron con total ayuda de la empresa. La primera digitalización se realizó teniendo la ayuda del gerente de producción donde se había podido destacar los siguientes obstáculos: la mano de obra calificada y la cultura corporativa. También nos comentan que la propuesta no está basada en la reingeniería por lo cual no se basó en la mejora de los procesos internos que ya mantenía la empresa. Se partió desde la ubicación principal de todos los datos ubicando 3 departamentos principales, del mismo modo, se identificó que se manejaban en manera de tarjetas, siendo transportadas a mano desde un tablero a otro. El proceso para realizar la entrega de un producto es engorroso debido a que tienen que levantarse del lugar para corroborar la información en las tarjetas, esto sucede porque no todos tienen acceso a las mismas. Lo mismo sucede con el jefe de producción se acerca a su tablero para visualizar las tarjetas asumiendo que se tienen algunas ahí y solamente se entera cuando está en su oficina, en otras ocasiones, tienen que avisar porque sino no las observaría. Todo transporte de las tarjetas dentro de la organización es a mano. La propuesta se basó en usar las tecnologías convencionales como un sitio web o aplicación de un software que se base en la nube que permite editar la información sin la necesidad de estar en forma física cerca a los tableros, haciendo el proceso más eficiente y sin tener la necesidad de cambiar los procesos que se desarrollan internamente. Los resultados fueron positivos para la empresa, logrando superar satisfactoriamente los dos obstáculos observados disminuyendo las pérdidas en las entregas de los productos.

En la segunda digitalización se tuvo en cuenta los documentos de las operaciones principales que se suelen manejar en hojas de papel, indicando cada operación a seguir para desarrollar el pedido del cliente. Este documento al finalizar la fabricación es ingresado al ERP de la empresa, pero no

se realiza post análisis de los datos. Así mismo, existen también los documentos indicando los horarios de los trabajadores que ellos mismos llenan con todas las horas laboradas semanalmente y le entregan al jefe de producción. Nadie empieza si el documento de construcción no ha sido llenado por el jefe. Estos dos documentos son los que se van a digitalizar, ya que no encontraron una forma estructurada de planificar la producción. La solución tomada en cuenta buscar una forma fácil de realizar el proceso y permitir a la compañía tener nuevos indicadores fiables en tiempo real, el primer cambio fue digitalizar las hojas de trabajo que eran impresas cada vez que se necesitaba hacer un nuevo producto, con la adquisición de tabletas que permitían llevar a todos lados la información. La otra mejora fue proporcionar a los trabajadores códigos QR y lectores de los mismos para marcar su hora de entrada y salida de la empresa, evitando así que tengan que llenar algún documento al final de la semana. Todo esto va a permitir que se recopile datos fiables mientras se ahorra tiempo. Del mismo modo, los autores resaltan la importancia de tener indicadores en tiempo real, llevando al éxito a la empresa. Si bien es cierto, esta propuesta no supera los obstáculos de la mano de obra calificada, sino busca evitarla, digitalizando los datos, para aumentar su rendimiento y producción y de la mano su beneficio económico.

Finalmente, este trabajo logró demostrar que la entrada a la industria 4.0 de las empresas es posible, siempre que las barreras no sean tan altas como pueden parecer, sino intentar crear o usar modelos de negocio que den beneficio a largo plazo a la empresa. Estas propuestas presentadas son bastantes fáciles de implementar y razonables en comparación a la alta gana de software que se pueda utilizar, facilitando así la integración de tales empresas. También nos dicen que demuestran una posible forma para que las pymes se acerquen a la cuarta revolución industrial. Siguiendo la misma metodología como el de esta investigación que permitirá a las empresas ser más conscientes de su estado actual y se abren camino dentro de la revolución.

### **3.7. “Enfoque semántico de la integración de datos para una Internet de las cosas que respalda la gestión de la cadena de suministro de prendas de vestir”**

Según el autor (Pal & Yasar, 2020) el rápido avance del internet de las cosas se ha convertido cada vez más en un medio imprescindible para una empresa, ya que sin ella ésta no sería más productiva, eficiente ni se encontraría inmerso dentro del mercado competitivo; y uno de los sectores que más predominan dentro las industrias en general, como lo es la industria textil en los últimos años, ha tenido diversas adaptaciones en todos sus procesos con el objetivo de poder adoptar nuevas tecnologías.

Las MYPES dentro de este rubro lo que deben hacer inicialmente es evaluar qué herramientas del IoT poseen en la actualidad y dentro de qué nivel se encuentran basado en sus experiencias previamente vistas ya que su objetivo principal es poder asociar la información que poseen por medio de tecnologías baratas y desechables. Este SI ayudará de manera conjunta en muchas áreas de negocio de la confección, como lo es la gestión de inventarios, fabricación y transporte.

El autor concluye finalmente que el internet de las cosas dentro de la industria textil y confección es importante ya que forma parte del proceso de intercambio de información y esto hace que el manejo de esta tecnología de la información logre a futuro un horizonte rentable alcanzando un mayor nivel productivo y competitivo, lo cual puede en el futuro verse reflejado dentro de la calidad del producto que éstos ofrecen ya que en los últimos años, los negocios globales de fabricación de prendas de vestir se inclinan por ser actividades mundiales debido a la ventaja económica de la globalización del diseño y el desarrollo de sus productos.

### **3.8. “Fabricación digital en pymes basada en el contexto del marco Industria 4.0”**

En el presente artículo el autor nos informa acerca de cómo vamos a enfocar los conceptos que tratan acerca de la fabricación digital dentro de una PYME para poder así controlar y optimizar el manejo de ésta, está enfocado en el desarrollo de una metodología que nos facilite poner en práctica una postura virtual de un proceso productivo.

Según los autores, uno de los elementos importantes de la I4.0 en la práctica es la optimización y el uso de la analítica de grandes datos (BDA), utilizando técnicas de inteligencia artificial (IA) y algoritmos de aprendizaje, y para el ámbito de la producción, que es el tema del artículo estudiado,

el ERP y el mantenimiento predictivo son las unidades en las que más se aplica este concepto más aplicado, y en este documento se dan algunos ejemplos en el ámbito de la ERP.

Los autores también nos mencionan que en Serbia se creó una plataforma para poder aplicar industria 4.0 y en Belgrano se realizan conferencias sobre el modelo de Industria 4.0 para la Ingeniería.

### **3.9. El Business Intelligence, la receta para que un negocio tenga éxito**

(González, 2021) nos menciona lo importante que es hoy en día que las empresas implementen herramientas en base al análisis de datos como el Big Data y el Business Intelligence para poder asegurar la continuidad de sus negocios, de manera que les permita mantener un registro actualizado de la información esencial tanto de sus clientes como del mercado en el que se desenvuelven, mejorar su productividad y evitar cometer errores futuros.

Por un lado, el Big Data se basa en el procesamiento y almacenamiento de grandes volúmenes de datos y por el otro, siendo un complemento de este, el Business Intelligence nos ofrece un abanico de herramientas que nos permiten organizar, analizar y dar sentido a toda la información recopilada, es por ello que gracias a ambas herramientas, las empresas pueden tomar decisiones más acertadas y seguras.

También hace mención a una aplicación netamente enfocada a fortalecer el vínculo entre la empresa y sus clientes llamada Customer Relationship Management, esta permite recopilar una serie de datos sobre las interacciones realizadas entre los clientes y la empresa, brindando así una perspectiva más amplia sobre los intereses de los clientes.

Así mismo, existen varias soluciones en el mercado para mejorar la gestión de los datos de la empresa. Entre las herramientas existentes destacan los sistemas ERP o "Enterprise Resource Planning". Esta aplicación permite administrar procesos en diferentes departamentos, como finanzas, manufactura, contabilidad y facturación, cadena de suministro, recursos humanos y operaciones. Por otro lado, podemos encontrar software de gestión de activos empresariales (EAM), software de gestión de activos comerciales y el MRP, el cual es una herramienta de producción que se utiliza para planificar y gestionar el seguimiento del inventario.

En conclusión, nos resalta la importancia de implementar herramientas y aplicaciones que nos permitan conocer y mantenernos conectados con nuestros clientes y nuestro mercado, ya que, en base a ello, podremos seguir manteniendo nuestra propuesta de valor y lograr alcanzar mayores beneficios para la empresa.

### **3.10. Solo un 4% de las pymes usa técnicas de aprendizaje automático para analizar sus datos**

En este artículo, (González, 2021) hace énfasis al diminuto porcentaje de Pymes que a pesar de conocer los beneficios considerables que ofrece la inteligencia artificial (IA) no la han implementado dentro de sus procesos.

Actualmente, cometemos el error de pensar que tanto la innovación como la digitalización pueden ser implementadas sólo a grandes empresas, cuando en realidad, existen diversas alternativas para todo tamaño de negocio, las cuales dan por seguro una mejora en los resultados de los objetivos de la compañía en un corto plazo, debido a que inteligencia artificial viene a optimizar y complementar los conocimientos humanos con la tecnología, es por ello que uno de los beneficios más importantes que nos brinda es la ampliación de las capacidades humanas y la optimización de los recursos limitados de la organización.

Finalmente, nos menciona como la información en tiempo real nos permite procesar información analítica y precisa de manera automática y actualizada en grandes cantidades, así mismo, esta herramienta nos facilita el acceso a la información interna de la compañía desde donde estemos localizados. Es por todo ello que, a raíz de toda esta coyuntura, ha incrementado la necesidad de

las empresas y pymes por optar e informarse sobre estas alternativas de resolución de problemas y análisis de datos.

### **3.11. Por qué deben las empresas optar por almacenar datos en la nube de borde**

La autora (González, 2021) nos comenta que varias empresas se ven en la necesidad de pensar qué medidas deben tomar con toda la información que han logrado almacenar en sus años de funcionamiento. La pandemia del Covid-19 y la cuarta revolución industrial ha acelerado de gran manera la transformación digital. Compartir estos datos en la nube trae muchas ventajas para las organizaciones, debido a que se obtiene información todos los días que se laboran. En la nube se almacenan miles y millones de datos de IoT, la gran ventaja es que se puede acceder en cualquier momento, así como también, no es necesario estar en el lugar de trabajo, se puede acceder en cualquier lugar. Los datos se pueden almacenar en tiempo real, obteniendo indicadores importantes para la empresa. Una buena solución es combinar los datos almacenados en la nube y el IoT, esto permitirá que se usen de manera adecuada todos los datos obtenidos.

Cuando no se disponga de un ancho de banda, se puede considerar otras soluciones como por ejemplo la nube de borde, que es un sistema personalizado que se basa en prioridades de seguridad, riesgos y requisitos específicos. Otros retos presentados a los stakeholders de las compañías son inconvenientes para conectarse a la Internet. Usando el almacenamiento en la nube en el borde, los usuarios van a poder controlar la forma en que almacenan sus datos, reduciendo su ancho de banda, entre otras opciones. Estas opciones híbridas en un futuro permitirán pasar completamente a la nube.

### **3.12. “Innovación y desarrollo de las pymes en el contexto de la industria 4.0”**

Los gerentes, los cuales son muchas veces los mismos dueños de estas pequeñas y medianas empresas, como respetables visionarios de las nuevas tecnologías del futuro, buscan que sus empresas logren efectivos procesos automatizados, interconectados e integrados para generar ventajas competitivas; pero muchas veces la financiación para la implementación de estas tecnologías resulta un obstáculo. Sin embargo según (Agostino & Taurino, 2019), existen algunas alternativas como el Programa PMInnova para poder acceder al financiamiento, sin embargo según los ejemplos mostrados de dos empresas, se puede ver que entre las muchas alternativas para documentar las innovaciones, se puede tener dos, donde la primera se trata de realizar una solicitud de hiper- amortización, donde contenga un análisis técnico de su organización, donde se analice el proceso productivo y el sistema de gestión de producción, describiendo las secuencias de trabajo para cada producto, las máquinas empleadas y las interconexiones e integración tanto físicas como de información. Y en cuanto a la segunda opción se tiene la solicitud de crédito fiscal por I+D, donde se deben detallar las operaciones, actividades desarrolladas, definición de procedimientos y funcionamiento de la estructura de gestión de proveedores, clientes, equipos y estructuras de comunicación.

### **3.13. Oportunidades de la industria 4.0 en las pymes manufactureras: perspectivas de sostenibilidad**

Las pymes se encuentran en un proceso de desarrollo tecnológico, donde no solo se preocupan en aumentar su efectividad (eficiencia y eficacia), sino también en generar una cultura innovadora y responsable con el medio ambiente, que generen valor y satisfacción en los clientes.

Si bien es cierto que las tecnologías de la información pueden ser aplicados en las mypes y pueden generar resultados aceptables, muchas de ellas debido al desconocimiento y falta de comprensión de las Tecnologías de la Información puede generar una confusión absoluta en cómo manejar esta tecnología.

Si nos referimos a la industria 4.0, esta puede estar formada por sistemas la impresión 3-D e Internet de las cosas (IoT, ciber físicos,(CSP), el análisis de big data.), etc., siendo parte importante para cada MYPE el mapeo des sus flujos de procesos e información, pudiendo utilizar una herramienta llamada Value Stream Mapping(VSM).

Al hablar del Internet de las cosas (IOT), nos referimos a un sistema que digitaliza los procesos de gestión vinculando los dispositivos y objetos a través del internet, siendo que algunas de las aplicaciones están los sistemas que utilizan sensores y actuadores, siendo conocidos como sistemas ciber físicos o integrados (smart city, fábrica y productos inteligentes, etc.), también se tiene alas tecnologías móviles y la trazabilidad digital.

Otra de las tecnologías de la industria 4.0 que resulta aplicable en las pymes, son los sistemas ciber físicos autónomos, los cuales a través de sinergizar los procesos físicos y la informática mejoran la eficiencia operacional y logran una mayor seguridad para el recurso humano. Entre algunos de los ejemplos de esta tecnología se encuentran los sensores térmicos, faciales, robots informáticos, etc.

En este tiempo la necesidad de manejar datos e información, se ha vuelto esencial, por lo que no podemos obviar de hablar de la Big Data e Inteligencia Artificial, pues tanto la IA mediante el aprendizaje y funcionamiento independiente de un algoritmo o programación continua, y la Big Data que trata de manejar grandes y complejas masa de datos; pueden ser útiles tanto en la administración de la cadena de suministro como en la predicción de eventos futuros para generar estrategias competitivas que logren generar mayor valor en los clientes.

Así mismo mediante tecnologías de fabricación aditiva como el diseño asistido por computadoras 3D, impresiones 3D, etc. o el uso de la virtualización mediante la realidad aumentada, realidad virtual, etc.; se pueden lograr que las empresas sean más competitivas y sus clientes se lleven un producto o servicio con un mejor valor agregado.

La mejora continua y la industria 4.0 se hacen necesarias para que las empresas fabriquen sosteniblemente a futuro, pues como lo mencionan (Onu & Mbohwa, 2021), las pymes pueden tener muchas oportunidades como incrementar los beneficios, productividad, competencia, formación, innovación; sin embargo según lo sugieren se debe poner mucho énfasis en ciertos temas como la evaluación de tecnología, capacidades y recursos necesarios para las pymes, para mejorar la calidad, operaciones y disminuir los riesgos.

### **3.14. “Customer relationship management and big data enabled: personalization & customization of services”**

Los autores (Anshari, Nabil Almunawar, Ariff Lim, & Al - Mudimigh, 2018) explican que la aparición de big data trae una nueva ola de gestión de relaciones con el cliente (CRM) para respaldar la personalización de ventas, servicios y servicios al cliente. CRM necesita big data para mejorar la experiencia de los clientes, especialmente la personalización de los servicios. La investigación de estos autores tuvo como objetivo examinar Big Data como una alternativa para el CRM para lo cual realizaron una recopilación de datos mediante la revisión de publicaciones recientes. Este estudio revela que CRM con big data ha permitido que las empresas se vuelvan más agresivas en términos de estrategia de marketing como enviar notificaciones a través del teléfono inteligente a sus posibles audiencias objetivo.

### **3.15. “State-of-the-art social customer relationship management”**

Los autores (Cheng Chu Chan, Ka Chio Fong, Law, & Hoc Nang Fong, 2018) indican que debido al gran Desarrollo que está alcanzando las redes sociales, ha provocado que la noción tradicional de relaciones con el cliente (CRM), vaya cambiando y originado un nuevo termino denominado CRM social. Este software permite recolectar información social de los clientes para así poder interactuar, comprenderlos y poder brindarles un mejor servicio de atención.

Asimismo, este estudio brinda un amplio conocimiento que hay entre la interacción de CRM y las redes sociales, lo cual se ve reflejado cuando se realiza una investigación de CRM social en el sector turismo y hostelería. Cabe mencionar que estos estudios no tienen una base teórica sólida y tienden a inclinarse a utilizar métodos de investigación cualitativos. Dentro de este análisis o estudio se puede identificar que está orientado en una mayor proporción en la oferta y en menor proporción en la demanda, lo que lleva a concluir que los investigadores han prestado una atención desigual.

#### 4. Conclusiones y limitaciones

En conclusión, el presente trabajo busca las herramientas de la industria 4.0 aplicables en las MYPES del sector textil mediante una revisión literaria de artículos publicados en un horizonte temporal de 6 años en donde se logró identificar dos herramientas importantes para el desarrollo de estas compañías (ERP y CRM) las cuales permiten una mejor comunicación tanto con sus clientes como las partes internas de la empresa, aumentar su productividad y reducir sus costos.

Con respecto a la herramienta ERP busca brindar a la alta dirección de las empresas información en tiempo real, para que así puedan tomar mejores decisiones. Es por ello que podemos afirmar que el ERP no solo nos presenta un panorama de la situación actual de las organizaciones, sino que les brinda a las empresas respuestas importantes ante su entorno competitivo. Del mismo modo, este sistema de ERP brinda un importante incremento en los ingresos de las empresas es por ello que muchas organizaciones están comenzando a usar esta herramienta.

Con la implementación de un CRM se busca que la empresa mejore su relación con los clientes obteniendo así la información sobre sus necesidades y preferencias convirtiéndose en una herramienta indispensable para este sector ya que las tendencias de moda cambian con frecuencia y la empresa debe estar apta para identificar y realizar las modificaciones necesarias que demanda el mercado. Además, esta herramienta le permite a la empresa ajustarse de acuerdo al perfil de su consumidor de tal manera que no se incurre en costos que el cliente no le tomará importancia tanto en la publicidad como en el producto final.

Finalmente, esta investigación fue realizada en base a una revisión literaria sobre las herramientas de la industria 4.0 aplicables a las MYPES textiles permitiendo que los artículos científicos complementen esta información mediante la aplicación de estas herramientas con el objetivo de contrastar esta información con la realidad e incluso proponer nuevas que vayan surgiendo en el tiempo. Además, este trabajo permite atraer a profesionales interesados en la implementación de la industria 4.0 en sus organizaciones lo cual es muy importante ya que las MYPES representan la mayor parte de las empresas en el Perú. Sin embargo, este trabajo tiene como limitación el reducido número de artículos analizados para la revisión literaria en donde solo se empleó 15 artículos.

#### 5. Referencias bibliográficas

- Agostino, V., & Taurino, T. (2019). Innovación y desarrollo de las PYME en el contexto de la industria 4.0. Obtenido de [https://vtindustrial.unitru.edu.pe/ficheros/articulos/123234208Innovacion\\_PYMES\\_Traduccion.pdf](https://vtindustrial.unitru.edu.pe/ficheros/articulos/123234208Innovacion_PYMES_Traduccion.pdf)
- Amaral, A., & Pecas, P. (8 de Diciembre de 2020). SMEs and Industry 4.0: Two case studies of digitalization for a smoother integration. ELSEVIER. Obtenido de <https://www.roboticstomorrow.com/news/2021/08/09/hiotron-develop-a-remote-machine-monitoring-system-to-help-industries-to-increase-manufacturing-efficiency/17283/>
- Anshari, M., Nabil Almunawar, M., Ariff Lim, S., & Al - Mudimigh, A. (9 de Mayo de 2018). Customer relationship management and big data enabled: Personalization & customization of services. ScienceDirect. Recuperado el Diciembre de 2021, de <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2210832718300735>
- Asociación Española de Contabilidad y Administración de Empresas. (2007). Sistemas de Información Integrados (ERP). Madrid. Recuperado el 16 de enero de 2022, de <https://media.elmostrador.cl/2015/05/nt6.pdf>
- Cheng Chu Chan, I., Ka Chio Fong, D., Law, R., & Hoc Nang Fong, L. (25 de Abril de 2018). State-of-the-art social customer relationship management. Obtenido de <https://www.tandfonline.com/doi/full/10.1080/10941665.2018.1466813>

- González, R. (21 de Octubre de 2021). El Business Intelligence, la receta para que un negocio tenga éxito. BigDatamagazine. Obtenido de [https://vtindustrial.unitru.edu.pe/ficheros/articulos/130105721Fabricacion\\_digital\\_en\\_pymes\\_basada\\_en\\_el\\_contexto\\_del\\_marco\\_Industria\\_4.0.pdf](https://vtindustrial.unitru.edu.pe/ficheros/articulos/130105721Fabricacion_digital_en_pymes_basada_en_el_contexto_del_marco_Industria_4.0.pdf)
- González, R. (16 de Septiembre de 2021). Por qué deben las empresas optar por almacenar datos en la nube de borde. BigDataMagazine. Obtenido de <https://bigdatamazine.es/por-que-deben-las-empresas-optar-por-almacenar-datos-en-la-nube-de-borde>
- González, R. (29 de Septiembre de 2021). Solo un 4% de las pymes usan técnicas de aprendizaje automático para analizar sus datos. BigDataMagazine. Obtenido de <https://bigdatamazine.es/solo-un-4-de-las-pymes-usa-tecnicas-de-aprendizaje-automatico-para-analizar-sus-datos>
- HloTron. (9 de Agosto de 2021). HloTron Develop a remote machine monitoring system to help industries to increase manufacturing efficiency. Obtenido de <https://www.roboticstomorrow.com/news/2021/08/09/hiotron-develop-a-remote-machine-monitoring-system-to-help-industries-to-increase-manufacturing-efficiency/17283/>
- Kamalendu, P., & Yasar, A.-U.-H. (8 de Marzo de 2020). Internet of Things and Blockchain Technology in Apparel Manufacturing Supply Chain Data Management. ScienceDirect. Obtenido de <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1877050920305251?via%3Dihub>
- Kassen, S., Tammen, H., Zarte, M., & Pechmann, A. (3 de Agosto de 2021). Concept and Case Study for a Generic Simulation as a Digital Shadow to Be Used for Production Optimisation. Multidisciplinary Digital Publishing Institute. Obtenido de <https://www.mdpi.com/2227-9717/9/8/1362>
- Majstorovic, V., Jankovic, G., Zivkov, S., & Stojadinovic, S. (2021). Digital Manufacturing in SMEs based on the Context of the Industry 4.0 framework – one approach. Science Direct. Obtenido de [https://vtindustrial.unitru.edu.pe/ficheros/articulos/130105721Fabricacion\\_digital\\_en\\_pymes\\_basada\\_en\\_el\\_contexto\\_del\\_marco\\_Industria\\_4.0.pdf](https://vtindustrial.unitru.edu.pe/ficheros/articulos/130105721Fabricacion_digital_en_pymes_basada_en_el_contexto_del_marco_Industria_4.0.pdf)
- Majstorovic, V., Jankovic, G., Zivkov, S., & Stokadinovic, S. (2021). Digital Manufacturing in SMEs based on the context of the Industry 4.0 framework – one approach. ELSEVIER. Obtenido de <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2351978921001426>
- Onu, P., & Mbohwa, C. (2021). Oportunidades de la industria 4.0 en las pymes manufactureras: perspectivas de sostenibilidad. EL SEVIER.
- Pal, K., & Yasar, A.-U.-H. (9 de Agosto de 2020). Enfoque semántico de la integración de datos para una Internet de las cosas que respalda la gestión de la cadena de suministro de prendas de vestir. Procedia Computer Science - Science Direct. Obtenido de [https://vtindustrial.unitru.edu.pe/detalle\\_registro.php?tipo=7&id=410&o=b](https://vtindustrial.unitru.edu.pe/detalle_registro.php?tipo=7&id=410&o=b)
- Sociedad Nacional de Industrias. (Marzo de 2021). INDUSTRIA TEXTIL Y CONFECCIONES. Obtenido de Sociedad Nacional de Industrias: <https://sni.org.pe/wp-content/uploads/2021/03/Presentacion-Textil-y-confecciones-IEES.pdf>
- Vásquez Díaz, N. (8 de Mayo de 2021). El rubro textil, una oportunidad para el emprendimiento. Obtenido de Likecom: Marketing digital: <https://likecom.pe/el-rubro-textil-una-oportunidad-para-el-emprendimiento/>
- Wolff, I. (27 de Agosto de 2021). ERP Software Offers Structure to Manufacturers. SME Media. Obtenido de <https://www.sme.org/technologies/articles/2021/august/erp-software-offers-structure-to-manufacturers/>

# GESTIÓN DE OPERACIONES

---

# INDUSTRIALES

---



Esta obra está bajo una [Licencia Creative Commons Atribución 4.0 Internacional](https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/).



UNIVERSIDAD  
NACIONAL DE  
TRUJILLO

FACULTAD DE INGENIERÍA  
ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA INDUSTRIAL  
TRUJILLO, PERÚ  
Mayo, 2022

## Implementation of a CRM System in an SME

**Richard Florián, Renatto Pérez, Brayan Valle \***

\*Facultad de Ingeniería, Escuela de Ingeniería Industrial, Universidad Nacional de Trujillo. Av. Juan Pablo II s/n – Ciudad Universitaria, Trujillo, Perú.

Correo electrónico: [rfloriana@unitru.edu.pe](mailto:rfloriana@unitru.edu.pe)

---

### ABSTRACT

**Purpose** – The purpose of this article is to present the results of literary research whose main objective is to determine whether the implementation of CRM of Industry 4.0 in SMEs.

**Methodology** – This research article was carried out using the State of the Art methodology, which was based on a review of the literature on a specific topic taken as the object of research.

**Findings** – After having carried out the exploration of the CRM software implementation cases, several options were found according to the needs of the companies, where the improvements in the comprehensive management of the information of each department of the organization are evident due to the implementation of an Industry 4.0 CRM.

**Value** – This research carries out an investigation through the different contexts in which the implementation of an Industry 4.0 CRM is carried out in SMEs; Similarly, analyze the main solutions, as well as establish guidelines to choose the most appropriate tool for each context. Likewise, it is intended to promote the implementation of this system by SMEs in order to improve the relationship with customers and achieve their loyalty.

**Keywords:** Industry 4.0, Implementation, CRM, Footwear Sector

---

---

## Implementación de un Sistema CRM en una Pyme

---

### RESUMEN

**Propósito** – El propósito de este artículo es presentar los resultados de la investigación literaria cuyo objetivo principal es determinar si la implementación de CRM de la Industria 4.0 en las Pymes.

**Metodología** – Este artículo de investigación se llevó a cabo mediante la metodología de Estado del Arte, el cual se basó en una revisión de la literatura sobre un tema específico tomado como objeto de investigación.

**Hallazgos** – Después de haber realizado la exploración de los casos de implementación de software CRM, se encontraron varias opciones según las necesidades de las empresas en donde se evidencian las mejoras en la gestión integral de la información de cada departamento de la organización debido a la implementación de una CRM de la Industria 4.0.

**Valor** – Esta investigación realiza una indagación a través de los diferentes contextos en los cuales se efectúa la implementación de un CRM de la Industria 4.0 en las Pymes; de igual manera analizar las principales soluciones, así como establecer unas pautas para elegir la herramienta más adecuada a cada contexto. Asimismo, se pretende fomentar la implementación de este sistema por parte de las Pymes con la finalidad de mejorar la relación con los clientes y lograr su fidelización.

**Palabras clave:** Industria 4.0, Implementación, CRM, Sector Calzado

---

## 1. Introducción

Hoy en día en un mundo globalizado e hiperconectado las empresas están obligadas a tener una visión más holística de su entorno, gestionando adecuadamente sus recursos, viven una fuerte competencia entre las mismas, que buscan mejorar la calidad de servicio para poder fidelizar y satisfacer las expectativas de los clientes. Es por ello, que la calidad de servicio es una parte fundamental dentro de las empresas ya que ayudan a satisfacer las necesidades y expectativas de los clientes, por lo que Guzmán C., et al. (2008), afirman que la calidad de servicio sirve como medio o herramienta que ayudará a mejorar los servicios dentro de las empresas.

Además, (Borja Dousdebés & Jijón Albán, 2014) con el propósito de definir y proponer un modelo de gestión en calidad de servicio, determinó que es importante hoy en día que las empresas en las cuales existan problemas al momento de realizar la entrega de servicio busquen alguna alternativa para corregir esta debilidad, debido a que lo que busca el cliente actualmente no es solo la calidad del producto, sino también la calidad de servicio entregada al momento de adquirir un producto. Así mismo, (Cadena, Vega, Real, & Vásquez, 2016) comentan que “Las empresas deben enfocarse a impulsar sus esfuerzos en la mejora de la calidad de servicio prestado a sus clientes mediante la transferencia de conocimiento, y la experiencia de los procesos de calidad y las prácticas para implantarlos”.

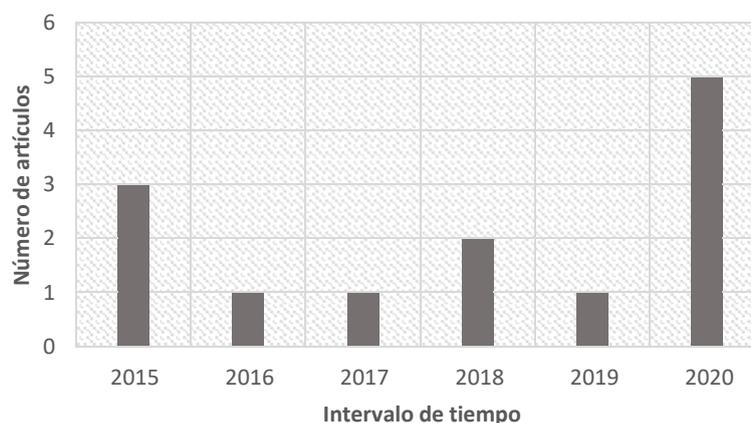
Esta investigación tiene como objetivo contribuir con la agrupación en un único documento las principales herramientas informáticas, las cuales permiten a las empresas realizar la implementación de un software CRM (Customer Relationship Management) en su negocio. Debido a la gran cantidad de soluciones de CRM en el mercado, la lectura de este documento ayudará a las empresas a elegir el software más adecuado para sus necesidades.

## 2. Metodología

Para desarrollar este trabajo de investigación se ha creído conveniente realizar una revisión de distintos artículos referentes a gestión de la relación con los clientes, conocido como CRM por sus siglas en inglés. Asimismo, la revisión sistemática empleada en los trabajos previos seleccionados abarca constructos y elementos pertenecientes a la industria 4.0, con la finalidad de que dicha relación establezca una metodología formal para dirigir el proceso de desarrollar e implementar un sistema CRM que considere e integre varios aspectos, como la definición de una estrategia de cliente, la reingeniería de procesos comerciales orientados al cliente, la gestión de recursos humanos, el sistema informático, la gestión de cambio y mejora continua.

El tratamiento de la información se basó en la investigación documental: libros, revistas, anuarios, fuentes electrónicas como páginas web de entidades, instituciones nacionales e internacionales vinculadas con el CRM. En la búsqueda por web de dichos artículos, utilizamos palabras claves como: “Customer relationship management”, “Methodology of customer relationship management”, “CRM”, “Technology customer experience”, “Industry 4.0”, “Big data”.

**Figura 3.**  
*Intervalo de tiempo de la revisión literaria.*



Por consiguiente, aplicando una metodología analítico – descriptiva se analizaron inicialmente 18 artículos científicos donde cada uno de los modelos investigados, presentaba una serie de estados que enlazan a las empresas con los clientes y/o consumidores finales; así como otros periodos donde se asimilaban los cambios en las estrategias empresariales. Finalmente, en un exhaustivo y minucioso análisis, logramos seleccionar 13 artículos, en el intervalo de tiempo del 2015 hasta 2020, en los que pudimos identificar algunos modelos: el modelo típico de un CRM, modelo de dimensiones y modelo de simple flujo del proceso de CRM, cuyos conceptos centrales dentro de su implementación nos muestran procesos desarrollados que combina técnicas avanzadas con tecnologías inteligentes pertenecientes a la industria 4.0.

### 3. Revisión literaria

El artículo científico titulado ***“Customer Relationship Management (CRM): State of the Art, Bibliometric Review of High-Quality Brazilian Production, Institutionalization of Research in Brazil and Research Agenda”*** de Demo, G., Fogaca, N., Ponte, V., Fernandes, T., & Cardoso, H. (2015) publicado en Sao Paulo – Brasil. Este trabajo se adentra en el campo de la gestión de la relación con el cliente (CRM) o marketing relacional, la importancia e impacto significativo de la gestión estratégica de la relación entre los ofertantes y sus compradores, especialmente en un entorno turbulento e inestable de competitividad. Así, este trabajo tuvo como finalidad hacer una revisión literaria de los estudios sobre CRM desde un punto de vista macro, mostrando los resultados de una exploración bibliométrica que incluye recopilaciones del estado del arte y estudios empíricos obtenidos de publicaciones brasileñas entre el 2001 y 2013, para destacar la producción de artículos sobre el CRM en el nuevo milenio. Para el apartado de las investigaciones teórica-empíricas, fueron seleccionados los siguientes hechos: la naturaleza del estudio, el rubro en el que realiza sus actividades la empresa a investigar, el campo de actividad, los instrumentos utilizados en la recolección de datos por los autores y los procedimientos para realizar el análisis de los datos.

Huang y Xiong (2010), llegaron a la conclusión de que el CRM ha alcanzado la madurez estratégica y es parte del ciclo de vida de un producto, en todo el proceso y no solo en la posventa o antes de iniciarse el ciclo. También, agregamos que la incidencia de un CRM se da solo en los bienes producidos y que se conocen como tal, mas no en productos innovadores que puedan ser desarrollados, es así que estudios ponen de manifiesto que la administración de las relaciones con los clientes tienen una correlación positiva con el rendimiento y el éxito de los nuevos productos en la industria. El CRM desde el punto de vista empresa a consumidor (B2C) y sus variables relacionadas como, por ejemplo, lealtad y grado de satisfacción del servicio y consumo del producto, estos puntos fueron los más tratados en las investigaciones, de los cuales una gran parte consistieron en trabajos teórico-empíricos, de naturaleza cuantitativa y con un enfoque en el sector privado de la economía, principalmente en los sectores bancario y minorista. Los resultados generados, apuntaron a la importancia en el planeamiento estratégico de las investigaciones de CRM para las organizaciones, lo que quedó demostrado por un claro aumento en el interés de los investigadores, considerando la formación de grupos que ayuden en la investigación sobre CRM en el país Brasil y los indicadores de producción científica, técnica y servicios de asesoramiento para la base de datos de la Plataforma Lattes.

El artículo científico titulado ***“Impact of customer relationship management (CRM) on customer satisfaction and loyalty: A systematic review”*** de Bin-Nashwan, S. A., & Hassan, H. (2017) publicada en la Universidad Hadhramout en Yemén. En este estudio, se centró específicamente en el impacto del CRM en la satisfacción y fidelización del cliente. Un CRM agrupa las buenas prácticas que adoptan las organizaciones para mantener su base de clientes e inclusive, aumentar en número reclutando nuevos consumidores. La revisión sistemática de investigaciones durante el período 2005 a 2015 nos muestran los siguientes resultados: Las tres dimensiones que se han utilizado con frecuencia en estudios anteriores que abordan el impacto de CRM en el grado de satisfacción y el grado de fidelización del cliente son la calidad del servicio, el acceso al servicio y el manejo de quejas, determinando que estos factores tienen efectos sobre la satisfacción y la fidelidad del cliente.

Los consumidores satisfechos con el producto y servicio, pasan a ser publicidad gratuita para la empresa. Además, es más rentable fidelizar a los clientes existentes que atraer a nuevos segmentos

de mercado. Es por eso que las empresas día a día buscan incesantemente asegurar la fidelización del cliente con la organización, para ello elaboran estrategias que ayuden en la obtención de este propósito, por ejemplo, en la rotación del personal, a personas más orientadas al consumidor y al servicio ofrecido. Se ha confirmado ampliamente que la mejora continua para lograr un alto nivel de satisfacción del cliente es un determinante crítico de un mejor desempeño organizacional y es una ventaja competitiva.

El artículo científico titulado *“A review of customer relationship (CRM) implications: benefits and challenges in construction organizations”* de Preece, C., Chong, H. Y., Golizadeh, H., & Rogers, J. (2015), tiene como objetivo de esta investigación proporcionar una recopilación de la filosofía y tecnología de CRM, y considera las causas, rendimiento y desafíos para las compañías de la construcción a un nivel comercial y operativo estratégico.

Dado el mercado económico generalmente inestable, turbulento y altamente competitivo, la implementación de CRM en el planeamiento estratégico de las empresas proporciona un mejor manejo de los clientes ya existentes y los futuros, con el objetivo de buscar su lealtad hacia la organización.

El enfoque CRM parecería ser compatible con las tendencias generales en la industria de la construcción hacia un trabajo más colaborativo y el documento establece que tanto la filosofía como las tecnologías pueden integrarse con iniciativas actuales como el modelado de información de construcción (BIM). Los clientes de la construcción en el sector público y privado son de naturaleza diversa, complejos en sus procesos de compra y con distintos niveles de conocimiento de la Industria. Además de buscar una buena relación calidad-precio de sus proyectos y activos, se han preocupado más por la sostenibilidad y el impacto medioambiental. Se ha reconocido que es necesaria la gestión de una gama más amplia de partes interesadas a nivel empresarial y de proyecto.

El artículo científico titulado *“A systematic review of the dark side of CRM: the need for a new research agenda”* de Nguyen, B., Jaber, F., & Simkin, L. (2020) nos menciona que la tecnología brinda a las empresas la oportunidad de interactuar mejor con los clientes, pero la velocidad y el alcance de la transformación en la gestión de clientes han desencadenado un lado oscuro que afecta a personas, empresas y sociedades. Se necesita investigación para estructurar y gestionar el concepto del lado oscuro de forma más sistemática, teniendo en cuenta los aspectos de los comportamientos del lado oscuro en relación con la gestión de las relaciones con los clientes. Los especialistas en marketing suelen citar investigaciones sobre vigilancia, ciberresiliencia, la web oscura, el robo por parte de clientes / personal, la monetización ilícita de datos para terceros y muchos otros temas como ejemplos del lado oscuro. El artículo revisa el estado actual de la investigación y la práctica con respecto al lado oscuro de CRM y explora las dimensiones y consecuencias. Se diseña un marco conceptual que captura cuatro importantes impulsores del lado oscuro, a saber, la injusticia, la desconfianza, el oportunismo y la falta de transparencia. Se discuten las implicaciones teóricas y de gestión.

Fei Yu y Tim Schweisfurth en el paper que lleva como título *“Industry 4.0 technology implementation in SMES – A survey in the Danish-German border region”*, trata sobre el entendimiento de las pequeñas y medianas empresas (PYMES) sobre los desafíos y planes que conllevan la implementación de la industria 4.0 dentro las organizaciones que servirán de apoyo en los macro y micro procesos de fabricación de bienes, debido a la constante innovación que las empresas deben adoptar para seguir siendo competitivas en este mercado tan cambiante. Para llevar a cabo dicha investigación se realizaron encuestas con el tema de la Industria 4.0 en empresas productoras de bienes, para conocer cómo la tecnología, la organización y los factores productivos están relacionados con la implementación de la industria 4.0 en pymes, además la empresa con un alto nivel de automatización de sus procesos y una diversificación de productos tienen una mayor probabilidad de implementar tecnologías de la industria 4.0. Para las pequeñas y medianas empresas es necesario conocer sobre la tecnología 4.0 con el objetivo de responder ante los cambios externos y así beneficiarse de la implementación de dicha tecnología, esto implica una capacitación a nivel de personal humano para el discernimiento y elegir cuál es la más beneficiosa entre estas tecnologías a implementar en un corto o largo plazo. Como resultado

de la investigación, la implementación de la industria 4.0 es baja en estas empresas manufactureras, en el tema de tecnologías fabricación, así como el desarrollo de nuevos productos, dichas compañías son reacias al cambio, debido al pensamiento de ser competitivas en las tecnologías de producción respecto a sus más cercanos competidores, pero cabe resaltar que existe una parte de estas empresas encuestadas que tienen desarrollada la industria 4.0, en tecnologías de comunicación.

El artículo científico titulado *“Prerequisites for the Implementation of Industry 4.0 in Manufacturing SMEs”* de Marie Charbonneau Genest y Sebastien Gamache, señala que la implementación de tecnologías de la industria 4.0 genera un significativo impacto positivo en la eficiencia del uso recursos productivos lo que genera ser más competitivos en el mercado, en las pequeñas y medianas empresas que no implementan estas tecnologías suele existir una brecha entre ella y sus competidores, por este motivo es necesario identificar los prerequisites necesarios para la implementación de la industria 4.0, y así prepararlo para iniciar la transformación digital de la organización, inicialmente se aplicarían herramientas como lean y métodos para disminuir el tiempo de producción de bienes, ambas aplicaciones generan un costo muy bajo, pero resultan beneficiosas en la productividad, para integrar las tecnologías 4.0 es necesario que la empresa cuenta con red de gran capacidad, donde tenga acceso rápido a sus datos concernientes a producción actuales, finalmente debe estar constantemente capacitando a sus empleados de las diferentes áreas, y que estos cuenten con el conocimiento actualizado en términos de la era digital, la participación de los grupos de interés será un factor importante en este periodo de transición. Mypes con una estrategia comercial definida facilitará el proceso de toma de decisiones y así aumentar la probabilidad de éxito en la implementación de las tecnologías 4.0, siempre respaldado por una capacidad financiera solvente para poder asegurar los diferentes pasos de transición digital.

El artículo científico titulado *“CRM y los beneficios de la empresa a través del desempeño organizacional y la innovación empresarial”* de Guerola-Navarro, Oltra-Badenes y Gil-Gomez H., indican que los Customer Relationship Management son sistemas de gestión empresarial que ayudan a mejorar la eficacia de los procesos relacionados con ventas, marketing y servicios, los CRM se basan en potenciar la fidelidad de los mejores clientes y desechar a los clientes que representen una menor rentabilidad, este punto es de suma importancia, ya que las pequeñas y medianas empresas logren volver a un cliente por primera vez en un cliente repetitivo, haciendo uso del CRM. Como segundo punto es el impacto del CRM en una empresa, siendo esta proporcional al grado de desarrollo de la herramienta por la empresa, su impacto se ve más reflejado en dos aspectos que son la productividad por empleado y la satisfacción del cliente, las mejoras en la experiencia individual del consumidor desembocan en una mejora en el nivel de satisfacción del cliente, lo que significa una mayor rentabilidad de la empresa. Con un CRM, las pequeñas y medianas empresas se van a poder permitir identificar las principales necesidades y requerimientos de los clientes, este es un primer paso para el desarrollo de la capacidad de la innovación en la organización con el desarrollo de nuevos productos, la mejora de los procesos productivos, la eficiencia en la administración de recursos, la mejora en la forma de vender el producto, y la mejora en los servicios de preventa y postventa de la organización, el desarrollo de esta capacidad de innovar se convierte en una ventaja competitiva. Por último, en el mercado tan turbulento en la actualidad, toda herramienta que permita a la empresa conocer al cliente antes que la competencia, será un factor importante, que destine al éxito empresarial, el CRM es una potente herramienta que ayuda en la consecución de este objetivo, apoyando en la toma de decisiones, brindando información valiosa.

El artículo científico titulado *“Customer relationship management (CRM) towards service orientation in hospitals: A review”* de Aditya Vaish, Abhishek Vaish, Raju Vaishya, Sarika Bhawal (2016), indica que el CRM es importante para los servicios hospitalarios como lo ha sido para cualquier otro negocio. También afirma que un hospital ayuda a restaurar y mantener la salud de las personas.

En las instalaciones sanitarias, las prácticas de CRM son principalmente estrategias centradas en el paciente que implican una interacción con el paciente y gestión de la interfaz del hospital que

es eficaz. Además, enfatiza que los beneficios de CRM podrían ser un mejor servicio al cliente, reducción de costos y una mejor retención de clientes.

El artículo científico titulado **“Big Data-enabled Customer Relationship Management: A holistic approach”** de Pierluigi Zerbino, Davide Aloini, Riccardo Dulmin, Valeria Mininno (2018) sugiere que las bases de CRM habilitadas para Big Data podrían necesitar variaciones oportunas en los factores críticos de éxito. Para lograr mandar a un segundo plano el impacto que implica la BD, se sugiere acoger un punto de vista exploratorio hacia ellos a través de la definición de dirección empresarial mediante sólidos casos de negocio y pruebas piloto. Además, BD debe enmarcarse inicialmente como un factor habilitante de otros planes ya establecidos en las diferentes organizaciones, ya sea una implementación de un CRM, con la finalidad de aprovechar lo que implica la aplicación de nuevas tecnologías abordando los recursos mediante rutas de gestión ya reconocidas.

El artículo científico titulado **“Customer relationship management and big data enabled: Personalization & customization of services”** de Muhammad Anshari, Mohammad Nabil Almunawar, Syamimi Ariff Lim, Abdullah Al-Mudimigh (2019) explica que la aparición de big data inicia una nueva manera de gestionar las relaciones con el cliente (CRM) para respaldar la personalización de ventas, servicios y servicios al cliente. CRM necesita big data para mejorar la experiencia de los clientes, especialmente la personalización y personalización de los servicios. La finalidad de la presente investigación es analizar las implicaciones del big data para el caso de CRM. El procedimiento para la recolección de la información para este trabajo fue la revisión literaria acerca del tema, así como el análisis del tema basado en últimos estudios de otros investigadores. Este estudio revela que CRM con big data ha permitido que las empresas se vuelvan más agresivas en términos de estrategia de marketing como enviar notificaciones a través del teléfono inteligente a sus posibles audiencias objetivo.

El artículo científico titulado **“State-of-the-art social customer relationship management”** de Irene Cheng Chu Chan, Davis Ka Chio Fong, Rob Law, Lawrence Hoc Nang Fong (2018), indica que debido al gran desarrollo que está alcanzando las redes sociales, ha provocado que la noción tradicional de relaciones con el cliente (CRM), vaya cambiando y originando un nuevo término denominado CRM social. Este Software permite recolectar información social de los clientes para así poder interactuar, comprenderlos y poder brindarles un mejor servicio de atención.

El artículo científico titulado **“Social CRM Adoption and its Impact on Performance Outcomes”** de Marjeta Marolt, Andreja Pucihar, Hans-Dieter Zimmermann (2015), señala que durante estos últimos años, una de las principales necesidades del CRM social, es contar con servicio de diversos canales, los cuales permiten que los clientes puedan interactuar y obtener información de los productos y servicios; en efecto, esto conlleva a las organizaciones a obtener un conjunto de datos del cliente, ganar su confianza, fidelizarlo e involucrarse en el campo del desarrollo e innovación de nuevos productos. Asimismo, indica que el CRM no solo trae beneficios, también nos presenta algunos desafíos. El primero está enfocado en las necesidades comerciales que tiene una organización y para poder hacer frente a este gran reto, la empresa debe identificarlos, para así poder aplicar una la tecnología más adecuada y lograr solucionarlas.

El segundo, está orientado a establecer una estrategia que permita trascender el marketing social y explotar las oportunidades en ventas, servicio al cliente y digitalizar el comercio. El tercero, está relacionado a la falta de control de las redes sociales y medios de comunicación, ya que estos no son propiedad de la organización, sino del proveedor de redes. Por otra parte, el artículo nos indica también que el principal factor que apoya la adopción de un CRM social, es el cliente, debido a que es considerado el eje impulsor para adoptar esta tecnología.

El artículo científico titulado **“Generating Marketing Outcomes through Internet of Things (IoT) Technologies”** de Beenish, T., Sadaf, T., Hammad N., Ley, R., & Heesup, H. (2020); tiene como objetivo de obtener mejoras en el marketing dentro de una empresa a través de tecnologías de Internet de las cosas. Dicho artículo enfatiza sobre la eficacia de los datos almacenados a partir del uso operativo de las tecnologías de Internet de las Cosas (IoT) para así lograr generar resultados estrechamente relacionados con el marketing, como inteligencia empresarial para el soporte de productos, crecimiento de productos y gestión de relaciones con el cliente (CRM).

Como ejemplo para el desarrollo de este artículo se eligió un refrigerador de gama alta para lograr determinar cómo el estudio de los datos almacenados del uso operativo de los dispositivos de IoT puede obtener resultados positivos en marketing, la atención al cliente y CRM. El estudio recalca que la tecnología del IoT ayuda a fomentar los objetivos de CRM juntamente con diferentes estrategias de crecimiento y éxito empresarial. Además, explica cómo IoT puede ofrecer un soporte logrando mejorar los lazos de comunicación entre el fabricante y cliente a través del soporte del producto y las estrategias de CRM.

#### 4. Customer relationship management (CRM) en la industria 4.0

CRM es una estrategia empresarial para comprender y gestionar los requisitos de los clientes potenciales de la organización. Se define como "la práctica de analizar y utilizar bases de datos de marketing y aprovechar las tecnologías de la comunicación para determinar las prácticas y métodos corporativos que maximizan el valor de por vida de cada cliente individual". (Kumar & Reinartz, 2006).

CMR es un proceso estratégico de selección de los clientes que permite establecer las interacciones entre la empresa y esos clientes, asimismo las organizaciones utilizan la información de la cuenta de personalidad y desarrollan una asociación con cada cliente valioso para brindar un excelente servicio (Kotler & Keller, 2006). Un CRM funciona como un diferenciador entre los clientes para brindar una ventaja competitiva para las organizaciones. Estas estrategias apuntan a construir y mantener fuertes relaciones con los clientes y, por lo tanto, cerrar la brecha entre la empresa y sus clientes. Esto permite a las organizaciones identificar el patrón cambiante de comportamiento del cliente y formular estrategias proactivas para retener a sus clientes.

##### 4.1. Puntos críticos para la implementación de un CRM

De acuerdo con Chiesa de Negri, 2016, es necesario seguir una serie de puntos para lograr el éxito de una organización mediante la implementación de un CRM:

- Persuadir a los involucrados de la empresa para la adopción del sistema CRM.
- Intervenir en las políticas de la organización, adaptando la utilización del sistema CRM en los trabajadores y los nuevos reclutas.
- Compromiso de cada área funcional de la empresa en la inserción del CRM en la toma de decisiones.
- Definir la estrategia del CRM, los objetivos en los que se basará la implementación del sistema CRM.
- Tener datos actuales y consolidados, con el objetivo de conseguir una mejor elección del software CRM.
- Realizar el seguimiento a clientes con un nivel de satisfacción bajo, con el objetivo de recuperarlos. -
- Desarrollar programas de fidelización de los clientes.

##### 4.2. Software CRM

Es el conjunto de herramientas tecnológicas que permiten administrar, planificar y automatizar actividades para mantener una buena relación entre empresa-cliente. Para realizar este procedimiento el CRM debe estar conectada a un banco de datos que almacene la gran cantidad de información sobre los compradores de la organización, y cuanto más información se tenga en la base de datos mejor se desempeñara el CRM.

##### 4.2.1. Aspectos para tener en cuenta para elegir un sistema CRM.

Características necesarias: Se debe tener en cuenta el tipo de negocio y la estrategia de gestión de clientes.

- **Funcionalidades:** El software debe cubrir áreas tales como el área de marketing, el área de ventas, y el área de servicio al cliente.

- **Precio:** Hay software con versiones gratuitas como de pago. En el caso de elegir una versión de pago se deberá destinar un presupuesto para la búsqueda y aplicación del software que se adapte mejor a la empresa.
- **Acceso móvil:** Para poder tener acceso a los clientes desde un dispositivo móvil.
- **Integración:** El software debe poder colaborar con otras aplicaciones además de poder integrarse con redes sociales.
- **Soporte:** El software debe poder usarse y actualizarse fácilmente, pero en caso de necesitar ayuda se debe disponer de soporte técnico, así como de una comunidad activa.

#### 4.2.2. Perspectivas de CRM

Existen 4 perspectivas de CRM para implementar el sistema con éxito:

- **CRM Estratégico:** Se encarga de configurar las interacciones entre la empresa y los consumidores de modo que se maximice el ciclo de vida del cliente.
- **CRM Analítico:** Se responsabiliza de las acciones involucradas con la búsqueda de datos e interpretación de la recolección de información sobre los clientes.
- **CRM Operacional:** Se encarga de automatizar las tareas relacionadas al cliente.
- **CRM Colaborativo:** Permite que todos los miembros de la empresa tengan acceso a la información recolectada de los clientes.

#### 4.2.3. Clasificación de los sistemas CRM

Hay 3 formas de implementar un software CRM en una empresa, la primera forma sería desarrollando un software propio, la segunda adquiriendo uno existente y la última forma es contratar a una empresa externa que gestione el servicio CRM.

Cada una de estas formas de implementación presenta ventajas como desventajas entre ellas tenemos que: Si se elige la primera opción el software se adaptara a las necesidades de la empresa sin embargo el costo del desarrollo es elevado y no se contara con soporte externo ante cualquier inconveniente; Si se escoge la segunda opción se deberá buscar el software que tenga mayor adaptabilidad a sus necesidades, el inconveniente es que el comprar la licencia tiene también un elevado precio, pero se tendrá la posibilidad de recurrir a la comunidad o al desarrollador en busca de ayuda; y por ultimo si se elige la tercera opción y una compañía externa provee del software se tendrá que pagar una cuota mensual y dependerá de esta para gestionar el sistema, pero no se necesitara hacer uso de recursos como hardware o capacitar personal, es por ello que esta opción es la más accesible y de menor costo.

### 5. Conclusiones y limitaciones

En conclusión, en base a la problemática actual de las Mypes del sector calzado y por la actual coyuntura de la pandemia Covid-19, los empresarios están en la obligación de desarrollar diversas herramientas tecnológicas de la industria 4.0 que mejoren la calidad de servicio que brindan, reduzcan costos y mejoren procesos productivos en su organización. El presente trabajo, a partir de la revisión literaria empleada, busca y selecciona artículos científicos cuyas herramientas sean aplicables al sector calzado de las Mypes de nuestra localidad.

Fueron seleccionados 13 artículos en el intervalo de 6 años, concluyendo que la inversión de un CRM generaría beneficios para las Mypes, el cual forma parte de la revolución de la industria 4.0. Además, la implementación permitiría mejorar los procesos administrativos y su relación con la gestión de atención al cliente, el CRM al estandarizar los procesos, genera la reducción de procesos realizados manualmente y proyectando así reportes actualizados, mejorando así los procesos administrativos, cuyo impacto se ve reflejado en la satisfacción de los clientes, además

del aumento de posicionamiento de su marca para seguir innovando en el sector, con una ventaja competitiva y apostando por la innovación.

Con lo planteado aun no llegamos a incluir el diseño arquitectónico de la implementación de un CRM de la industria 4.0 en la empresa, pero si hemos sentado las bases para este proceso gracias a las distintas revisiones bibliográficas realizadas en donde encontramos modelos desarrollados para esta herramienta tecnológica. Otro limitante es que aún no se desarrollan manuales de procedimientos y/o caracterización de procesos de las Mypes, que sumado al contexto social causado por el SARS-COV2, limita la implementación inmediata de la herramienta tecnológica propuesta a pesar de que el CRM permita que la organización se adecue a la demanda cambiante del mercado del sector calzado, cuya tendencia variable genera incertidumbre en los pronósticos de ventas.

## 6. Referencias Bibliográficas

- Demo, G., Fogaca, N., Ponte, V., Fernandes, T., & Cardoso, H. (2015). Customer Relationship Management (CRM): State of the Art, Bibliometric Review of High-Quality Brazilian Production, Institutionalization of Research in Brazil and Research Agenda. *RAM. Revista de Administração Mackenzie*, 16(5), 127-160.
- Bin-Nashwan, S. A., & Hassan, H. (2017). Impact of customer relationship management (CRM) on customer satisfaction and loyalty: A systematic review. *Journal of Advanced Research in Business and Management Studies*, 6(1), 86-107.
- Preece, C., Chong, H. Y., Golizadeh, H., & Rogers, J. (2015). A review of customer relationship (CRM) implications: benefits and challenges in construction organizations. *International Journal of Civil Engineering*, 13(3), 362-371.
- Nguyen, B., Jaber, F., & Simkin, L. (2020). A systematic review of the dark side of CRM: the need for a new research agenda. *Journal of strategic marketing*, 1-19.
- Chowdhury, M. K., & Talukdar, A. (2020). Customer Relationship Management Practices and Service Quality of Telecommunication Service Providers: A Review of the Indian Telecommunication Sector. *European Journal of Molecular & Clinical Medicine*, 7(11), 1624-1633.
- Muhammad Anshari, Mohammad Nabil Almunawar, Syamimi Ariff Lim, Abdullah Al-Mudimigh, Customer relationship management and big data enabled: Personalization & customization of services, *Applied Computing and Informatics*, Volume 15, Issue 2, 2019, Pages 94-101.
- Pierluigi Zerbino, Davide Aloini, Riccardo Dulmin, Valeria Mininno, Big Data-enabled Customer Relationship Management: A holistic approach, *Information Processing & Management*, Volume 54, Issue 5, 2018, Pages 818-846.
- Aditya Vaish, Abhishek Vaish, Raju Vaishya, Sarika Bhawal, Customer relationship management (CRM) towards service orientation in hospitals: A review, *Apollo Medicine*, Volume 13, Issue 4, 2016, Pages 224-228.
- Yu, F., & Schweisfurth, T. (2020). Industry 4.0 technology implementation in SMEs—A survey in the Danish-German border region. *International Journal of Innovation Studies*, 4(3), 76-84.
- Genest, M. C., & Gamache, S. (2020). Prerequisites for the Implementation of Industry 4.0 in Manufacturing SMEs. *Procedia Manufacturing*, 51, 1215-1220.
- Guerola-Navarro, V., Oltra Badenes, R. F., & Gil Gómez, H. (2020). Análisis de la relación entre el grado de introducción de CRM y los beneficios de la empresa a través del Desempeño Organizacional y la Innovación Empresarial. *3C Empresa, Investigación y pensamiento crítico*, 9(1), 67-87.



**Universidad Nacional de Trujillo**  
**Facultad de Ingeniería**  
**Escuela de Ingeniería Industrial**  
**Unidad de Vigilancia Tecnológica**  
**Correo electrónico: [vgtindustrial@unitru.edu.pe](mailto:vgtindustrial@unitru.edu.pe)**  
**Sitio web: <https://vtindustrial.unitru.edu.pe/>**