

ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL

FACULTAD DE CIENCIAS ADMINISTRATIVAS

**INFLUENCIA DE LEAN MANUFACTURING EN LA
IMPLEMENTACIÓN DE TECNOLOGIAS DE LA INDUSTRIA 4.0 EN
UN ESTUDIO DE CASO MULTIPLE EN EMPRESAS
MANUFACTURERAS DE LA PROVINCIA DE PICHINCHA**

**TRABAJO DE TITULACIÓN PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL GRADO DE
MAGISTER EN INGENIERIA INDUSTRIAL Y PRODUCTIVIDAD**

MÓNICA JANETH GUZMAN CACHIGUANGO

monica.guzman@epn.edu.ec

DIRECTOR: CADENA ECHEVERRIA JAIME LUIS, MSC

jaime.cadena@epn.edu.ec

Quito, 26 de octubre 2023

DECLARACIÓN

Yo Mónica Janeth Guzmán Cachiguango declaro bajo juramento que el trabajo aquí descrito es de mi autoría; que no ha sido previamente presentada para ningún grado o calificación profesional; y, que he consultado las referencias bibliográficas que se incluyen en este documento.

A través de la presente declaración cedo mis derechos de propiedad intelectual correspondientes a este trabajo, a la Escuela Politécnica Nacional, según lo establecido por la Ley de Propiedad Intelectual, por su Reglamento y por la normatividad institucional vigente.

Mónica Janeth Guzmán Cachiguango

CERTIFICACIÓN

Certifico que el presente trabajo fue desarrollado por Mónica Janeth Guzmán Cachiguango, bajo mi supervisión.

Msc. Jaime Luis Cadena Echeverria
DIRECTOR DEL PROYECTO

AGRADECIMIENTO

A Dios, creador y dueño de todo, por permitirme alcanzar cada meta planteada.

A la Escuela Politécnica Nacional, mi alma mater, por las facilidades brindadas para alcanzar este logro.

A mi familia, mi razón de ser, por el apoyo incondicional en cada etapa de mi vida.

A mi compañero de vida, por la paciencia y apoyo en todo momento.

Mónica Janeth Guzman Cachiguango

INDICE DE CONTENIDO

DECLARACIÓN	i
CERTIFICACIÓN	ii
AGRADECIMIENTO	iii
INDICE DE CONTENIDO	iv
ÍNDICE DE TABLAS	vi
INDICE DE FIGURAS	vii
LISTA DE TERMINOS	x
RESUMEN	xi
ABSTRACT	xiii
CAPÍTULO I: INTRODUCCIÓN	1
1.1. OBJETIVO GENERAL	3
1.2. OBJETIVOS ESPECIFICOS	3
CAPITULO II: CONTENIDO TEÓRICO	4
2.1. INDUSTRIA 4.0	4
2.1.1. PRINCIPIOS DE LA INDUSTRIA 4.0	5
2.1.2. TECNOLOGIAS FACILITADORAS	6
2.1.2.1. ROBOTICA	6
2.1.2.2. SIMULACIÓN	8
2.1.2.3. BIG DATA	11
2.1.2.4. INTERNET DE LAS COSAS	13
2.1.2.5. LA NUBE INDUSTRIAL	15
2.1.2.6. CIBERSEGURIDAD	17
2.1.2.7. FABRICACIÓN ADITIVA AM	17
2.1.2.8. REALIDAD VIRTUAL Y AUMENTADA	18
2.1.2.9. INTELIGENCIA ARTIFICIAL	21
2.1.2.10. INTEGRACIÓN HORIZONTAL Y VERTICAL	22
2.2. LEAN MANUFACTURING	26
2.2.1. 5 S	27
2.2.2. Single Minute Exchange of Die (SMED)	28
2.2.3. KANBAN	29
2.2.4. Mantenimiento productivo Total (TPM)	30
2.2.5. Justo a tiempo (JIT)	32
2.3. ESTADO ACTUAL DE LA INDUSTRIA 4.0 Y LEAN MANUFACTURING EN ECUADOR Y AMÉRICA LATINA	35

2.4. ESTUDIOS DEL EFECTO FACILITADOR DE LEAN MANUFACTURING EN LA INDUSTRIA 4.0	37
2.4.1. ESTUDIOS SIMILARES	38
CAPITULO III: METODOLOGÍA	41
3.1. ENFOQUE DE LA INVESTIGACIÓN.....	41
3.2. ALCANCE.....	41
3.3. TIPO DE INVESTIGACIÓN	42
3.4. HIPOTESIS	43
3.5. MUESTRA	43
3.6. HERRAMIENTA DE INVESTIGACIÓN	44
3.7. HERRAMIENTAS DE ANÁLISIS DE DATOS.....	45
CAPITULO IV: RESULTADOS Y DISCUSIÓN	52
4.1. ESTADO ACTUAL DE LA INDUSTRIA 4.0 Y LEAN MANUFACTURING EN ECUADOR Y AMÉRICA LATINA	52
4.2. INCIDENCIA DE LAS TÉCNICAS LEAN MANUFACTURING EN LA IMPLEMENTACIÓN DE LAS TECNOLOGÍAS 4.0.....	88
4.3. ESTRATEGIAS PARA EL DESARROLLO DE LAS TÉCNICAS LEAN Y LA INDUSTRIA 4.0	94
CAPITULO VI: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	99
6.1 CONCLUSIONES	99
6.2 RECOMENDACIONES	100
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	101
ANEXOS	107

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1	Ventajas y desventajas de las tecnologías facilitadoras en la industria 4.0	23
Tabla 2	Ventajas y desventajas de las técnicas de Lean Manufacturing	33
Tabla 3	Descripción de empresas encuestadas	46
Tabla 4	Análisis ANOVA para determinación de grupos (clusters) de acuerdo con el nivel de adopción de las técnicas Lean Manufacturing	47
Tabla 5	Número de encuestados en cada grupo (clúster) de acuerdo con el método jerárquico de Ward y K medias	47
Tabla 6	Análisis ANOVA para determinación de grupos (clusters) de acuerdo con el nivel de adopción de las tecnologías de la industria 4.0	48
Tabla 7	Número de encuestados en cada grupo (clúster) de acuerdo con el método jerárquico de Ward y K medias	48
Tabla 8	Prueba de Kolmogorov-Smirnov para una muestra para los resultados de la implementación de la industria 4.0	49
Tabla 9	Variables y subvariables del nivel de implementación de Lean Manufacturing	50
Tabla 10	Variables y subvariables del nivel de implementación de las tecnologías de la industria 4.0	50
Tabla 11	Tamaño de la organización (número de empleados)	53
Tabla 12	Nivel de implementación de Lean Manufacturing e Industria 4.0 en las empresas encuestadas	82
Tabla 13	Prueba t student para igualdad de medias en el nivel de implementación de industria 4.0	89
Tabla 14	Análisis de correlación entre variables globales	89
Tabla 15	Análisis de correlación entre subvariables de Lean Manufacturing e Industria 4.0	90
Tabla 16		94
Tabla 17	Análisis de correlación de PEARSON para cada ítem de las variables globales	113
Tabla 18	Estrategia de conectividad digital para la adopción de las tecnologías de la industria 4.0 en las industrias del sector público y privado	118
Tabla 19	Estrategia de creación de capital humano con competencias digitales para la adopción de las tecnologías de la industria 4.0 en las industrias	121
Tabla 20	Estrategia de transformación digital en sectores públicos estratégicos para la adopción de las tecnologías de la industria 4.0 en las industrias	125
Tabla 21	Estrategia de transformación digital en Pymes para la adopción de las tecnologías de la industria 4.0 tomando como base una industria del sector plástico con 200 colaboradores	128

INDICE DE FIGURAS

Figura 1	Estadísticas del uso de robots en la industria	8
Figura 2	Fases del desarrollo de la simulación	9
Figura 3	Ingresos de la industria de BIG DATA a nivel mundial entre el periodo 2015-2022.	13
Figura 4	Proveedores del servicio de nube industrial y su participación en el mercado a nivel mundial.	16
Figura 5	Estadísticas De las ventas de la tecnología de RA en las empresas... ..	20
Figura 6	Contribución de la Inteligencia Artificial al PIB por región a nivel mundial. ..	21
Figura 7	Tecnologías de la industria 4.0 en función de sus variables	26
Figura 8	Tipos de diseños no experimentales.....	42
Figura 9	Variables que caracterizan a las técnicas LM y tecnologías 4.0	45
Figura 10	Tamaño de las organizaciones encuestadas.....	52
Figura 11	Pregunta LM1: ¿Con frecuencia estamos en estrecho contacto con nuestros proveedores?.....	53
Figura 12	Pregunta LM2: ¿Damos retroalimentación a nuestros proveedores sobre la calidad y el desempeño de las entregas?.....	54
Figura 13	Pregunta LM3: ¿Nos esforzamos por establecer una relación a largo plazo con nuestros proveedores?	54
Figura 14	Pregunta LM4: ¿Los proveedores están directamente involucrados en el proceso de desarrollo de nuevos productos?	55
Figura 15	Pregunta LM5: ¿Nuestros proveedores clave entregan a la planta en base a Just in time (JIT)?	56
Figura 16	Pregunta LM6: ¿Contamos con un programa formal de calificación de proveedores?	56
Figura 17	Pregunta LM7: ¿Nuestros proveedores se comprometen por contrato a reducir los costos anuales?	57
Figura 18	Pregunta LM8: ¿Nuestros proveedores clave están ubicados muy cerca de nuestras plantas?	57
Figura 19	Pregunta LM9: ¿Tenemos comunicación a nivel corporativo sobre temas importantes con proveedores clave?.....	58
Figura 20	Pregunta LM10: ¿Tomamos medidas activas para reducir el número de proveedores en cada categoría?.....	58
Figura 21	Pregunta LM11: ¿Nuestros proveedores clave gestionan nuestro inventario? ..	59
Figura 22	Pregunta LM12: ¿Evaluamos proveedores en base al costo total y no por precio unitario?.....	59

Figura 23	Pregunta LM13: ¿Con frecuencia estamos en estrecho contacto con nuestros clientes?	60
Figura 24	Pregunta LM14: ¿Nuestros clientes nos dan su opinión sobre la calidad y rendimiento de la entrega?.....	60
Figura 25	Pregunta LM15: ¿Nuestros clientes participan activamente en las ofertas de productos actuales y futuros?.....	61
Figura 26	Pregunta LM16: ¿Nuestros clientes comparten con frecuencia información sobre la demanda actual y futura con el departamento marketing?..	61
Figura 27	Pregunta LM17: ¿La producción es impulsada por el envío de productos terminados?.....	62
Figura 28	Pregunta LM18: ¿La producción en las estaciones es impulsada por la demanda actual de la siguiente estación?.....	62
Figura 29	Pregunta LM19: ¿Utilizamos un sistema de producción pull (producción en base a demanda real)?.....	63
Figura 30	Pregunta LM20: ¿Utilizamos Kanban, cuadros o contenedores de señales para el control de producción?.....	63
Figura 31	Pregunta LM21: ¿Los productos se clasifican en grupos con requisitos de procesamiento similares?	64
Figura 32	Pregunta LM22: ¿Los productos se clasifican en grupos con requisitos de enrutamiento similares?.....	64
Figura 33	Pregunta LM23: ¿Los equipos se agrupan para producir un flujo continuo de familias de productos?.....	65
Figura 34	Pregunta LM24: ¿Las familias de productos determinan el diseño de nuestra fabrica?.....	65
Figura 35	Pregunta LM25: ¿Nuestros empleados practican configuraciones para reducir el tiempo requerido?.....	66
Figura 36	Pregunta LM26: ¿Estamos trabajando para reducir los tiempos de preparación en nuestra planta?.....	66
Figura 37	Pregunta LM27: ¿Tenemos bajos tiempos de preparación de equipos en nuestra planta?.....	67
Figura 38	Pregunta LM28: ¿Una gran cantidad de equipos/procesos en el piso de producción se encuentran bajo un Control Estadístico de Procesos (SPC)?..	67
Figura 39	Pregunta LM29: ¿Hacemos uso extensivo de técnicas estadísticas para reducir la variación del proceso.?.....	68
Figura 40	Pregunta LM30: ¿Los gráficos que muestran tasas de defectos se utilizan como herramientas en la empresa?.....	68
Figura 41	Pregunta LM31: ¿Utilizamos diagramas tipo espina de pescado para identificar las causas de los problemas de calidad?.....	69
Figura 42	Pregunta LM32: ¿Realizamos estudios de capacidad de procesos antes del lanzamiento del producto?.....	69
Figura 43	Pregunta LM33: ¿Los empleados de planta son clave para los equipos de resolución de problemas?.....	70

Figura 44	Pregunta LM34: ¿Los empleados de la planta impulsan los programas de sugerencias?	70
Figura 45	Pregunta LM35: ¿Los empleados de la planta lideran los esfuerzos de mejora de productos/procesos?	71
Figura 46	Pregunta LM36: ¿Los empleados de la planta reciben capacitación interfuncional?	71
Figura 47	Pregunta LM37: ¿Dedicamos una parte de cada día a actividades planificadas relacionadas con el mantenimiento de equipos?	72
Figura 48	Pregunta LM38 ¿Realizamos mantenimiento a nuestros equipos regularmente?	72
Figura 49	Pregunta LM39: ¿Mantenemos excelentes registros de todas las actividades relacionadas con el mantenimiento de equipos?	73
Figura 50	Pregunta LM40: ¿Publicamos registros de mantenimiento de equipos en el piso de producción para compartir activamente con los empleados?	73
Figura 51	Pregunta I1: ¿Contamos con estaciones robóticas en línea?.....	74
Figura 52	Pregunta I2: ¿Se cuentan con etiquetas de Identificación por Radio Frecuencia RFID en las unidades de trabajo?	74
Figura 53	Pregunta I3: ¿Se emplea escaneo en tiempo real por aplicación de teléfono inteligente o tableta?.....	75
Figura 54	Pregunta I4: ¿Se cuenta con máquinas con interfaces digitales y sensores? 75	
Figura 55	Pregunta I5: ¿Se emplea realidad aumentada en los procesos?	76
Figura 56	Pregunta I6: ¿Se emplea sistema de computación en la nube?.....	76
Figura 57	Pregunta I7: ¿Existe colaboración con proveedores/ clientes a través del intercambio de datos en tiempo real?	77
Figura 58	Pregunta I8: ¿Se emplea mantenimiento predictivo a través de monitoreo en tiempo real?	77
Figura 59	Pregunta I9: ¿Se emplea algoritmos de inteligencia artificial y aprendizaje automático?	78
Figura 60	Pregunta I10: ¿Se cuenta con gestión autónoma del proceso productivo? 78	
Figura 61	Pregunta I11: ¿Se emplea automatización digital sin sensores?... 79	
Figura 62	Pregunta I12: ¿Se emplea sensores para identificación de productos o condiciones de funcionamiento?	79
Figura 63	Pregunta I13: ¿Se cuenta con sistemas de ingeniería integrados por computadora?	80
Figura 64	Pregunta I14: ¿Se emplea fabricación aditiva, prototipado rápido o impresión 3D?	80
Figura 65	Pregunta I15: ¿Se maneja recolección, procesamiento y análisis de gran cantidad de datos (BIG DATA)?	81
Figura 66	Pregunta I16: ¿Se emplea el internet de las cosas?	82

Figura 67	Habilitadores tecnológicos, comparación entre países.....	85
Figura 68	Índice de Desarrollo de E-Gobierno América Latina y EEUU.	86
Figura 69	Pilares de políticas públicas de transformación digital América Latina y el Caribe.	88

LISTA DE TERMINOS

LM: Lean Manufacturing

ALM: Alta implementación de Lean Manufacturing

BLM: Baja implementación de Lean Manufacturing

I: Tecnologías Industria 4.0

IND4: Industria 4.0

AI: Alta implementación Tecnologías Industria 4.0

BI: Baja implementación Tecnologías Industria 4.0

RESUMEN

La adopción de las tecnologías de la industria 4.0 promete muchos beneficios para la industria, se considera como una herramienta muy útil para optimizar procesos, mejorar la productividad e incrementar la calidad de los productos o servicios, esta herramienta está conformada por 9 tecnologías entre ellas ciberseguridad, internet de las cosas, nube industrial, fabricación aditiva, inteligencia artificial, Big data, robótica, sin embargo, aún es escasa la información que respalde la correlación que existe entre la adopción de estas tecnologías y el nivel de implementación de metodologías ya existentes y conocidas como Lean Manufacturing o viceversa. La herramienta LM está conformada por diversas técnicas, entre ellas se encuentran Kanban, Juis in time, 5s, TPM y SMED, las cuales han sido ampliamente empleadas a nivel mundial por su eficiencia en la mejora de procesos, las cuales trabajan directamente sobre la gestión del personal, proveedores, clientes y la estandarización de procesos. Por lo tanto esta investigación tiene como objeto determinar la correlación e influencia de la implementación de las técnicas LM en la adopción de las tecnologías 4.0 en un estudio de caso múltiple a 8 organizaciones de manufactura ubicadas en la provincia de Pichincha.

Para lograrlo, es estudio siguió un diseño no experimental transeccional exploratorio con enfoque mixto. Al ser un estudio de caso múltiple el muestreo empleado fue de tipo teórico no estadístico. Las variables objeto de estudio fueron el nivel de implementación de Lean manufacturing (independiente) y el nivel de adopción de las tecnologías de la industria 4.0 (dependiente). La herramienta de investigación empleada para recopilar los datos fue una encuesta cerrada conformada por 3 secciones, la primera con información general de las organizaciones y de la persona encuestada; la segunda conformada por preguntas que responden a la pregunta de nivel de implementación de Lean Manufacturing y la tercera sección con interrogantes que responden al nivel de implementación de las tecnologías de la industria 4.0, como herramienta de análisis de datos se empleó el software SPSS donde se analizó la correlación con el coeficiente de PEARSON y ANOVA.

Nuestros hallazgos indican que de las 8 empresas encuestadas únicamente el 25% de estas cuentan con un nivel de implementación de Lean Manufacturing medio alto, el 75% restante presentan un nivel bajo, esto debido a que la principal brecha de acuerdo con los resultados obtenidos es la escasa aplicación de las técnicas de Lean Manufacturing; así mismo el 100% de estas presentan un nivel bajo de implementación de las tecnologías de la industria 4.0, con un promedio por debajo de 2.3 en una escala de likert de 5, esto debido a que el 87% de las empresas encuestadas no cuentan con estaciones robóticas en línea, el 100% no cuenta con tarjetas de identificación por radio frecuencia RFID, no emplean escaneo de datos en tiempo real en sus procesos, no hacen uso de inteligencia artificial, ni realidad aumentada en sus procesos,

De acuerdo con el análisis ANOVA $p=0,01 < 0,05$ con un 95% de confianza se evidencia que si existe influencia del nivel de implementación de Lean Manufacturing en la adopción de las tecnologías de la industria 4.0, así como también existe correlación entre las variables.

Palabras clave: Industria 4.0, Lean Manufacturan, nivel de implementación, influencia, correlación.

ABSTRACT

The adoption of industry 4.0 technologies promises many benefits for the industry. It is considered a very useful tool to optimize processes, improve productivity and increase the quality of products or services. This tool is made up of 9 technologies, including cybersecurity, internet of things, industrial cloud, additive manufacturing, artificial intelligence, big data, robotics, however, there is still little information to support the correlation that exists between the adoption of these technologies and the level of implementation of already existing methodologies and known as Lean Manufacturing or vice versa. The LM tool is made up of various techniques, among them are Kanban, Juis in time, 5s, TPM and SMED, which have been widely used worldwide for their efficiency in process improvement, which work directly on the management of personnel, suppliers, clients, and the standardization of processes. Therefore, this research aims to determine the correlation and influence of the implementation of LM techniques on the adoption of 4.0 technologies in a multiple case study of 8 manufacturing organizations located in the province of Pichincha.

To achieve this, this study followed an exploratory transactional non-experimental design with a mixed approach. As it was a multiple case study, the sampling used was theoretical, not statistical. The variables under study were the level of implementation of Lean manufacturing (independent) and the level of adoption of Industry 4.0 technologies (dependent). The research tool used to collect the data was a closed survey made up of 3 sections, the first with general information about the organizations and the PEARSON surveyed; the second made up of questions that respond to the question of the level of implementation of Lean Manufacturing and the third section with questions that respond to the level of implementation of industry 4.0 technologies, as a data analysis tool, SPSS software was used where I analyze the correlation with the PEARSON coefficient and ANOVA.

Our findings indicate that of the 8 companies surveyed, only 25% of them have a medium-high level of implementation of Lean Manufacturing, the remaining 75% have a low level, this is because the main gap according to the results obtained

is the limited application of Lean Manufacturing techniques; Likewise, 100% of these present a low level of implementation of Industry 4.0 technologies, with an average below 2.3 on a Likert scale of 5, this is because 87% of the companies surveyed do not have online robotic stations, 100% do not have RFID radio frequency identification cards, they do not use real-time data scanning in their processes, they do not use artificial intelligence or augmented reality in their processes,

According to the ANOVA analysis $p=0.01 < 0.05$ with 95% confidence, it is evident that there is an influence of the level of implementation of Lean Manufacturing on the adoption of Industry 4.0 technologies, as well as there is correlation between the variables.

Keywords: Industry 4.0, Lean Manufacturing, level of implementation, influence, correlation.

CAPÍTULO I: INTRODUCCIÓN

Esta investigación es de carácter práctico, los resultados que se obtengan se podrán evidenciar a corto plazo durante el levantamiento de información. Este estudio contribuye con la creación de un marco referencial sobre las interacciones entre las técnicas Lean y la industria 4.0, lo cual apoya a las organizaciones a comprender los requisitos e interacciones en la toma de decisiones antes de una implementación (Ciano et al., 2021; Hernández et al., 2014)

En los últimos años, la adopción de una metódica para gestionar procesos y operaciones como Lean Manufacturing ha permitido a la industria disminuir la variabilidad de los procesos y eliminar todo tipo de desperdicios, lo cual significa menores costos de fabricación y mayores márgenes de ganancia. Algunas de las técnicas que emplea esta filosofía y que serán estudiadas en esta investigación son: SMED, 5S, Justo a Tiempo, Kanban y TPM (Padilla, 2010; Ramirez et al., 2021).

Por otra parte, de acuerdo con Leitao et al., (2020) la industria 4.0 ha permitido mejorar la economía de los países en los que se ha instaurado deliberadamente este enfoque. La digitalización, automatización y el empleo de redes basadas en Internet promueven la optimización de los procesos, con un aumento del 45% al 55% en la productividad (Baur & Wee, 2015).

Esta perspectiva de transformación digital se promueve a nivel mundial mediante iniciativas gubernamentales basadas en programas de innovación, investigación y estrategias, que contribuyen al desarrollo de procesos (Beier et al., 2020). Entre otras, algunas de las iniciativas vigentes en países como Alemania son "Industrie 4.0"; "Industria Conectada 4.0" en España, "Piano Industria 4.0" en Italia, "Catapult" en el Reino Unido, "Alliance Industrie du Futur" en Francia, "I40" en Portugal, "Industrial Internet of Things" en los EE. UU., "Made in China 2025" en China y "Robot Revolution Initiative" en Japón (Culot et al., 2020).

La revolución 4.0 busca digitalizar los procesos industriales y su interconexión mediante el internet de las cosas y los servicios, de manera que se

optimicen y mejoren los costos y tratamiento de datos, combinando sinérgicamente los beneficios de las técnicas de manufactura esbelta (Beier et al., 2020; Culot et al., 2020).

A nivel global, el sector manufacturero ha presentado diferentes cambios. Tres revoluciones industriales han transformado drásticamente el entorno debido a la aplicación de nuevas tecnologías y maneras de percibir el mundo. Actualmente, la industria se encuentra atravesando la cuarta ola industrial que busca la automatización de los procesos mediante la aplicación de sistemas Ciber Físicos (CPS), con el objetivo de mejorarlos (Leitao et al., 2020). Según Blanchet & Rinn (2016), en los países de Europa Occidental, para el 2035 se espera una tasa de adopción de alrededor del 50% de los principios y tecnologías de la Industria 4.0.

Otra de las herramientas utilizadas para mejorar procesos son las técnicas de Lean Manufacturing. Actualmente existe basto conocimiento en cuanto a los beneficios de estas técnicas en la mejora de procesos. De igual forma, existen varias investigaciones que proporcionan información respecto a la incidencia de las tecnologías 4.0 en la implementación de las técnicas LM. Ciano et al., (2021) en su estudio; analizó por pares dicha interacción entre ambos paradigmas, Hofmann y Rüschi (2017) determinaron cómo estas tecnologías aplicadas e implementadas en la industria podían mejorar los tiempos de ciclo y la efectividad de los procesos.

Sin embargo, en el estudio realizado por Buer et al., (2018) se ha identificado un número limitado de investigaciones que respaldan dicha relación en viceversa, lo cual lo confirma Ciano et al., (2021) en su estudio, donde determina la relación existente entre las técnicas Lean y las tecnologías 4.0 en industrias manufactureras de Italia. Bajo estas premisas, esta investigación busca aportar, con la creación de ese marco referencial poco estudiado, un entorno geográfico diferente (Buer et al., 2018; Ciano et al., 2021). Para esto, se ha establecido la siguiente interrogante de investigación:

¿Cómo las técnicas Lean Manufacturing de proceso de fabricación influyen en la implementación de las tecnologías 4.0 en empresas manufactureras de la provincia de Pichincha?

La adopción de herramientas que mejoren los procesos es una necesidad real y una tendencia que cada día toma mayor impulso a nivel global. La presencia de un marco referencial teórico y práctico insuficiente dificulta la toma de decisiones en la industria e incrementa el riesgo de fracasos para el sector manufacturero al momento de adoptar las técnicas Lean Manufacturing y las tecnologías 4.0. en sus procesos manufactureros. Con esta investigación se pretende llenar los vacíos teóricos y prácticos con respecto a esta temática de producción poco explorada (Oliveras, 2016).

1.1. OBJETIVO GENERAL

Determinar la influencia de Lean Manufacturing en la implementación de tecnologías de la industria 4.0 en un estudio de caso múltiple en empresas manufactureras de la provincia de Pichincha.

1.2. OBJETIVOS ESPECIFICOS

- Determinar el estado actual de la industria 4.0 en Ecuador y América Latina
- Identificar el estado actual de Lean Manufacturing en Ecuador y América latina
- Identificar la incidencia de las metodologías Lean Manufacturing en la implementación de las tecnologías 4.0
- Proponer estrategias para el desarrollo de Lean Manufacturing y la industria 4.0

CAPITULO II: CONTENIDO TEÓRICO

2.1. INDUSTRIA 4.0

El termino de “industria 4.0” nace en Alemania en el año 2011, por muchos autores es denominada la cuarta revolución industrial, que consiste en la fabricación inteligente mediante el uso de sistemas ciber físicos CPS y la integración de nuevas tecnologías industriales, informáticas y de comunicación, en los procesos productivos (Gilchrist, 2016).

Uno de los propósitos de la era 4.0 es construir modelos de producción flexibles, automatizados y digitalizados; con interrelaciones en tiempo real entre las personas, el producto y el proceso, de tal manera que se integre la cadena de valor y se optimicen los procesos industriales (Ayneto, 2019).

Entre otras, algunas de las características principales, que permiten diferenciar esta revolución 4.0, son: la integración vertical de los sistemas de manufactura, que permiten una reacción rápida ante una variabilidad en los procesos; la integración horizontal de la cadena de valor, lo cual facilita la incorporación de nuevos modelos comerciales; la ingeniería integral, que busca centrar la atención en los procesos y la vida del producto, de manera que se permita rastrear desde su fabricación hasta su retiro; y por último la aceleración de la fabricación, mediante modelos y sistemas de producción accesibles e innovadores(Gilchrist, 2016).

Todos los sectores manufactureros industrializados como energía, salud, aeronáutica, automotriz, alimentos, etc, aplican la Industria 4.0. En el sector aeronáutico específicamente ya que hacen uso de tecnologías para la producción de aeronaves, usan Dar Systems para la seguridad y mantenimiento, además de sus pruebas y montaje. El sector automovilístico fue uno de los primeros en hacer uso de las tecnologías 4.0 en sus procesos de fabricación, esto podemos verlo reflejado en su producción varia de automóviles modernizados como Tesla, o Audi; las industrias de materiales también han entrado a formar parte de dicho ámbito ya que a través de la aplicación de tecnologías, estos han mejorar su variedad y flexibilidad, como es el caso de láminas de PVC con textura de madera lo que ha

reducido la tala de árboles; los sectores de sanidad han aplicado la industria 4.0 a través de la digitalización en el desarrollo de prótesis óseas estandarizadas o específicas (Losada & Sanz, 2017).

De acuerdo con Joyane (2017), con el uso de las tecnologías facilitadoras, los procesos deben mejorar y migrar a la era digital, de manera que todas las organizaciones se conviertan en fábricas inteligentes con 5 sectores estratégicos por desarrollar: productos, movilidad, logística, edificios y redes inteligentes (Rodrigues & Hatakeyama, 2006).

2.1.1. PRINCIPIOS DE LA INDUSTRIA 4.0

Para comprender mejor los principios de la industria 4.0 debemos entender los procesos de transformación tecnológicas que pasaron tiempo atrás, un ejemplo claro es la primera revolución industrial, donde se crearon máquinas y equipos mecánicos, tal es el caso de la primera máquina a vapor a finales del siglo XVII; la segunda revolución industrial se dio pie en el siglo XX creando la primera cinta transportadora; la tercera revolución industrial se originó al comienzo de los años 70 donde se produjo el primer controlador lógico programable a través de la electrónica informática y de este modo surgieron las producciones automatizadas; la cuarta y última es la que conocemos hoy por industria 4.0 en la cual convergen la integración de las tecnologías sensorias y robóticas, definiéndose en un sistema físico cibernético (Raguseo, 2018).

De acuerdo con Lasi et al. (2014), a nivel mundial, las empresas interesadas en implantar la nueva era industrial 4.0 siguen 6 principios de diseño que se muestran a continuación:

- Interoperabilidad: Todos los componentes (máquinas, personas, procesos, productos, tecnologías, etc.) deben tener la capacidad para conectarse, comunicarse y operar en conjunto haciendo uso de la internet de las cosas IIoT.
- Virtualización: Donde lo físico y el nivel digital se fusionan para crear una copia digital de los controles productivos realizados en el mundo físico.

- **Descentralización:** Denominada también autoorganización descentralizada, donde los sistemas o procesos de una fábrica inteligente pueden tomar decisiones de manera autónoma, siempre y cuando sigan el objetivo estratégico global.
- **Orientación al servicio:** El internet de los servicios debe estar presente en las fábricas inteligentes.
- **Capacidad de recopilación y manejo de datos en tiempo real.**
- **Modularidad:** Flexibilidad o capacidad de las fábricas inteligentes para adaptarse a los cambios.

2.1.2. TECNOLOGIAS FACILITADORAS

Existen innumerables tecnologías que han surgido con el pasar de los años las cuales se añaden a la cuarta revolución industrial, como adelantos genéticos, nanotecnologías, biotecnologías, entre otros. Sistemas de inteligencia artificiales que afrontan una amplia variedad de problemas “desde la gestión de las cadenas de suministro hasta el cambio climático. Al mismo tiempo, el auge de la economía colaborativa ha permitido a las personas monetizar todo, desde una casa desocupada hasta el coche” (Blanco, Fontodona, & Poveda, 2018).

2.1.2.1. ROBOTICA

Son robots que desarrollan las tareas manuales e intelectuales no rutinarias en la industria, lo cual optimiza los perfiles de trabajo sustituibles y recompensa de manera ocasional a la falta de mano de obra. También están en la capacidad de integrar datos de diversos sensores y ajustar su movimiento al momento de efectuar varias tareas, de tal manera que entregan datos en tiempo real, indispensable para la toma de decisiones en las empresas (Leurent et al., 2019).

Es decir, se emplean para incrementar la eficiencia en las labores de producción y mejoran el sistema. Para su consecución se requiere de la determinación de vínculos entre la generación de actividades en los robots y el sistema de gestión de los datos, que denotan una situación de indexación de tecnologías o recursos materiales (Peralta, Martínez, & Enríquez, 2020).

De acuerdo con Pillai et al. (2021) las ventajas del uso de robots autónomos en la industria 4.0 también se aprecian en la estabilidad laboral y de utilización, dado que al incrementar el nivel de eficiencia en las tareas se concede al ser humano la asignación propicia de sus destrezas en el campo de trabajo de forma efectiva, asimismo está la reducción en la cifra de falencias debido a su grado de precisión en las acciones y porque son ajenos a distracciones, lesiones y demás cuestiones biológicas.

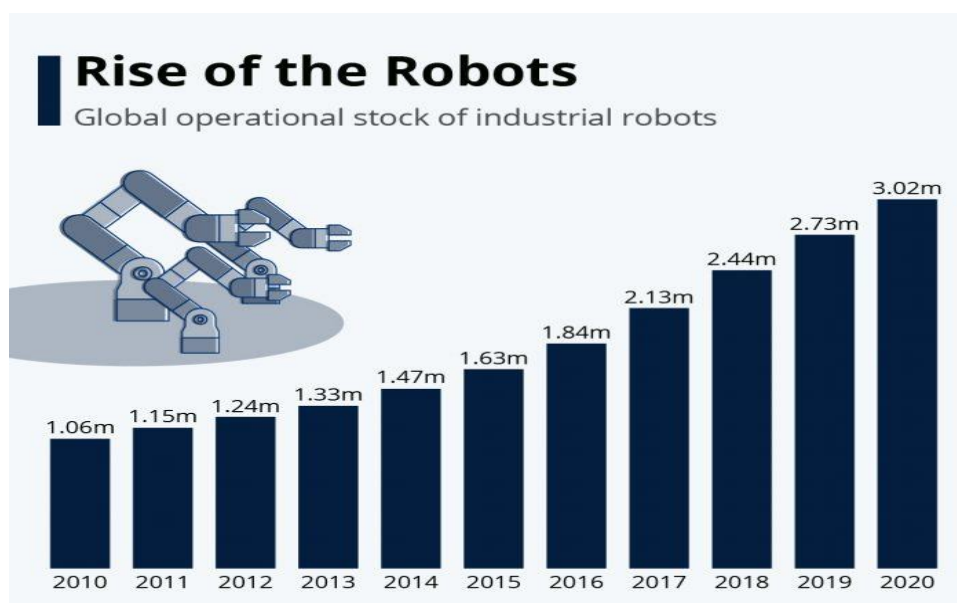
El empleo de robots en los procesos de manufactura se ha evidenciado desde la tercera revolución industrial. Sin embargo, éstos cada día son diseñados con mejores características, de manera que puedan operar de forma autónoma, autosuficiente e interaccionen al igual que un humano. La robótica colaborativa es un claro ejemplo; este tipo de robots colaboran o reemplazan a los humanos en trabajos rutinarios que pueden afectar a su salud. Así mismo, existen otros diseños que permiten ser integrados o adaptados al propio cuerpo humano de forma que facilitan al humano realizar actividades que demandan esfuerzo o precisión. Por tanto, se busca que los robots se adapten a las líneas de manufactura, a las personas y a los cambios propios de los procesos productivos (Lasi et al., 2014).

En el sector automotriz, el fabricante de Tesla ha desarrollado tecnologías de fabricación inteligente implementando robots que van de la mano con IoT para su manejo automatizado (Losada & Sanz, 2017).

Pillai et al. (2021) indican que algunas de las desventajas de esta tecnología son:

- Alto costo de adquisición y mantenimiento
- Costos adicionales debido a su instalación
- Maleables a hackeos
- Reducción del personal humano

El impacto de estos recursos en las industrias ha sido profundo, de acuerdo con las cifras de la Federación Internacional de Robótica (IFR) el uso de los robots en la industria se ha triplicado en los últimos diez años pues ha superado los 3 millones hasta finales del 2020.

Figura 1*Estadísticas del uso de robots en la industria*

Nota: Uso de robots por año a nivel mundial. Fuente: Maubert (2022)

De ello se conoce que las naciones que emplean robots de forma considerable en sus industrias son: Corea del Sur con 932 robots por cada 10 mil empleados, Singapur con 605 por cada 5 trabajadores, Japón con 605 unidades por cada 10 mil trabajadores, Alemania con 371 robots, Francia con 194, Suecia con 289, Estados Unidos con 255 y Dinamarca con 246 unidades (Maubert, 2022).

2.1.2.2. SIMULACIÓN

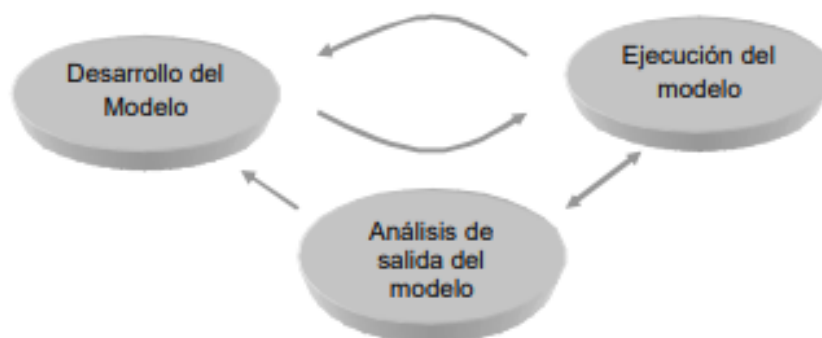
Se entiende como simulación al mecanismo implementado para analizar el desempeño de un sistema a través de la generación de un esquema matemático encargado de la reproducción, alta y posiblemente exacta, de las cualidades del sistema original (Camargo, Camargo, & Joyanes, 2015).

Responde a una tecnología fundamental para la creación de modelos informáticos exploratorios de planificación que concedan el mejoramiento de la toma de decisiones, de los proyectos, así como también de la utilización eficiente de los recursos dentro de los sistemas de producción inteligentes y complejos (Gunal, 2019).

Para su desarrollo es importante trabajar en tres procesos básicos, así como se detalla en la siguiente figura 2:

Figura 2

Fases del desarrollo de la simulación



Nota: Fuente: Álvarez (2005)

Antiguamente, en las industrias, para determinar si un producto es viable, era común emplear la técnica de prueba y error, que daba como resultado altos costos debido al fallo y al uso de recursos. Actualmente, la simulación se utiliza para establecer si un proceso o producto es viable o útil, mediante el uso de software, de manera que se pueden evitar, detectar o corregir los problemas mediante prototipos antes de su fabricación real, minimizando los costos de fabricación y optimizando los procesos de manufactura (Reis & Gins, 2017).

La simulación junto con la realidad aumentada han sido una herramienta muy versátil para la capacitación del personal, permite adquirir experiencia, corregir errores en un entorno controlado y evitar pérdidas económicas al impedir que estos se materialicen en la práctica real (Tortorella et al., 2021).

Entre las bondades de la simulación están: el uso de sensores y tecnología avanzadas de comunicación que concibe la vinculación entre las instalaciones y los equipos a un espacio virtual por medio de internet y aplicaciones, hecho que propicia la simulación del área física en tiempo real (Gunal, 2019).

Asimismo, al tener la posibilidad de agrupar a colaboradores, maquinaria y aquello que se produce, permite poner a prueba varias maneras de coordinar los recursos, algo que generalmente se lleva a cabo en el escenario virtual previo a su práctica en el contexto real (Camargo, Camargo, & Joyanes, 2015)

Por eso, Cruz et al. (2019) señalan que la simulación conduce al mejoramiento de la toma de decisiones mediante un acoplamiento más acelerado a varias clases de circunstancias, de tal manera que sus principales beneficios radican en la eficiencia de la utilización de los recursos y menos costos en la producción.

Al igual que las demás tecnologías, ésta no es libre de limitaciones dado que, a pesar de ser una herramienta útil, suele exigir de una fuerte inversión ya que, generalmente, su desarrollo implica bastante tiempo y es complejo. Otra desventaja radica en que, no crea respuestas precisas a inconvenientes de estudios cuantitativos para aspectos como el monto económico de pedido, la programación lineal, entre otros. Además, este modelo no genera soluciones persé ya que, los responsables de su creación formulan cada uno de los parámetros para su estudio (Cruz et al., 2019).

Al indagar sobre la influencia de la simulación en la industria 4.0, Camargo et al (2015), menciona lo siguiente:

- Asiste a la comprensión de la planta de trabajo
- Ayuda a la forma en la que el personal emplea las máquinas y la cantidad de colaboradores se requieren para determinada actividad
- Garantiza un diseño ergonómico de la fábrica a través de la promoción de aspectos clave como la eficiencia y seguridad
- No da cabida a lesiones y conservar a cada miembro en bajo una distancia propicia.

En este sentido, las estadísticas señalan que para el 75% de los ejecutivos de la industria consideran que esta tecnología es esencial en el camino hacia el éxito, aunque únicamente el 43% de ellos creen que sus aptitudes en simulación son adecuadas (The New Now, 2021).

2.1.2.3. BIG DATA

Se define como el conjunto sistematizado de una amplia cantidad de información o datos con gran velocidad en los sistemas automatizados y vinculados que da paso al análisis predictivo para tomar decisiones. Generalmente parte de la expansión de dispositivos móviles, ordenadores, plataformas sociales y tecnologías referentes al internet de las cosas. Cada dato que alimenta al Big data se recopila mediante satélites, sensores, fotos, redes sociales, videos y señal GPS. Esta tecnología se emplea para la recolección, almacenamiento, sistematización, gestión y análisis de un océano de datos en la velocidad y tiempo propicios (Zhou et al., 2015).

Todo proceso productivo en la industria maneja gran cantidad de datos, esta tecnología consiste en recopilar datos mediante redes de conexión, analiza un conjunto de datos, por volumen, naturaleza y velocidad a que debe ser procesada; sobrepasa la capacidad de los sistemas informáticos habituales, estos pueden encontrarse como: sistemas y equipos de producción, sistema de gestión de proveedores, entre otros. El almacenamiento de estos datos se da en la nube o memorias, con la finalidad de analizar su contenido, compartir con las partes interesadas y personalizar la información (Zhou et al., 2015).

Big Data en la industria ha permitido optimizar la vida útil de algunos componentes de máquinas y equipos, al identificar patrones de comportamiento que ayudan a mejorar la frecuencia de los mantenimientos preventivos, todo esto de la mano de los sistemas de sensores y mandos remotos que han mejorado la identificación de anomalías; otra de las aplicaciones en la industria es proporcionar grandes cantidades de información que permiten a los mandos directivos tomar decisiones respaldadas en datos reales; en el sector energético y eléctrico Big Data junto con la inteligencia artificial permite capacitar diferentes tipos de energías y la optimizar la explotación de las mismas (Losada & Sanz, 2017).

Innumerables empresas utilizan esta tecnología para la recopilación y análisis de datos, tales como: Google, Amazon, Netflix, Facebook o incluso Apple, entre otras. Esto se ve reflejado en los sistemas de búsqueda a la hora de que usuario requiera un tipo de información y la misma empresa proporcione

información adecuada a las necesidades de búsqueda del usuario (Gutiérrez, 2020).

De acuerdo con Reis & Gins, (2017) las ventajas del Big data son potenciales para la industria, dado que:

- Permite el incremento de la flexibilidad de los sistemas de producción
- Minimiza el tiempo que exige el ciclo de mecanizado y el de los proyectos
- Mejora la calidad de los productos y servicios,
- Provee eficiencia en los insumos empleados para la producción
- Denota alto poder para entender las necesidades del mercado actual
- Genera amplia personalización de los bienes y servicios.

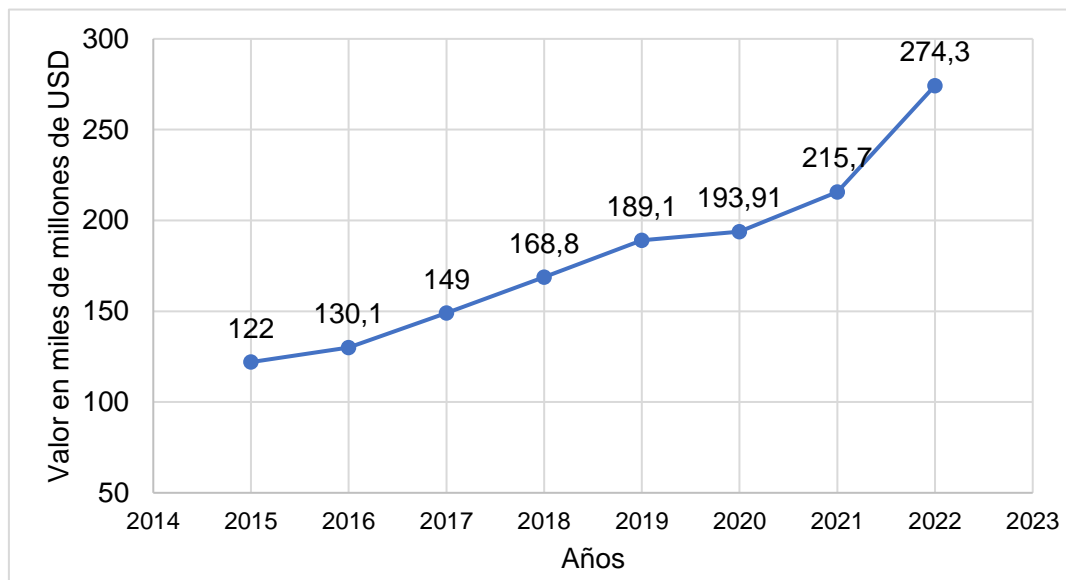
Por otra parte, esta tecnología genera inconvenientes como la extensión de su volumen y el permanente incremento de la cifra de los datos, lo cual dificulta su análisis y da paso a la obsolescencia veloz del programa que se emplee para el efecto, puesto que se escapa de su capacidad de procesamiento de información (Camargo, Camargo, & Joyanes, 2015).

Además, existe una gama de datos, de los cuales no todos tienen valor para una meta en particular y se conciben como datos desechos que ocupan espacio y demandan de su depuración. A esto se suma la carencia de talento humano familiarizado con el Big data y las normas gubernamentales de protección de datos y ciberseguridad, sin dejar de lado el alto costo que supone su implementación (Rubmann, y otros, 2015).

La potencialidad del Big data está en el logro de amplios beneficios para las industrias, los cuales parten del cambio de la economía y arriban en una nueva era de auge productivo para las naciones del mundo que opten por este tipo de tecnologías, así como se detalla en la siguiente figura:

Figura 3

Ingresos de la industria de BIG DATA a nivel mundial entre el periodo 2015-2022.



Nota: Tomado de Statista 2023

2.1.2.4. INTERNET DE LAS COSAS

Es una infraestructura global cimentada en las tecnologías de la información y comunicación (TIC) interoperables que fomentan el desarrollo de los servicios avanzados por medio de una interconexión tanto a nivel físico como virtual de los recursos. Dicho de otro modo, es una tecnología sólida e intuitiva que propicia la digitalización del planeta conectado mediante internet ya que otorga información elemental a toda la cadena de valor en tiempo real. Esto se puede aplicar en los equipos, maquinaria y dispositivos inteligentes para que se comuniquen y den paso a la interacción con el elemento que los monitorea (Majeed & Rupasinghe, 2017).

Esta se refiere a máquinas que están conectadas a tecnologías estándares enriquecidos por informática incrustada. Lo que permite que el dispositivo pueda comunicarse con los controladores centrales, permitiendo respuestas a tiempo real; un ejemplo claro es que una máquina automotriz pueda conectarse a un controlador central y esta a su vez sea manejada por una persona a la distancia sin necesidad de ir directo a la máquina (Joyane, 2017).

El internet de las cosas ha significado una verdadera revolución en muchos aspectos cotidianos: es uno de los pilares elementales de la cuarta revolución industrial, permite la interacción y comunicación de las personas, máquinas, procesos y dispositivos en una fábrica inteligente y cadena de valor (Joyane, 2017).

El internet sin duda es la tecnología más utilizada, es la facilitadora de las mismas tecnologías 4.0, al ser indispensable para que las demás puedan funcionar, en la industria su función principal el permitir la comunicación y flujo de información en tiempo real, permite el monitoreo remoto de los procesos desde cualquier parte del mundo. En los últimos años a raíz de la pandemia COVID19 el mundo entero se adaptó a una nueva realidad donde el internet permitió que las industrias, instituciones educativas y la población en general puedan seguir con sus vidas a pesar del confinamiento, la educación evoluciono a fuerza a la virtualidad así como el teletrabajo (Almagro et al., 2023).

En el caso de la producción, el IIoT diagnostica y pronostica las anomalías en los equipos, en la cadena de suministro avizora la demanda de la compañía y la automatización de lo que se producirá, en la gestión de edificios monitorea toda la infraestructura de la empresa, en el cuidado de la salud supervisa el cuidado de adultos mayores, monitorea patologías crónicas, entre otras acciones, en las tiendas inteligentes gestiona ágil y audazmente las ventas de forma eficiente (Majeed & Rupasinghe, 2017).

De este modo, las industrias ganan porque, según Manavalan Y Jayakrishna (2019) es posible la toma de decisiones automatizada a partir de condiciones preestablecidas y en información recopilada por sensores, lo cual genera una solución y acoplamiento más ágil de sus sistemas en tiempo real. Así mismo, se incrementa la eficiencia en la utilización de maquinarias y se reducen los residuos.

Además, se estima que esta tecnología pase de los 23.140 millones de dispositivos conectados en 2018 a los 75.440 millones de dispositivos conectados en el 2025 (IoT World Online, 2020) cuyo gasto en este servicio y cosas vinculadas bordeó los 2 billones de dólares en el 2018 y se repartió en zonas como Norteamérica, China y la parte occidental de Europa, donde se registra cerca del 67% de los aparatos IoT (Eastern Daylight Time, 2018).

2.1.2.5. LA NUBE INDUSTRIAL

El propósito de esta radica en entregar servicios tecnológicos de la información bajo pedido y con una paga fundamentada en su utilización. Con la computación en la nube se adquieren ventajas como el almacenamiento de amplias cifras de información en un sistema de servidores. Incluso, concede el acceso a los datos en cualquier lugar, momento y desde diferentes dispositivos y canales (Velasquez, Estevez, & Pesado, 2018).

De esta manera, la conectividad facilita la obtención de información al instante, por ende, minimiza la inversión en máquinas y recursos puesto que el lugar de almacenamiento y la capacidad de procesar los datos se desarrollada con base a las necesidades de cada industria (Velázquez et al., 2018).

Actualmente ya no es indispensable gestionar los procesos in situ, existen softwares que permiten el almacenamiento de los datos recopilados en la nube, esto permite la accesibilidad de la información desde cualquier parte. Para que esto funcione, es necesario que todos los dispositivos de la organización estén interconectados y así se facilite el flujo de datos en múltiples direcciones (Gilchrist, 2016).

Esta tecnología nos otorga almacenamiento para trabajos informáticos dedicados a la producción. “Incluso los sistemas que controlan los procesos podrán estar basados en la nube.” (Blanco, Fontodona, & Poveda, 2018).

La nube industrial ha permitido almacenar información vital de las organizaciones en tiempo real, un claro ejemplo es su aplicación en los mantenimientos preventivos de los equipos, donde se ha podido evidenciar que con la información almacenada en la nube se puede predecir la vida útil de los componentes y programar los mantenimientos preventivos (Tortorella et al., 2021).

Asimismo, genera ganancias vinculadas a la rapidez, flexibilidad, adaptabilidad de su implementación y al análisis de la información. Todo esto sin dejar de lado que permite la cooperación entre el usuario, el proveedor y la

comunicación entre varios departamentos que forman parte de una compañía (Hadwer, Tavana, Gillis, & Rezanía, 2021).

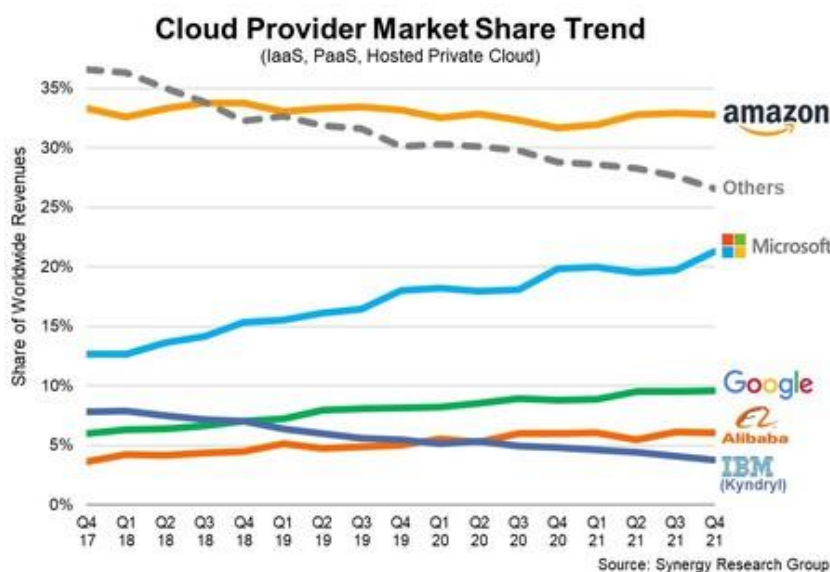
Para Hadwer et al. (2021) entre las principales desventajas están:

- La necesidad imperiosa de una conexión constante a internet
- Problemas de funcionamiento con redes de baja velocidad
- Carencia de seguridad de los datos en la nube por lo que se vive con el riesgo de perder aquella información.

En el ámbito de las estadísticas de esta tecnología, los expertos estiman que hasta el 2023, mínimo el 99% de los problemas de seguridad en la nube serán producto del usuario, por otra parte, hasta el 2024 la empresa que utilicen parámetros y mecanismo para paliar este inconveniente minimizarán al mismo en un 80%. Por eso ven como algo indispensable la capacitación de los colaboradores sobre la implementación amena y responsable de la información compilada en la nube (Aguilar, 2022). De acuerdo con los datos levantados por Synergy Research Group, (2022) a nivel mundial los principales proveedores de este servicio y su nivel de participación en el mercado se muestran en la siguiente figura:

Figura 4

Proveedores del servicio de nube industrial y su participación en el mercado a nivel mundial.



Nota: Tomado de Synergy Research Group, 2022

2.1.2.6. CIBERSEGURIDAD

A nivel mundial la industria ha sido sujeto de varios ataques cibernéticos mal intencionados, que ha dado como resultado el robo o manipulación de información, muchas veces confidencial. Por tanto, esta revolución busca mejorar los sistemas de protección de datos mediante medidas de seguridad cibernéticas, políticas y gestión de alertas, que permitan monitorear en tiempo real los movimientos y sucesos (Reis & Gins, 2017).

Es importante dicha tecnología en todo tipo de empresa, principalmente en empresas con mayor número de usos tecnológico, empresas como Samsung o Apple las cuales sufren constantemente de ataques cibernéticos y requieren protección de su información (USAID, 2022).

2.1.2.7. FABRICACIÓN ADITIVA AM

Es la personalización de pequeños lotes, empleando impresiones 3D o prototipos de fácil acceso que permite reducir costos de transporte e inventario, dando paso a la fabricación in situ y justo a tiempo (Blanco, Fontodona, & Poveda, 2018).

Cruz et al., (2019) la conceptualiza como un proceso que combina insumos para elaborar objetos desde información de esquemas 3D (CAD 3D), generalmente capa por capa. De este modo la fabricación aditiva transforma dicho modelo a capas. Desde los datos base genera la ruta (lenguaje CNC) y los lineamientos de deposición que, después, se procesan por los siguientes cuatro elementos fundamentales:

- Controlador CNC
- Sistema de movimiento
- Fuente de alimentación
- Sistema de alimentación de material de adición

Por ello, esta concepción es totalmente aplicable a cada uno de los tipos de insumos, incluidas las cerámicas, metales, polímeros, compuestos y más. De este modo Cruz et al., (2019) indican que genera ventajas como:

- La generación de prototipos y componentes particulares
- Permite la creación de lotes pequeños, de manera personalizada
- Otorga beneficios constructivos como la ligereza y la complejidad.

Además, posee otros puntos a favor como la flexibilidad de producción mediante la transformación directa de esquemas digitales en tercera dimensión en bienes palpables a través de la utilización de equipos de producción versátiles sin recurrir a mecanismos específicos. Con ello se reducen los costos de logísticas, almacenamiento, marginales de la producción, se minimiza el tiempo que toma cada proceso y el lapso de comercialización en el mercado (Dalenogare, Benitez, Ayala, & Frank, 2018).

La impresión 3D en la mayoría de las industrias ha permitido sustituir las compras de piezas pequeñas a proveedores externos, la mayoría de las piezas críticas de quipos están hechas de material polimérico, razón por la cual adquirir una impresora 3D resulta muy beneficio para disminuir tiempos muertos y costos de inventarios ya sea por falta o exceso de repuestos, su aplicación en la ingeniería, han generado cambios positivos mundialmente para los negocios, favoreciendo la construcción y cambios al mercado actual (Ynzunza, 2017).

Entre las principales desventajas de esta tecnología se tiene:

- Costos de producción en serie
- Producción limitada
- Restricciones en la integración del software
- Costos de los insumos y demás materiales

Empresas como Nike, Ford o General Electric utilizan la fabricación aditiva en sus productos, ya que no es más que la impresión o replica a gran masa de ellos es por lo cual debe ser exacta (DOSSIER, 2018).

2.1.2.8. REALIDAD VIRTUAL Y AUMENTADA

Es un entorno de escenarios y objetos de apariencia real, creados por la tecnología informática, de manera que facilitan las capacitaciones y mantenimientos asociados a los procesos productivos. Esta tecnología permite al

cibernauta vivir la sensación de estar inmerso en la realidad mostrada en el entorno digital (Lasi et al., 2014).

Se conoce como realidad aumentada o RA como a aquella tecnología que permite la superposición de los componentes virtuales con el mundo real en tiempo real. Los datos y objetos se superponen a este contexto palpable con el fin de optimizar la apreciación de la realidad por parte de quienes la emplean. Es decir, la RA mezcla lo real con lo virtual (Palmarini, Erkoyuncu, & Roy, 2017).

Los elementos fundamentales del sistema de la RA son de tipo electrónico como las gafas de RA, auriculares, cámaras, tabletas, pantallas, proyectores, que se utilizan para entrelazar los dos mundos. De ahí que toda clase de hardware que involucre a los sentidos de las personas se pueden emplear con AR (Alcácer & Cruz, 2019).

La realidad aumentada es aliada de igual modo que la simulación, sin embargo, va un poco más allá ya que esta busca llevar o plasmar ideas u objetos intangibles al mundo real, empresas dedicadas a la enseñanza como es el caso de la empresa SOLDAMATIC, la cual es una institución educacional dedicada al manejo correcto de los procesos de soldadura (Seabery, 2017).

El uso principal de esta tecnología se destina al mejoramiento del desempeño de la mano de obra humana en varias tareas como las charlas de capacitación, programas de desarrollo de bienes y servicios, mantenimiento, acciones logísticas, y otras más. Esto porque facilita la resolución de conflictos e incrementa la apreciación de lo real en los colaboradores (Alcácer & Cruz, 2019).

Para Palmarini et al. (2017) entre las bondades de su adopción en la industria están:

- Accesibilidad y participación del personal en los proyectos de la industria
- Ubicación de las herramientas en tiempo real
- Previsualización
- Oportunidad de negocios
- Auge en la productividad

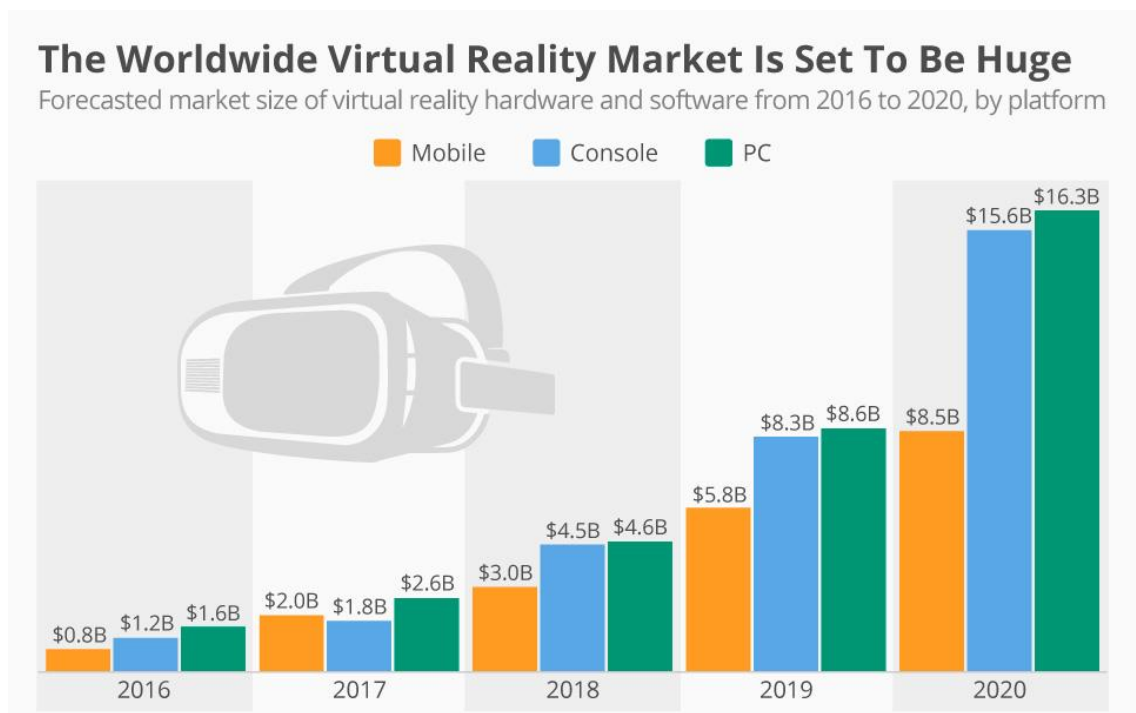
- Reducción de riesgos para los trabajadores
- Control del sistema
- Formación de nuevos especialistas en las áreas de trabajo

No obstante, existen aspectos que cuestionan su aplicación en las industrias, tales como; la alta inversión económica, la demanda considerable de tiempo para la recepción de datos, la velocidad de procesamiento que exige a los dispositivos en los que se emplea la RA, el debilitamiento en la comunicación directa empresa – colaborador (Otegui, 2017).

Debido a la gama de aplicaciones de la RA en el campo de la industria, varias firmas le han apostado a su uso, sobre todo las del área empresarial y profesional. Por eso se estima que tendrá un auge exponencial en un 106% en un lapso no mayor a los 5 años dado que hasta el 2020 ya se vendieron 43 millones de aparatos de RA a nivel mundial, gran parte se destinó al ámbito industrial (Statista, 2018).

Figura 5

Estadísticas De las ventas de la tecnología de RA en las empresas



Nota: Tomado de Statista (2018)

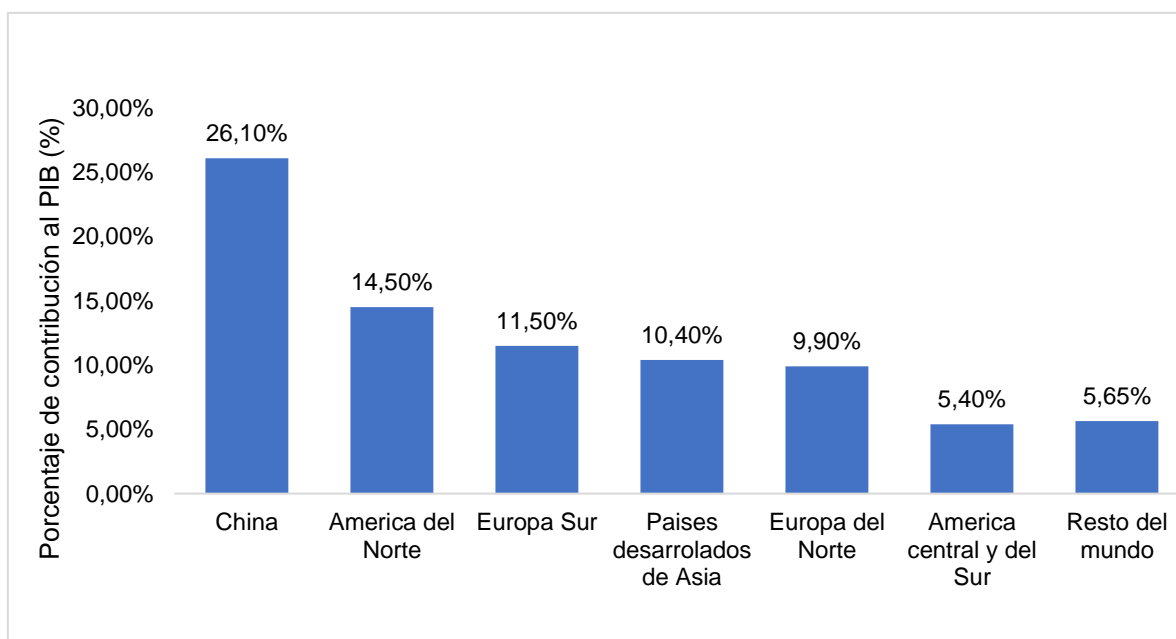
2.1.2.9. INTELIGENCIA ARTIFICIAL

El uso de este tipo de tecnología se remonta a décadas atrás. Las máquinas han venido reemplazando al humano en el trabajo manual con una gran ventaja, por ende, el reemplazo en el trabajo intelectual no resulta del todo imposible. Actualmente la tecnología para lograr el reemplazo intelectual de los humanos ha sobresalido en los últimos años, sin embargo, aún resulta lejos lograr una tecnología robusta que entrelace el razonamiento y la conciencia humana en una máquina. Si bien, la inteligencia no puede sustituir a los humanos, si resulta de gran ayuda en la recopilación, manejo y análisis de un gran volumen de datos (Ayneto, 2019).

A nivel mundial el crecimiento de mercado que tiene esta tecnología es exponencial, en el 2021 su valor en el mercado correspondía alrededor de 200 millones de dólares, sin embargo para el 2025 se estima que esta cifra ascenderá a 2.000 millones de dólares. En la figura 6 se puede apreciar el impacto de esta tecnología en el PIB por región a nivel mundial (STATISTA, 2022).

Figura 6

Contribución de la Inteligencia Artificial al PIB por región a nivel mundial.



Nota: Tomado de Statista (2022)

2.1.2.10. INTEGRACIÓN HORIZONTAL Y VERTICAL

Por una parte, los sistemas verticales se emplean para la coordinación de las labores de una entidad, donde se considera la estructura organizativa, talento humano, activos fijos, elaboración de nuevos productos y más. Su fin está en vincular los sistemas de información y comunicación de los diversos rangos de la compañía (Pérez, Saucedo, Marmolejo, Salais, & Vasant, 2020)

Mientras tanto, la integración del sistema horizontal agrupa a los vínculos con el cliente y proveedores en la cadena de valor, lo cual genera una amplia cooperación entre empresas a través del intercambio de recursos y datos en tiempo real. Entonces, al integrar los datos, se automatizan las cadenas de valor compuestas por entidades, proveedores usuarios, departamentos, acciones y recursos (Pérez, et al., 2020).

Por ende, la aplicación de estos dos sistemas de manera eficiente y ágil tanto a nivel interno de la empresa como en sus relaciones con otras conlleva al aumento de los niveles de productividad, la reducción de costos de transacción, el aprovechamiento de las sinergias, el mejoramiento en las cadenas de valor y el rápido desarrollo de los bienes y servicios (Garrocho, et al., 2020).

Garrocho et al. (2020) indican que otras de las bondades de esta integración de sistemas son:

- El logro de mayor nivel de presencia en el mercado
- La obtención de una base de datos sobre clientes, proveedores y otros aspectos, más sólida
- El incremento en los ingresos
- La reducción de la competencia.

No obstante, las desventajas de su implementación en la industria 4.0 van desde la compleja tarea de su integración dado que demanda de personal especializado para que se desarrolle adecuadamente y otorgue los beneficios esperados y la importante inversión que exige, hasta la ampliación del peligro a no

recuperar los montos destinados a su utilización, por lo cual la empresa tendría resultados en contra a lo planificado (Camargo, Camargo, & Joyanes, 2015).

De acuerdo con Serna (2017) la integración de estos sistemas ha reflejado la reducción del -2,1% en los esquemas económicos que tradicionalmente se empleaban en las empresas. Al revisar las cifras se conoce que en Asia se registró una adopción del 31% que se tradujo en beneficios como diferenciación de los productos y cumplimiento de ventaja entre los competidores, además, el 31% de las compañías en todo el mundo consideran como un hecho importante el uso de esta tecnología. De manera global, las empresas se han posicionado de mejor modo a través de la tecnología, la cual ha permitido una mejor integración en los procesos internos y externos, mejorando su adaptabilidad al mercado actual y las altas demandas de este, a continuación en la tabla 1 se detallan algunas de las ventajas y desventajas que se han determinado para estas tecnologías:

Tabla 1

Ventajas y desventajas de las tecnologías facilitadoras en la industria 4.0

Tecnologías facilitadoras	Ventajas	Desventajas
Big data	Esta logra desarrollar en conjunto con otras tecnologías. Genera innovación en la recolección y procesos de obtención de datos.	No trata grandes volúmenes de datos. Requiere altos costos y mayor tiempo para captar datos y su análisis.
Robots autónomos	Pueden realizar trabajos con precisión y mayor velocidad. Reducción de costos en mano de obra	Su alto costo y su mantenimiento. Reemplazo de la mano humana.

	humana y pueden trabajar 24 horas del día o a través de su programación.	
Simulación	<p>Es un sistema más económico el cual puede ser modificado.</p> <p>Potencia el análisis de sistemas complejos sin interferir con el mundo real.</p>	<p>Es imprecisa, no dan soluciones cien por ciento optimas.</p> <p>Pueden dar análisis falsos de seguridad, comprende largo periodos de desarrollo.</p>
Integración horizontal y vertical de sistemas	<p>Maneja un sistema de red para la información y su flujo correcto.</p> <p>Utiliza herramientas analíticas que mejoran la calidad, el servicio y su competencia.</p>	<p>Las operaciones industriales no tienen una finalidad marcada en el sentido de organización.</p> <p>La organización empresarial influye en el desempeño de los departamentos y en capital humano.</p> <p>Los clientes son cada vez más demandantes en el sentido de calidad y tiempo.</p>
Internet de las cosas industriales (IoT)	<p>Conecta con diferentes redes y diferentes equipos.</p> <p>Puede lograr un intercambio de información en tiempo real.</p>	<p>La inversión es mayor al adquirir los dispositivos o maquinarias compatibles.</p> <p>Puede ser hackeada con facilidad ya que no tiene información</p>

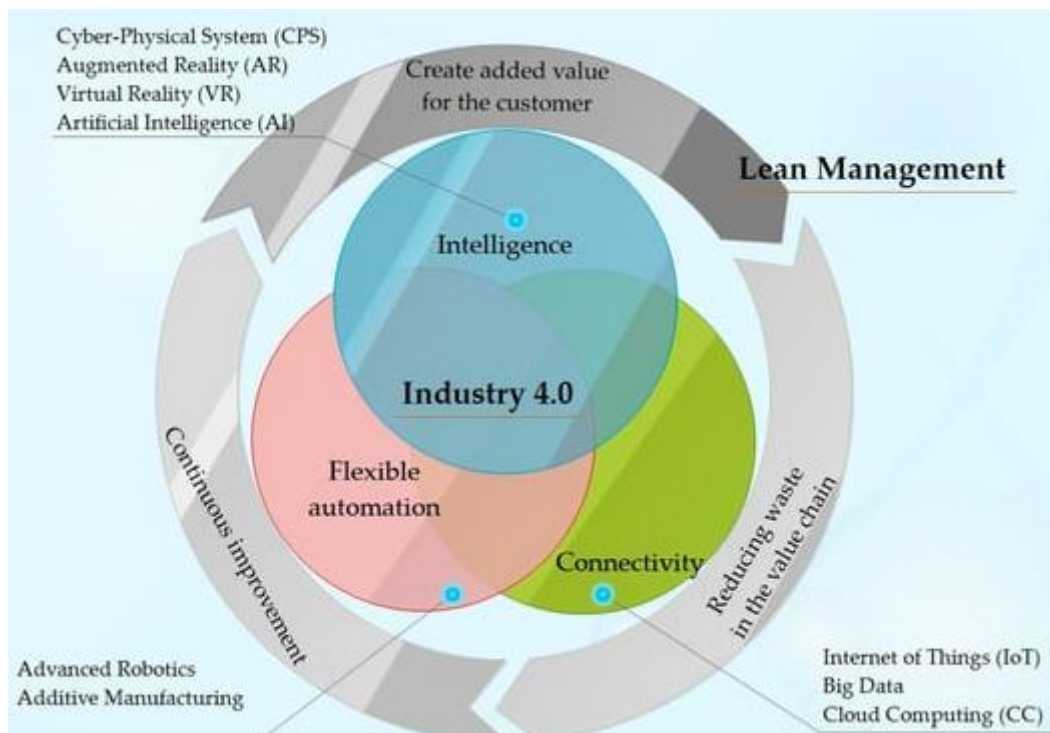
		cifrada y requiere de ciberseguridad.
Ciberseguridad	Protege de ciberataques a aplicaciones, servicios o maquinarias.	Al estar conectados siempre al internet todo está expuesto a ciberataques en ocasiones dirigidos o accidentales. La ciberseguridad no existe al 100%.
La nube	Privativa la información y puede ser de forma remota. Acceso global a la información promoviendo su elasticidad.	Depende del Internet
Fabricación aditiva	Es flexible, permite piezas geometrías innumerables. Lograr generar formas o componentes geométricos difíciles de adquirir.	Aumento de productos basura Plagio de objetos y replica de los mismos.
Realidad aumentada:	Comparte lo real con lo físico incorporando información en un espacio. Contenido enriquecedor para los medios de trabajo.	Debe tener sensores para proporcionar al objeto 3d al mundo real.

Nota: Realizado por el Autor (2023) en base a (Hernandez, Duque, & Moreno, 2017); (Losada & Sanz, 2017); (Álvarez & García, 2005); (Ayerbe, 2019); (Indra, 2017); (ACAN, 2017)

De acuerdo con Florescu (2022) el nivel de adaptación de las tecnologías de la industria 4.0 puede ser evaluado de acuerdo con 3 variables, la innovación, la conectividad y la automatización como se muestra en la siguiente figura 7:

Figura 7

Tecnologías de la industria 4.0 en función de sus variables



2.2. LEAN MANUFACTURING

Actualmente existen varias filosofías que muestran un efecto significativo sobre la productividad, sin embargo, “Lean Manufacturing o Producción Esbelta” es una de las más exitosas (Bosman et al., 2020). Este es un sistema de mejora de procesos, desarrollado por Toyota, para identificar y eliminar todo tipo de desperdicios que no agregan valor al proceso (Tortorella et al., 2019).

De acuerdo con Panizzolo (1998) citado en Ciano et al., (2021) las técnicas de manufactura esbelta se agrupan en 5 grandes grupos, éstas son: fabricación, gestión de planta, diseño y desarrollo de productos, gestión de proveedores y relación con los clientes. En este documento serán objeto de estudio únicamente algunas de las técnicas relacionadas con fabricación y gestión de planta, como

Single Minute Exchange of Die (SMED), 5S, Mantenimiento productivo total (TPM), KANBAN y Justo a tiempo (JIT).

2.2.1. 5 S

El método de las 5S aparece en Japón, su objetivo central es preservar y mejorar la organización, limpieza, condiciones de trabajo, la motivación del personal y la productividad. La implementación de la técnica 5S es fundamental para construir una cultura de mejora continua. Las tres primeras fases Seiri (Clasificar), Seiton (Ordenar) y Seiso (Limpiar) implica su aplicación en las operaciones y el entorno físico, mientras que las otras dos Seiketsu (Estandarizar) y Shitsuke (Disciplina) involucra al personal operativo (**Retamozo & Misagel, 2018**).

Son actividades que aluden a principios japoneses y se aplican en la generación de un espacio seguro y cómodo para trabajar, estas palabras son el pilar del esquema de productividad industrial desarrollado en Japón y en la actualidad se emplea en las empresas de occidente (Zubia, Brito, & Ferreiro, 2018).

De acuerdo con Zubia et al., (2018) cada uno de estos términos alude a aspectos importantes dentro de la industria, así como se explica en las siguientes líneas:

- Seiri: eliminar todo lo que no sea importante, por ejemplo; equipos, herramientas, documentos, productos con fallas, entre otros, y almacenarlos, esto con el propósito de liberar espacios.
- Setion: refiere a los sistemas de almacenamiento efectivos y eficientes para lo cual debe responderse a inquietudes como ¿qué se requiere para el desarrollo del trabajo?, ¿en qué lugar debe ubicarlo? y ¿cuál es la cantidad que necesita?
- Seiso: esto indica que tanto la maquinaria como el espacio de trabajo tiene que mantenerse limpios, esto después de eliminar lo innecesario y dejar solo aquello que es indispensable para el trabajo. Es una tarea de cada colaborador y con ella tiene la ventaja de identificar aspectos como fugas de alguna sustancia o problemas con la temperatura, entre otros riesgos que afectan tanto a la producción como a su integridad.

- Seiketsu: significa estandarizar y conservar las prácticas y acciones que ha realizado hasta el momento, cuyo responsable es el colaborador ya que asume el compromiso de generar programas que les beneficien en el desarrollo de su trabajo. Como técnica para sostener estas buenas prácticas está la colocación de una fotografía del espacio laboral en buenas condiciones para motivar a los demás a tenerlo de la misma manera. Para ello, los directivos también diseñan y emplean sistemas y procesos para cumplir con el seiketsu.
- Shitsuke: denota la construcción de autodisciplina en el espacio de trabajo, la cual es difícil de alcanzar porque demanda de fuerza de voluntad y resistencia a conservar las buenas prácticas a lo largo del tiempo.

De esta manera, las industrias responden a la demanda de optimizar el entorno laboral, se minimizan las pérdidas en la calidad, los equipos tienen mayor vida útil, se cultiva la disciplina, fomenta el orden en los procesos de producción y reduce accidentes laborales (Zubia, Brito, & Ferreiro, 2018).

2.2.2. Single Minute Exchange of Die (SMED)

Esta técnica de cambios rápidos permite reducir los tiempos de cambio de una referencia a otra en un proceso productivo. Actualmente, las fábricas deben presentar la destreza de adaptarse mucho más rápido a la demanda, con un sistema de producción capaz de iniciar la fabricación de un producto inmediatamente después de recibir el pedido del cliente (Sabadka et al., 2017).

Es la teoría y técnica empleada para el desarrollo de operaciones de transición de recursos en un lapso inferior a los 10 minutos. El sistema SMED surgió ante la necesidad de la producción justo a tiempo como uno de los puntos clave del sistema Toyota de fabricación y se creó para reducir los tiempos de preparación de la maquinaria con el fin de hacer lotes de menor tamaño (Singh, Singh, Singh, & I, 2018).

Entonces, Singh et al. (2018) señalan que con el SMED las industrias obtienen ventajas como:

- Reducción del lapso de preparación y paso a tiempo productivo
- Reducción de la magnitud del inventario
- Reducción de la magnitud de los lotes de producción
- Producción de varios modelos en un mismo día y en la misma línea de producción
- Incremento de la flexibilidad ante los cambios de los clientes
- Aumento de la calidad

Para esto, primero se procede con el análisis de la operación de cambio, la disgregación de actividades internas y externas, el cambio de tareas internas en externas y el perfeccionamiento de estas. Así se logra un cambio simple, pero con alta productividad (Morales & Silva, 2016).

Según su diseñador Shingo (1990) citado en (Carbonell, 2013) la técnica SMED disminuye los tiempos de fabricación y preparación de elementos, mejorando el rendimiento de la producción y los tiempos estipulados, cubriendo demandas de productividad. Cabe mencionar que la técnica tiene una serie de pasos a cumplir:

1. Observación y comprensión del cambio del lote.
2. Identificación y separación de las operaciones internas y externas.
3. Convertir operaciones internas en externas.
4. Refinar los aspectos de la preparación
5. Estandarización de nuevos procedimientos.

2.2.3. KANBAN

Se conoce como Kanban a la herramienta de producción eficiente y efectiva que emplea tarjetas para que los empleados conozcan aquello que producen y las cualidades de dichos productos o servicios, incluso lo que posteriormente producirán y la forma en la que se transportarán. Su significado es “etiqueta de instrucción” (Maldonado, 2008).

Esta técnica se define como: “Sistema de control y programación sincronizada de la producción basado en tarjetas” (Hernández & Vizán, 2013). Se basa en un sistema pull, que promueve el movimiento de los procesos hacia adelante, evita la sobreproducción y permite mantener un control visual de inventarios y flujo de materiales. Esta herramienta emplea tarjetas de color para identificar y resaltar a la vista los productos en proceso, productos terminados, productos en espera y por ende, cuellos de botella (Darío et al., 2014; Wakode et al., 2015).

Este sistema se creó en la Toyota (Japón) y se utiliza para controlar el avance en cadena de producción. Es importante mencionar que cada proceso de producción tiene una cadena y ritmo del producto y la obtención de las unidades, para que una empresa utilice el sistema Kanban la empresa debe tener un sistema de producción tipo PULL el cual debe controlar la producción anteriormente planificada de los productos que se enviarán a los clientes, función de demanda. (Castellano, 2018).

Según Sugimori et al. (1977) de esta forma, la industria obtiene beneficios como:

- Iniciar una acción estándar en el momento que desee
- Instruir según el contexto actual del departamento de trabajo
- Eliminación de sobreproducción
- Reducción de tiempos caídos
- Fomenta el mantenimiento
- Entrega datos precisos
- Motiva el trabajo en equipo
- Agilidad en la supervisión del material
- Evita el papeleo innecesario

2.2.4. Mantenimiento productivo Total (TPM)

Es una técnica japonesa la cual se desarrolló por el concepto de mantenimiento preventivo, creado en EE. UU. Este sistema evita las pérdidas durante la producción, maximizando la eficiencia al involucrar a todos los

departamentos y personal tanto como operadores hasta directores, orientando las actividades (Hernández & Vizán, 2013).

Esta herramienta permite reducir el tiempo de inactividad de máquinas y equipos por mantenimientos no programados, para lograr la operación en la capacidad máxima. Para esto emplea principios como: la integración del mantenimiento con el área productiva, la creación de una cultura corporativa y la implementación de programas de mantenimiento preventivo.

Es un sistema de mantenimiento industrial creado desde el concepto de “mantenimiento productivo” propio de la industria estadounidense. Se presenta como una herramienta integrada por un abanico de acciones coordinadas que al implantarse apoyan al mejoramiento de la competitividad de las empresas industriales o de servicios (McKone, Schroeder, & Cua, 1999).

Asimismo, se la aprecia como una estrategia que genera capacidad de competencia por medio de la eliminación drástica y ordenada de los errores en los sistemas operativos. Permite la diferenciación de una empresa en relación con sus competidores ante la reducción de costos, conocimientos, calidad, fiabilidad y tiempos de respuesta (Agustiady & Cudney, 2018).

Lo que también pretende el TPM es el fortalecimiento del trabajo colaborativo y el aumento de la moral en el personal, generar un entorno donde el empleado entregue lo mejor de sí, por eso se cimienta en pilares como: mejorías enfocadas, mantenimiento autónomo, mantenimiento progresivo, mantenimiento de calidad, prevención de mantenimiento, mantenimiento en departamentos administrativos y capacitación en el campo de la operación (Agustiady & Cudney, 2018).

Para Agustiady y Cudney (2018) de esta forma, la industria obtiene beneficios como:

- Mejor calidad en el entorno laboral
- Optimo control de operaciones
- Generación de una cultura de disciplina, responsabilidad y respeto
- Aprendizaje continuo

- Comunicación eficaz
- Cultura de prevención de riesgos
- Eliminación de fuentes de polución
- Reducción de costos en mantenimiento
- Optimización del producto final
- Mejor capacidad de respuesta en la dinámica del mercado

2.2.5. Justo a tiempo (JIT)

JIT o método justo a tiempo es un sistema de gestión de inventarios en el cual el inventario debe encontrarse en su nivel más bajo; los proveedores deben entregar lo justo y necesario en el momento que sea necesario con calidad (Castellano, 2018). Esta técnica busca eliminar todo aquello que no agrega valor o tiempo productivo al proceso, en cantidades y tiempos, desde las adquisiciones hasta la distribución final del producto. Es decir, promueve la operación de los procesos con lo justo y necesario y en los tiempos estipulados (Mclachlin, 1997).

Nace de la idea de administración del flujo de materiales para minimizar el nivel del inventario, no obstante, ofrece más beneficios como el control de costos, regulación de los procesos, grado de automatización, flexibilidad en la manufactura, determinación de tiempos, productividad y los costos de administración (Golhar & Lee, 1991).

Su fin es el de optimizar la capacidad de las industrias para dar respuesta de forma económica a los cambios del mercado, de esta manera se aborda un sistema destinado a la fabricación de aquello que se necesita, cuando se necesita y en los montos que se requieren, así se elimina el despilfarro o pérdidas en las empresas (Golhar & Lee, 1991).

Además, ofrece ventajas como la capacidad de atención a pedidos urgentes, agilidad de respuesta debido a la reducción de tiempos de espera, optimización de respuesta a las demandas del mercado, probabilidad de planear la producción en periodos cortos con base a pedidos ya confirmados, reducción del almacenamiento de productos terminados y el mejoramiento en la productividad (Golhar & Lee, 1991).

A continuación en la tabla 2 se muestran algunas de las ventajas y desventajas de cada técnica Lean:

Tabla 2

Ventajas y desventajas de las técnicas de Lean Manufacturing

Técnicas de Lean	Ventajas	Desventajas
5S	<p>Mejora las condiciones de trabajo, el ambiente es más limpio y seguro</p> <p>Utiliza eficazmente los espacios, mejorando la imagen ante los clientes logrando mayores ventas</p>	<p>Es un esfuerzo constante y requiere compromiso.</p> <p>Se debe informar correctamente para aplicar el método.</p>
SMED	<p>El tiempo no productivo pasa a ser productivo en la planta de producción.</p> <p>Se reduce la producción innecesaria y sus desperdicios.</p> <p>Procede con estandarizaciones y cambios de lotes.</p>	<p>No puede ser utilizado en todos los procesos.</p> <p>Es un esfuerzo constante y requiere compromiso.</p>
Kanban	<p>Se controla la producción y se evita perdidas.</p>	<p>Limita el número de tareas.</p>

	<p>Controla el flujo de material y de inventario.</p> <p>Mejora la comunicación de los procesos de producción.</p>	<p>No puede ser utilizado en todos los procesos.</p>
TPM	<p>Evita el desperdicio y ajusta económicamente a la empresa.</p> <p>Reduce finanzas sin afectar al producto.</p> <p>Promueve el ambiente laboral seguro.</p>	<p>Es un esfuerzo constante y requiere compromiso.</p>
Just in time	<p>Reduce el inventario y evita desperdicios de este.</p> <p>Promueve la calidad del producto.</p> <p>Se permiten cambios rápidos y se ajusta a la cercanía con sus proveedores.</p>	<p>Puede haber escasez del inventario.</p> <p>Requiere comunicación constante ente proveedores, clientes y empleados.</p>

Nota: Realizado por el Autor (2023) en base a (Jara, 2017); (Carbonell, Técnica SMED. Reducción del tiempo preparación, 2013); (Castellano, Kanban. Metodología para aumentar la eficiencia de los procesos , 2019); (Fernandez, 2018).

2.3. ESTADO ACTUAL DE LA INDUSTRIA 4.0 Y LEAN MANUFACTURING EN ECUADOR Y AMÉRICA LATINA

La industria 4.0 y el Lean Manufacturing son mucho más que tecnologías avanzadas; es una revolución que abarca a todas las formas en que se mezclan estas tecnologías para lograr un propósito, y de la forma en la cual las organizaciones las aprovechan para dar impulso a las operaciones y el progreso (Laniado, Montoya, & Toro, 2018).

De acuerdo con el Foro Económico Mundial, la etapa inicial de la Cuarta Revolución Industrial enfatiza en cuatro sectores: automotriz, electrónica, textil, y alimentos y bebidas; mismos que se determinaron con base a las oportunidades para obtener una óptima productividad ambiental y el grado de tecnificación de dichos sectores (Cabrera, Rodríguez, León, & Medina, 2020).

En el caso de América Latina, este fenómeno se encuentra en sus primeros años dado que, las naciones que la integran, todavía no obtienen las aptitudes y demás condiciones indispensables para operar dichas tecnologías y aún se aprecia la brecha en los países que son parte de la Organization for Economic Cooperation and Development, en términos de digitalización de los hogares, de industrias y la creación de elementos productivos digitales y calificados, tales como la formación académica de segundo y tercer nivel destinada a campañas de ciencia e ingeniería (Cabrera et al., 2020).

No obstante, dentro de la región existen algunos territorios que sobresalen por su ímpetu en su parte de esta evolución tecnológica y han logrado la inversión en ciencia, educación, digitalización y tecnologías como la biotecnología y la nanotecnología. Algunos de ellos son: Argentina, Brasil y México (Amaya & Sibrián, 2019).

Debido a la elevada heterogeneidad al interior de América Latina y el Caribe, en lo que refiere al ámbito digital, es importante la aplicación de normas públicas que engloben a la instrucción de calidad y avanzada, educación de clústeres tecnológicos y utilización de recursos del futuro, con el objetivo de generar un desarrollo sostenible real como resultado del auge económico, la productividad,

innovación y los beneficios competitivos propios de la tecnología (Amaya & Sibrián, 2019).

Para identificar la situación del país es necesario revisar el estudio desarrollado por el World Economic Forum de “Readiness for the Future of Production”, que tiene como finalidad la asistencia a los esfuerzos de las economías e industrias 4.0, con el objetivo de encabezar una transformación incluyente al escenario de producción con aras al futuro, hasta el 2018 los hallazgos de la evaluación de la preparación para Futuro de la Producción donde se estudiaron a 100 naciones en una escala del 1 al 10 a partir de elementos de producción, el Ecuador se ubicó en el puesto 89/100 con 2.85 puntos en la línea de producción y en elementos en el puesto 90/100 con 3.66 puntos. Esta calificación fue el producto del reducido puntaje en el campo de tecnología e innovación (Carrera, 2020).

El contexto de hoy en día para la industria ecuatoriana deja en evidencia que las tecnologías se ubican de una manera aislada y no se ubican en un orden o vinculada entre ellas que permita a las empresas (grandes, medianas o pymes) (Carrera, 2020).

Uno de los ejes de la política pública del Gobierno es el impulso del campo productivo sobre todo en lo referente a las tecnologías de la información y comunicación (TICs), para procedimientos logísticos y comerciales, lo cual concede a las industrias la creación de sistemas inteligentes para minimizar los costos de mantenimiento, optimizar la planeación de producción en respuesta a la demanda y obtener una amplia rapidez en la innovación y avance de productos y servicios con “valor agregado” (Muñoz, 2022).

Bajo esta perspectiva, el Estado ecuatoriano ejecuta un esfuerzo combinado con algunas carteras de Estado, para asistir a la Industria 4.0 con las compras públicas de innovación, que pretende la utilización de reglamentos públicos que incluyan la generación de la política legal para fomentar su incremento. Más allá de operar en infraestructura y conectividad, Gobierno electrónico, inclusión y aptitudes digitales, seguridad de la información y protección de Datos Personales, economía digital y tecnologías emergentes (Muñoz, 2022).

En este sentido, en Latinoamérica, Carrera señala que (2020), Ecuador se posiciona en el sexto lugar, hecho que le pone al mando del registro de naciones de la región como Argentina y Brasil. Sin embargo, para iniciar con un cambio sustancial encaminado a la industria 4.0 en el territorio nacional, primero se necesita el mejoramiento de los saberes en el campo de la innovación, y, seguidamente en la identificación de aquellas tecnologías habilitantes dentro de un cambio digital.

Esto conlleva a un reto significativo para el Estado y los actores involucrados que apoyan y fomentan la industria, esto para lograr todas las ventajas que ofrece la cuarta revolución industrial en el menor tiempo posible (Carrera, 2020).

2.4. ESTUDIOS DEL EFECTO FACILITADOR DE LEAN MANUFACTURING EN LA INDUSTRIA 4.0

Kolberg & Zühlke (2015); Tortorella & Fettermann (2018); Wang et al. (2016) en sus estudios, dan a conocer el efecto facilitado de la implementación de las técnicas Lean en la adopción de las tecnologías de la industria 4.0 desde el contexto de operadores, productos y máquinas inteligentes.

- Operadores inteligentes,

En este esquema en caso de falla los empleados son notificados en tiempo real mediante relojes inteligentes, el tiempo de respuesta entre detectar la falla y comunicarla es mínimo, en comparación con las pantallas de señalización donde depende indispensablemente de la ubicación del operador, en muchos de los casos los sensores también ejecutan acciones automáticamente para corregir las fallas.

Realidad aumentada también puede ser un caso de aplicación en industrias donde se requiera la producción de mercancías en un tiempo especificado, apoyando así a la metodología just in time.

- Producto inteligente

Los Smart producto podrían recopilar información precisa durante y después del proceso de manufactura, a diferencia de la recopilación manual esto podría

darse de manera automática para cada línea y tipo de producto, con menor uso de recurso humano y mayor precisión.

Además, un producto inteligente podría proporcionar o tenerse con el manejo de Kanban de manera autónoma, de acuerdo con un programa de trabajo tanto para industrias con entornos pull o push.

- Maquina inteligente

Las instalaciones técnicas a prueba de errores con un claro ejemplo de maquina inteligente, de acuerdo con los principios de poka yoke, en el contexto de la industria 4.0 se puede hacer uso de sensores para atender de manera más rápida y flexible a procesos propensos a fallos. Desde el punto vista de producción esbelta, los tiempos de configuración deberían seguir la metodología SMED reduciendo así el tiempo de respuesta a menos de 10 minutos, desde una estación de trabajo a líneas de producción completas.

2.4.1. ESTUDIOS SIMILARES

Hasta la actualidad, son pocos los estudios que han investigado la relación entre ambos paradigmas, particularmente al de carácter facilitador de Lean Manufacturing en la adopción de la industria 4.0, Tortorella et al., (2019) estudiaron la relación de las tecnologías 4.0 y las técnicas LM, mediante el análisis del nivel de implementación y la eficiencia operativa, para ello se empleó una encuesta y que se aplicó a 147 empresas de diferentes tamaños y sectores, en diferentes etapas de implementación de LM. Los datos recogidos se analizaron mediante análisis multivariante. Entre las variables consideradas por estos autores se encuentran el tiempo de implementación y el nivel de mejora de los indicadores de desempeño relativos. Así mismo determina que los factores que limitan la implementación de las tecnologías 4.0 en países con economías en desarrollo son los costos de implementación y la falta de personal con las competencias necesarias. En otro estudio realizado por Tortorella & Fettermann, (2018) se analizó el nivel de implementación de la industria 4.0 y las técnicas Lean en empresas manufactureras de Brasil, para ellos se empleó una encuesta a 110 empresas, los

resultados demostraron que las técnicas LM tienen un efecto positivo en la implementación de las tecnologías de la industria 4.0.

Así mismo, Rossini et al., (2019) efectuó una investigación donde se estudió la relación entre las técnicas LP y los niveles de implementación de la industria 4.0 en industrias europeas, para ello se utilizó una encuesta dirigida a 108 industrias manufactureras. Para determinar la interrelación de LP y el nivel de implementación de la industria 4.0, en este estudio se planteó 5 variables que fueron analizadas, (i) tiempo de adopción de las técnicas Lean, (ii) tamaño de organización, (iii) intensidad tecnológica, (iv) tipo de organización y (v) modelo de negocio, para ello empleo un cuestionario de 41 preguntas para LP y 16 preguntas para industria 4.0, en este estudio se evidenció que la adopción de LP tiene un efecto positivo en la implementación de las tecnologías 4.0.

Por su parte Ciano et al., (2021) en su investigación estudio las relaciones entre las tecnologías de la industria 4.0 y las técnicas LM en un estudio de caso múltiple, encuestó a 8 empresas de Italia, para ello empleo una encuesta donde para LM se identificó 5 áreas de estudio importantes equipos, gestión de planta, relaciones con los proveedores, relaciones con el cliente, relaciones con el personal, desarrollo de nuevos productos, los resultados demostraron que es fundamental la aplicación de LP antes de la industria 4.0, dado que al no hacerlo se estaría automatizando los desechos existentes.

(Saxby et al., 2020) en su estudio determinó que las técnicas LM brindan apoyo a las tecnologías 4.0, pero no en su totalidad, existen algunas herramientas que tienen un efecto negativo. Las variables analizadas en este para LM fueron eliminación de residuos, mejora continua, solución de problemas, valor del cliente, trabajo estandarizado, trabajo nivelado, mejora continua, participación de los trabajadores, mientras que para 4.0 fue la fábrica inteligente, producto inteligente, producto personalizado, integración de la empresa, tecnologías de apoyo. Florescu & Barabas, (2022) en su estudio sobre la integración de las técnicas LM y las tecnologías 4.0, se determinó en base 6 variables para LM, mejora continua, eliminación de desperdicios, trabajo estandarizado, valor agregado y 6 variables para 4.0, enfoque de tecnología, innovación, digitalización y producción personalizada y 4 variables como integración de ambos paradigmas, flexibilidad, adaptabilidad, alta calidad, satisfacción del cliente. Los resultados mostraron que la

aplicación de técnicas LM y la integración de 4.0 es favorables al desmostar la mejora del proceso simulado.

Además, se tiene el estudio “Lean 4.0 - A conceptual conjunction of lean management and Industry 4.0” de Mayr et al., (2018) quienes consideraron que, pese a los beneficios significativos del LM en la adopción de la industria 4.0 la literatura existente carece de una conjunción exhaustiva y detallada de ambos paradigmas, entonces investigaron para suplir aquella laguna en la investigación con un doble objetivo: en primer lugar, el objetivo es partir de la base existente para concluir si la gestión ajustada y la Industria 4.0 pueden complementarse mutuamente. Incluso examinaron cómo la Industria 4.0 aporta con métodos lean específicos, para lo cual plantearon como ejemplo un caso práctico de producción de motores eléctricos.

CAPITULO III: METODOLOGÍA

3.1. ENFOQUE DE LA INVESTIGACIÓN

De acuerdo con Bunge 1979 citado en Bernal, (2010) se entiende como enfoque o naturaleza de investigación al conjunto de reglas, postulaciones y normas reconocidas por la comunidad científica, que en conjunto con instrumentos y técnicas se emplean para el estudio de problemas de investigación.

Según Hernández et al, (2014) un enfoque cualitativo es aquel que no sigue modelos estadísticos para obtener y analizar la información, así mismo expone que aquellas investigaciones que emplean la estadística como base para la recopilación numérica de datos y prueba de hipótesis toman el nombre de cuantitativos y por último el mixto que emplea los dos enfoques cualitativo y cuantitativo.

Tomando como base lo antes expuesto, el estudio siguió un diseño holístico de caso múltiple, lo cual le otorgo la característica de enfoque cualitativo y a su vez cuantitativo dado que para la recolección de datos se empleó un instrumento (encuesta) valida y confiable con ítems específicos de respuestas predeterminadas y para el análisis de datos se empleó un modelo estadístico de correlación, lo cual permitió catalogar al estudio un enfoque mixto (Kazez, 2009).

3.2. ALCANCE

De acuerdo con Bernal, (2010) el alcance o delimitación de una investigación es la estrategia que se emplea para abordar el problema desde la parte operacional hasta el análisis de los resultados, tomando en cuenta el grado o dimensión de esta en un periodo de tiempo y situación sociodemográfica. Este enfoque puede clasificarse en exploratorio, descriptivo, correlacional y explicativo.

El alcance determinado para este estudio es de carácter exploratorio, debido a que la información fue obtenida mediante el uso de encuestas a 8 organizaciones heterogéneas de distinto tamaño y actividad económica, de acuerdo con Hernández et al., (2014) un modelo exploratorio es aquel que examina un problema o caso poco estudiado in situ y por tanto carece de hipótesis; bajo este contexto, en esta investigación se recabo la percepción que los colaboradores de mandos medios y/o

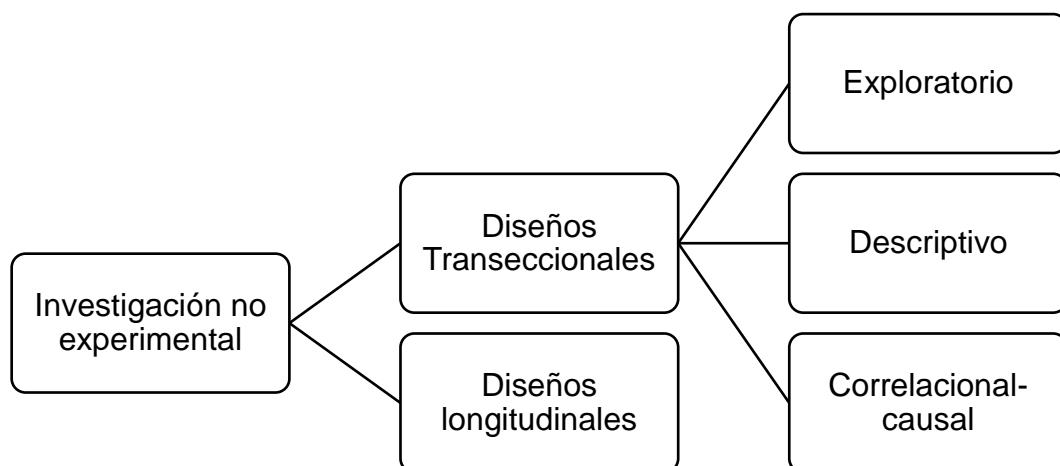
altos tienen sobre interacción y el efecto promotor de las técnicas Lean en la implementación de la industria 4.0 (p.80) lo cual de acuerdo con Ciano et al., (2019) ha sido poco estudiado.

3.3. TIPO DE INVESTIGACIÓN

Una vez identificado el enfoque y alcance de la investigación es momento de determinar el tipo o diseño de la investigación, de acuerdo con Hernández et al, (2014) son las estrategias que se emplean para obtener información requerida en el estudio y así dar respuesta al problema de investigación y objetivos; de acuerdo con estos autores se clasifica en experimental y no experimental, mismos que a su vez se clasifican en varias ramas como se muestra en la figura 8.

Figura 8

Tipos de diseños no experimentales



Nota: Tomado de (Hernández et al, 2014).

Este estudio se basó en un diseño no experimental transeccional, de acuerdo con Bernal, (2010) y Hernández et al, (2014) los diseños no experimentales son aquellos en los que las variables a estudiar no son manipuladas a conveniencia para estudiar los fenómenos, este tipo de diseño busca observar y estudiar el fenómeno en su entorno natural, sin provocar que este suceda. Así mismo, de acuerdo con el mismo autor un diseño transeccional, es una variante del diseño no experimental como se muestra en la figura 7 y es aquel en el que los datos del

fenómeno a estudiar son tomados en un solo instante de tiempo, es decir no se estudia un antes y un después.

Como se muestra en la figura 8 el diseño transeccional esta subdivido en 3 categorías, en este caso el presente estudio es de carácter exploratorio. El diseño transeccional exploratorio es aquel en el que explora un fenómeno para conocer su contexto o situación en un determinado momento, es habitual en problemas de investigación poco conocidos, donde el investigador acude a la recopilación de datos mediante encuestas, entrevistas, observación, etc.; por su parte el diseño correlacional a diferencia del exploratorio también busca determinar la correlación que puede existir entre las variables del fenómeno (Bernal, 2010).

En esta investigación los datos fueron recopilados de las industrias de forma exploratoria mediante una encuesta, sin alterar el entorno natural de las variables y en un solo instante de tiempo, con lo cual se buscó determinar el estado actual e incidencia de LM y la industria 4.0, por su parte de manera adicional y dando respuesta a uno de los objetivos planteados también se determinó la correlación existente entre variables, por esta razón este estudio empleo un diseño de investigación no experimental transeccional exploratorio y correlacional.

3.4. HIPOTESIS

De acuerdo con Hernández et al, (2014) las investigaciones de tipo exploratorio buscan estudiar fenómenos y descubrir su comportamiento mediante recolección de datos, dada la ausencia de supuestos previos a la investigación, la hipótesis se desarrolla conforme avanza la investigación. Por tanto el presente estudio no presenta hipótesis, dado que busca indagar a través de encuestas la realidad actual y correlación de las técnicas de Lean Manufacturing en la adopción de las tecnologías 4.0 (Guerrero, 2016).

3.5. MUESTRA

Para determinar la población y tipo de muestra se empleó la dimensión de la investigación cualitativa, para ello se hizo uso de un muestreo teórico no estadístico a conveniencia, donde se analizaron casos individuales, que involucró únicamente

a 8 industrias de la provincia de Pichincha, los resultados obtenidos no pretenden ser generalizados dado que el tamaño de muestra no fue representativo desde el punto de vista estadístico. De acuerdo con Bernal, (2010) el muestreo teórico a conveniencia se realiza únicamente a casos con mayor disponibilidad y acceso, tal es el caso de Rizzo (2004), quien no pudo ingresar a varias empresas para efectuar entrevistas con profundidad en niveles gerenciales, respecto a los factores que conforman el clima organizacional y, entonces, decidió entrevistar a compañeros que junto con ella cursaban un posgrado en Desarrollo humano y eran directivos de diferentes organizaciones.

3.6. HERRAMIENTA DE INVESTIGACIÓN

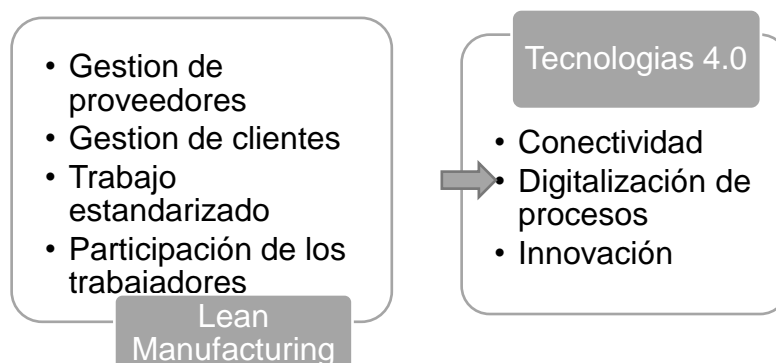
En este estudio los datos recopilados fueron obtenidos mediante encuestas estructuradas con preguntas cerradas con valoración en escala de Likert, que permitió el registro metódico y confiable de información, dando cierta libertad al encuestado para responder las preguntas planteadas (Hernández et al, 2014).

La investigación de caso múltiple se centró en 8 industrias manufactureras de la provincia de Pichincha, por lo que la muestra se limitó a estas empresas. Para seleccionar estas industrias se consideró los siguientes criterios en los encuestados: (i) Tener conocimientos y experiencia en LM y (ii) Tener conocimientos o estar familiarizados con las tecnologías de la industria 4.0. De acuerdo con estudios previos realizados por Ciano et al., (2019); Florescu & Barabas, (2022); Rossini et al., (2019); Tortorella et al., (2019); Tortorella & Fettermann, (2018) estas consideraciones son ampliamente adoptadas debido al desconocimiento que aún existe sobre estas técnicas y tecnologías.

La herramienta de investigación fue desarrollada tomando como base las siguientes variables:

Figura 9

Variables que caracterizan a las técnicas LM y tecnologías 4.0



Nota: Elaborado por el autor con base en: (Ciano et al., 2019; Florescu & Barabas, 2022; Rossini et al., 2019; Tortorella et al., 2019; Tortorella & Fettermann, 2018)

La encuesta estuvo conformada por 3 secciones, cada pregunta fue calificada con una escala de Likert del 1 al 5, donde 1 significa totalmente en desacuerdo y 5 totalmente de acuerdo, varios autores como Rossini et al., (2019) y Tortorella & Fettermann, (2018) han tomado este instrumento como base para sus investigaciones, por lo cual se justifica su uso en la presente investigación.

La primera sección describe información general y demográfica de las organizaciones, la sección 2 compiló información del nivel de implementación de Lean Manufacturing y fue conformada por 40 preguntas en función de las técnicas LM validadas por Shah y Ward (2007) las cuales se muestran en el ANEXO I.

La sección 3 abarcó lo que respecta a la implementación de las tecnologías de las industrias 4.0 y fue conformada por 16 preguntas validadas por Rossini et al., (2019) mismas que se muestran en el ANEXO I.

Para evitar sesgos al llenar la encuesta, se solicitó que esta fuera ejecutada por gerentes o jefes de líneas productivas con conocimientos previos tanto de Lean Manufacturing como de las tecnologías 4.0.

3.7. HERRAMIENTAS DE ANÁLISIS DE DATOS

En la presente investigación para el análisis de datos se empleó el software Statistical Package for the Social Science (SPSS).

Las empresas de la muestra fueron tomadas de varios sectores productivos, en la tabla 3 se muestran datos sobre las empresas de manera anónima, con la finalidad de precautelar la confidencialidad de la información proporcionada por cada organización. En dicha tabla se muestran las 8 industrias nombradas con letras desde la A hasta la H, clasificadas de acuerdo con su sector económico, tamaño, ubicación y tiempo de actividad en el mercado.

Tabla 3

Descripción de empresas encuestadas

ID	Sector económico	Tamaño de la organización (número de empleados).	Ubicación	Tiempo de actividad de la organización
A	Madera	Empresa Grande (más de 200 personas)	Quito	Mas de 10 años
B	Plásticos, caucho	Empresa Grande (más de 200 personas)	Quito	Mas de 10 años
C	Textiles	Empresa Grande (más de 200 personas)	Rumiñahui	Mas de 10 años
D	Ropa, cueros	Empresa Grande (más de 200 personas)	Rumiñahui	Mas de 10 años
E	Alimentos, bebidas	Empresa Pequeña (de 10 a 49 personas)	Rumiñahui	De 6 a 10 años
F	Pinturas de demarcación vial	Empresa Mediana (de 50 a 199 personas)	Mejía	Mas de 10 años
G	Alimentos, bebidas	Empresa Mediana (de 50 a 199 personas)	Quito	Mas de 10 años
H	Alimentos, bebidas	Empresa Grande (más de 200 personas)	Quito	De 6 a 10 años

La mayoría de los encuestados (62,5%) eran de empresas grandes (>200 empleados), ubicadas en la provincia de Pichincha Cantón Quito, con más de 10

años de operaciones en el mercado, pertenecientes a los sectores de fabricación de alimentos, pinturas, madera, plásticos y textiles.

Para analizar la influencia de la implementación de LM en la adopción de las técnicas 4.0 se usó variables categóricas, para lo cual se estableció grupos de datos, de acuerdo con el método jerárquico de Ward y el agrupamiento de K medias.

Para la implementación de LM se determinó dos grupos ALM y BLM (alta y baja implementación de LM respectivamente) el análisis ANOVA mostrado en la tabla 4 y 5 para determinación de los grupos, denotó que si había diferencia significativa entre ambos grupos con un valor de p (0,01) menor a 0,05. El primer grupo ALM estuvo compuesto por 2 encuestados cuyo nivel de implementación de acuerdo con la escala de Likert fue una media mayor a 3,9; el segundo grupo conformado por 6 encuestados fue denominado BLM con un promedio menor a 3,5.

Tabla 4

Análisis ANOVA para determinación de grupos (clusters) de acuerdo con el nivel de adopción de las técnicas Lean Manufacturing.

ANOVA						
	Clúster		Error		F	Sig.
	Media cuadrática	gl	Media cuadrática	gl		
LM	1666,667	1	121,222	6	13,749	0,010

Tabla 5

Número de encuestados en cada grupo (clúster) de acuerdo con el método jerárquico de Ward y K medias.

Número de casos en cada clúster		
Clúster	ALM	2,000
	BLM	6,000
Válidos		8,000
Perdidos		0,000

Para la adopción de las técnicas de la industria 4.0 de igual forma se categorizo en dos grupos AI y BI (alta y baja adopción de las tecnologías de la industria 4.0 respectivamente) de acuerdo con los datos mostrados en la tabla 6 y 7, con un valor de p (0,006) menor a 0,05 en el análisis ANOVA demostró que si hay diferencia significativa entre grupos. El primer grupo de alta adopción (AI) fue conformado por 5 encuestados con un promedio mayor a 2,3; mientras que el segundo grupo de baja implementación (BI) fue conformado por 3 encuestados con una media menor a 1,8.

Tabla 6

Análisis ANOVA para determinación de grupos (clusters) de acuerdo con el nivel de adopción de las tecnologías de la industria 4.0

ANOVA						
	Clúster		Error		F	Sig.
	Media cuadrática	gl	Media cuadrática	gl		
IND4	520,833	1	29,444	6	17,689	0,006

Tabla 7

Número de encuestados en cada grupo (clúster) de acuerdo con el método jerárquico de Ward y K medias.

Número de casos en cada clúster		
Clúster	AI	5,000
	BI	3,000
Válidos		8,000
Perdidos		0,000

Para el análisis estadístico de datos primero se verifico si los datos seguían una distribución normal, para esto se empleó la prueba de Kolmogorov-Smimov (KS) donde se evidencio con un valor de p (0,20) > 0,05 que los datos siguen un comportamiento normal como se muestra en la tabla 8, por tanto para continuar con el análisis se empleó métodos paramétricos.

Tabla 8

Prueba de Kolmogorov-Smirnov para una muestra para los resultados de la implementación de la industria 4.0

N		IND4
		8
Parámetros normales ^{a,b}	Media	34,75
	Desv. estándar	9,982
Máximas diferencias extremas	Absoluta	0,175
	Positivo	0,161
	Negativo	-0,175
Estadístico de prueba		0,175
Sig. asin. (bilateral) ^c		,200 ^d

Nota: a. La distribución de prueba es normal; b. Se calcula a partir de datos; c. Corrección de significación de Lilliefors; d. Esto es un límite inferior de la significación verdadera; e. El método de Lilliefors basado en las muestras 10000 Monte Carlo con la semilla de inicio 299883525. Intervalo de confianza al 99%

Para determinar la influencia entre las variables globales, nivel de implementación de LM en la adopción de las técnicas 4.0, se empleó un análisis ANOVA de dos medias t student para los grupos categóricos ALM y BLM relacionado con la adopción de las tecnologías 4.0. De acuerdo con el análisis, valores de p menores a 0,05 indican que no hay diferencia significativa entre el par de medias, mientras que un valor mayor significa que si hay diferencia de medias. Finalmente para determinar la correlación entre ambas variables se empleó el análisis de correlación de coeficiente de PEARSON.

El análisis de correlación se ejecutó en primera instancia entre variables globales, luego entre subvariables y finalmente entre los ítems encuestados por cada variable, de acuerdo con la información de las tablas 9 y 10. Así mismo para el resto de las variables, tiempo de funcionamiento de la organización y tamaño.

Tabla 9

Variables y subvariables del nivel de implementación de Lean Manufacturing

<i>Variable Global</i>	Subvariable	Ítem encuestado	Subvariable	Ítem encuestado
<i>Nivel de implementación Lean Manufacturing (LM)</i>	Gestión de proveedores	LM1	Trabajo estandarizado	LM17
		LM2		LM18
		LM3		LM19
		LM4		LM20
		LM5		LM21
		LM6		LM22
		LM7		LM23
		LM8		LM24
		LM9		LM25
		LM10		LM26
		LM11		LM27
		LM12		LM28
		LM13		LM29
	Gestión de clientes	LM14	LM30	
		LM15	LM31	
		LM16	LM32	
participación trabajadores	LM33	Gestión del Mantenimiento	LM37	
	LM34		LM38	
	LM35		LM39	
	LM36		LM40	

Nota: Donde LM= (LM1, LM2, LMn) corresponde al número de pregunta referente a Lean Manufacturing.

Tabla 10

Variables y subvariables del nivel de implementación de las tecnologías de la industria 4.0

Variable Global	Subvariable	Ítem encuestado
Nivel de implementación industria 4.0 (I)	Automatización	I1
		I2
		I4
		I10

		I11
		I14
	Conectividad	I6
		I7
		I8
		I15
		I16
	Innovación	I3
		I5
		I9
		I12
I13		

Nota: Donde I= (I1, I2, In) corresponde al número de pregunta referente a las Tecnologías de la industria 4.0.

CAPITULO IV: RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. ESTADO ACTUAL DE LA INDUSTRIA 4.0 Y LEAN MANUFACTURING EN ECUADOR Y AMÉRICA LATINA

Los resultados de la primera sección de la encuesta realizada muestran que de las 8 organizaciones ubicadas en la provincia de Pichincha, 4 se situaban en el cantón Quito, 3 en el cantón Rumiñahui y 1 en Mejía. En cuanto al sector productivo, 3 de estas pertenecen al sector de Alimentos y las 5 empresas restantes al sector maderero, textil, ropa/cuero, plásticos y pinturas.

Las personas que respondieron la encuesta en un 100% tenían formación de ingeniería y ocupaban un cargo de jefatura, el 50% contaba con un rango de 6 a 10 años de experiencia en el cargo actual y el otro 50% un rango de 2 a 5 años.

De acuerdo con la figura 10 más del 50% de estas fueron industrias grandes con más de 200 colaboradores, el 25% fueron empresas medianas y el 13% empresas pequeñas con un numero de colaboradores de acuerdo con la tabla 11.

Figura 10

Tamaño de las organizaciones encuestadas.

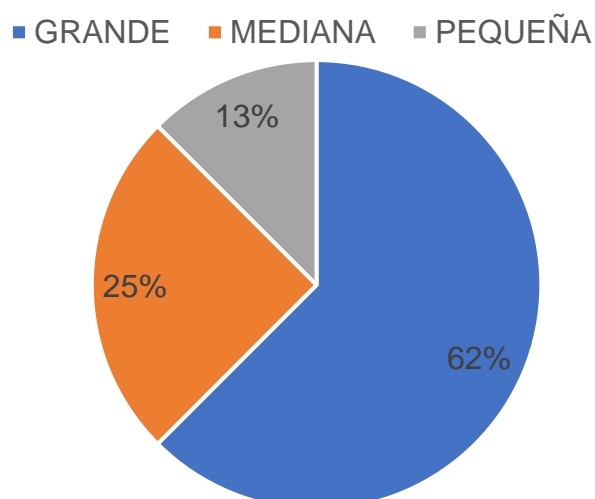


Tabla 11

Tamaño de la organización (número de empleados)

Tipo de empresa	Número de empleados
Microempresa	De 1 a 9 personas
Pequeña	De 10 a 49 personas
Mediana	De 50 a 199 personas
Grande	Mas de 200 personas

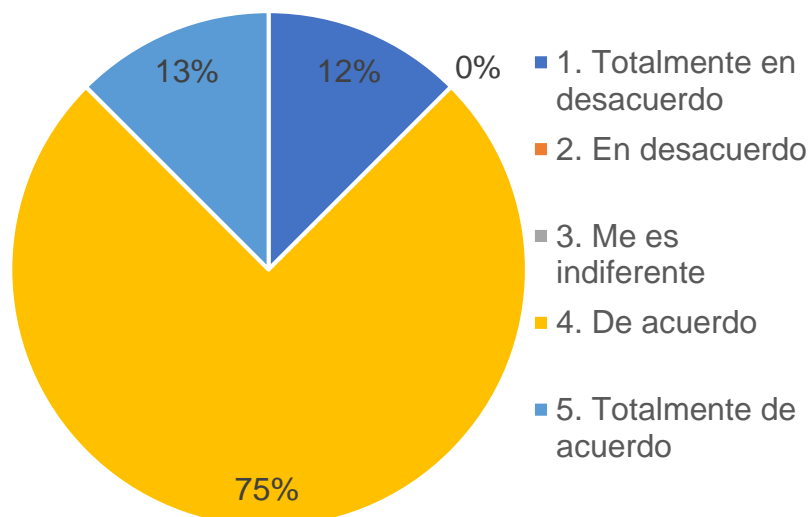
Nota: Tomado de Ministerio de Producción, (2023)

En la segunda sección se encontró los siguientes resultados para cada una de las preguntas planteadas en cuanto al nivel de implementación de Lean Manufacturing.

En la figura 11 se puede apreciar que el 75% de las empresas encuestadas están de acuerdo en que mantienen estrecho contacto con sus proveedores, un porcentaje menor del 13% ratifica que está totalmente de acuerdo en que hay un estrecho contacto y un 12% indica que no mantienen contacto con su proveedor.

Figura 11

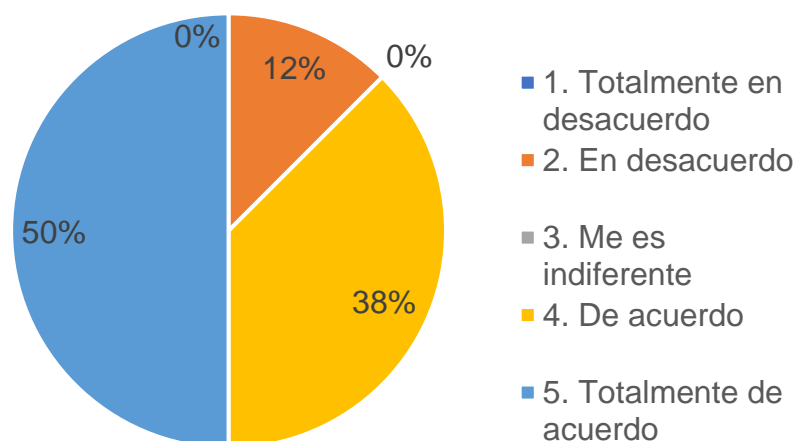
Pregunta LM1: ¿Con frecuencia estamos en estrecho contacto con nuestros proveedores?



La figura 12 muestra que el 88% de las empresas está de acuerdo en que realizan retroalimentación a sus proveedores sobre la calidad y el desempeño de las entregas, un 12% indica que no realiza retroalimentación a los proveedores.

Figura 12

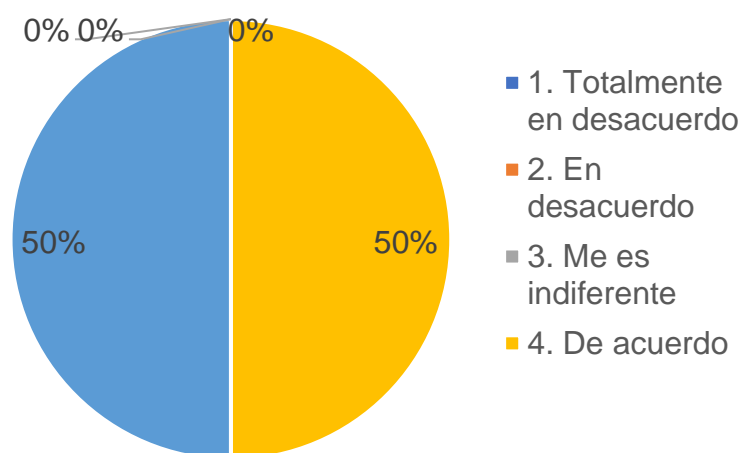
Pregunta LM2: ¿Damos retroalimentación a nuestros proveedores sobre la calidad y el desempeño de las entregas?



La figura 13 muestra que el 100% de las empresas encuestadas están de acuerdo en que se esfuerzan por establecer relaciones a largo plazo con los proveedores, un 50% de estas empresas está de acuerdo y el otro 50% está muy de acuerdo.

Figura 13

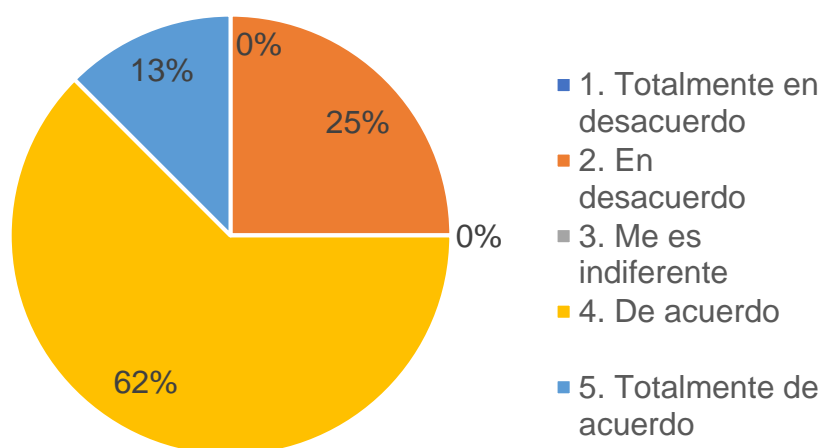
Pregunta LM3: ¿Nos esforzamos por establecer una relación a largo plazo con nuestros proveedores?



La figura 14 se puede apreciar que el 13% de las empresas está muy de acuerdo junto con un 62% que está de acuerdo en que sus proveedores están directamente involucrados en el desarrollo de nuevos productos en sus organizaciones; por otro lado un 25% indica que no está de acuerdo con esta práctica, dado que sus proveedores no realizan esta función.

Figura 14

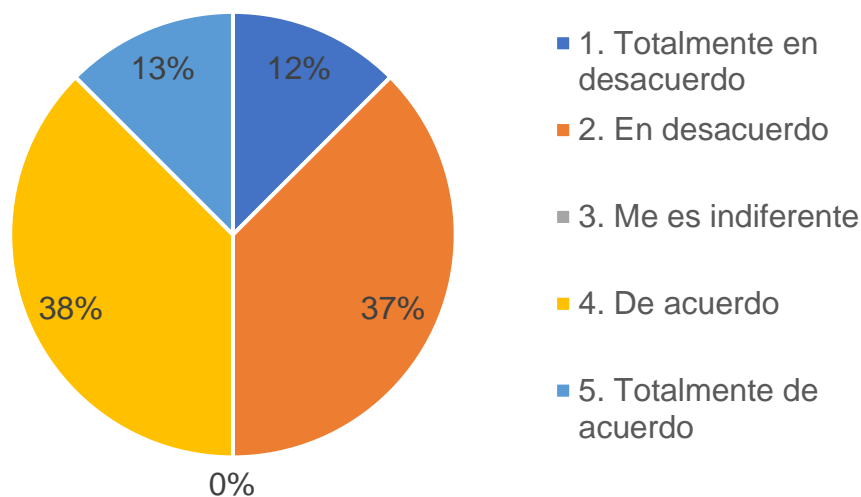
Pregunta LM4: ¿Los proveedores están directamente involucrados en el proceso de desarrollo de nuevos productos?



La figura 15 se puede apreciar que el 51% de las empresas estuvo de acuerdo en que sus proveedores clave ejecutan abastecimientos en base a Just in time (JIT), el 41% restante por el contrario afirma que no realizan esta práctica empleando JIT. De acuerdo con Castellano (2018) esta técnica de Lean Manufacturing busca eliminar uno de los desperdicios de calidad al fabricar o abastecer únicamente lo necesario y justo cuando se requiera, disminuyendo así los costos de inventario.

Figura 15

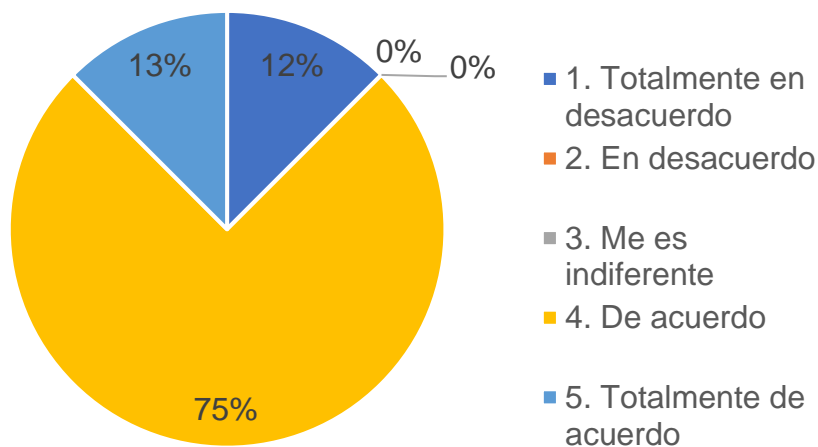
Pregunta LM5: ¿Nuestros proveedores clave entregan a la planta en base a Just in time (JIT)?



La figura 16 muestra que el 13% de las empresas están muy de acuerdo con esta pregunta, junto con el 75% que también están de acuerdo en que sus organizaciones cuentan con un programa formal de calificación de proveedores, por otro lado el 12% es decir 1 sola organización ha indicado que no cuentan con dicho programa.

Figura 16

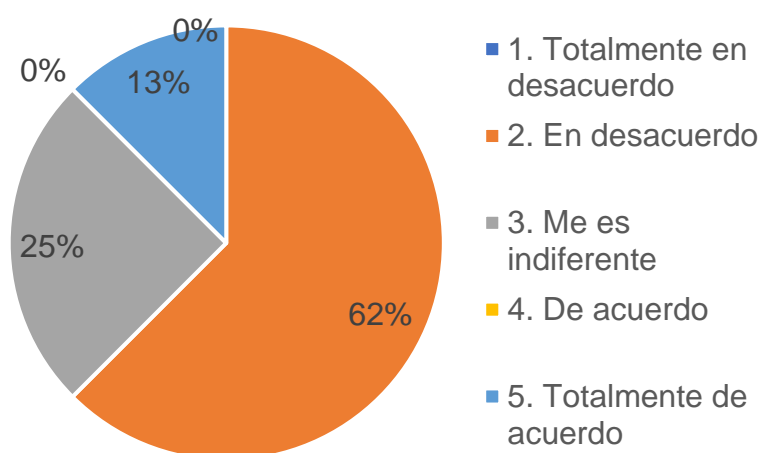
Pregunta LM6: ¿Contamos con un programa formal de calificación de proveedores?



La figura 17 muestra se puede apreciar que el 62% de las empresas está en desacuerdo, un 25% le es indiferente y únicamente 1 organización ha indicado que si mantienen contratos con sus proveedores donde se indica su compromiso a reducir los costos anuales.

Figura 17

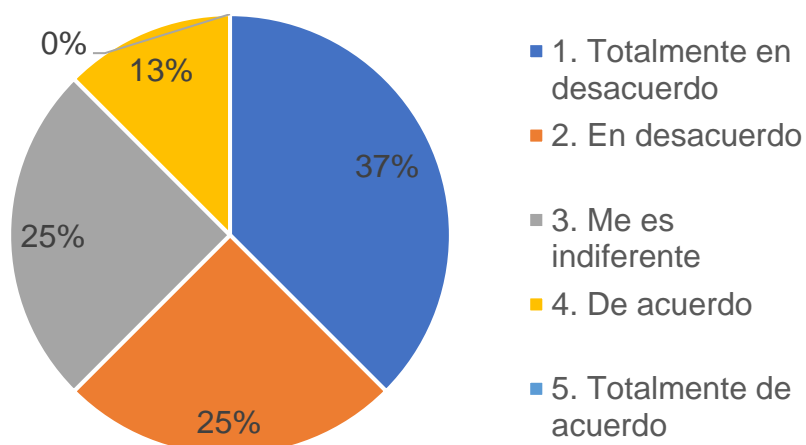
Pregunta LM7: ¿Nuestros proveedores se comprometen por contrato a reducir los costos anuales?



La figura 18 muestra que el 13% de las empresas, es decir 1 sola organización está de acuerdo con que sus proveedores clave se encuentran cerca de sus instalaciones, el 87% restante indica que no es así, la mayoría de sus proveedores se encuentran lejos incluso en otro país.

Figura 18

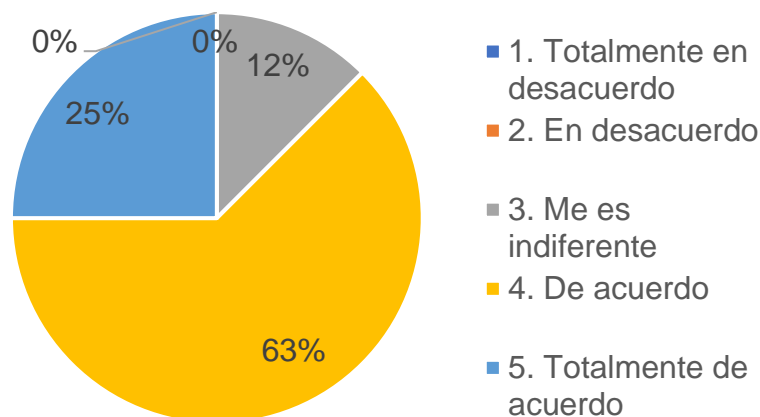
Pregunta LM8: ¿Nuestros proveedores clave están ubicados muy cerca de nuestras plantas?



La figura 19 muestra se puede apreciar que el 88% de las empresas mantiene un nivel de comunicación corporativo donde se tratan temas importantes con proveedores clave.

Figura 19

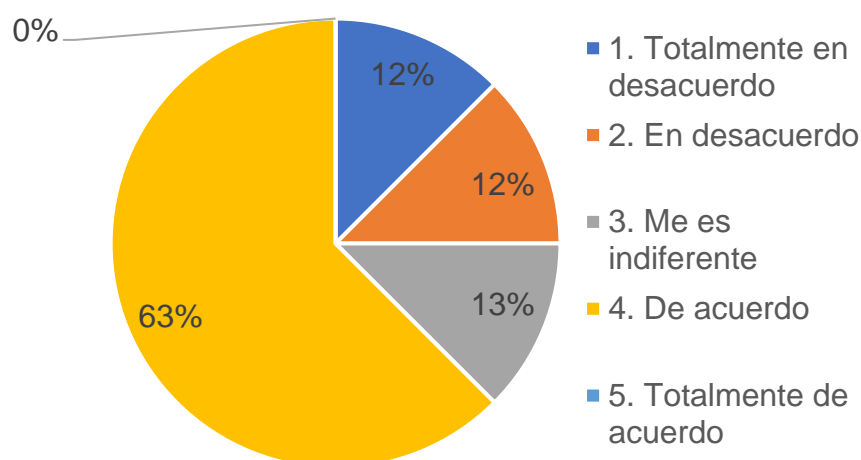
Pregunta LM9: ¿Tenemos comunicación a nivel corporativo sobre temas importantes con proveedores clave?



La figura 20 muestra que el 63% de las empresas toman medidas para reducir el número de proveedores en cada categoría, eso debido a que la filosofía Lean Manufacturing busca disminuir los desperdicios, es decir las actividades y etapas innecesarias de manera que se pueda reducir costos.

Figura 20

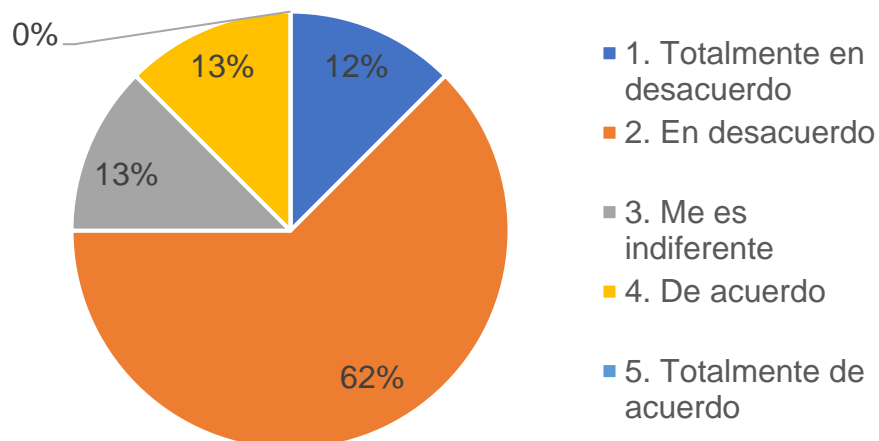
Pregunta LM10: ¿Tomamos medidas activas para reducir el número de proveedores en cada categoría?



La figura 21 muestra que el 74% de las empresas están en desacuerdo con la pregunta (12% totalmente en desacuerdo y 62% en desacuerdo), dado que sus proveedores no gestionan su inventario, únicamente 1 organización indico que si lo realizan de esta manera.

Figura 21

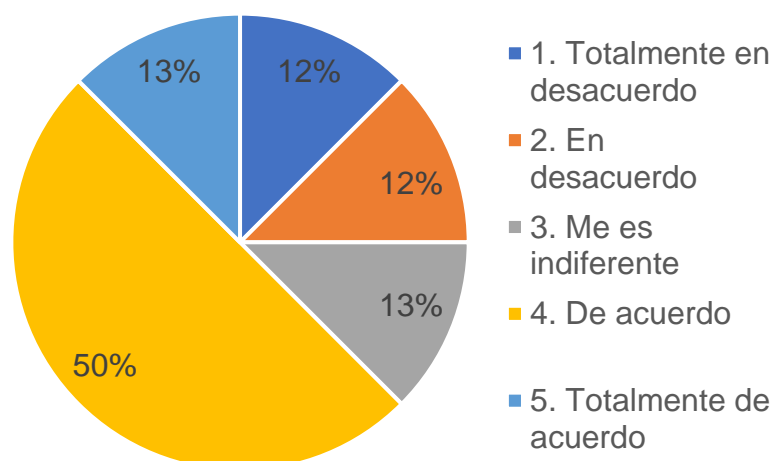
Pregunta LM11: ¿Nuestros proveedores clave gestionan nuestro inventario?



La figura 22 muestra que el 63% de las empresas están en desacuerdo con la pregunta (13% totalmente de acuerdo y 50% de acuerdo), es decir todas estas organizaciones evalúan a su proveedor en base al costo total y no por precio unitario, únicamente un 24% es decir 2 organizaciones realizan su evaluación de distinta manera.

Figura 22

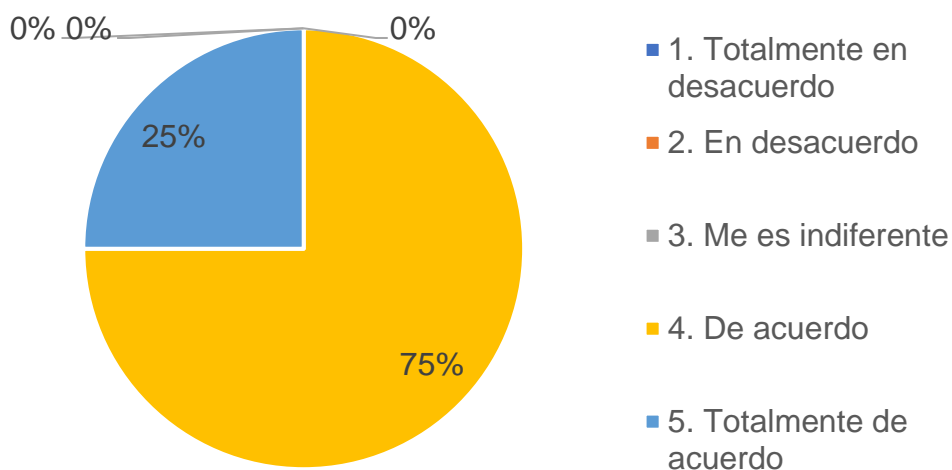
Preguntar LM12: ¿Evaluamos proveedores en base al costo total y no por precio unitario?



La figura 23 muestra que el 100% de las empresas mantiene estrecho contacto con sus clientes.

Figura 23

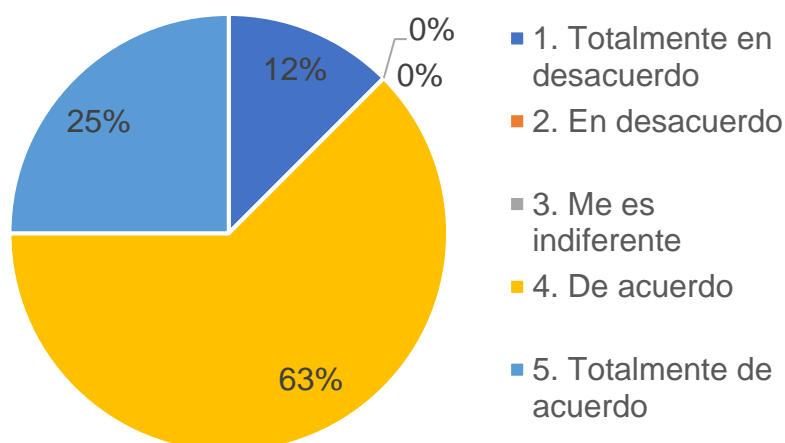
Pregunta LM13: ¿Con frecuencia estamos en estrecho contacto con nuestros clientes?



La figura 24 muestra que el 88% de las empresas afirman (25% totalmente de acuerdo y 63% de acuerdo) que sus clientes les proporcionan una retroalimentación sobre la calidad y el rendimiento de sus entregas, únicamente 1 organización indico que no realiza esta práctica.

Figura 24

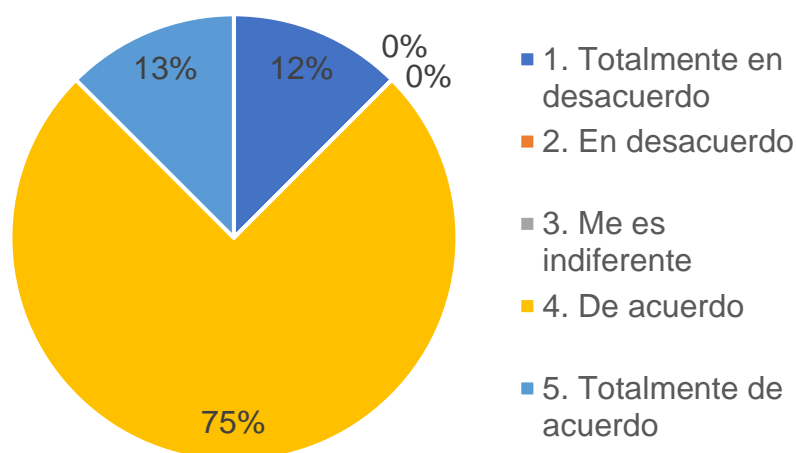
Pregunta LM14: ¿Nuestros clientes nos dan su opinión sobre la calidad y rendimiento de la entrega?



La figura 25 muestra que el 88% de las empresas afirman (13% totalmente de acuerdo y 75% de acuerdo) que sus clientes participan activamente en las ofertas de productos realizados por estas organizaciones.

Figura 25

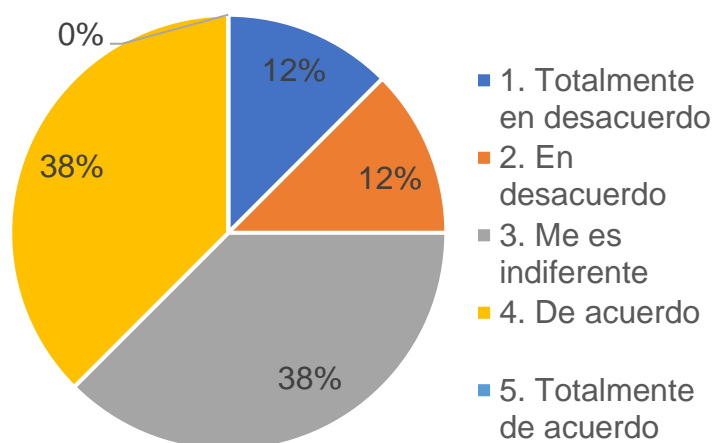
Pregunta LM15: ¿Nuestros clientes participan activamente en las ofertas de productos actuales y futuros?



La figura 26 muestra que únicamente el 38% de las empresas reciben información de sus clientes con respecto a la demanda actual y futura de sus departamentos de marketing; el 63% restante manifiesta que le es indiferente (38%) y está en desacuerdo (24%), es decir no practican esta filosofía.

Figura 26

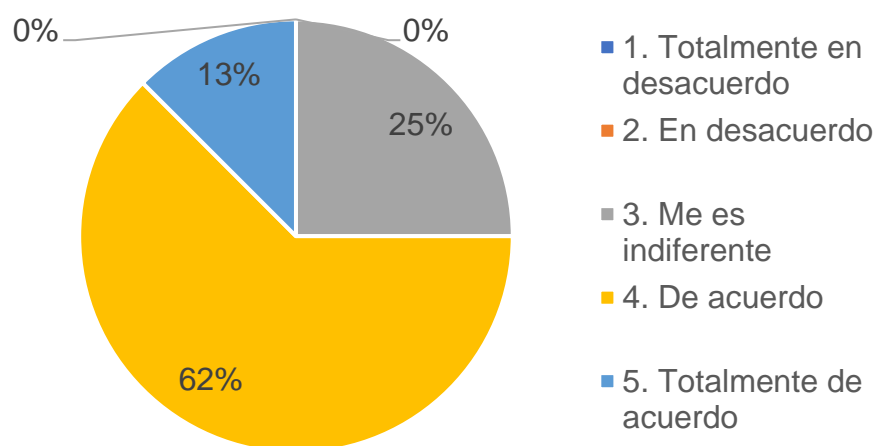
Pregunta LM16: ¿Nuestros clientes comparten con frecuencia información sobre la demanda actual y futura con el departamento marketing?



En la figura 27 se muestra que el 75% de las empresas (13% muy de acuerdo y 62% de acuerdo) indica que su producción es impulsada por el envío de productos terminados.

Figura 27

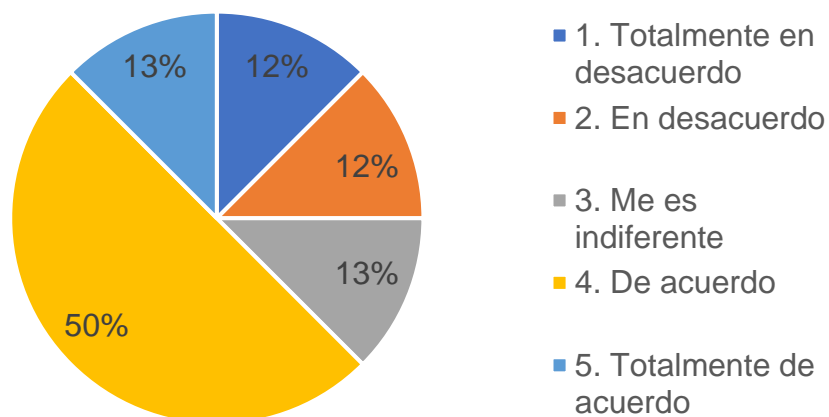
Pregunta LM17: ¿La producción es impulsada por el envío de productos terminados?



En la figura 28 se muestra que el 63% de las empresas (13% muy de acuerdo y 50% de acuerdo) afirman que la producción en sus plantas está impulsada por la demanda de la siguiente estación de trabajo, el 24% restante indica que su sistema de producción se comporta de distinta manera.

Figura 28

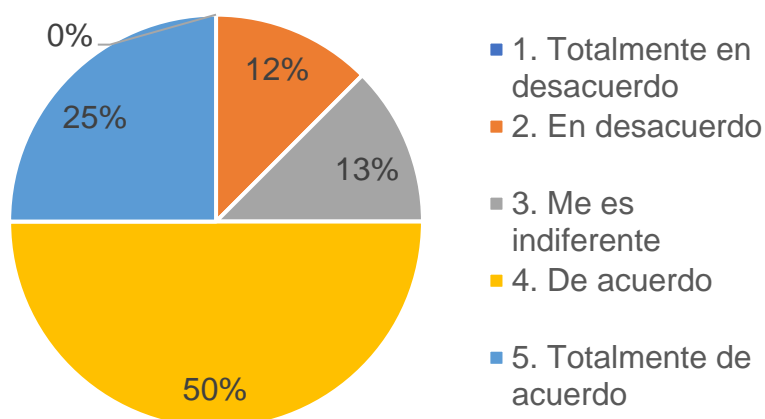
Pregunta LM18: ¿La producción en las estaciones es impulsada por la demanda actual de la siguiente estación?



En la figura 29 se aprecia que el 75% de las empresas (25% muy de acuerdo y 50% de acuerdo) afirman que el sistema de producción bajo el cual operan sus plantas de producción es Pull (producción basada en la demanda real), únicamente 1 organización ha indicado que trabaja bajo otro sistema, este pudiendo ser push o mixto.

Figura 29

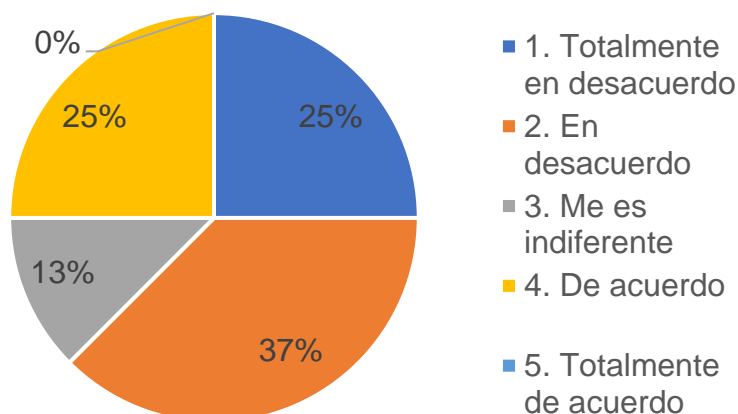
Pregunta LM19: ¿Utilizamos un sistema de producción pull (producción en base a demanda real)?



En la figura 30 se aprecia que el 62% de las empresas (25% totalmente en desacuerdo y 37% desacuerdo) indican que no hacen uso de KANBAN para control de producción en sus organizaciones, únicamente el 25% está de acuerdo en que si emplean esta técnica.

Figura 30

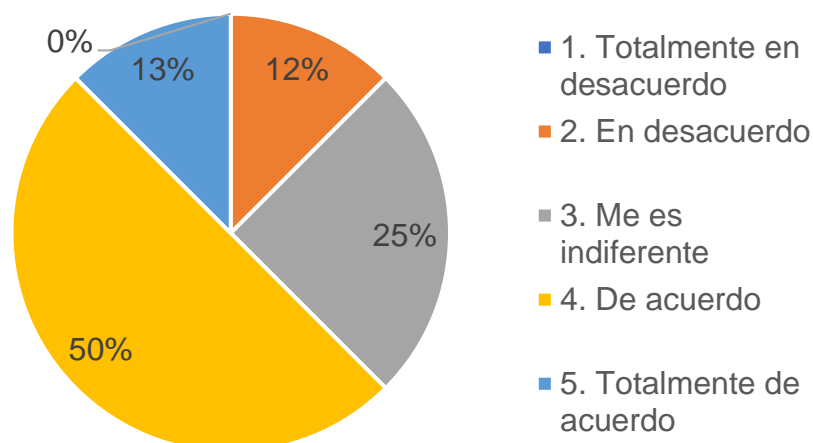
Pregunta LM20: ¿Utilizamos Kanban, cuadros o contenedores de señales para el control de producción?



En la figura 31 se aprecia que el 63% de las empresas (13% totalmente de acuerdo y 50% de acuerdo) afirman que en la fabricación sus productos, estos son clasificados en grupos con requisitos de procesamiento similares, únicamente 1 organización indico que no practican esta metodología.

Figura 31

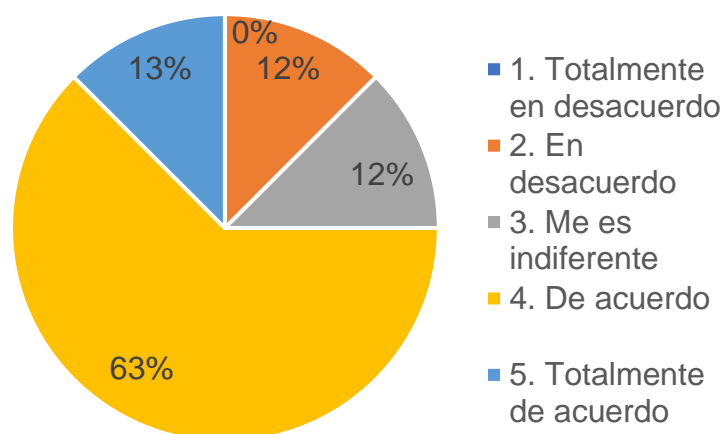
Pregunta LM21: ¿Los productos se clasifican en grupos con requisitos de procesamiento similares?



En la figura 32 se aprecia que el 63% de las empresas (13% totalmente de acuerdo y 50% de acuerdo) afirman que en la fabricación sus productos, estos son clasificados en grupos con requisitos de procesamiento similares, únicamente 1 organización indico que no practican esta metodología.

Figura 32

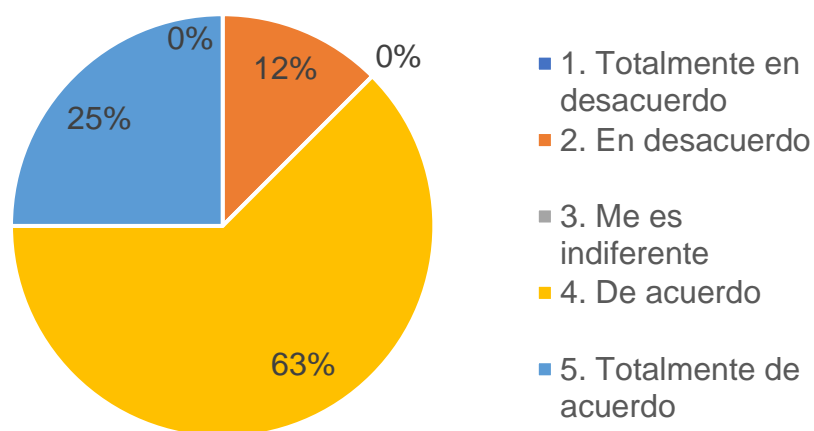
Pregunta LM22: ¿Los productos se clasifican en grupos con requisitos de enrutamiento similares?



En la figura 33 se aprecia que el 88% de las empresas (25% totalmente de acuerdo y 63% de acuerdo) afirman que en sus sitios de producción los equipos son agrupados de manera que permitan un flujo continuo de familias o tipos de productos, únicamente 1 organización indico que sus equipos no se agrupan de esta manera.

Figura 33

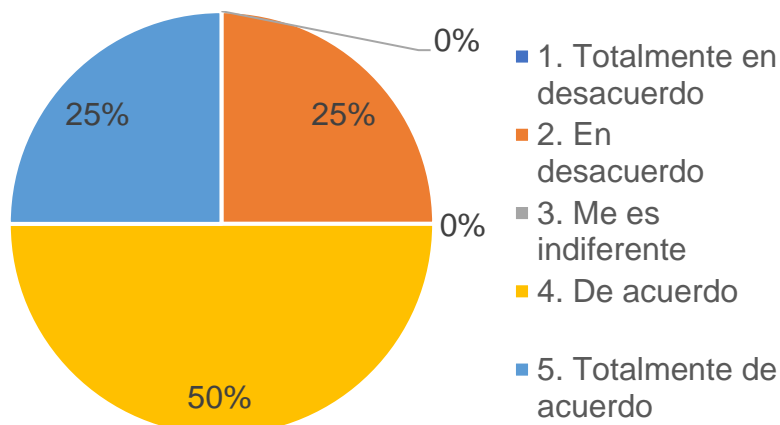
Pregunta LM23: ¿Los equipos se agrupan para producir un flujo continuo de familias de productos?



En la figura 34 se aprecia que el 75% de las empresas (25% totalmente de acuerdo y 50% de acuerdo) afirman que el diseño de la planta está determinado por las familias de productos, el 25% restante indica que no está de acuerdo, probablemente porque el diseño de su planta está determinado por otros factores.

Figura 34

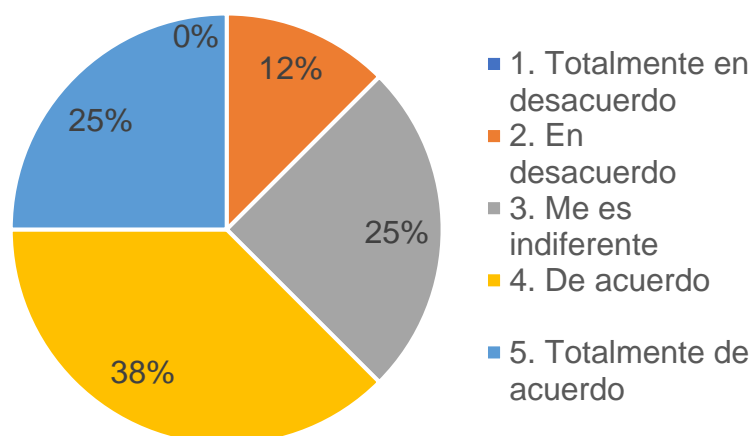
Pregunta LM24: ¿Las familias de productos determinan el diseño de nuestra fabrica?



En la figura 35 se observa que el 63% de las empresas (25% totalmente de acuerdo y 38% de acuerdo) afirman que sus colaboradores dedican tiempo a establecer configuraciones o metodologías para reducir los tiempos de producción, únicamente 1 organización ha indicado que no lo realiza.

Figura 35

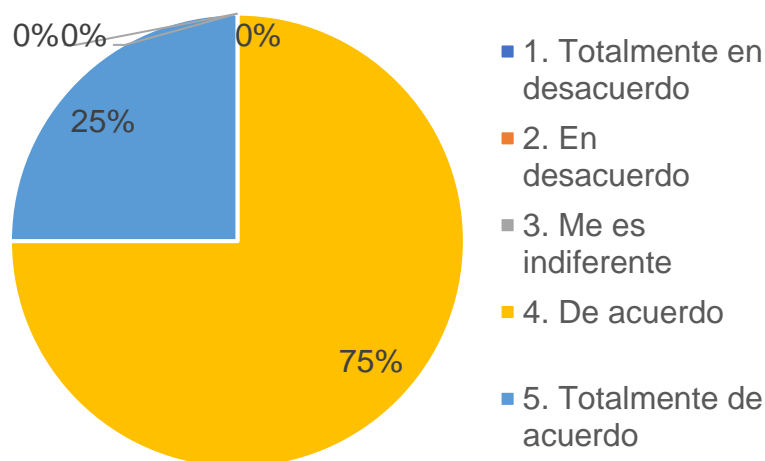
Pregunta LM25: ¿Nuestros empleados practican configuraciones para reducir el tiempo requerido?



En la figura 36 se observa que el 100% de las empresas (25% totalmente de acuerdo y 75% de acuerdo) afirman que trabajan para reducir los tiempos de preparación o tiempos no productivos en sus organizaciones.

Figura 36

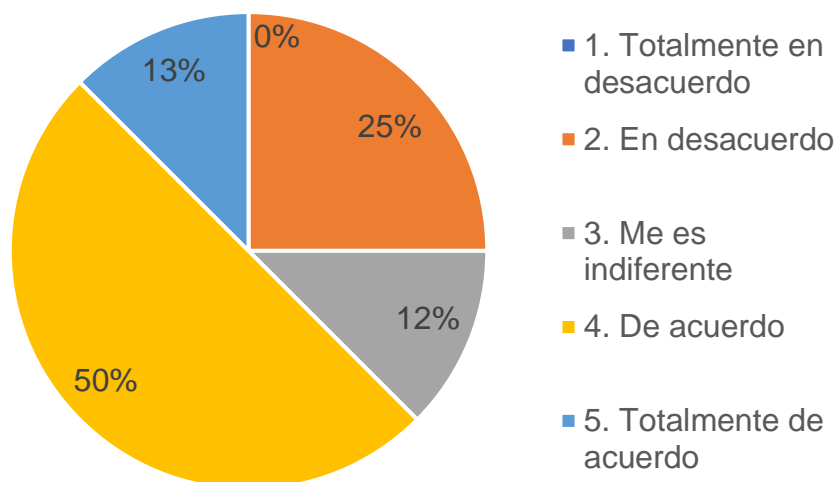
Pregunta LM26: ¿Estamos trabajando para reducir los tiempos de preparación en nuestra planta?



En la figura 37 se puede apreciar que el 63% de las empresas (13% totalmente de acuerdo y 50% de acuerdo) afirman que en sus plantas ya cuentan con bajos tiempos de preparación de máquinas, frente a un 25% que aún se encuentran trabajando para conseguirlo.

Figura 37

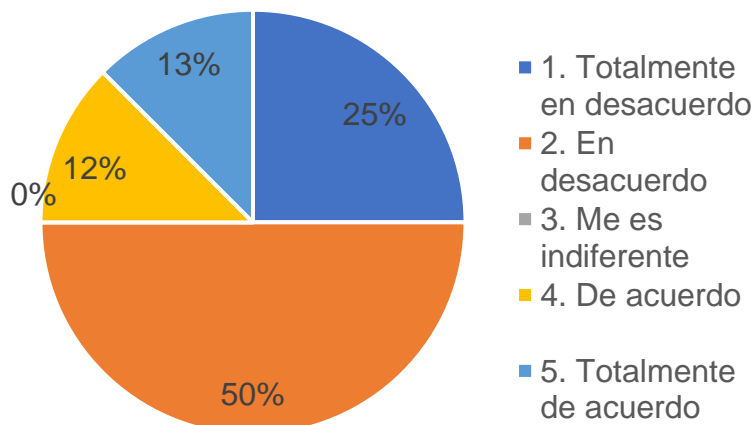
Pregunta LM27: ¿Tenemos bajos tiempos de preparación de equipos en nuestra planta?



En la figura 38 se observa que el 75% de las empresas (25% totalmente desacuerdo y 50% desacuerdo) afirman que no aplican control estadístico de procesos (SPC) en sus plantas de producción, únicamente 2 organizaciones indican que si practican esta técnica.

Figura 38

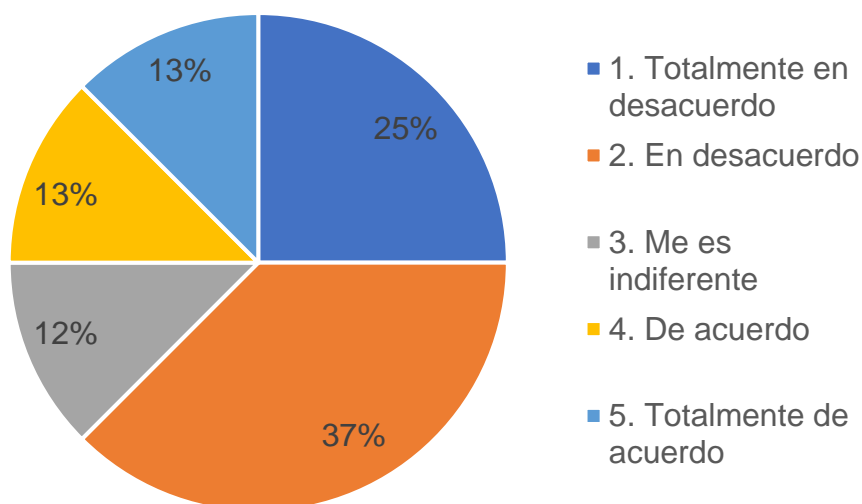
Pregunta LM28: ¿Una gran cantidad de equipos/procesos en el piso de producción se encuentran bajo un Control Estadístico de Procesos (SPC)?



En la figura 39 se aprecia que el 62% de las empresas (25% totalmente desacuerdo y 37% desacuerdo) afirman que no emplean herramientas estadísticas para reducir la variación de procesos en sus organizaciones.

Figura 39

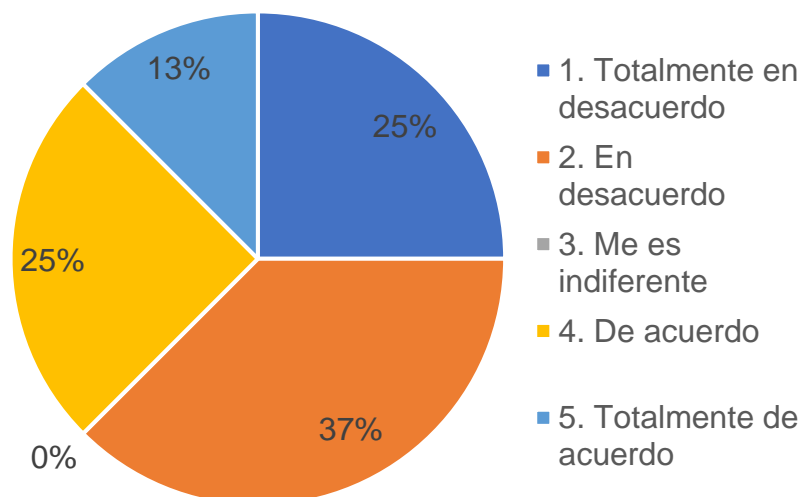
Pregunta LM29: ¿Hacemos uso extensivo de técnicas estadísticas para reducir la variación del proceso.?



En la figura 40 se aprecia que el 62% de las empresas (25% totalmente desacuerdo y 37% desacuerdo) afirman que no emplean gráficos estadísticos como herramientas para mostrar la tasa de defectos en sus empresas.

Figura 40

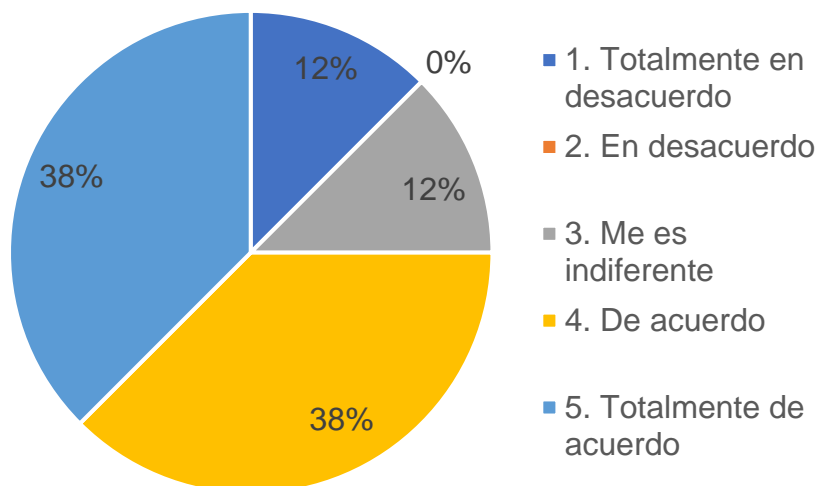
Pregunta LM30: ¿Los gráficos que muestran tasas de defectos se utilizan como herramientas en la empresa?



En la figura 41 se aprecia que el 76% de las empresas (38% totalmente de acuerdo y 38% de acuerdo) afirman que si hacen uso de diagramas tipo espina de pescado para identificar las causas de los problemas de calidad.

Figura 41

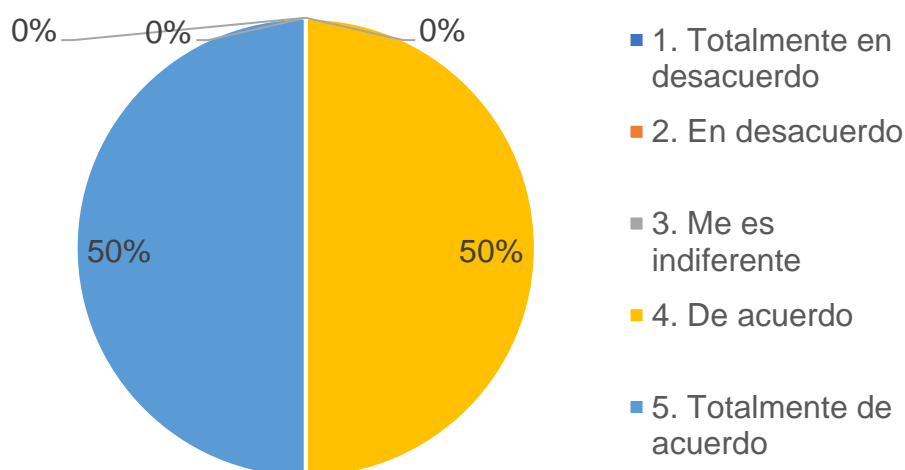
Pregunta LM31: ¿Utilizamos diagramas tipo espina de pescado para identificar las causas de los problemas de calidad?



En la figura 42 se aprecia que el 100% de las empresas (50% totalmente de acuerdo y 50% de acuerdo) afirman que si realizan estudios de capacidad de procesos antes del lanzamiento del producto.

Figura 42

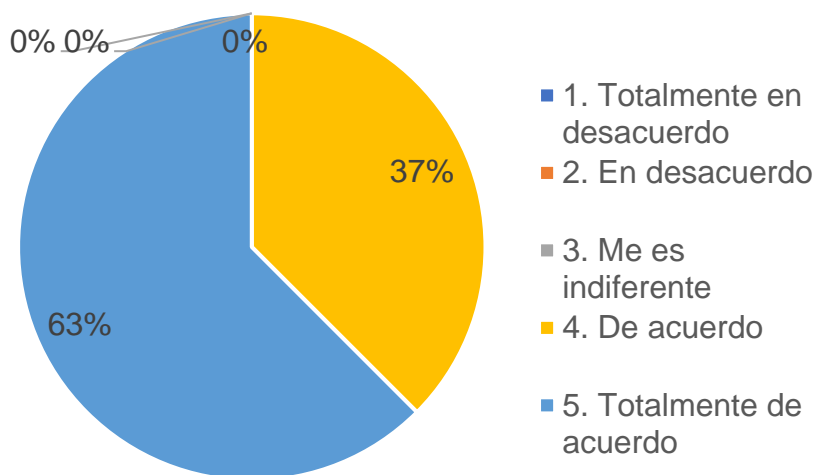
Pregunta LM32: ¿Realizamos estudios de capacidad de procesos antes del lanzamiento del producto?



En la figura 43 se aprecia que el 100% de las empresas (63% totalmente de acuerdo y 37% de acuerdo) afirman que el personal de planta es clave en sus equipos de resolución de problemas.

Figura 43

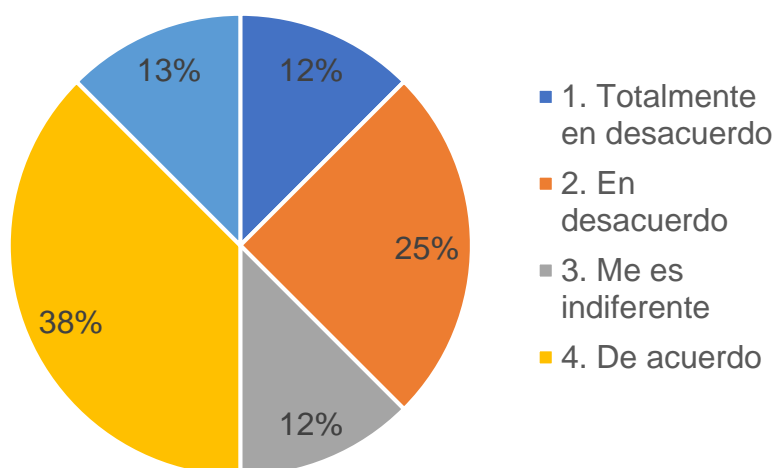
Pregunta LM33: ¿Los empleados de planta son clave para los equipos de resolución de problemas?



En la figura 44 se aprecia que el 51% de las empresas (13% totalmente de acuerdo y 38% de acuerdo) afirman que el personal de planta impulsa los programas de sugerencias, un 37% restante indica que no se realiza esta práctica.

Figura 44

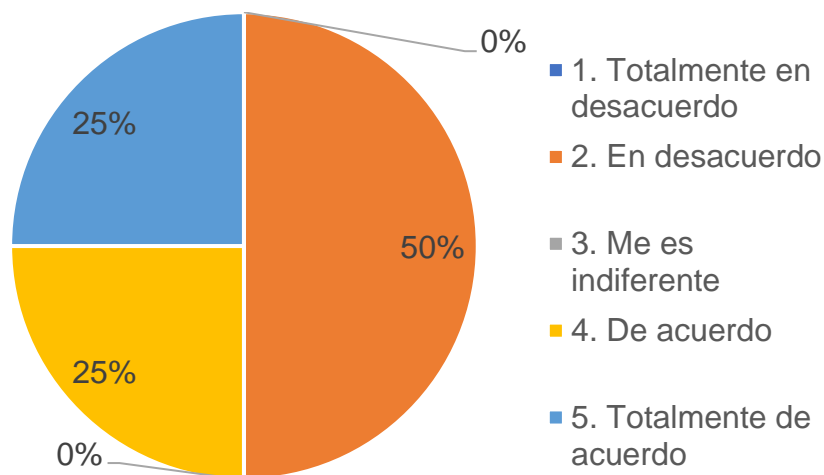
Pregunta LM34: ¿Los empleados de la planta impulsan los programas de sugerencias?



En la figura 45 se aprecia que el 50% de las empresas (25% totalmente de acuerdo y 25% de acuerdo) afirman que el personal de planta lidera los esfuerzos de mejora de procesos/ productos y el 50% restante manifiesta la contrario.

Figura 45

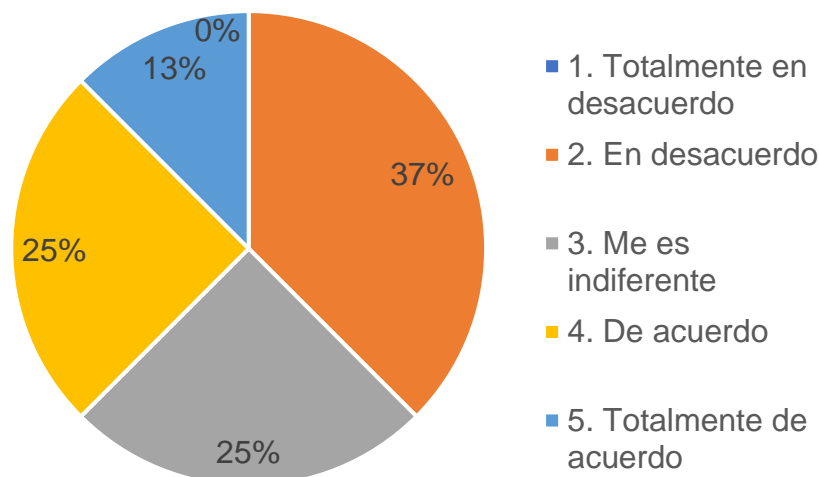
Pregunta LM35: ¿Los empleados de la planta lideran los esfuerzos de mejora de productos/procesos?



En la figura 46 se aprecia que el 38% de las empresas (13% totalmente de acuerdo y 25% de acuerdo) afirman que su personal recibe capacitación interfuncional, frente a un 37% que indica lo contrario, el porcentaje restante manifiesta que le es indiferente.

Figura 46

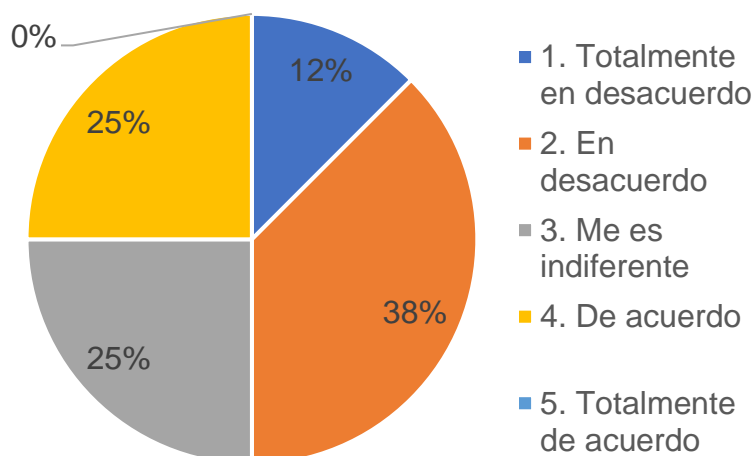
Pregunta LM36: ¿Los empleados de la planta reciben capacitación interfuncional?



En la figura 47 se aprecia que el 50% de las empresas (13% totalmente desacuerdo y 38% desacuerdo) indican que no destinan tiempo a diario para actividades planificadas de mantenimiento, frente a un 25% que indica que no lo realizan.

Figura 47

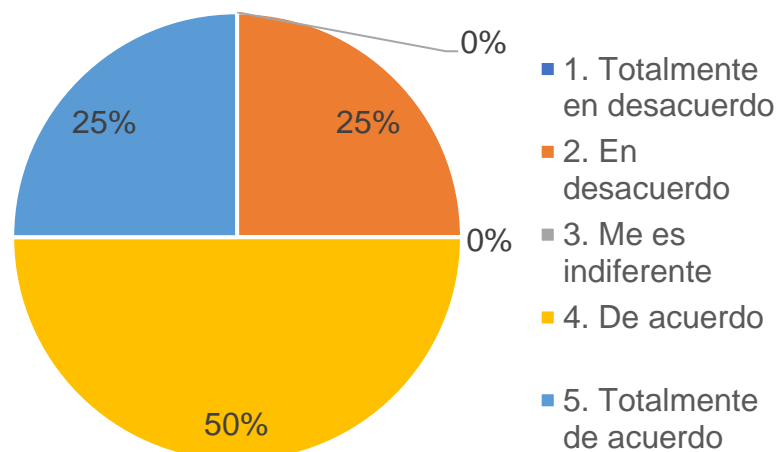
Pregunta LM37: ¿Dedicamos una parte de cada día a actividades planificadas relacionadas con el mantenimiento de equipos?



En la figura 48 se aprecia que el 75% de las empresas (25% totalmente de acuerdo y 50% de acuerdo) indican que realizan mantenimientos regularmente a sus equipos, frente a un 25% que indica que no lo realizan.

Figura 48

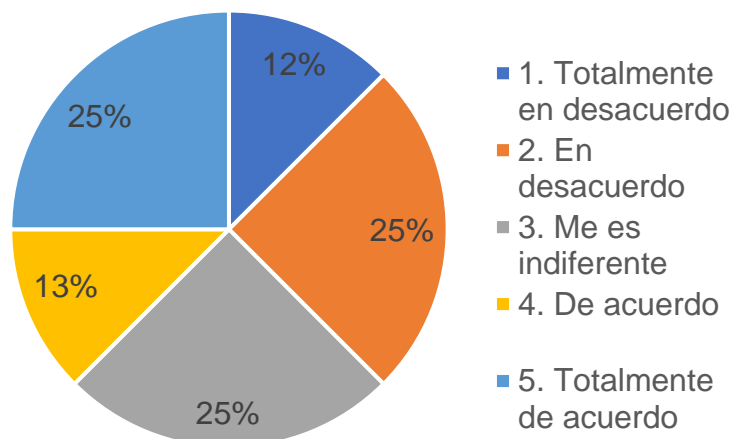
Pregunta LM38 ¿Realizamos mantenimiento a nuestros equipos regularmente?



En la figura 49 se aprecia que el 38% de las empresas (25% totalmente de acuerdo y 13% de acuerdo) indican que si mantienen registros de los mantenimientos de los equipos, frente a un 37% que indica lo contrario.

Figura 49

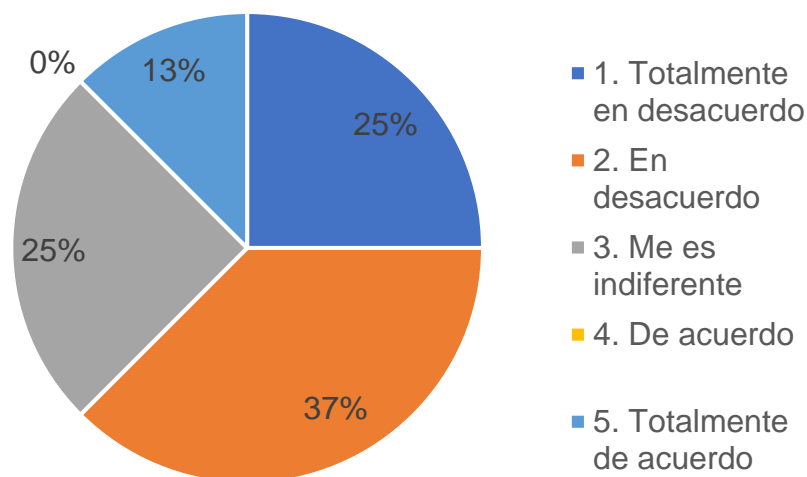
Pregunta LM39: ¿Mantenemos excelentes registros de todas las actividades relacionadas con el mantenimiento de equipos?



En la figura 50 se aprecia que el 62% de las empresas (25% totalmente desacuerdo y 37% desacuerdo) indican que no comparten activamente los registros de los mantenimientos de equipos con el personal de planta, únicamente 1 organización indica que realiza esta práctica.

Figura 50

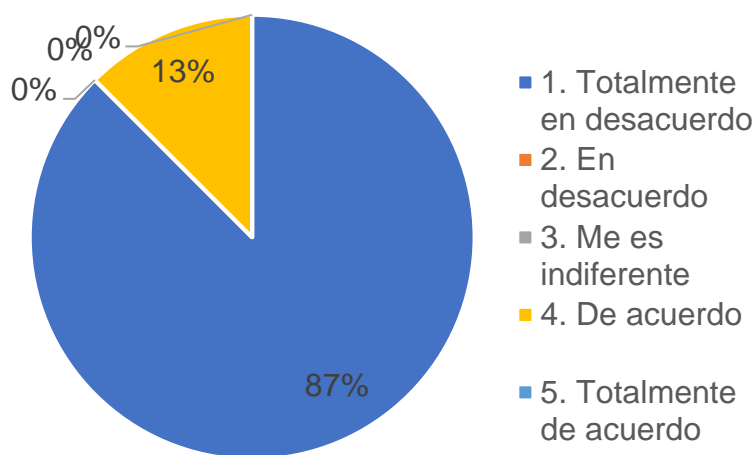
Pregunta LM40: ¿Publicamos registros de mantenimiento de equipos en el piso de producción para compartir activamente con los empleados?



En la tercera sección se encontró los siguientes resultados para cada una de las preguntas planteadas en cuanto al nivel de implementación de las tecnologías de la industria 4.0. En la figura 51 se aprecia que el 87% de las empresas indican que no cuentan con estaciones robóticas en línea en sus plantas productivas, frente a un 13% que indica que si cuentan con robots en línea.

Figura 51

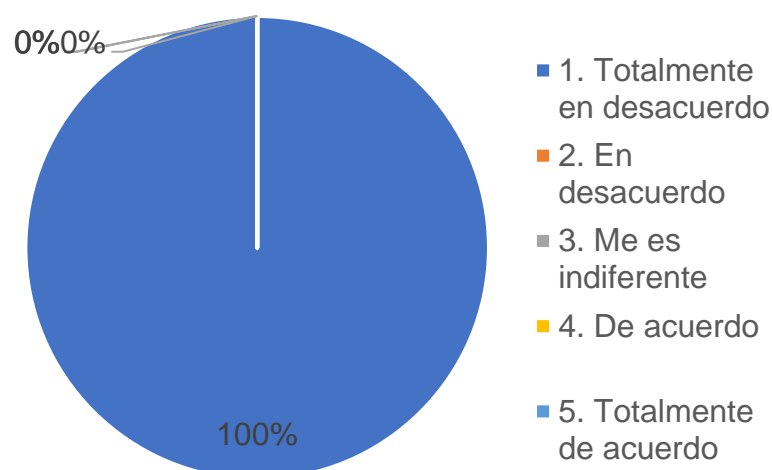
Pregunta 11: ¿Contamos con estaciones robóticas en línea?



En la figura 52 se aprecia que el 100% de las empresas indican que no cuentan con tarjetas de identificación por radio frecuencia DFID, estas tarjetas se utilizan normalmente para identificar productos.

Figura 52

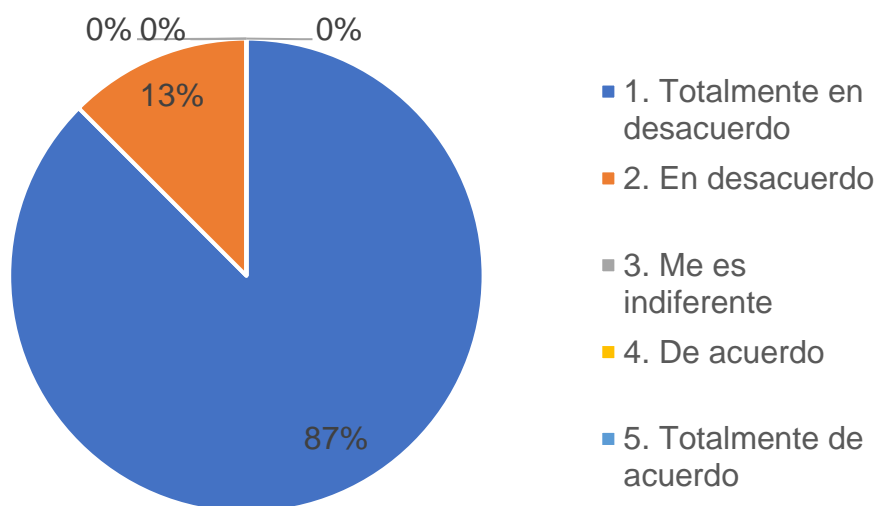
Pregunta 12: ¿Se cuentan con etiquetas de Identificación por Radio Frecuencia RFID en las unidades de trabajo?



En la figura 53 se aprecia que el 100% de las empresas no emplea escaneo de datos en tiempo real por medio de algún dispositivo inteligente.

Figura 53

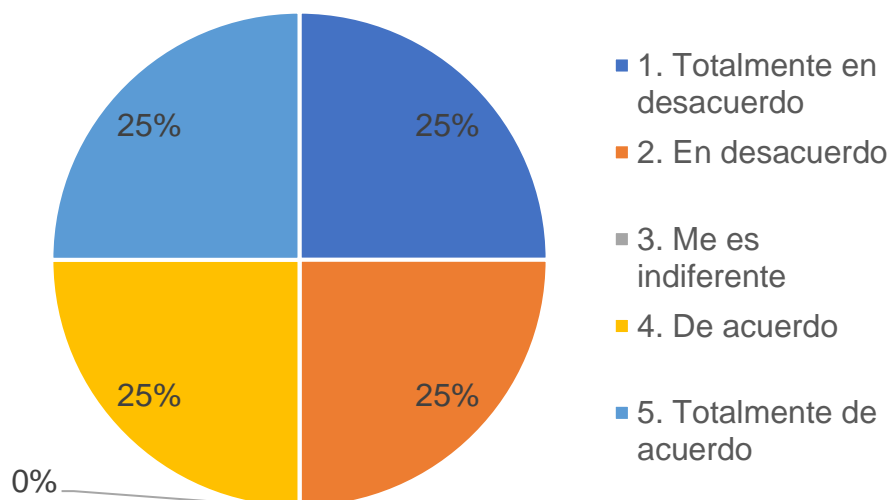
Pregunta 13: ¿Se emplea escaneo en tiempo real por aplicación de teléfono inteligente o tableta?



En la figura 54 se aprecia que el 50% de las empresas indican cuentan con máquinas con interfaces digitales y sensores, frente al 50% que indica que no lo tienen.

Figura 54

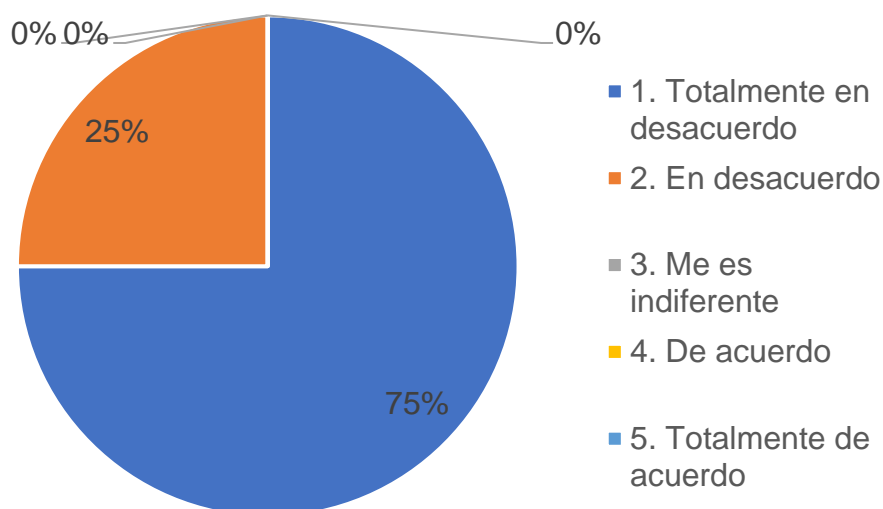
Pregunta 14: ¿Se cuenta con máquinas con interfaces digitales y sensores?



En la figura 55 se aprecia que el 100% de las empresas (75% totalmente en desacuerdo y 25% en desacuerdo) indican que no emplean realidad aumentada en sus procesos.

Figura 55

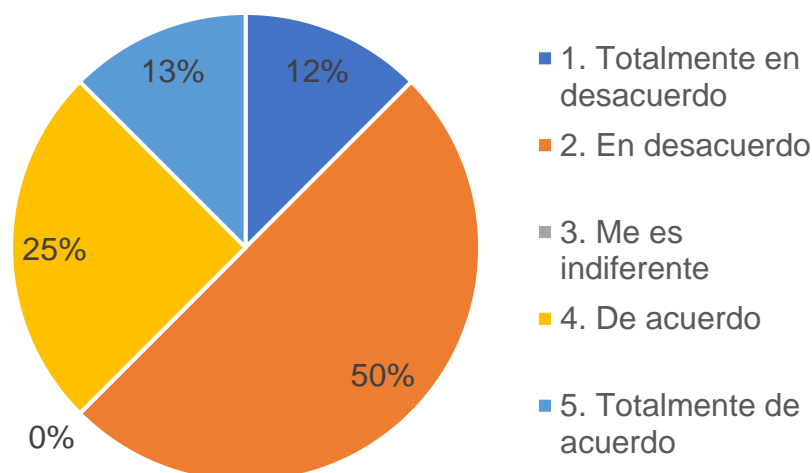
Pregunta 15: ¿Se emplea realidad aumentada en los procesos?



En la figura 56 se aprecia que el 72% de las empresas (12% totalmente en desacuerdo y 50% en desacuerdo) indican que no cuentan con sistemas de computación en la nube, frente al 38% que indican que si lo poseen.

Figura 56

Pregunta 16: ¿Se emplea sistema de computación en la nube?

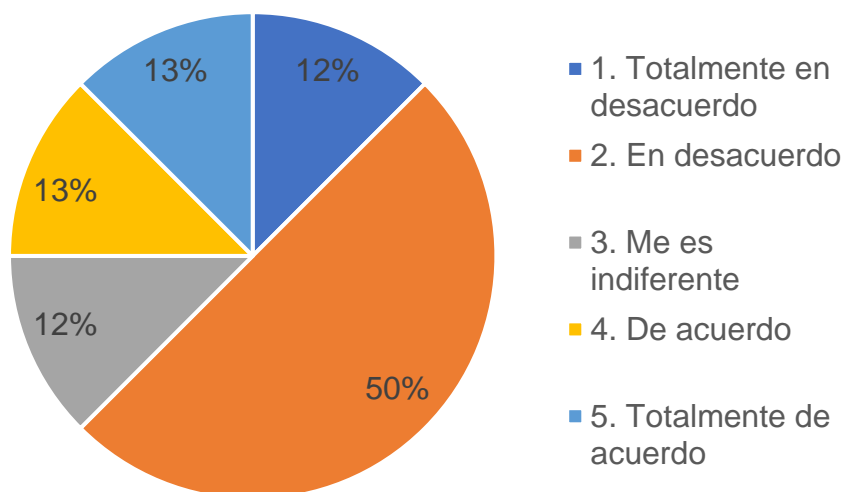


En la figura 57 se aprecia que el 72% de las empresas (12% totalmente en desacuerdo y 50% en desacuerdo) indican que no existe intercambio de datos en

tiempo real entre clientes y proveedores, frente a un 25% que indican que si lo poseen.

Figura 57

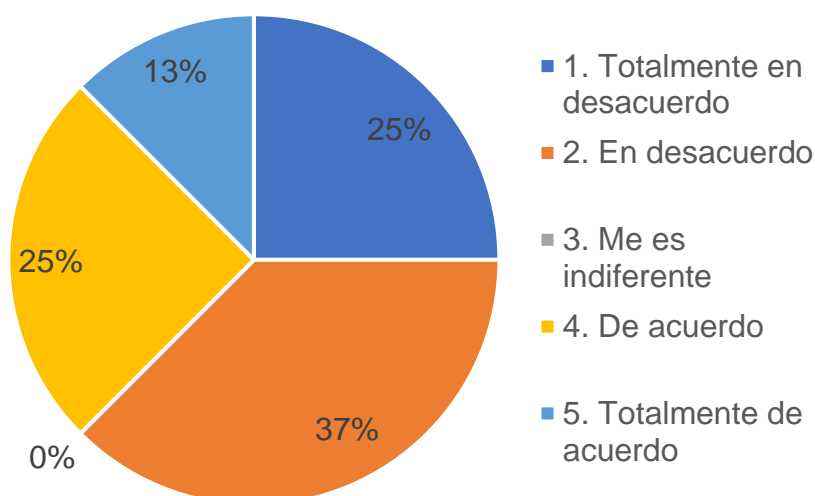
Pregunta 17: ¿Existe colaboración con proveedores/ clientes a través del intercambio de datos en tiempo real?



En la figura 58 se aprecia que el 62% de las empresas (25% totalmente en desacuerdo y 37% en desacuerdo) indican que no realizan mantenimientos predictivos a través de monitoreo de datos en tiempo real, frente a un 38% que indica que si lo realiza.

Figura 58

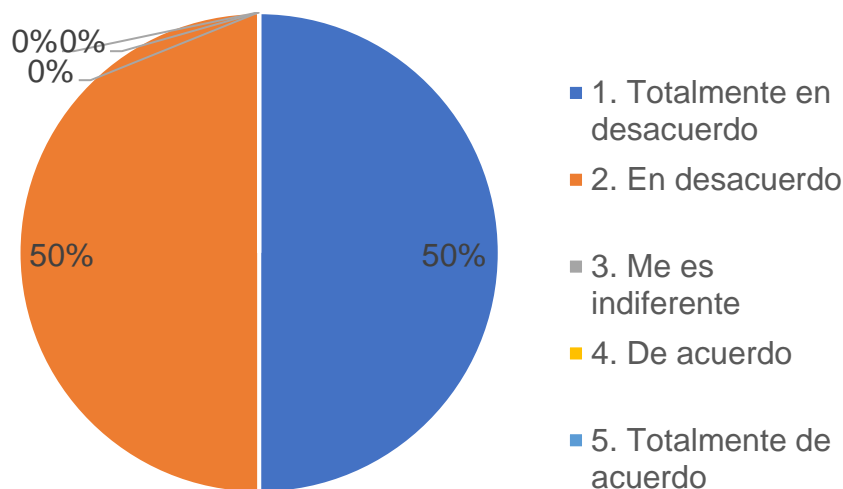
Pregunta 18: ¿Se emplea mantenimiento predictivo a través de monitoreo en tiempo real?



En la figura 59 se aprecia que el 100% de las empresas (50% totalmente en desacuerdo y 50% en desacuerdo) indican que no emplean algoritmos de inteligencia artificial y aprendizaje automático en sus procesos.

Figura 59

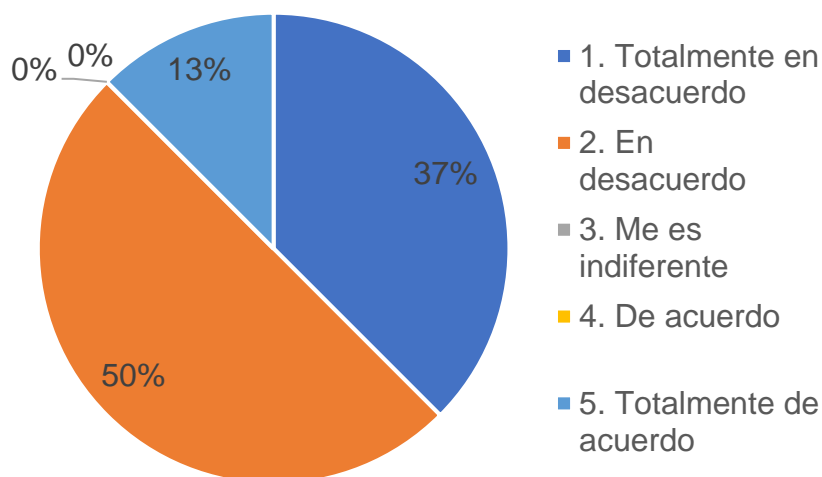
Pregunta I9: ¿Se emplea algoritmos de inteligencia artificial y aprendizaje automático?



En la figura 60 se aprecia que el 87% de las empresas (37% totalmente en desacuerdo y 50% en desacuerdo) indican que no cuentan con gestión autónoma de procesos productivos, únicamente 1 organización (13%) cuenta con gestión autónoma.

Figura 60

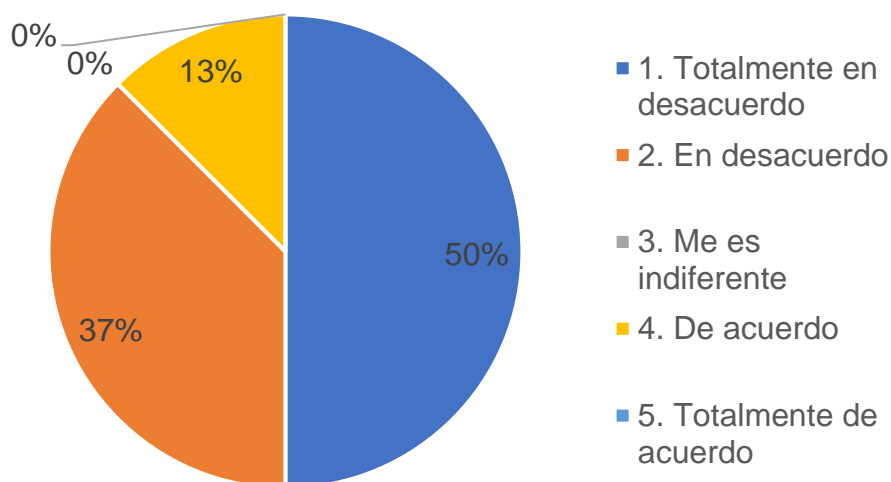
Pregunta I10: ¿Se cuenta con gestión autónoma del proceso productivo?



En la figura 61 se aprecia que el 87% de las empresas (50% totalmente en desacuerdo y 37% en desacuerdo) indican que no cuentan con gestión autónoma de procesos productivos, únicamente 1 organización (13%) cuenta con gestión autónoma.

Figura 61

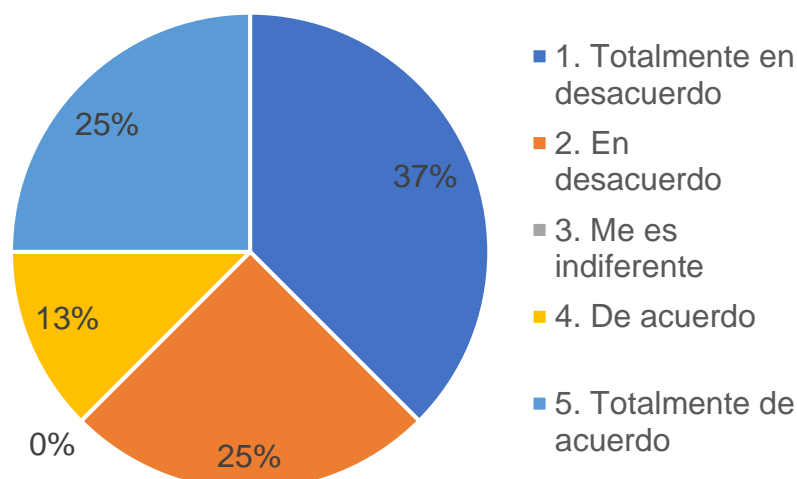
Pregunta I11: ¿Se emplea automatización digital sin sensores?



En la figura 62 se aprecia que el 62% de las empresas (37% totalmente en desacuerdo y 25% en desacuerdo) indican que no emplean sensores para identificación de productos o condiciones de funcionamiento, frente al 38% que si emplea esta técnica.

Figura 62

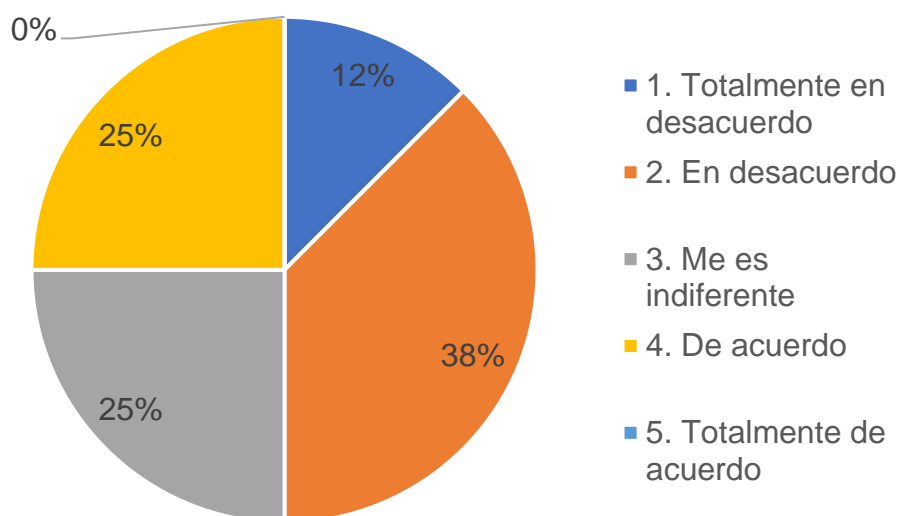
Pregunta I12: ¿Se emplea sensores para identificación de productos o condiciones de funcionamiento?



En la figura 63 se aprecia que el 50% de las empresas (12% totalmente en desacuerdo y 38% en desacuerdo) indican que no cuentan con sistemas de ingeniería integrados por computadora, frente a un 25% que si cuentan con estos sistemas.

Figura 63

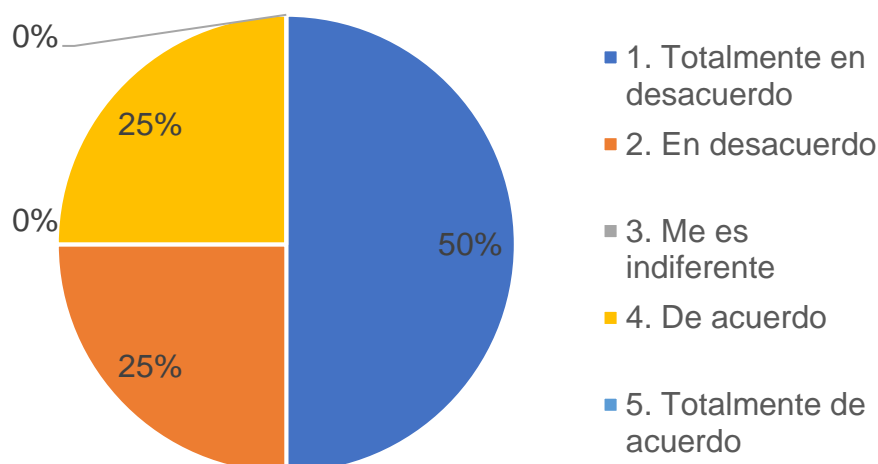
Pregunta I13: ¿Se cuenta con sistemas de ingeniería integrados por computadora?



En la figura 64 se aprecia que el 75% de las empresas (50% totalmente en desacuerdo y 25% en desacuerdo) indican que no emplean fabricación aditiva en sus procesos, frente a un 25% que si emplea esta tecnología.

Figura 64

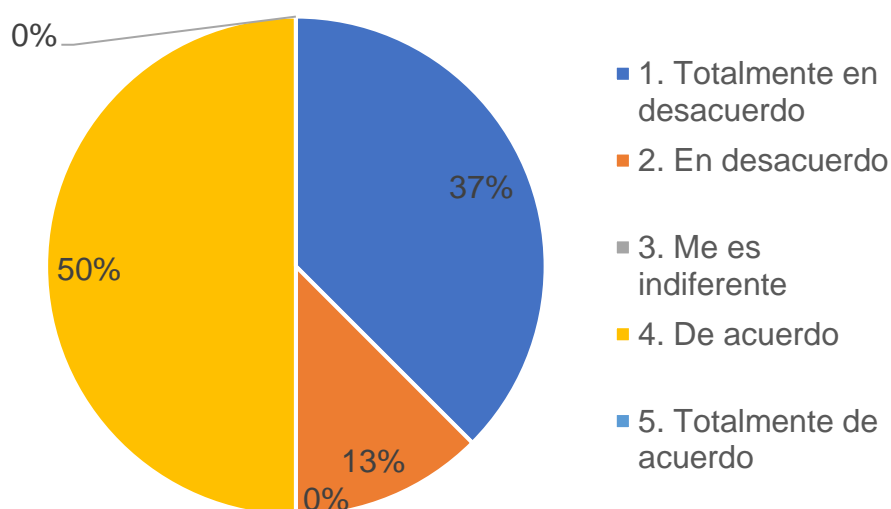
Pregunta I14: ¿Se emplea fabricación aditiva, prototipado rápido o impresión 3D?



En la figura 65 se aprecia que el 50% de las empresas (37% totalmente en desacuerdo y 13% en desacuerdo) indican que no emplean recolección, procesamiento y análisis de gran cantidad de datos (BIG DATA), frente al 50% restante que si emplea esta tecnología.

Figura 65

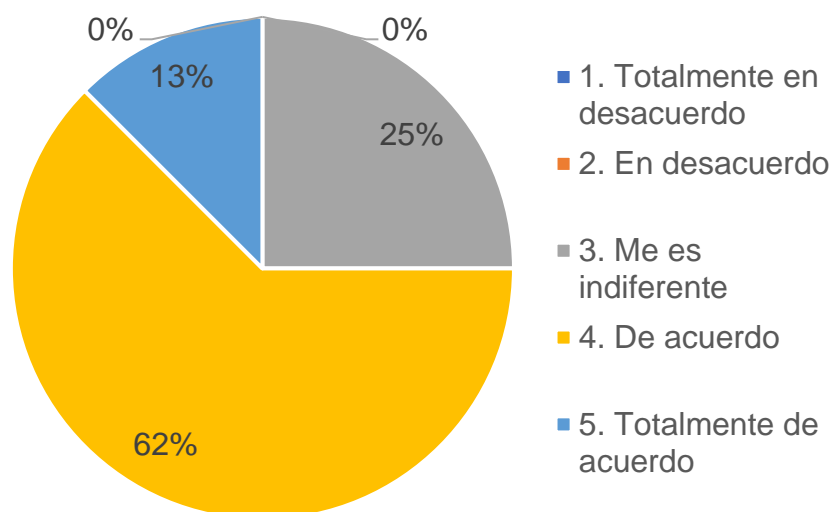
Pregunta 115: ¿Se maneja recolección, procesamiento y análisis de gran cantidad de datos (BIG DATA)?



Finalmente en la figura 66 se aprecia que el 75% de las empresas (13% totalmente de acuerdo y 62% de acuerdo) afirman que emplean internet de las cosas en sus procesos, frente a un 25% restante que se abstiene en responder.

Figura 66

Pregunta I16: ¿Se emplea el internet de las cosas?



Partiendo de los datos mostrados en las figuras anteriores y en las tablas 5 y 7, en la tabla 12 se puede apreciar el nivel de implementación de Lean Manufacturing y La industria 4.0 de cada una de las empresas encuestadas.

Tabla 12

Nivel de implementación de Lean Manufacturing e Industria 4.0 en las empresas encuestadas.

Empresa	Media LM	Grupo	Media I4.0	Grupo
A	4,175	1	3	AI
B	3,95	1	2,9375	AI
C	3,375	2	1,8125	BI
D	3,15	2	2,3125	AI
E	3,3	2	1,3125	BI
F	2,675	2	1,4375	BI
G	3,475	2	2,25	AI
H	3,4	2	2,3125	AI

En cuanto a Lean se aprecia que del total de 8 empresas únicamente la A y B formaron parte del grupo de alta implementación de las técnicas Lean

Manufacturing (ALM), mientras que las 6 empresas restantes presentaron un nivel de implementación menor con un promedio por debajo de 3,5; según expertos la filosofía Lean en América latina ha sido una de las herramientas usadas para mejorar procesos, esta se basa principalmente en eliminar desperdicios y agregar valor a los productos o servicios. De acuerdo con datos recopilados por BAIN & COMPANY citados en Alcántara, (2022) a nivel mundial el promedio de uso de esta filosofía es del 54%, en Europa es del 52%, Estados Unidos 59%, Asia 56% y América latina únicamente es del 33%(Estrada et al., 2018; Haddud & Khare, 2020).

La aplicación de Lean en Pymes de países latinoamericanos resulta limitante, debido a que la administración de la información para seguir este modelo debe ser clara, ágil y verídica, lo cual implica un costo de inversión alto y periodos de tiempo prolongados de entre 6 y más de 2 años, sin contar con los gastos adicionales de capacitaciones y reclutamiento de personal competente (Palma et al., 2022), sin embargo en esta investigación el 100% de las empresas eran grandes, con más de 200 colaboradores.

Otros de los factores determinantes al momento de implementar es la cultura organizacional del capital humano, dado que se requiere de mucho esfuerzo y controles para que el personal se comprometa a adoptar nuevas filosofías, a sabiendas de que su empleo está en juego al dejar al descubierto información verídica de sus procesos, todas estas interrogantes hasta el momento son negativas al momento de optar por esta filosofía de mejora, por tanto, al igual que otros autores se propone la creación de políticas públicas donde se primen los intereses del sector privado y público, con un fuerte aporte de la academia (Estrada et al., 2018; Palma et al., 2022).

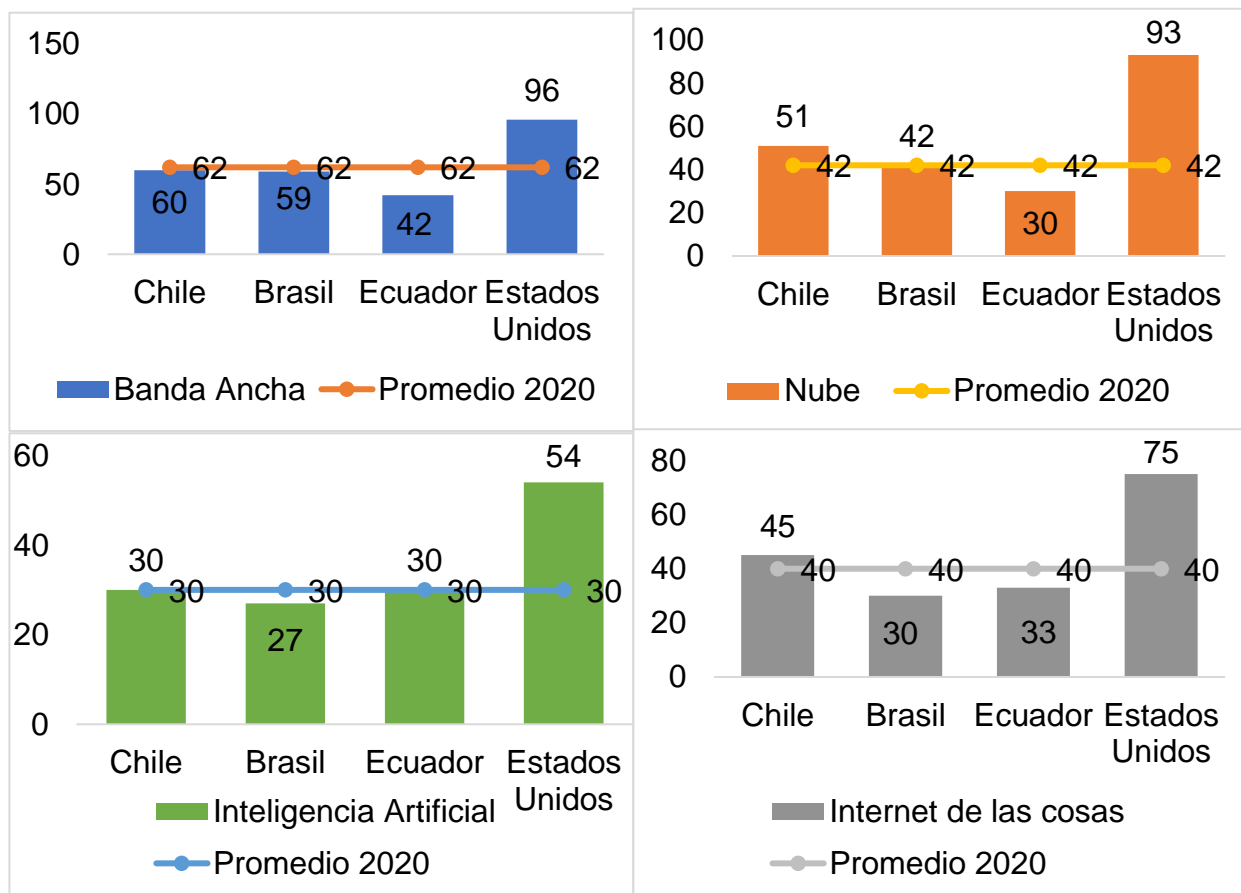
Por otro lado, en la tabla 12 también se puede apreciar que en cuanto a la adopción de las tecnologías 4.0, de las industrias que presentan altos niveles de implementación de Lean, 2 son las mismas que muestran el nivel más alto de adopción de tecnologías 4.0, con valores promedio de 3 (considerando que el valor promedio es bajo a nivel global) el resto de las industrias presentan valores inferiores a 2,5. En la categorización de empresas se puede evidenciar que las empresas de alta implementación de LM (ALM) también presentan una intensidad

análoga con las tecnologías 4.0 de mayor implementación (AI), por su parte las de baja implementación en LM (BLM) también están relacionadas con la baja implementación en 4.0 (BI) en muchos de los casos. Estos resultados refuerzan que algunas de las técnicas LM pueden tener un efecto habilitador en la adopción de las tecnologías 4.0, las técnicas de manufactura esbelta pueden servir de base sólida para el desarrollo de las tecnologías 4,0.

Los datos recopilados por HUAWEI, (2020) muestran que las industrias manufactureras latinoamericanas enfrentan brechas significativas en la adopción de las tecnologías de la nueva revolución industrial 4.0. Las tecnologías de análisis de datos (Big Data) y la nube industrial son las menos utilizadas en Latinoamérica en comparación con los países miembros de la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos (OECD), así mismo, la tecnología más utilizada tanto por países latinoamericanos como por las grandes potencias mundiales es el internet de las cosas, sin embargo de acuerdo con el informe de NACIONES UNIDAS, (2022) únicamente el 26% de los países de América latina y el caribe están entre los más digitalizados del mundo. En la figura 67 se puede apreciar la comparación del uso de 4 tecnologías facilitadoras entre países como Ecuador, Brasil, Chile y Estados Unidos.

Figura 67

Habilitadores tecnológicos, comparación entre países.



Nota: tomado de: HUAWEI, (2020)

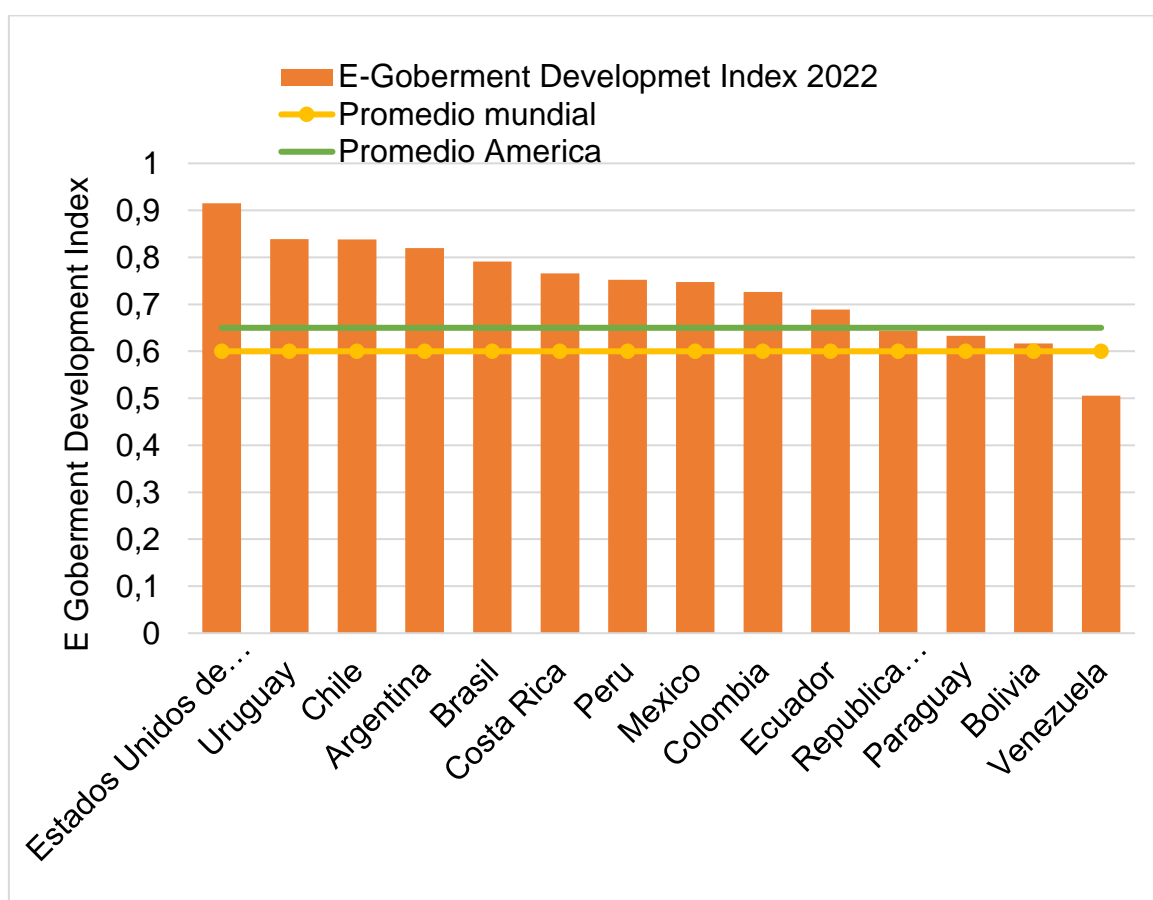
Junto con esta problemática es importante considerar que las limitaciones que enfrenta Latinoamérica no tienen que ver únicamente con el empleo de nuevas tecnologías, sino también con la calidad de la conectividad y su disponibilidad, lo cual dificulta a sobremano la adopción de otras tecnologías. De acuerdo con Russo, (2020) a nivel mundial cerca del 50% de la población aún no tiene acceso a internet, así mismo el informe NACIONES UNIDAS, (2022) indica que el uso de banda ancha en América latina no superaba el 50%, hasta antes de la pandemia COVID 19, a diferencia de los países miembros de la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico (OECD), cuyo porcentaje oscila por el 90%; así mismo denota que la velocidad de descarga de 3,6 Mbps se encuentra muy por debajo de la velocidad promedio mundial 9,1 Mbps.

De acuerdo con el Índice de Desarrollo de E-Gobierno (EGDI) planteado en el estudio realizado por las NACIONES UNIDAS en el 2022, la mayor parte de

países de América Latina se encuentran cerca o sobre el promedio mundial como se puede apreciar en la figura 68. Este índice EGDÍ analiza tres dimensiones estratégicas, la adecuación de la infraestructura tecnológica, competencias y habilidades del capital humano y la disposición de servicios digitalizados o en línea.

Figura 68

Índice de Desarrollo de E-Gobierno América Latina y EEUU.



Nota: Tomado de NACIONES UNIDAS en el 2022

Según Herrero & Piedra, (2022) y Brunheroto et al., (2021) las industrias de Brasil aún se encuentran en transición a la industria 3.0, pese a que este es el único país de la región que posee un sistema manufacturero bastante parecido al de países desarrollados, este podría compararse con Canadá y Alemania. Sin embargo el mayor problema que enfrenta la escasez de conocimiento sobre estas tecnologías, de acuerdo con el informe de la Confederación Nacional de Industrias (CNI), (2019) para el 2025 las industrias que adopten las tecnologías de la industria 4.0 reducirán sus costos hasta en 40% e incrementaran en un 25% la eficiencia de

sus procesos. Entre las empresas que ya han adoptado las tecnologías de la industria 4.0 se encuentran grandes empresas, químicas, automotrices y electrónicas (Ottonicar et al., 2019).

Muchos estudios destacan el poco desarrollo de la industria 4.0 en países como México, Colombia y Chile, sin nombrar aquellos que ni siquiera se han estudiado (De la Fuente et al., 2020). Estudios realizados por Ameri et al., (2019); Ascúa, (2021); Brunheroto et al., (2021); De la Fuente et al., (2020) en empresas de Brasil y Argentina, muestran que entre las principales motivaciones para adoptar las tecnologías 4.0 en sus procesos fueron, la reducción de costos, la optimización de los procesos, la necesidad de encontrar soluciones a una gama de problemas, las mejoras en procesos y desarrollo de productos, los cambios a nuevos modelos de negocio, la mejora de las relaciones con los clientes y la competitividad en el mercado. Sin embargo, de cara al futuro las limitaciones que existen para implementarla, hacen que esta alternativa no sea una opción definitiva en las industrias, entre los diferentes obstáculos identificados se encuentra, el desconocimiento de la existencia de estas tecnologías, la falta de infraestructura tecnológica, la escasez de capital humano calificado, la cultura organizacional, la falta de recursos, la inestabilidad económica desde el contexto macroeconómico, el grado de inversión implicado en los proyectos y el escaso desarrollo de políticas que favorezcan esta transformación digital.

A nivel nacional Ecuador ocupa el puesto número 61 de 79 países en cuanto al índice Global de Conectividad, donde se evalúa el uso de las tecnologías facilitadoras de la industria 4.0, por su parte Estados Unidos es quien encabeza la lista con el puesto número 1 (HUAWEI, 2020). En el año 2021 por primera vez Ecuador anunció su agenda digital como una herramienta de política pública frente a la emergencia sanitaria COVID19, donde se establecieron estrategias para la digitalización del sector público y privado, entre otras la optimización de los servicios públicos primordiales, como la salud, transporte, educación, servicios públicos, seguido de los sectores productivos (Maino et al., 2022).

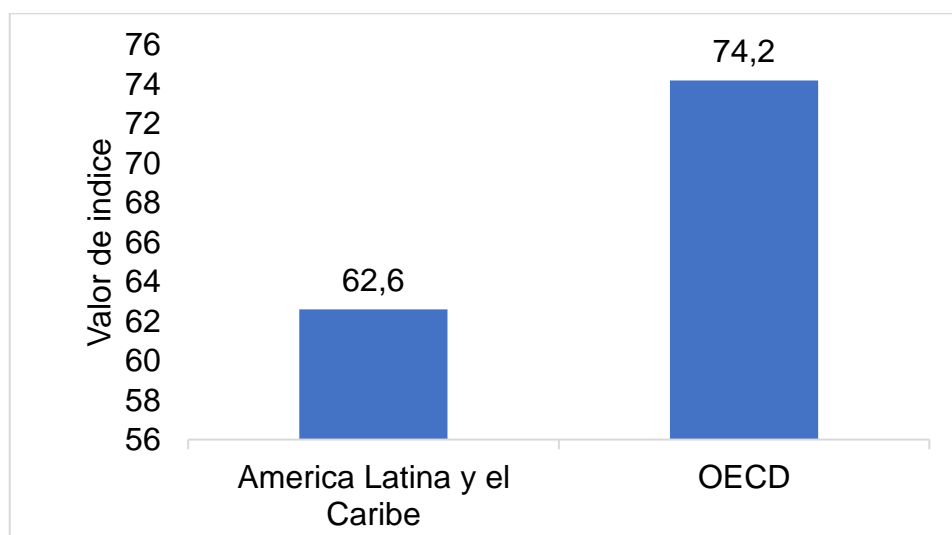
En estudios realizados por Andrango & Arroyo, (2022); Valarezo, (2019) se muestra que Ecuador aún se encuentra entre los países adoptantes de tecnologías 4.0 con un nivel de madurez muy bajo en comparación con otros países de la región como Brasil. Para que América Latina pueda formar parte de la transformación 4.0,

es primordial el enfoque en el cambio de las políticas, es por lo que la formación de profesionales con las competencias requeridas para esta nueva era debe ser uno de los ejes centrales de las estrategias de innovación digital del sector público y privado (Benavente & Suaznábar, 2018)

De acuerdo con los datos recopilados por CEPAL, (2022), se puede evidenciar en la figura 69 el estado de adopción de políticas relacionadas con la transformación digital se evidencia que América Latina y el Caribe aún se encuentra por debajo que otros países como Estados Unidos, Canadá y Alemania.

Figura 69

Pilares de políticas públicas de transformación digital América Latina y el Caribe.



Nota: Tomado de CEPAL, (2022)

4.2. INCIDENCIA DE LAS TÉCNICAS LEAN MANUFACTURING EN LA IMPLEMENTACIÓN DE LAS TECNOLOGÍAS 4.0

Para determinar la influencia de las técnicas Lean Manufacturing en la adopción de las tecnologías 4.0 se partió de los grupos formados anteriormente (ver tablas 4 y 5), alta implementación (ALM) y baja implementación (BLM), para ello se empleó el análisis t student del cual se obtuvo un valor de $p=0,01 < 0,05$ mismo que se muestra en la tabla 13, los resultados arrojan que estadísticamente si hay diferencias significativas entre ambos grupos (ALM y BLM) lo que implica

que si hay influencia entre el grado de implementación de LM y la adopción de las tecnologías 4.0.

Tabla 13

Prueba t student para igualdad de medias en el nivel de implementación de industria 4.0

		t	gl	Significación	
				P de un factor	P de dos factores
IND4	Se asumen varianzas iguales	3,139	6	0,010	0,020
	No se asumen varianzas iguales	5,656	5,267	0,001	0,002

Así mismo, con la finalidad de conocer más a fondo la interacción entre las variables se analizó la correlación mediante el coeficiente de PEARSON, para ello se realizó un primer acercamiento donde se determinó la correlación entre las variables globales de Lean Manufacturing y las tecnologías 4.0, las cuales se muestran en las tablas 9 y 10, cuyos datos se muestran en la tabla 14.

Tabla 14

Análisis de correlación entre variables globales

		IND4
LM	Correlación de Pearson	,823*
	Sig. (bilateral)	0,012

Nota: *. La correlación es significativa en el nivel 0,05 (bilateral); **. La correlación es significativa en el nivel 0,01 (bilateral).

De acuerdo con el análisis se evidencia una correlación positiva significativa del 82% entre la implementación de Lean Manufacturing y la implementación de las tecnologías de la industria 4.0. Para conocer la interacción con respecto a las subvariables específicas descendientes de las variables globales se realizó el mismo análisis, el cual se muestra en la tabla 15.

Tabla 15

Análisis de correlación entre subvariables de Lean Manufacturing e Industria 4.0.

Subvariables Lean Manufacturing		Subvariables Industria 4.0		
		Automatización	Conectividad	Innovación
Gestión de proveedores	Correlación de Pearson	0,431	0,650	0,363
	Sig. (bilateral)	0,286	0,081	0,377
Gestión de Clientes	Correlación de Pearson	0,389	0,518	0,403
	Sig. (bilateral)	0,340	0,189	0,323
Trabajo estandarizado	Correlación de Pearson	0,662	0,561	0,678
	Sig. (bilateral)	0,074	0,148	0,065
Participación de Trabajadores	Correlación de Pearson	0,410	0,406	0,224
	Sig. (bilateral)	0,313	0,319	0,593
Gestión del Mantenimiento	Correlación de Pearson	0,648	0,678	0,488

	Sig. (bilateral)	0,082	0,065	0,220
--	---------------------	-------	-------	-------

Nota: *. La correlación es significativa en el nivel 0,05 (bilateral); **. La correlación es significativa en el nivel 0,01 (bilateral).

El análisis entre subvariables muestra que no hay correlación significativa entre ninguna de las subvariables de LM y 4.0, el valor de PEARSON más cercano a 0,05 es la correlación entre la gestión de mantenimiento y la conectividad ($p=0,06$); y la estandarización con la automatización y la innovación ($p=0,07$).

Para analizar más de cerca la correlación, se analizó la interacción entre ítems encuestados de Lean Manufacturing y Tecnologías 4.0, los ítems para LM se denotan como LM ($j=1, \dots, 40$), y para las técnicas 4.0 como I ($i=1, \dots, 16$) como se muestra en la tabla 21, en esta se puede observar que el ítem LM40 de publicación de registros de mantenimiento de equipos en el piso de producción para compartir activamente con los empleados, es la pregunta que presenta mayor número de correlaciones con las tecnologías 4.0, de un total de 16 ítems esta pregunta presenta correlación significativa positiva con 7 de ellas (I4, I6, I7, I8, I10, I12, I16), muchos de ellos pertenecientes a la subvariable de conectividad.

Así mismo, los ítems LM29 que trata sobre el uso extensivo de técnicas estadísticas para reducir la variación del proceso y LM30 sobre el uso de gráficos como herramientas para mostrar la tasa de defectos, siguen esta tendencia con una correlación significativa positiva con 6 de los ítems de industria 4.0; seguido por LM28 que trata sobre el empleo del control estadístico de procesos (SPC) quien presentó 5 correlaciones positivas con (I4, I6, I7, I8, I10, I16). En todos los casos la correlación con el nivel de adopción de las tecnologías 4.0 se da con las preguntas que pertenecen a la subvariable de conectividad, que habla del uso de sensores y máquinas con interfaces digitales (I4), la nube industrial (I6), intercambio de datos en tiempo real entre proveedores y clientes (I7), gestión autónoma de procesos (I10), mantenimiento predictivo mediante el monitoreo en tiempo real (I8) y el uso del internet de las cosas (I16), bajo este contexto se puede decir que existe sinergia entre ambas prácticas.

Por el contrario los ítems que no presentan ninguna correlación con las técnicas LM son aquellos que tienen que ver con el uso de identificación de productos por radio frecuencia (RFID) (I2), escaneo en tiempo real con teléfono o Tablet inteligente (I3), el uso de realidad aumentada (I5) y big data (I15).

Todas estas tecnologías ya han sido ampliamente empleadas en muchos países del mundo, de acuerdo con los datos recopilados por HUAWEI, (2020) muestran que las tecnologías de análisis de datos (Big Data) y la nube industrial son las menos utilizadas en Latinoamérica en comparación con los países miembros de la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos (OECD), así mismo, la tecnología más utilizada tanto por países latinoamericanos como por las grandes potencias mundiales es el internet de las cosas, lo cual coincide con los resultados del presente estudio.

Un grupo menor de ítems como LM1 que trata del estrecho contacto con los proveedores presenta una correlación significativa ($p < 0,05$) negativa con los ítems I7 que habla del intercambio de datos con el cliente o proveedor en tiempo real y I10 de la gestión de autónoma de procesos; el mismo comportamiento presenta el ítem LM33 (los empleados de trabajo son clave para la resolución de problemas) y el I4 de fabricación aditiva 3D.

En general los resultados obtenidos brindan evidencia de que las técnicas LM son una base importante para la implementación de las tecnologías 4.0, de acuerdo con los grupos los niveles de implementación altos están relacionados en ambas variables, lo que implica que cuando los procesos están diseñados de manera robusta, estos tengan mayor facilidad de aplicar tecnologías innovadoras.

De acuerdo Ciano et al., (2021) en su estudio los resultados sugieren la implementación de las técnicas Lean Manufacturing antes de adoptar las tecnologías 4.0, dado que produce un efecto negativo al digitalizar y automatizar los desperdicios. Wang et al. (2016) también establece que los procesos que han adoptado las metodologías lean manufacturing, tiene mayor ventaja en la implementación de las tecnologías 4.0, sugiere que antes de implementar las tecnologías de la industria 4.0 las áreas objeto de estudio requieren un grado de orientación a procesos, es decir, deben estar definidos y estandarizados.

La producción esbelta define como puntos importantes en los procesos, la eficiencia productiva enfocada a eliminar despilfarros, la estandarización definida y la orientación al cliente, bajo esa premisa la integración horizontal y vertical de la industria 4.0 permite mejorar dichos resultados integrando a los clientes al proceso productivo(Dombrowski et al., 2017).

Los sistemas ciber físicos pueden trabajar de manera conjunta e intercambiar información con sensores, actuadores o interfaz hombre maquina en las estaciones de trabajo, dando como resultado la automatización de procesos manuales. La combinación de Lean y la automatización resulta beneficiosa desde varios aspectos, ambas favorecen un enfoque descentralizado. Algunas de las metodologías lean utilizadas y automatizadas son las tarjetas Kanban, que emplea un Kanban virtual donde toda la información es recabada mediante el uso de sensores que muchas veces envían alertas directamente a proveedores y procesos posteriores, evitando así inventarios innecesarios. Al usar las TIC Kanban se puede evitar errores en el control de producción siempre que el inventario virtual coincida con el inventario real, razón por la cual es importante primero controlar procesos (Kolberg & Zühlke, 2015).

Al combinar ambas metodologías se debe tener en cuenta que su aplicación debe proporcionar valor agregado a la organización y a sus procesos, así como también, debe implicar un riesgo bajo. Esta integración por lo general conlleva a grandes inversiones, por tanto, es importante analizar su implementación en procesos donde el ahorro de costos o los métodos de producción Lean no cumplen con los requisitos, por tal razón es importante enfocarse en una automatización inteligente de bajo costo. El riesgo de implementar las tecnologías de la I4.0 disminuye cuando se ha implementado previamente las metodologías lean, dado que son mucho más estandarizados, simplificados y transparentes (Kolberg & Zühlke, 2015).

4.3. ESTRATEGIAS PARA EL DESARROLLO DE LAS TÉCNICAS LEAN Y LA INDUSTRIA 4.0

De acuerdo con los resultados obtenidos, se evidencia que más del 50% de las empresas encuestadas presentan un bajo nivel de adopción de las tecnologías de la industria 4.0 y Lean Manufacturing, para ello y con la finalidad de promover la adopción de estas técnicas los especialistas sugieren aplicar las siguientes estrategias mostradas en la tabla 16:

Tabla 16

Estrategias para la adopción de Lean Manufacturing

CÓMO	QUIÉN	POR QUÉ
Establecer claramente que objetivos quiero lograr en mis procesos	Alta Gerencia/ Equipo Multidisciplinario	La metodología Lean Manufacturing permite mejorar la calidad de los productos, incrementar las ventas o valor de la empresa, disminución de costos de producción de la mano con la reducción de desperdicios los cuales son, tiempos de espera, movimientos incensarios, procesos incensarios, sobreproducción, defectos, inventario, transporte y no uso de habilidades (Tortorella et
Conformando equipos multidisciplinarios, donde se involucre al personal de todos los niveles de la organización.	Equipo Multidisciplinario	
Identificar el estado actual de la organización, para ello se puede hacer de las técnicas Lean Manufacturing apoyados por otras metodologías como la teoría de restricciones	Equipo Multidisciplinario	
Implementar Lean Manufacturing en la organización	Equipo Multidisciplinario	

Establecer mecanismos de seguimiento, verificación y control de lo que ya se implementó.	Equipo Multidisciplinario	al., 2019), lo cual según otros autores es necesario antes de dar el paso a la transformación digital y la adopción de las tecnologías de la industria 4.0.
CUÁNTO	El costo de implementación de estas técnicas depende en gran medida de la realidad de la organización, del número de procesos, del tamaño, sector productivo, etc. Por tanto resulta subjetivo plantear en cifras el costo estimado.	

Nota: Elaborado por el autor

A continuación se describe con más detalle la estrategia planteada en la tabla anterior.

- a) Para el planteamiento de estrategias es importante conocer que objetivo queremos alcanzar con la adopción de Lean Manufacturing en la organización, para ello a continuación se muestran algunos objetivos que se pueden alcanzar si se decide adoptar estas técnicas: mejorar la calidad de los productos, incrementar las ventas o valor de la empresa, disminución de costos de producción de la mano con la reducción de desperdicios los cuales son, tiempos de espera, movimientos incensarios, procesos incensarios, sobreproducción, defectos, inventario, transporte y no uso de habilidades (Tortorella et al., 2019).

Una vez se tengan claros los objetivos, se debe establecer un equipo multidisciplinario y esbelto, para ello es importante la participación de los trabajadores de distintas áreas y nivel jerárquico. De acuerdo con los resultados obtenidos en la presente investigación con respecto a la gestión del personal, se evidencia que el 100% de las empresas

encuestadas indican que los empleados son clave en los procesos de resolución de problemas (ver figuras 42), un 51% indican que los empleados de planta impulsan los programas de sugerencias (ver figura 43), el 50% manifiesta que los empleados de planta lideran los esfuerzos de mejora de productos/procesos (ver figuras 42), Bosman et al. (2020) manifiesta que es importante la conformación de este equipo de trabajo, así como también es clave la función del liderazgo.

El equipo multidisciplinario debe evaluar el estado actual de la organización, para ello cada miembro debe entender de que se trata la metodología y dominar cada una de las técnicas, su implementación y correlación con el resto de las herramientas. Todas las técnicas deben ser implantadas de acuerdo con la realidad de la empresa y a los objetivos que se deseen alcanzar; conocer el nivel de cultura organizacional es clave para determinar los esfuerzos que se requiere para la implementación.

Una vez se haya determinado el punto de partida, se deben alinear los procesos, poner en marcha la concientización y los distintos controles, para ello se puede hacer uso de las técnicas Lean Manufacturing, como diagramas de flujo de valor VSM, 5S, TPM, KANBAN, Just InTime, de acuerdo con Bosman et al. (2020) el papel de los altos mandos estratégicos y talento humano es fundamental. Los resultados de esta investigación arrojaron que el 62% de las empresas no emplean Kanban; un 75% de las empresas no emplean control estadístico de procesos (SPC), por tanto solo el 26% de estas organizaciones emplean técnicas estadísticas para reducir variaciones en los procesos; el 62% de las empresas no emplean gráficos de control como herramienta para mostrar la tasa de defectos, únicamente el 50% de las empresas encuestadas aplican Just in time en sus organizaciones en los procesos de abastecimiento, un 87% indicó que sus proveedores clave no se ubican cerca de sus plantas productoras, un 62% manifiesta que no se han establecido compromisos con los proveedores en cuanto a la reducción de costos, así mismo un 74% afirma que sus inventarios son gestionados por sus propias organizaciones; en cuanto a gestión de

mantenimiento los resultados muestran que un 50% de las industrias de muestra no dedican una parte de sus días a actividades planificadas relacionadas con el mantenimiento de equipos, de igual forma un 75% indica que no realizan mantenimiento a los equipos de forma regular y finalmente un 62% afirma que no se comparte información de los mantenimientos de los equipos con los procesos de producción. Teniendo en cuenta estas afirmaciones y de acuerdo con Ciano et al., (2021) las técnicas Lean manufacturing no se implementan en las empresas debido a la limitación de recursos y sobre todo por el desconocimiento de esta metodología y sus beneficios, en esta investigación se encontró que solo en el 38% de las empresas encuestadas invierten en capacitaciones interfuncionales para su personal, a nivel general los resultados obtenidos arrojaron que más del 50% de las empresas encuestadas presentan un bajo nivel de implementación de las técnicas de Lean Manufacturing.

- b) Otra alternativa para implementar Lean Manufacturing, es aplicar la teoría de restricciones, esta es una herramienta que emplea múltiples herramientas y conocimiento para analizar y simplificar sistemas de producción, se fundamenta en identificar las restricciones que pueden estar afectando al sistema, su principal herramienta es la lógica. Esta técnica consta de 5 etapas, identificar, explotar, subordinar y elevar; cada una de estas etapas debe ser aplicada en los procesos, de acuerdo con las necesidades y realidad de cada organización se debe determinar que herramienta de Lean Manufacturing se debe emplear. Quintero et al., (2019) recomiendan la realización de una evaluación interna de los procesos actuales, en la que se identifiquen las fallas y fuentes de desperdicio de alto impacto. Desde ahí se logra el planteamiento de estrategias de lean manufacturing específicas para dichos problemas y en pro del cumplimiento de los objetivos trazados. Lo esencial es partir de un estudio la metodología de la empresa; conocer las tareas diarias a las que se enfrentan los empleados, comunicarse con los cargos intermedios para analizar el impacto de las decisiones tácticas, y

reconocer a aquellos recursos serán indispensables para la planificación estratégica a largo plazo (Quintero et al., 2019).

Asimismo, es necesario extrapolar, es decir, iniciar con la implementación del Lean Management en un entorno sencillo, puesto que así apreciarán los resultados antes y con más facilidad que al aplicarlo de forma directa en un proceso complejo (Walas, Tornillo, Orellana, Fretes, & Seminario, 2022).

- c) Finalmente, se plantea la necesidad de establecer mecanismos de trazabilidad para controlar la evolución y los resultados de la implementación de lean manufacturing en una industria, para lo cual se requiere del uso de los indicadores clave que ayuden a la ponderación de costes y los resultados (Walas et al., 2022).

Estrategias para la adopción de tecnologías de la industria 4.0

Salam, (2019) establece que la existencia de esta brecha en transformación digital está dada por políticas públicas no alineadas con el sector privado y es así como propone lineamientos base para estrategias de transformación digital que promuevan políticas públicas de innovación digital, ágiles y abiertas para el sector público y privado. Especialistas en esta materia sugieren a las empresas iniciar con la aplicación de una cultura digital integral ya sea en los procesos, en la formación y operación de la mano de obra, en el ANEXO III se detallan algunos de los ejes clave para dichas propuestas, empleando la técnica 5W+H.

- a) Conectividad Digital: se debe promover el cierre de las brechas de conectividad existentes en muchos países y zonas rurales, para ello se debe implementar un modelo de innovación que permita mejorar la conectividad digital, ver en la tabla 18.
- b) Capital humano digital: Implementar un modelo para incrementar el capital humano con competencias digitales, a continuación ver tabla 19.
- c) Transformación digital en sectores públicos estratégicos (ver tabla 20).
- d) Transformación digital en Pymes: Implementar un modelo que permita la transformación digital en las industrias (ver tabla 21).

CAPITULO VI: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

6.1 CONCLUSIONES

De las 8 empresas encuestadas únicamente el 25% de estas cuentan con un nivel de implementación de Lean Manufacturing medio alto, el 75% restante presentan un nivel bajo, esto debido a que la principal brecha de acuerdo con los resultados obtenidos es la escasa aplicación de las técnicas de Lean Manufacturing, donde el 62% de las empresas no emplean Kanban; un 75% de las empresas no emplean control estadístico de procesos (SPC), por tanto solo el 26% de estas organizaciones emplean técnicas estadísticas para reducir variaciones en los procesos; el 62% de las empresas no emplean gráficos de control como herramienta para mostrar la tasa de defectos y únicamente el 50% de las empresas encuestadas aplican Just in time en sus organizaciones en los procesos de abastecimiento.

De las 8 empresas encuestadas estadísticamente el 100% de estas presentan un nivel bajo de implementación de las tecnologías de la industria 4.0, con un promedio por debajo de 2.3 en una escala de likert de 5, esto debido a que el 87% de las empresas encuestadas no cuentan con estaciones robóticas en línea, el 100% no cuenta con tarjetas de identificación por radio frecuencia RFID, no emplean escaneo de datos en tiempo real en sus procesos, no hacen uso de inteligencia artificial, ni realidad aumentada en sus procesos, el 75% no hace uso de fabricación aditiva, el 72% no cuentan con sistemas de computación en la nube, ni intercambia datos en tiempo real con sus proveedores, el 62% indica que no realiza mantenimientos predictivos empleando datos en tiempo real y únicamente el 50% emplea BIG DATA.

De acuerdo con el análisis ANOVA $p=0,01 < 0,05$ con un 95% de confianza se evidencia que si existe influencia del nivel de implementación de Lean Manufacturing en la adopción de las tecnologías de la industria 4.0, dado que se evidencia que el mismo grupo de empresas de alta implementación en Lean Manufacturing coincide con las de alta implementación de las tecnologías de la industria 4.0.

Con un 95% de confianza se determinó que no existe correlación significativa entre las subvariables, gestión de proveedores, gestión de clientes, estandarización de procesos, participación de los trabajadores, mantenimiento correspondientes Lean Manufacturing y las subvariables automatización, conectividad, innovación correspondiente a las tecnologías de la industria 4.0. Sin embargo si existe correlación significativa fuerte (99% de confianza) entre ítems específicos de cada subvariable

6.2 RECOMENDACIONES

Se recomienda profundizar el presente estudio empleando un muestreo estadístico, donde se pueda abarcar una muestra representativa de las industrias de determinado sector industrial, o lugar geográfico., de manera que los resultados que se obtengan puedan ser generalizados.

Profundizar el estudio de las estrategias para la implementación tanto de Lean Manufacturing como de la industria 4.0, de manera que se pueda conocer con más precisión cuales son los limitantes que existen actualmente en las industrias de determinado sector en el Ecuador.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Alcántara, V. (2022, September 13). *Retos y oportunidades al implementar manufactura Lean*. Tecnología Del Plástico.
- Alcácer, V., & Cruz, V. (2019). Scanning the Industry 4.0: a literature review on technologies for manufacturing systems. *Engineering Science and Technology, an International Journal*, 22(3), 899-919. doi:<https://doi.org/10.1016/j.jestch.2019.01.006>
- Almagro, L., Oliveira, L., Treppel, A., Barrett, K., Garces, O., Moreno, D., Cardona, M., De la Vega, R., De la Cruz, M., Cabot, N., Vasconcelos, F., & Venugopal, V. (2023). *REPORTE SOBRE EL DESARROLLO DE LA FUERZA LABORAL DE CIBERSEGURIDAD EN UNA ERA DE ESCASEZ DE TALENTOS Y HABILIDADES*. https://www.oas.org/es/sms/cicte/docs/Reporte_sobre_el_desarrollo_de_la_fuerza_laboral_de_ciberseguridad_en_una_era_de_escasez_de_talento_y_habilidades.pdf
- Amaya, K., & Sibrián, K. (2019). Desafíos de la Industria 4.0 y Oportunidades de Desarrollo Sostenible para América Latina y el Caribe. XII Congreso de economistas de América Latina y El Caribe. Obtenido de https://www.researchgate.net/publication/336699670_Desafios_de_la_Industria_40_y_Oportunidades_de_Development_Sostenible_para_America_Latina_y_el_Caribe
- Ameri, F., Stecke, K., Cieminski, G., & Kiritsis, D. (2019). *Advances in Production Management Systems. Towards Smart Production Management Systems* (F. Ameri, K. E. Stecke, G. von Cieminski, & D. Kiritsis, Eds.; Vol. 567). Springer International Publishing. <https://doi.org/10.1007/978-3-030-29996-5>
- Andrango, M., & Arroyo, F. (2022). Industria 4.0 y economía circular: revisión de la literatura y recomendaciones para una industria sustentable en Ecuador. *Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar*, 5(6), 14623–14638. https://doi.org/10.37811/cl_rcm.v5i6.1422
- Aragón, M. (2019). *Propuesta de modelo táctico de implementación de Industria 4.0 para la generación de ventaja competitiva en las Pymes ecuatorianas* [Ingeniería, Universidad de Cuenca]. <http://dspace.ucuenca.edu.ec/bitstream/123456789/33021/1/Trabajo%20de%20titulaci%C3%B3n.pdf>
- Ascúa, R. A. (2021). Industry 4.0 in manufacturing SMEs of Argentina and Brazil. *Journal of the International Council for Small Business*, 2(3), 203–222. <https://doi.org/10.1080/26437015.2021.1899773>
- Ayneto, X. (2019). *La industria 4.0, el nuevo motor de la innovación industrial*. <https://doi.org/orcid.org/0000-0003-4373-7603>
- Barros, P., & Saltos, M. (2022). *Proyecto de desarrollo para la optimización de procesos de manufactura el uso de tecnologías de la industria 4.0 en el área de extrusión en la empresa Platigama*. [Maestría]. Universidad Politécnica Salesiana.
- Baur, C., & Wee, D. (2015). *Manufacturing's next act*. https://timereaction.com/papers/manufacturing_next_act.pdf
- Beier, G., Ullrich, A., Niehoff, S., Reißig, M., & Habich, M. (2020). Industry 4.0: How it is defined from a sociotechnical perspective and how much sustainability it includes – A literature review. In *Journal of Cleaner Production* (Vol. 259). Elsevier Ltd. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.120856>
- Benavente, J., & Suaznábar, C. (2018, December 3). *Políticas 4.0 para la cuarta revolución industrial*. Banco Interamericano de Desarrollo (“BID”).
- Bernal, C. (2010). *Metodología de la investigación*. (Tercera edición.).

- Blanco, R., Fontodona, J., & Poveda, C. (2018). La industria 4.0: el estado de la cuestión . *RevistaEconomiaIndustrial* , 14.
- Blanchet, M., & Rinn, T. (2016). *The Industrie 4.0 transition quantified*. https://www.rolandberger.com/publications/publication_pdf/roland_berger_industry_40_20160609
- Bosman, L., Hartman, N., & Sutherland, J. (2020). How manufacturing firm characteristics can influence decision making for investing in Industry 4.0 technologies. *Journal of Manufacturing Technology Management*, 31(5), 1117–1141. <https://doi.org/10.1108/JMTM-09-2018-0283>
- Brunheroto, P. H., Tomanek, D. P., & Deschamps, F. (2021). Implications of industry 4.0 to companies' performance: a comparison between brazil and germany1. *Brazilian Journal of Operations and Production Management*, 18(3). <https://doi.org/10.14488/BJOPM.2021.009>
- Buer, S. V., Strandhagen, J. O., & Chan, F. T. S. (2018). The link between industry 4.0 and lean manufacturing: Mapping current research and establishing a research agenda. *International Journal of Production Research*, 56(8), 2924–2940. <https://doi.org/10.1080/00207543.2018.1442945>
- Cabrera, H., Rodríguez, B., León, J., & Medina, A. (2020). Ideas y conceptos básicos para la comprensión de las industrias 4.0. *Revista Universidad y Sociedad*, 2(4).
- Camargo, J., Camargo, J., & Joyanes, L. (2015). Knowing the Big Data. *Revista Facultad de Ingeniería*, 24(38), 63-77. doi: <https://doi.org/10.19053/01211129.3159>
- Carrera, A. (11 de Marzo de 2020). INDUSTRIA 4.0 EN EL ECUADOR. Obtenido de San Francisco Global: <https://sanfranciscoglobal.org/industria-4-0-en-el-ecuador/>
- Carmona, R., Neto, J. A., & Ascúa, R. (2020). *Industria 4.0 en empresas manufactureras del Brasil*. www.cepal.org/apps
- Carbonell, F. (2013). Técnicas SMED. Reducción del tiempo preparación . *3Ciencias*, 11.
- Castellano, L. (2018). Kanban. Metodología para aumentar la eficiencia de los procesos . *3Ciencias*, 11.
- CEPAL. (2022). *Datos y Hechos sobre la transformación Digital. Séptima Conferencia Ministerial sobre la Sociedad de la Información de América Latina y el Caribe*. www.cepal.org/apps
- Ciano, M. P., Dallasega, P., Orzes, G., & Rossi, T. (2021). One-to-one relationships between Industry 4.0 technologies and Lean Production techniques: a multiple case study. *International Journal of Production Research*, 59(5), 1386–1410. <https://doi.org/10.1080/00207543.2020.1821119>
- Ciano, M. P., Pozzi, R., Rossi, T., & Strozzi, F. (2019). How IJPR has addressed 'lean': a literature review using bibliometric tools. In *International Journal of Production Research* (Vol. 57, Issues 15–16, pp. 5284–5317). Taylor and Francis Ltd. <https://doi.org/10.1080/00207543.2019.1566667>
- Cruz, O., Márquez, A., & Monsreal, M. (2019). Product delivery and simulation for Industry 4.0. In M. Gunal (Ed.) *Simulation for Industry 4.0*, 81-95. doi:https://doi.org/10.1007/978-3-030-04137-3_5
- Culot, G., Nassimbeni, G., Orzes, G., & Sartor, M. (2020). Behind the definition of Industry 4.0: Analysis and open questions. *International Journal of Production Economics*, 226. <https://doi.org/10.1016/j.ijpe.2020.107617>
- Darío, M., Serna, A., Felipe, L., Zapata, C., Andrés, J., & Cortes, Z. (2014). *Mejoramiento de procesos de manufactura utilizando Kanban* (Vol. 14, Issue 27).

- De la Fuente, H., Rojas, J. L., & Leiva, V. (2020). Econometric modeling of productivity and technical efficiency in the Chilean manufacturing industry. *Computers and Industrial Engineering*, *139*. <https://doi.org/10.1016/j.cie.2019.04.006>
- De León, O. (2022). *Estrategia para la digitalización del sector productivo mediante el uso de la Internet de las cosas en los países de la Comisión Técnica Regional de Telecomunicaciones de Centroamérica (COMTELCA)*. www.cepal.org/apps
- Dombrowski, U., Richter, T., & Krenkel, P. (2017). Interdependencies of Industrie 4.0 & Lean Production Systems: A Use Cases Analysis. *Procedia Manufacturing*, *11*, 1061–1068. <https://doi.org/10.1016/j.promfg.2017.07.217>
- Estrada, F., García, A., & Alba, N. (2018). The E-strategy for lean-sigma solutions, latin american case study in a new product validation process. In *Best Practices in Manufacturing Processes: Experiences from Latin America* (pp. 297–322). Springer International Publishing. https://doi.org/10.1007/978-3-319-99190-0_14
- Florescu, A., & Barabas, S. (2022). Development Trends of Production Systems through the Integration of Lean Management and Industry 4.0. *Applied Sciences (Switzerland)*, *12*(10). <https://doi.org/10.3390/app12104885>
- Gilchrist, A. (2016). Introducing Industry 4.0. In *Industry 4.0* (pp. 195–215). Apress. https://doi.org/10.1007/978-1-4842-2047-4_13
- Gobierno de la Republica del Ecuador. (2020, September). *El Gobierno habilitará 2.000 puntos wifi y chip educativo de USD 5.59 para más de 4 millones de estudiantes*. <https://www.telecomunicaciones.gob.ec/el-gobierno-apertura-2-000-puntos-wifi-y-chip-educativo-de-usd-5-59-para-mas-de-4-millones-de-estudiantes/>
- Guerrero, M. (2016). La Investigación Cualitativa. *INNOVA Research Journal*, *1*(2), 1–9. <https://doi.org/10.33890/innova.v1.n2.2016.7>
- Haddud, A., & Khare, A. (2020). Digitalizing supply chains potential benefits and impact on lean operations. *International Journal of Lean Six Sigma*, *11*(4), 731–765. <https://doi.org/10.1108/IJLSS-03-2019-0026>
- Hernández, J., & Vizán, A. (2013). *Lean Manufacturing conceptos, técnicas e implantación*. Madrid - España: Fundación EOI.
- Hernández, R., Fernández, C., & del Pilar Baptista Lucio, M. (2014). *Metodología de la investigación, 5ta Ed.* www.FreeLibros.com
- Herrero, V., & Piedra, Y. (2022). *Industry 4.0 in Latin America: Countries and Institutions with the Greatest Innovation and Global Impact*. <https://doi.org/10.20944/preprints202208.0403.v1>
- HUAWEI. (2020). *Shaping the New Normal with Intelligent Connectivity. Mapping your transformation into a digital economy with GCI 2020*.
- ISC2. (2022). *CYBERSECURITY WORKFORCE STUDY*. Forrester Research. www.isc2.org/research
- Joyane, L. (2017). *Industria 4.0: La cuarta revolución industrial* (Primera Edición, Vol. 1).
- Kazez, R. (2009). LOS ESTUDIOS DE CASOS Y EL PROBLEMA DE LA SELECCION DE LA MUESTRA CASE STUDY AND THE PROBLEM OF SAMPLE SELECTION APORTATIONS OF DATA MATRICES SYSTEM. *Subjetividad y Procesos Cognitivos*.
- Kolberg, D., & Zühlke, D. (2015). Lean Automation enabled by Industry 4.0 Technologies. *IFAC-PapersOnLine*, *28*(3), 1870–1875. <https://doi.org/10.1016/j.ifacol.2015.06.359>
- Laniado, H., Montoya, E., & Toro, M. (2018). Estado de la Industria 4.0 en América Latina. Universidad EAFIT. Obtenido de

- <https://www.eafit.edu.co/investigacion/grupos/i-d-i-tic/transferencia-tecnologica/Paginas/estado-de-la-industria-4-0-en-america-latina.aspx>
- Lasi, H., Fettke, P., Kemper, H. G., Feld, T., & Hoffmann, M. (2014). Industry 4.0. *Business and Information Systems Engineering*, 6(4), 239–242. <https://doi.org/10.1007/s12599-014-0334-4>
- Leitao, P., Pires, F., Karnouskos, S., & Colombo, A. W. (2020). Quo Vadis Industry 4.0? Position, Trends, and Challenges. *IEEE Open Journal of the Industrial Electronics Society*, 1, 298–310. <https://doi.org/10.1109/OJIES.2020.3031660>
- Lozada, C. (2018). Desarrollo de un sistema basado en internet industrial de las cosas para el monitoreo y control de un banco de pruebas de intercambiadores de calor. Obtenido de Universidad Politécnica Salesiana: <https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/21950/1/UPS-GT003631.pdf>
- Majeed, A., & Rupasinghe, T. (2017). Internet of Things (IoT) embedded future supply chains for industry 4.0: an assessment from an ERP-based fashion apparel and footwear industry. *Int. The Journal of Supply Chain Management*, 6(1), 25-40.
- Maino, V., Chang, F., Hurtado, D., & Palacios, V. (2022). *AGENDA DE TRANSFORMACIÓN DIGITAL DEL ECUADOR 2022-2025*. <https://www.arcotel.gob.ec/wp-content/uploads/2022/08/Agenda-transformacion-digital-2022-2025.pdf>
- Mayr, A., Weigelt, M., Kühn, A., Grimm, S., Erll, A., Potzel, M., & Franke, J. (2018). Lean 4.0-A conceptual conjunction of lean management and Industry 4.0. *Procedia CIRP*, 72, 622–628. <https://doi.org/10.1016/j.procir.2018.03.292>
- Mclachlin, R. (1997). Management initiatives and just-in-time manufacturing. In *Journal of Operations Management* (Vol. 15).
- Ministerio de Producción, C. E. I. y P. (2023). *Boletín de cifras del SECTOR PRODUCTIVO*.
- MINTEL. (2022). *BENEFICIOS SOCIALES EN CONECTIVIDAD*. https://observatorioecuadordigital.mintel.gob.ec/wp-content/uploads/2022/12/RESULTADOS_MINTEL_NOVIEMBRE-2022.pdf
- Muñoz, J. (2022). DISEÑO DE UN SISTEMA LEAN MANUFACTURING PARA LA ELIMINACIÓN DE DESPERDICIOS EN PEQUEÑAS Y MEDIANAS EMPRESAS (PYMES) DE LA PARROQUIA SANTA ROSA- SALINAS, 2022. Obtenido de UNIVERSIDAD ESTATAL PENÍNSULA DE SANTA ELENA: <https://repositorio.upse.edu.ec/xmlui/bitstream/handle/46000/8343/UPSE-TII-2022-0006.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- NACIONES UNIDAS. (2022). *E-Governmet Survey 2022. The Future of Digital Government*.
- Oliveras, G. (2016). *Diseño de un Modelo de Excelencia Operacional con soporte de la Dirección y Gestión de Proyectos para la Industria 4.0* [Tesis de fin de Master, Universitat Politècnica de Valencia]. <https://riunet.upv.es/bitstream/handle/10251/77910/Oliveras%20D%20c3%adaz%20-%20Dise%c3%b1o%20de%20un%20modelo%20de%20excelencia%20operacional%20con%20soporte%20de%20la%20direcci%c3%b3n%20y%20gesti%c3%b3n%20de%20proyectos%20para%20la%20industria%204.0.pdf?sequence=3&isAllowed=y>
- Otonicar, S. L. C., Valentim, M. L. P., & Mosconi, E. (2019). Políticas públicas aplicadas à indústria 4.0: estudo comparativo entre o Brasil e o Canadá com foco na competência em informação. *Revista Iberoamericana de Ciência Da Informação*, 12(2), 558–584. <https://doi.org/10.26512/rici.v12.n2.2019.19596>

- Padilla, L. (2010). LEAN MANUFACTURING MANUFACTURA ESBELTA/ÁGIL. *Revista Ingeniería Primero*. <http://www.tec.url.edu.gt/boletin>
- Palma, J., Garay, E., & Bernal, J. (2022). Productive impact on plastic manufacturing companies in Latin America: a systematic literature review. *Proceedings of the LACCEI International Multi-Conference for Engineering, Education and Technology, 2022-July*. <https://doi.org/10.18687/LACCEI2022.1.1.179>
- Peña, B. (2023). ¿Cuánto cuesta hacer publicidad en Google Ads en Ecuador en 2023? <https://Betopenadigital.Com/Google-Ads/Cuanto-Cuesta-Hacer-Publicidad-En-Google-Ads-En-Ecuador-En-2023/>.
- Quintero, J., Andrade, J., & Leal, J. (2019). Aplicación de las herramientas lean manufacturing e industria 4.0 para la mejora en el proceso de producción de la empresa CILINDROS UCC. Obtenido de Universidad Cooperativa de Colombia: <https://repository.ucc.edu.co/items/612663e8-6599-4c26-b460-93bf46a6f346>
- Ramirez, F., Lopez, V., Hernandez, S., & Morejón, M. (2021). LEAN SIX SIGMA E INDUSTRIA 4.0 EN LEAN SIX SIGMA E INDUSTRIA 4.0, UNA REVISIÓN DESDE LA ADMINISTRACIÓN DE OPERACIONES PARA LA MEJORA CONTINUA DE LAS ORGANIZACIONES. *Revista Científica Multidisciplinaria*, 5(4), 151–168.
- Reis, M. S., & Gins, G. (2017). Industrial process monitoring in the big data/industry 4.0 era: From detection, to diagnosis, to prognosis. *Processes*, 5(3). <https://doi.org/10.3390/pr5030035>
- Retamozo, C., & Misagel, E. (2018). *Mejora de la productividad aplicando el método Lean Manufacturing en los procesos de producción de empresas manufactureras*. Universidad Privada del Norte.
- Rodrigues, M., & Hatakeyama, K. (2006). Analysis of the fall of TPM in companies. *Journal of Materials Processing Technology*, 179(1–3), 276–279. <https://doi.org/10.1016/j.jmatprotec.2006.03.102>
- Rossini, M., Costa, F., Tortorella, G. L., & Portioli-Staudacher, A. (2019). The interrelation between Industry 4.0 and lean production: an empirical study on European manufacturers. *International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, 102(9–12), 3963–3976. <https://doi.org/10.1007/s00170-019-03441-7>
- Ruiz, J., Gómez, L., & López, M. (2017). ESTUDIO DE FACTIBILIDAD BASADO EN EL MODELO 'LEAN MANUFACTURING' DIRIGIDO A LA PRODUCCIÓN DE ARTÍCULOS DE PLÁSTICO EN RDN LTDA PARA EL DISEÑO DE UN PLAN ESTRATÉGICO [Especialización]. Universidad Piloto de Colombia.
- Russo, A. (2020). *Recession and Automation Changes Our Future of Work, But There are Jobs Coming, Report Says*. World Economic Forum.
- Sabadka, D., Molnar, V., & Fedorko, G. (2017). The Use of Lean Manufacturing Techniques – SMED Analysis to Optimization of the Production Process. *Advances in Science and Technology Research Journal*, 11(3), 187–195. <https://doi.org/10.12913/22998624/76067>
- Salam, M. A. (2019). Analyzing manufacturing strategies and Industry 4.0 supplier performance relationships from a resource-based perspective. *Benchmarking*, 28(5), 1697–1716. <https://doi.org/10.1108/BIJ-12-2018-0428>
- Santander, P. (2011). Por qué y cómo hacer Análisis de Discurso. *Cinta Moebtio*, 41, 207–224. <https://doi.org/10.4067/S0717-554X2011000200006>
- Saxby, R., Cano-Kourouklis, M., & Viza, E. (2020). An initial assessment of Lean Management methods for Industry 4.0. *TQM Journal*, 32(4), 587–601. <https://doi.org/10.1108/TQM-12-2019-0298>

- Seabery. (2017). Seabery. Obtenido de Seabery: <https://seaberyat.com/es/>
- Shingo, S. (1990). *Una revolución de la producción: el sistema SMED. 3era edición*. Madrid - España: Productivity Press.
- Tortorella, G. L., & Fettermann, D. (2018). Implementation of industry 4.0 and lean production in brazilian manufacturing companies. *International Journal of Production Research*, 56(8), 2975–2987. <https://doi.org/10.1080/00207543.2017.1391420>
- Tortorella, G. L., Fogliatto, F. S., Cauchick-Miguel, P. A., Kurnia, S., & Jurburg, D. (2021). Integration of Industry 4.0 technologies into Total Productive Maintenance practices. *International Journal of Production Economics*, 240. <https://doi.org/10.1016/j.ijpe.2021.108224>
- Tortorella, G. L., Giglio, R., & van Dun, D. H. (2019). Industry 4.0 adoption as a moderator of the impact of lean production practices on operational performance improvement. *International Journal of Operations and Production Management*, 39, 860–886. <https://doi.org/10.1108/IJOPM-01-2019-0005>
- Valarezo, M. (2019). *Manufactura ecuatoriana hacia la industria 4.0: Estudio de caracterización del estado de madurez digital de las empresas de manufactura ecuatorianas*. UNIVERSIDAD SAN FRANCISCO DE QUITO.
- Wakode, R. B., Raut, L. P., Talmale, P., & Steels Pvt Ltd, B. (2015). Overview on Kanban Methodology and its Implementation laukik raut Overview on Kanban Methodology and its Implementation Student 2 Assistant Professor 3 Production Manager 1,2 Department of Mechanical Engineering. In *IJSRD-International Journal for Scientific Research & Development/* (Vol. 3). www.ijrsrd.com
- Walas, F., Tornillo, J., Orellana, V., Fretes, S., & Seminario, A. (2022). ESTRATEGIA LEAN 4.0, LA OPTIMIZACIÓN DE PROCESOS INDUSTRIALES EN EL MARCO DEL PARADIGMA INDUSTRIA 4.0. Congreso Internacional de Ingeniería Industrial – AACINI, 1-6. Obtenido de https://www.researchgate.net/profile/Federico-Walas-Mateo/publication/365898215_ESTRATEGIA_LEAN_40_LA_OPTIMIZACION_DE_PROCESOS_INDUSTRIALES_EN_EL_MARCO_DEL_PARADIGMA_INDUSTRIA_40/links/6388a685658cec21049d427a/ESTRATEGIA-LEAN-40-LA-OPTIMIZACION-DE-PROCESO
- Wang, B., Zhao, J.-Y., Wan, Z.-G., Ma, J.-H., Li, H., & Ma, J. (2016). *Lean Intelligent Production System and Value Stream Practice*.
- Zhou, K., Taigang, L., & Zhou, L. (2015). Industry 4.0: Towards future industrial opportunities and challenges. *12th International Conference on Fuzzy Systems and Knowledge Discovery (FSKD)*, 2147–2152. <https://doi.org/10.1109/FSKD.2015.7382284>.

ANEXOS

ANEXO I: ENCUESTA PARA INDUSTRIAS

La Escuela Politécnica Nacional, en cumplimiento de sus principios y misión, está interesada en promover y fortalecer el desarrollo y la competitividad de las empresas. Para cumplir este objetivo el Departamento de Ciencias Administrativas está desarrollando un proyecto de investigación sobre: *Influencia de Lean Manufacturing en la implementación de tecnologías de la industria 4.0 en un estudio de caso múltiple en empresas manufactureras de la provincia de Pichincha*, por lo tanto la presente encuesta busca conocer el grado de implementación de Lean Manufacturing y tecnologías de la industria 4.0. en los procesos de su organización.

La Universidad, garantiza la confidencialidad sobre la información suministrada en esta encuesta. Los resultados que se publicarán no mostrarán temas específicos por empresa, sino por rama de actividad. Agradecemos nos brinde unos minutos de su valioso tiempo para responder las preguntas que se mencionan a continuación:

SECCIÓN 1: INFORMACIÓN GENERAL DE LA ORGANIZACIÓN

1. Cargo de la persona que llena la encuesta

Cargo	
Gerente	
Jefe	
Coordinador	
Técnico	
Analista	
Otro	

2. Antigüedad en el cargo

Antigüedad del cargo	
De 2 a 5 años	
Igual a 5 años	
De 5 a 10 años	
Mas de 10 años	

3. Profesión

4. Tamaño de la organización (número de empleados)

Tipo de empresa	Número de empleados	
Microempresa	De 1 a 9 personas	
Pequeña	De 10 a 49 personas	
Mediana	De 50 a 199 personas	
Grande	Mas de 200 personas	

5. Ubicación

Ubicación de la empresa	
Quito	
Cayambe	
Pedro Moncayo	
Mejia	
Rumiñahui	
San Miguel de los Bancos	
Pedro Vicente Maldonado	
Puerto Quito	

6. Tiempo de actividad de la organización

Tiempo actividad	
De 2 a 5 años	
Igual a 5 años	
De 5 a 10 años	
Mas de 10 años	

7. Actividad económica de su organización:

Tipo de actividad	
Empresas del Sector Primario o extractivo	
Empresas del Sector Secundario o Industrial	
Empresas del Sector Terciario o de Servicios	

8. Sector Económico

Textiles	Maquinaria (industrial, no industrial)
Alimentos, bebidas	Metales primarios (hierro, acero, no ferrosos)
Ropa, cuero	productos fabricados de metal
Muebles (madera o metal)	Productos informáticos y electrónicos, instrumentos.
Imprenta, publicación	Equipo de transporte
Plásticos o caucho	Otro (por favor indique) _____

Para responder la sección 2 y 3 se debe hacer uso de una escala de Likert que se muestra a continuación:

Muy de acuerdo	1
Algo de acuerdo	2
Me es indiferente	3
En desacuerdo	4
Muy en desacuerdo	5

SECCIÓN 2: GRADO DE IMPLEMENTACIÓN LEAN MANUFACTURING

PRODUCCIÓN LEAN		1	2	3	4	5
LM1	Con frecuencia estamos en estrecho contacto con nuestros proveedores					

LM2	Damos retroalimentación a nuestros proveedores sobre la calidad y el desempeño de las entregas					
LM3	Nos esforzamos por establecer una relación a largo plazo con nuestros proveedores					
LM4	Los proveedores están directamente involucrados en el proceso de desarrollo de nuevos productos.					
LM5	Nuestros proveedores clave entregan a la planta en base a la técnica Justo a tiempo (JIT)					
LM6	Contamos con un programa formal de certificación de proveedores					
LM7	Nuestros proveedores se comprometen por contrato a reducir los costos anuales					
LM8	Nuestros proveedores clave están ubicados muy cerca de nuestras plantas					
LM9	Tenemos comunicación a nivel corporativo sobre temas importantes con proveedores clave					
LM10	Tomamos medidas activas para reducir el número de proveedores en cada categoría					
LM11	Nuestros proveedores clave gestionan nuestro inventario					
LM12	Evaluamos proveedores en base al costo total y no por precio unitario					
LM13	Con frecuencia estamos en estrecho contacto con nuestros clientes					
LM14	Nuestros clientes nos dan su opinión sobre la calidad y rendimiento de la entrega					
LM15	Nuestros clientes participan activamente en las ofertas de productos actuales y futuros.					
LM16	Nuestros clientes comparten con frecuencia información sobre la demanda actual y futura con el departamento marketing.					
LM17	La producción es impulsada por el envío de productos terminados					
LM18	La producción en las estaciones es impulsada por la demanda actual de la siguiente estación.					
LM19	Utilizamos un sistema de producción pull					
LM20	Utilizamos Kanban, cuadrados o contenedores de señales para el control de producción.					

LM21	Los productos se clasifican en grupos con requisitos de procesamiento similares					
LM22	Los productos se clasifican en grupos con requisitos de enrutamiento similares					
LM23	Los equipos se agrupan para producir un flujo continuo de familias de productos					
LM24	Las familias de productos determinan el diseño de nuestra fabrica					
LM25	Nuestros empleados practican configuraciones para reducir el tiempo requerido.					
LM26	Estamos trabajando para reducir los tiempos de preparación en nuestra planta					
LM27	Tenemos bajos tiempos de preparación de equipos en nuestra planta					
LM28	Una gran cantidad de equipos/procesos en el piso de producción se encuentran bajo Control estadístico de procesos (SPC)					
LM29	Hacemos uso extensivo de técnicas estadísticas para reducir la variación del proceso					
LM30	Los gráficos muestran tasas de defectos se utilizan como herramientas en la empresa					
LM31	Utilizamos diagramas tipo espina de pescado para identificar las causas de los problemas de calidad					
LM32	Realizamos estudios de capacidad de procesos antes del lanzamiento del producto					
LM33	Los empleados de planta son clave para los equipos de resolución de problemas					
LM34	Los empleados de la planta impulsan los programas de sugerencias					
LM35	Los empleados de la planta lideran los esfuerzos de mejora de productos/procesos					
LM36	Los empleados de la planta reciben capacitación interfuncional					
LM37	Dedicamos una parte de cada día a actividades planificadas relacionadas con el mantenimiento de equipos					
LM38	Realizamos mantenimiento a nuestros equipos regularmente					

LM39	Mantenemos excelentes registros de todas las actividades relacionadas con el mantenimiento de equipos.					
LM40	Publicamos registros de mantenimiento de equipos en el piso de producción para compartir activamente con los empleados.					

SECCIÓN 3: GRADO DE IMPLEMENTACIÓN INDUSTRIA 4.0

	TECNOLOGIAS 4.0	1	2	3	4	5
I1	Contamos con estaciones robóticas en línea					
I2	Se cuentan con etiquetas de Identificación por Radio Frecuencia (RFID) en las unidades de trabajo					
I3	Se emplea escaneo en tiempo real por aplicación de teléfono inteligente o tableta					
I4	Contamos con máquinas con interfaces digitales y sensores					
I5	Se emplea realidad aumentada					
I6	Se emplea sistema de computación en la nube					
I7	Existe colaboración con proveedores/ clientes a través del intercambio de datos en tiempo real.					
I8	Se emplea mantenimiento predictivo a través de monitoreo en tiempo real					
I9	Se emplea algoritmos de inteligencia artificial y aprendizaje automático					
I10	Gestionamos de forma autónoma los procesos productivos					
I11	Se emplea automatización digital sin sensores					
I12	Se emplea sensores para identificación de productos o condiciones de funcionamiento					
I13	Se cuenta con sistemas de ingeniería integrados por computadora					
I14	Se emplea fabricación aditiva, prototipado rápido o impresión 3D					
I15	Se maneja recolección, procesamiento y análisis de gran cantidad de datos (BIG DATA)					
I16	Se emplea el internet de las cosas					

ANEXO II: ANALISIS DE CORRELACIÓN DE PEARSON ENTRE ITEMS

Tabla 17

Análisis de correlación de PEARSON para cada ítem de las variables globales.

		I1	I2	I3	I4	I5	I6	I7	I8	I9	I10	I11	I12	I13	I14	I15	I16
LM1	Correlación de Pearson	0,087	0	0,087	-0,580	-0,662	-0,662	-0,729*	-0,63108	-0,45883	-0,936**	0,177705	-0,607	-0,202	0,468	0,509	-0,622
LM2	Correlación de Pearson	-0,098	0	0,293	0,245	0,447	0,348	-0,026	0,344	0,258	0,422	-0,333	0,605	0,358	0,211	0,527	0,699*
LM3	Correlación de Pearson	-0,378	0	0,378	0,158	0,577	0,385	0,103	0,089	0,000	0,408	-0,516	0,680	-0,126	0,000	0,444	0,626
LM4	Correlación de Pearson	0,143	0	-0,619	0,159	-0,073	0,509	0,504	0,078	-0,378	0,309	-0,228	-0,086	0,365	-0,103	-0,637	0,131
LM5	Correlación de Pearson	0,286	0	-0,286	0,538	0,218	0,800*	0,543	0,604	0,189	0,617	-0,098	0,400	0,476	0,309	0,067	0,788*
LM6	Correlación de Pearson	0,087	0	0,087	0,073	0,132	0,044	-0,259	0,265	0,229	0,187	-0,178	0,225	0,722*	0,187	0,265	0,335
LM7	Correlación de Pearson	0,904**	0	-0,238	0,239	-0,364	0,218	0,401	0,347	0,378	-0,103	0,943**	-0,314	0,238	0,514	-0,190	-0,079

LM8	Correlación de Pearson	0,314	0	-0,404	-0,150	-0,617	-0,343	-0,451	-0,053	-0,119	-0,388	0,153	-0,547	0,643	0,194	-0,053	-0,371
LM9	Correlación de Pearson	-0,079	0	0,552	-0,659	0,361	-0,441	-0,107	-0,093	0,209	-0,170	0,054	-0,079	-0,342	0,511	0,204	0,043
LM10	Correlación de Pearson	0,260	0	0,260	0,435	0,397	0,574	0,259	0,550	0,459	0,468	0,059	0,607	0,318	0,468	0,550	0,813*
LM11	Correlación de Pearson	0,797*	0	-0,114	0,286	-0,174	0,406	0,588	0,294	0,302	0,000	0,856**	-0,114	-0,038	0,492	-0,134	0,063
LM12	Correlación de Pearson	0,194	0	0,194	0,195	0,533	0,454	0,768*	0,519	0,513	0,503	0,291	0,318	-0,401	0,335	-0,064	0,578
LM13	Correlación de Pearson	-0,218	0	-0,218	0,000	0,333	0,333	0,415	0,359	0,000	0,471	-0,447	0,131	-0,073	0,236	-0,051	0,602
LM14	Correlación de Pearson	0,041	0	0,041	0,407	0,309	0,557	0,583	0,504	0,322	0,438	0,083	0,365	-0,473	0,350	0,352	0,693*
LM15	Correlación de Pearson	0,087	0	0,087	0,580	0,397	0,662	0,683	0,590	0,459	0,562	0,178	0,503	-0,434	0,187	0,265	0,717*
LM16	Correlación de Pearson	0,000	0	0,000	0,158	0,289	0,481	0,616	0,177	0,000	0,306	0,000	0,227	-0,504	0,204	0,000	0,417
LM17	Correlación de Pearson	0,079	0	0,079	-0,659	0,120	-0,361	-0,064	-0,352	-0,209	-0,170	-0,054	-0,299	0,342	0,000	-0,648	-0,391

LM18	Correlación de Pearson	0,194	0	0,194	0,519	0,533	0,612	0,600	0,810*	0,718*	0,670	0,185	0,566	-0,090	0,419	0,373	0,919**
LM19	Correlación de Pearson	0,051	0	0,459	-0,085	0,389	-0,234	-0,042	-0,036	0,405	0,110	0,244	0,214	0,221	-0,440	-0,419	-0,253
LM20	Correlación de Pearson	0,553	0	-0,468	0,427	-0,455	0,238	0,381	0,489	0,338	0,000	0,668	-0,332	-0,099	0,367	0,010	0,070
LM21	Correlación de Pearson	0,165	0	0,165	0,185	0,253	0,140	-0,015	-0,013	0,146	0,238	0,038	0,342	0,717	-0,476	-0,427	-0,091
LM22	Correlación de Pearson	0,114	0	0,114	0,286	0,174	0,058	-0,093	0,134	0,302	0,246	0,078	0,296	0,646	-0,492	-0,294	-0,063
LM23	Correlación de Pearson	0,000	0	0,000	0,365	0,333	0,222	0,237	0,205	0,289	0,471	0,000	0,349	0,436	-0,707	-0,615	0,000
LM24	Correlación de Pearson	-0,607	0	0,087	-0,435	0,397	-0,397	-0,071	-0,061	0,000	0,187	-0,533	-0,052	-0,202	-0,375	-0,387	-0,048
LM25	Correlación de Pearson	0,098	0	-0,293	0,082	0,149	0,149	0,132	0,481	0,258	0,422	-0,200	0,020	0,683	0,105	-0,252	0,377
LM26	Correlación de Pearson	-0,218	0	-0,218	0,000	0,333	0,111	0,178	0,154	0,000	0,471	-0,447	0,131	0,509	-0,471	-0,666	0,120
LM27	Correlación de Pearson	0,189	0	-0,567	0,000	-0,289	0,000	-0,051	0,311	0,000	0,102	-0,129	-0,340	0,693	0,204	-0,222	0,104

LM28	Correlación de Pearson	0,466	0	-0,108	0,660	0,493	0,858**	0,866**	0,884**	0,664	0,852**	0,270	0,524	0,395	0,232	-0,194	0,851**
LM29	Correlación de Pearson	0,429	0	-0,143	0,776*	0,436	0,945**	0,814*	0,838**	0,567	0,848**	0,195	0,600	0,429	0,154	-0,101	0,866**
LM30	Correlación de Pearson	0,369	0	-0,168	0,841**	0,359	0,973**	0,719*	0,748*	0,444	0,796*	0,115	0,637	0,436	0,072	-0,008	0,832*
LM31	Correlación de Pearson	0,037	0	0,037	0,125	-0,171	-0,095	-0,516	0,114	0,099	-0,080	-0,127	0,097	0,559	0,161	0,533	0,144
LM32	Correlación de Pearson	-0,378	0	-0,378	0,474	0,000	0,192	-0,103	0,266	0,000	0,408	-0,516	0,227	0,378	-0,612	-0,089	0,209
LM33	Correlación de Pearson	-0,488	0	-0,488	0,327	-0,149	0,050	-0,026	-0,023	-0,258	0,211	-0,467	-0,020	-0,033	-0,843**	-0,389	-0,162
LM34	Correlación de Pearson	0,261	0	-0,335	0,623	0,171	0,701*	0,677	0,865**	0,493	0,644	0,127	0,261	0,037	0,402	0,166	0,842**
LM35	Correlación de Pearson	0,218	0	-0,364	0,243	0,111	0,185	0,296	0,529	0,385	0,471	0,050	-0,015	0,655	-0,157	-0,564	0,201
LM36	Correlación de Pearson	0,314	0	-0,404	0,150	-0,343	-0,069	-0,158	0,200	0,119	0,000	0,153	-0,260	0,762*	-0,097	-0,305	-0,173
LM37	Correlación de Pearson	0,524	0	-0,238	-0,080	-0,364	0,024	-0,220	-0,011	-0,126	-0,206	0,163	-0,238	0,873**	0,411	-0,011	-0,079

LM38	Correlación de Pearson	0,434	0	-0,607	0,508	-0,132	0,574	0,400	0,672	0,229	0,468	0,059	0,017	0,722*	0,281	-0,143	0,526
LM39	Correlación de Pearson	0,520	0	-0,312	0,695*	0,159	0,653	0,555	0,870**	0,642	0,674	0,308	0,298	0,681	0,150	-0,171	0,631
LM40	Correlación de Pearson	0,194	0	-0,116	0,778*	0,533	0,928**	0,768*	0,810*	0,513	0,921**	-0,026	0,690*	0,323	0,000	-0,064	0,919**

Nota: *. La correlación es significativa en el nivel 0,05 (bilateral). **. La correlación es significativa en el nivel 0,01 (bilateral).

ANEXO III: ESTRATEGIAS PARA LA IMPLEMENTACIÓN DE TECNOLOGIAS DE LA INDUSTRIA 4.0

Tabla 18

Estrategia de conectividad digital para la adopción de las tecnologías de la industria 4.0 en las industrias del sector público y privado.

CÓMO	QUIÉN	POR QUÉ	CUANDO	CUÁNTO
<p>Establecer convenios publico privados para aumentar el ancho de banda y gigas para navegar. Ecuador anuncio su agenda digital como una herramienta de política pública frente a la emergencia sanitaria COVID19, donde se establecieron estrategias para la digitalización del sector público y privado, entre otras la optimización de los servicios públicos primordiales, como la salud, transporte, educación, servicios</p>	<p>Empresas proveedoras del servicio/Gobierno</p>	<p>En la presente investigación los resultados demostraron que el 75% de las empresas cuentan con internet de las cosas, teniendo en cuenta que más del 50% de las empresas encuestadas se encuentran ubicadas en zonas urbanas ubicadas en la capital del país, sin embargo,</p>	<p>2020-2025</p>	<p>Actualmente el gobierno trabaja en habilitar 2000 puntos wifi para más de 4 millones de usuarios, lo que implica una inversión de 20 millones de dólares anuales para incrementar la conectividad (Gobierno de la Republica del Ecuador, 2020).</p> <p>De acuerdo con el Ministerio de telecomunicaciones y sociedad de la información MINTEL. (2022) desde el año 2020 se han repotenciado 1596 localidades para que tengan acceso a internet 4G, lo cual ha significado hasta</p>

públicos, seguido de los sectores productivos (Maino et al., 2022).		de acuerdo con el informe de NACIONES UNIDAS, (2022)		noviembre del 2022, una inversión privada de 159 millones de dólares.
Fortalecimiento del uso de redes sociales y canales digitales, es importante dar el salto a networking.	Empresas privadas	únicamente el 26% de los países de América latina y el caribe están entre los más digitalizados del mundo,	2020-2025	De acuerdo con expertos en marketing digital en Ecuador empresas pequeñas y medianas gastan al mes alrededor de \$200 a \$1000 (Peña,2023).
Integrar el uso de internet móvil y fijo. Según Min Tin (2020) Colombia alcanzo 1,6 millones más de accesos a internet móvil que los registrados en el año 2019.	Empresas privadas	todos se encuentran por debajo del promedio de uso a nivel mundial.	2020-2025	El gobierno trabaja en habilitar, adicional a los 2000 puntos wifi, también chips con internet móvil lo cual tendrá un costo aproximado de \$5, 5 dólares, para más de 4 millones de usuarios, lo que implica una inversión de 20 millones de dólares anuales para incrementar la conectividad (Gobierno de la Republica del Ecuador, 2020).
Dar relevancia a la ciberseguridad, a la misma velocidad que incrementa el acceso a la conectividad digital avanzan los ataques y amenazas de	Empresas privadas y el Gobierno		2020-2025	De acuerdo con el Ministerio de telecomunicaciones y sociedad de la información MINTEL. (2022) se estima que hasta el 2025 la inversión pública

<p>ciberseguridad, y se acuerdo con USAID, (2022) el usuario sigue siendo el eslabón más vulnerable.</p>				<p>en este sector será de 10 millones de dólares. En cuanto al sector privado un curso de ciberseguridad tiene un costo de \$35 dólares por persona (BASC, 2023).</p>
<p>Trabajar en políticas públicas que aporten al desarrollo de la conectividad en el país.</p>	<p>Empresas privadas y el Gobierno</p>		<p>2022-2025</p>	<p>El Gobierno ha establecido una agenda de transformación digital en la cual los actores a invertir son el sector público, privado e inversión extranjera.</p>

Nota: Elaborado por el autor

Tabla 19

Estrategia de creación de capital humano con competencias digitales para la adopción de las tecnologías de la industria 4.0 en las industrias.

CÓMO	QUIÉN	POR QUÉ	CUANDO	CUÁNTO
<p>Establecer convenios publico privados, de manera que se pueda acceder a la educación con programas accesibles y becas de estudio en materias del campo de las tecnologías de la industria 4.0</p>	<p>Empresas publico/privadas</p>	<p>El recurso para realizar el trabajo técnico e innovación, desde los gerentes hasta el personal operativo deben poseer las habilidades digitales para lograrlo, haciendo uso de cursos masivos virtuales e inteligencia artificial. América latina presenta escasez de capital humano con las competencias requeridas para la adopción de estas nuevas tecnologías. Russo, (2020) estima que para el 2025 existirá una brecha de profesionales</p>	<p>2020-2024</p>	<p>Hasta noviembre del 2022 se han capacitado alrededor de 324078 personas para lo cual el gobierno y el sector privado han invertido 15,5 millones de dólares (MINTEL, 2022).</p> <p>Pero enfocando costos en un tipo de empresa, por ejemplo para una industria del sector plástico con alrededor 200 colaboradores, y 5 procesos que agregan valor, un curso que trata sobre “Industria 4.0 y transformación digital” cuesta \$ 600 dólares por persona y dura</p>

		<p>especializados en tecnología mayor a 1.25 millones, considerando únicamente al ámbito de la programación y de acuerdo con ISC2, (2022) hasta el año 2022 existió una escasez</p>		<p>450 horas de estudio (INESEN BUSSINESS SCHOL, 2023), por otro lado dependiendo del centro de estudio existen maestría que cuestan \$1400 dólares (Tech Universidad tecnológica, 2023),</p>
<p>Promover planes de capacitación internos e learning en las organizaciones, lo cual va a permitir desarrollar habilidades digitales, creatividad e innovación, en un ambiente autónomo y flexible. Las personas deben formarse desde un punto de vista innovador que promueva el autoconocimiento de la mano de las habilidades digitales. Actualmente una de las causas por las cuales no se implementa estas tecnologías es por el alto grado de conocimiento y especialización</p>	<p>Empresas privadas/ Talento humano</p>	<p>de profesionales en ciberseguridad de aproximadamente medio millón.</p>	<p>Anualmente</p>	<p>Con base en lo expuesto antes, es importante saber que para este tamaño y tipo de organización se requiere de 2 a 3 personas para manejar todo el tema de transformación digital a nivel de industria, estas personas son quienes adquieren las competencias y transmiten al resto del personal. En cuanto al sector privado actualmente existen cursos gratuitos en convenios con grandes empresas como Movistar, Claro, Microsoft, CISCO-ESPOL (MINTEL, 2022)</p>

<p>que se requiere para realizarlo (Camargo, Camargo, & Joyanes, 2015). En la presente investigación se puede apreciar que el 100% de las empresas encuestadas afirman que no emplean inteligencia artificial, ni aprendizaje automático en sus procesos, herramientas que resultarían muy útiles al momento de adquirir nuevos conocimientos.</p>				
<p>Establecimiento de alianzas con universidades y centros de negocios, para promover la educación basada en competencias, esto significa que los profesionales no solo van a dominar los conocimientos de una sola disciplina, sino que también van a adquirir una serie de habilidades y conocimientos</p>	<p>Empresas privadas/ Alta Gerencia</p>			<p>En cuanto al sector privado actualmente existen cursos gratuitos en convenios con grandes empresas como Movistar, Claro, Microsoft, CISCO-ESPOL (MINTEL, 2022)</p>

transversales que les van a permitir adaptarse con mayor facilidad a esta nueva era digital.				
Planes de compensación económica a los trabajadores más destacados, tomando como base una evaluación de desempeño por competencias.	Talento humano/Lideres de procesos productivos		Mensual	Normalmente los planes de compensación tomando como base en el tipo de industria mencionado anteriormente, suelen ser de 20 a 50 dólares por persona representados en forma de tarjetas de consumo.

Nota: Elaborado por el autor

Tabla 20

Estrategia de transformación digital en sectores públicos estratégicos para la adopción de las tecnologías de la industria 4.0 en las industrias.

CÓMO	QUIÉN	POR QUÉ	CUANDO	CUÁNTO
Transformación digital de sectores como la salud, educación, construcción y de manera general de todos los sectores estratégicos, con el fin de promover una evolución digital en primera instancia de los sectores estratégicos seguido de las industrias de toda la cadena de valor.	Empresas públicas/ Gobierno	El promover la digitalización y la adopción de las tecnologías de la industria 4.0 se traduce en innovación y mayor rendimiento de las operaciones, lo que implica que todas las funciones públicas y el estado tienen el potencial de ser más eficientes, efectivos y transparentes. Un claro ejemplo es la adopción de la	2020-2025	Toda la agenda de transformación digital propuesta por el gobierno hasta el 2025 se prevé una inversión de \$650 millones de dólares, con una inversión del sector público del 2,9%, 96% del sector privado y 0,06% de inversiones internacionales (MINTEL,2022).

<p>Digitalización en compras públicas y privadas: El estado cumple un papel fundamental como protagonista impulsor de la digitalización a través de la regularización de las compras públicas mediante la digitalización de tal manera que se promueva la innovación y la eficiencia en los servicios públicos Gilchrist, (2016). Los datos recopilados muestran que el 72% de las empresas encuestadas no emplean intercambio de datos en tiempo real con los proveedores, así como también un 72% no cuenta con sistemas de computación en la nube.</p>	<p>Empresas públicas/ Gobierno</p>	<p>gestión en línea adoptada en Reino unido y Brasil, donde cada país ahorro 1,700 y 219 millones de dólares al año respectivamente (Salam, 2019).</p>	<p>2020-2025</p>	<p>Toda la agenda de transformación digital propuesta por el gobierno hasta el 2025 se prevé una inversión de \$650 millones de dólares, con una inversión del sector público del 2,9%, 96% del sector privado y 0,06% de inversiones internacionales (MINTEL,2022).</p>
<p>Diseño de modelo de compensación para las industrias que estén en miras de implementar algunas de estas tecnologías, otorgando beneficios tributarios como reducción de impuestos.</p>	<p>Empresas públicas/ Gobierno</p>		<p>2020-2025</p>	<p>No existe un estimado del costo para esta sección, sin embargo los costos globales de la agenda digital están contemplados en el resto de las secciones.</p>

<p>Emplear Sistemas de testeo y pruebas: Donde los gobiernos puedan probar esquemas de innovación, que permitan un mejor trato y seguridad al usuario y que faciliten el aprendizaje y la interacción entre las empresas, antes de control y usuarios. Un ejemplo claro es el testeo de las nuevas tecnologías y modelos de negocio a través de sandboxes en entornos con condiciones controladas como como es el caso de Reino Unido y Singapur, así como también los testbeds en estados Unidos.</p>	<p>Empresas Públicas/ Gobierno</p>		<p>N/A</p>	<p>Dentro de los pilares de agenda digital para el Ecuador, se tiene establecido un pilar donde especifica promover la creación de Sanboxes regulatorios, sin embargo no se especifica un presupuesto aproximado (Maino,2022).</p>
--	--	--	------------	--

Nota: Elaborado por el autor

Tabla 21

Estrategia de transformación digital en Pymes para la adopción de las tecnologías de la industria 4.0 tomando como base una industria del sector plástico con 200 colaboradores.

CÓMO	QUIÉN	POR QUÉ	CUANDO	CUÁNTO
<p>Antes de iniciar con la implementación y de acuerdo con varios autores, es importante analizar si se cuenta con una previa estandarización de procesos, dado que al migrar a la digitalización sin antes estabilizar y controlar los procesos, únicamente se va a conseguir digitalizar los desperdicios. Por ello, antes de iniciar la digitalización se recomienda implementar la metodología Lean Manufacturing en los distintos procesos, para ello se puede emplear cualquiera de sus técnicas, de acuerdo con las necesidades de los procesos (Ciano et al., 2021; Wang et al.,2016) En el presente estudio se demostró</p>	<p>Empresa Privada/ Procesos</p>	<p>De acuerdo con el Ministerio de Producción, (2023) Ecuador alberga un 99,8% de pymes y es justamente en este sector donde la brecha digital es más marcada y requiere la atención con políticas específicas que promuevan el fortalecimiento tecnológico. Los centros de innovación digital son algunos de los avances que se ha adoptado en países europeos, de las</p>	<p>1 año</p>	<p>De acuerdo con Ruiz et al., (2017) para implementar Lean Manufacturing en una industria del sector plástico se requiere de alrededor de \$15.000 dólares, dividido en Planeación, diagnóstico, gestión del proyecto, planeación estratégica lean y el cierre del proyecto.</p>

<p>que si hay una influencia significativa y correlación entre el grado de implementación de Lean Manufacturing y La adopción de las tecnologías de la industria 4.0.</p>		<p>empresas encuestadas el 100% de ellas son empresas grandes con más de 200 colaboradores, sin embargo</p>		
<p>Diseño y desarrollo de medios que permitan digitalizar procesos administrativos y operativos, impulsar el uso de comercio electrónico y la transferencia de datos en tiempo real. Emplear la resolución de problemas empleando la inteligencia artificial. En la presente investigación se puede apreciar que el 100% de las empresas encuestadas afirman que no emplean inteligencia artificial.</p>	<p>Empresas privadas/ Procesos de Innovación</p>	<p>el nivel de implementación de las tecnologías de la industria 4.0 está muy por debajo que los países de primer mundo, entonces es comprensible que las empresas emergentes presenten aun un nivel más bajo o nulo, no solo en implementación sino también en conocimientos Salam, (2019).</p>	<p>1 año</p>	<p>Como se menciona anteriormente, una empresa entre pequeña y mediana, gasta alrededor de \$200 a \$1.000 dólares mensuales en marketing digital (Peña, 2023).</p>
<p>A nivel industrial promover el uso de tecnologías como fabricación aditiva, computación en la nube, big data, simulación de procesos. Integrar de manera paulatina la automatización de procesos hasta llegar a emplear robot en las líneas de producción, en</p>	<p>Empresas privadas/ Procesos de Innovación</p>			<p>De acuerdo con Barros y Saltos. (2022) para la implementación de las tecnologías de la industria 4.0 como alternativa para la optimización de procesos en</p>

<p>el presente estudio se evidencio que el 100% de empresas encuestadas indico que no emplean robots en las líneas de producción, no emplean escaneo de datos en tiempo real en sus procesos, ni realidad aumentada.</p>			1 año	<p>una industria del sector plástico puede costar alrededor de \$12.250 dólares, sin contar la adquisición de nuevos equipos o maquinarias, por ejemplo una extrusora de plástico con tecnología 4.0 puede costar más de \$77.000 dólares.</p>
<p>Planificar la implementación planteando proyectos de manera paulatina, de forma que los costos iniciales sean bajos, de acuerdo con Camargo, Camargo, & Joyanes, (2015) los altos costos de implementación es una de las razones del porque las empresas no adoptan estas tecnologías.</p>	<p>Empresas privadas/ Alta Gerencia</p>			<p>Por ejemplo en cuanto al internet 4.5G en la telefónica claro se pueden encontrar planes desde \$45 dólares mensuales; para servicios de nube industrial proveedores como Google, Nexys, Claro, Eikon S.A ofrecen en planes específicos para Pymes por sobre los \$150 dólares mensuales; paquetes de ciberseguridad para 20 computadores se encuentran</p>

				desde \$65 dólares al mes; la simulación o realidad aumentada también son tecnologías que se encuentran al alcance como por ejemplo el software Amazon Sumerian para Pymes, el cual se puede adquirir desde \$2 dólares al mes, al igual que Big Data (Aragon,2019).
--	--	--	--	--

Nota: Elaborado por el autor