

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

Mónica Janeth Guzmán Cahiguango¹

monica.guzman@epn.edu.ec

<https://orcid.org/0009-0006-1160-4194>

Escuela Politécnica Nacional
Ecuador

Jaime Luis Cadena Echeverría

jaime.cadena@epn.edu.ec

<https://orcid.org/0000-0002-3229-5371>

Escuela Politécnica Nacional
Ecuador

RESUMEN

La adopción de las tecnologías de la industria 4.0 promete ser una herramienta muy útil para optimizar procesos, está conformada por 9 tecnologías; por otro lado existe otra herramienta denominada Lean Manufacturing (LM), conformada por diversas técnicas que de igual forma se emplea para mejorar la productividad de procesos. 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 ello se empleó un diseño no experimental transeccional exploratorio con enfoque mixto. La herramienta de investigación fue una encuesta cerrada conformada por 3 secciones, el análisis de datos se realizó en el software SPSS donde se analizó la correlación con el coeficiente de PEARSON y ANOVA. Se encontró que de las 8 empresas encuestadas únicamente el 25% de estas cuentan con un nivel de implementación de Lean Manufacturing medio alto; así mismo el 100% de estas presentan un nivel bajo de implementación de las tecnologías de la industria 4.0, el análisis ANOVA $0,01 < 0,05$ con un 95% de confianza demuestra que si existe influencia del nivel de implementación de Lean Manufacturing en la adopción de las tecnologías de la industria 4.0 y el coeficiente de PEARSON indica si hay correlación significativa entre variables

Palabras clave: industria 4.0; lean manufacturan; nivel de implementación; influencia; correlación

¹ Autor principal.

Correspondencia: monica.guzman@epn.edu.ec

Influence of Lean manufacturing on the implementation of industry 4.0 technologies in a multiple case in manufacturing companies in the province of Pichincha

ABSTRACT

The adoption of Industry 4.0 technologies promises to be a very useful tool to optimize processes. It is made up of 9 technologies; On the other hand, there is another tool called Lean Manufacturing (LM), made up of various techniques that are also used to improve process productivity. This research aims to determine the classification and influence of the implementation of LM techniques in the adoption of 4.0 technologies in a multiple case study of 8 manufacturing organizations located in the province of Pichincha. For this purpose, an exploratory transectional non-experimental design with a mixed approach was used. The research tool was a closed survey made up of 3 sections, the data analysis was carried out in the SPSS software where the classification was analyzed with the PEARSON coefficient and ANOVA. It was found that of the 8 companies surveyed, only 25% of them have a medium-high level of implementation of Lean Manufacturing; Likewise, 100% of these present a low level of implementation of Industry 4.0 technologies, the ANOVA analysis $0.01 < 0.05$ with 95% confidence demonstrates that there is an influence of the level of implementation of Lean Manufacturing on the adoption of industry 4.0 technologies and the PEARSON coefficient indicates whether there is a significant evaluation between variables.

Keywords: industry 4.0; lean manufacturing; level of implementation; influence; correlation

Artículo recibido 04 noviembre 2023

Aceptado para publicación: 14 diciembre 2023

INTRODUCCIÓN

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.

Existen varias investigaciones que proporcionan información respecto a la incidencia de las tecnologías 4.0 en la implementación de las técnicas lean manufacturing. Ciano et al., (2021) en su estudio; analizó por pares dicha interacción entre ambos paradigmas, Hofmann y Rüsç (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:

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).

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 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).

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).

METODOLOGÍA

Enfoque, alcance y tipo de investigación

El estudio siguió un diseño holístico de caso múltiple, lo cual le otorga la característica de enfoque cualitativo y a su vez cuantitativo dado que para la recolección de datos se empleó un instrumento (encuesta) válida 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).

El alcance determinado para este estudio es de carácter exploratorio, por lo que se recabó 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; el tipo de investigación fue no experimental transeccional exploratorio, 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 empleó un diseño de investigación no experimental transeccional exploratorio y correlacional.

Herramienta de investigación

Los datos fueron recopilados 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). 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, por lo que los resultados obtenidos no

pretenden ser generalizados, dado que el tamaño de muestra no fue representativo desde el punto de vista estadístico.

La investigación de caso múltiple se centró en 8 industrias manufactureras de la provincia de Pichincha, estas fueron seleccionadas considerando 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 1.



Variables que caracterizan a las técnicas LM y tecnologías 4.0.

(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. 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. 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). 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), ver Tabla 1.

Tabla 1. Ítems encuestados para el nivel de implementación de Lean Manufacturing e industria 4.0

LEAN MANUFACTURING	
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.
TECNOLOGIAS 4.0	
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

Nota: Tomado de Rossini et al., (2019) y Shah y Ward (2007).

Herramienta de análisis de datos

En la presente investigación para el análisis de datos se empleó el software Statistical Package for the Social Science (SPSS), en el cual se realizó el análisis estadístico de las variables objeto de estudio. 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.

Las empresas de la muestra fueron tomadas de varios sectores productivos, en su mayoría (62,5%) fueron 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, en la Tabla 2 se muestran datos sobre las empresas 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 2. Descripción de empresas encuestadas

ID	Sector económico	Tamaño de la organización (número de empleados).	Ubicación	Tiempo de actividad
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

Para la implementación de LM se determinó dos grupos ALM y BLM (alta y baja implementación de LM respectivamente) el análisis ANOVA para determinar el agrupamiento, 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 (ver Tabla 3).

Tabla 3. Número de encuestados por 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 4, 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.

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 5, por tanto para continuar con el análisis se empleó métodos paramétricos.

Tabla 4. Número de encuestados por 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

Tabla 5. Prueba de Kolmogorov-Smirnov 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		,200d

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 y luego entre los ítems encuestados por cada variable, de acuerdo con la información de las tablas 6 y 7. Así mismo para el resto de las variables, tiempo de funcionamiento de la organización y tamaño.

Tabla 6. Variables y subvariables del nivel de implementación de Lean Manufacturing

Variable Global	Subvariable	Ítem encuestado	Subvariable	Ítem encuestado
Nivel de implementación Lean Manufacturing (LM)	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 7. 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
	Innovación	I15	
		I16	
		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.

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

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Estado actual de la implementación de Lean Manufacturing y la Industria 4.0

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. En cuanto al tamaño más del 50% de estas fueron industrias grandes con más de 200 colaboradores, el 25% fueron empresas medianas y el 13% empresas pequeñas.

En cuanto a Lean en la Tabla 8 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).

Tabla 8. 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	ALM	3	1	AI
B	3,95	1	ALM	2,9375	1	AI
C	3,375	2	BLM	1,8125	2	BI
D	3,15	2	BLM	2,3125	1	AI
E	3,3	2	BLM	1,3125	2	BI
F	2,675	2	BLM	1,4375	2	BI
G	3,475	2	BLM	2,25	1	AI
H	3,4	2	BLM	2,3125	1	AI

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, un 51% indican que los empleados de planta impulsan los programas de sugerencias y un 50% manifiesta que los empleados de planta lideran los esfuerzos de mejora de productos/procesos, Bosman et al. (2020) manifiesta que es importante la conformación de este equipo de trabajo, así como también es clave la función del liderazgo.

Así mismo, se encontró 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 *Juist 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.

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. Por otro lado, en la misma Tabla 8 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.

La encuesta permitió recopilar 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.

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

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 sobremanera 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.

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 3 y 4), 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 9, 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 9. Prueba t student para igualdad de medias en el nivel de implementación de industria 4.0

IND4	t	gl	Significación	
			P de un factor	P de dos factores
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 6y 7, cuyos datos se muestran en la tabla 10.

Tabla 10. 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).

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 1, 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 presento 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 maquinas 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).

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.

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; 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.

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 si existe correlación significativa fuerte (99% de confianza) entre la implementación de Lean Manufacturing y las tecnologías de la industria 4.0.

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
- 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>
- 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>
- 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>
- 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. (2020). INDUSTRIA 4.0 EN EL ECUADOR. Obtenido de San Francisco Global: <https://sanfranciscoglobal.org/industria-4-0-en-el-ecuador/>
- 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).
- 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/>

- 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
- 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)*.
- Kazem, 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., Kühl, 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).

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-Government Survey 2022. The Future of Digital Government.

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.
- 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>
- 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>
- 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>
- 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_PROCE

SOS_INDUSTRIALES_EN_EL_MARCO_DEL_PARADIGMA_INDUSTRIA_40/links/6388
a685658cec21049d427a/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>.