

Artículo Científico

Adopción parcial e integral de la filosofía Lean en la industria de manufactura eléctrica y electrónica en México

Partial and integral adoption of Lean philosophy in the electrical and electronics manufacture industry in México

Jesús Arturo Chávez-Pineda^{1*}

¹ TecNM-Instituto Tecnológico de Delicias. Carretera Rosetilla Km 3.5 Cd. Delicias Chihuahua México.

*Correspondencia: Correo electrónico: jesus.cp@delicias.tecnm.mx (Jesús A. Chávez-Pineda)

DOI: <https://doi.org/10.54167/tch.v16i3.1048>

Recibido: 1 de septiembre de 2022; **Aceptado:** 15 de diciembre de 2022

Publicado por la Universidad Autónoma de Chihuahua, a través de la Dirección de Investigación y Posgrado

Resumen

Las organizaciones consideran a la filosofía Lean como un enfoque gerencial crucial para mejorar el desempeño operativo. El objetivo de este análisis es conocer en qué grado se han adoptado las técnicas Lean dentro de la industria maquiladora en México. Un segundo objetivo analizar si estas técnicas se han adoptado de forma integral o parcial utilizando como modelo la casa del sistema de producción Toyota, en la industria maquiladora de manufactura eléctrica y electrónica en México. Se obtuvo una muestra de 83 plantas de manufactura, las técnicas Lean fueron identificadas por medio de un análisis de conglomerados en alta y baja implementación. A partir de esta clasificación de las plantas maquiladoras de manufactura eléctrica y electrónica (PMME) se catalogaron en plantas de manufactura con una adopción parcial o integral. Los resultados mostraron evidencia de que la mayoría de las plantas de manufactura han preferido una adopción parcial de estas técnicas mientras que un menor porcentaje ha realizado una adopción integral con un alto grado de implementación.

Palabras clave: filosofía Lean, Sistema de Producción Toyota (TPS), Industria Maquiladora, Industria Maquiladora Eléctrica, Industria Maquiladora Electrónica, México.

Abstract

Lean philosophy is considered by worldwide organizations as a crucial management focus to

improve operational performance. This research is focused to know the adoption degree of Lean techniques in the manufacture maquiladora industry in Mexico. A second objective of this research is to analyze if Lean techniques have been adopted under an integral or partial approach, using as a model the TPS house in the electrical and electronics industry in México. From a sample of 83 maquiladora plants, Lean techniques were identified by a cluster analysis in high and low implementation. Plants were classified in partial or integral adoption according to the research model. Results show evidence that most of the plants under study show a partial adoption of Lean techniques and a lower proportion of plants show an integral adoption with high implementation degree.

Keywords: Lean Philosophy, Toyota Production System (TPS), Maquiladora Industry, Electrical Maquiladora Industry, Electronics Maquiladora Industry, Mexico.

1. Introducción

Las organizaciones de manufactura en todo el mundo, están tratando de adoptar la filosofía Lean desarrollada a partir de la adaptación del Sistema de Producción Toyota (TPS por sus siglas en inglés) buscando mejorar su desempeño (Abdallah *et al.* 2019). La filosofía Lean se considera un enfoque gerencial crucial para optimizar el desempeño operativo. En los últimos años, algunos investigadores han documentado varios principios y prácticas utilizadas por Toyota bajo el concepto de Lean (Womack y Jones, 1996; Spear y Bowen, 1999; Liker, 2004). Existe suficiente evidencia de que la adopción adecuada de esta filosofía ofrece grandes beneficios a las compañías que la implementan (Netland y Ferdows, 2016), sin embargo, también existe evidencia de que no muchas compañías han sido exitosas en su implementación (Papadopoulou y Özbayrak, 2005) y es mayor la proporción de aquellas compañías que han tenido problemas y en consecuencia en lograr los resultados esperados (Baker, 2016). La incapacidad de las compañías de manufactura por imitar el TPS bajo el concepto de manufactura esbelta y sus fallas en alcanzar el desempeño logrado por Toyota ha propiciado múltiples investigaciones para descubrir los secretos detrás del éxito de este sistema (Yadav *et al.* 2019). No obstante, a pesar de su importancia, son pocas las investigaciones sobre este tema que se han realizado en México (Negrão *et al.* 2016; Psomas y Antony, 2019).

En investigaciones realizadas con respecto a la adopción de las técnicas Lean, se han incluido empresas de las industrias eléctrica y electrónica, pero son pocos los estudios que se identifican en donde se haya investigado exclusivamente la adopción de las técnicas Lean en este sector. Por ejemplo, Taj y Morosan (2011) estudiaron la adopción de las técnicas Lean en 65 plantas de manufactura en China, de las cuales, siete pertenecían al sector de telecomunicaciones y electrónica. En el caso específico del sector eléctrico y electrónico, autores como Venkat Jayanth *et al.* (2020) han estudiado la implementación de las técnicas Lean en la industria eléctrica en la India. Estos autores concluyeron que las técnicas consideradas en su investigación podían mejorar la productividad y la calidad en un 23 %. En otro estudio, Wong (2011) indagaron mediante estudios de casos la adopción de estas técnicas en Malasia. Doolen y Hacker (2005) estudiaron al sector electrónico dentro de la región del Noroeste del pacífico en los Estados Unidos de Norteamérica y concluyeron que las plantas del sector bajo estudio han implementado un amplio rango de estas prácticas y consideraron que el grado de adopción de las técnicas Lean dependía de factores económicos, operativos y organizacionales.

En el caso particular de México, se ha estudiado el grado de implementación de la manufactura esbelta en 60 maquiladoras de los sectores aeronáutico, automotriz, electrónico y equipo médico en la industria maquiladora (Piña *et al.* 2018). García-Alcaraz *et al.* (2022) estudiaron la relación entre las técnicas Lean aplicadas al flujo de materiales y su impacto con la sustentabilidad en 100 plantas maquiladoras de los sectores automotriz, médico, eléctrica, electrónica, logística y metalmecánica. Sus resultados indican que la técnica de 5S, es una herramienta Lean con efectos positivos sobre la reducción de los tiempos de preparación de la maquinaria y equipo (SMED por sus siglas en inglés) y flujo continuo. Mientras que Chávez-Pineda (2021) estudió la adopción parcial e integral de las prácticas de manufactura esbelta en 222 plantas maquiladoras de manufactura de los sectores aeronáutico, automotriz, electrónico, equipo médico y otros, así como las diferencias entre los grados de implementación de las prácticas de manufactura esbelta, por el tipo de industria, tamaño y tiempo de adopción (Chávez-Pineda, 2021). Sin embargo, no se conoce ningún estudio que documente el grado de adopción de las prácticas Lean específicamente en las plantas maquiladoras de manufactura eléctrica y electrónica (PMME) en México.

Por otra parte, el TPS se considera como el mejor ejemplo, el más desarrollado y más exitoso del pensamiento sistémico aplicado a la organización de negocios (Seddon y Caulkin, 2008; Marksberry, 2012). Sin embargo, cuando el TPS se adapta a otras compañías, bajo el concepto de Lean, no se adopta como un sistema integral como se concibe al Justo a Tiempo (JIT por sus siglas en inglés) o TPS, sino como un “conjunto de herramientas” en lugar de un sistema integral. En este sentido el enfoque dominante dentro de la industria maquiladora considerando los sectores automotriz, aeroespacial, eléctrica y electrónica, médica y otros en México es considerado como un conjunto de herramientas y no como un sistema integral como se propone bajo la teoría del TPS (Chávez-Pineda, 2022).

Debido a que existen pocos estudios cuantitativos sobre la adopción exitosa de las técnicas Lean en México, este conocimiento representa un área importante de investigación en México. Por lo tanto, el objetivo fue analizar qué enfoque de adopción han utilizado las plantas maquiladoras de manufactura de las industrias eléctrica y electrónica en México. En la búsqueda de este objetivo se establecieron las siguientes preguntas de investigación ¿Cuáles son las técnicas Lean que tienen un alto grado de implementación en la industria maquiladora de manufactura eléctrica y electrónica en México? ¿Cuál es el enfoque dominante en la adopción de Lean en las PMME?

2. Antecedentes

La industria maquiladora en México

La industria maquiladora se puede definir como el grupo de plantas que participan en manufactura, las cuales importan y ensamblan componentes para su posterior exportación (Velázquez *et al.* 2006). Estas plantas tienen, sin duda, un papel central en la estrategia de desarrollo en México. Debido a que genera 2.7 millones de empleos, utilizan US\$13,647 millones en importaciones y exportan US\$17.17 millones (Guajardo-Quiroga, 2007). Además, tienen sistemas de producción altamente tecnificados, siendo las metodologías Lean ampliamente utilizadas dentro de esta industria (García-Alcaraz *et al.* 2021). De acuerdo con Index Ciudad Juárez, Chihuahua (2022) en México existen 5,203 establecimientos con permisos IMMEX (Industria Manufacturera, Maquiladora y Servicios de Exportación) operando, que se distribuyen principalmente en Baja

California (929), Nuevo León (674), Chihuahua (491), Coahuila (391), Tamaulipas (363) y Guanajuato (391) que emplean a 2.9 millones de empleados en donde Chihuahua es el mayor generador de empleos de esta industria que representa el 18 % a nivel nacional. El 65 % de los empleos está concentrado por orden de importancia en Chihuahua, Baja California, Nuevo León, Coahuila y Tamaulipas.

La industria maquiladora eléctrica y electrónica en México

La industria electrónica es uno de los sectores productivos más importantes en el mundo. En 1999 esta industria representaba la segunda más grande después de la industria automotriz en los Estados Unidos de Norteamérica. En México por el año 2001, la industria electrónica representaba el 30 % de las exportaciones totales, 10 % de las inversiones, 9.2 % del empleo, 9 % de las remuneraciones y 5.8 % del PIB (Producto Interno Bruto) (Shatan y Castilleja, 2004). En conjunto la industria maquiladora eléctrica y electrónica sumaba 616 establecimientos con 345,000 empleados en el 2004 (Diaz-Gonzalez, 2006).

Las técnicas de TPS y Lean

Resulta claro que la evidencia empírica indica que una adopción parcial de las técnicas Lean tienen un impacto favorable sobre el desempeño operativo (Negrão *et al.* 2016). Aún así, algunos investigadores consideran más conveniente adoptar más técnicas Lean que solamente una o dos de ellas. Una implementación aislada de ellas es una de las principales barreras en la adopción de Lean (Jasti y Kodali, 2014). Por otra parte, también existe evidencia de que a mayor grado de implementación de las técnicas Lean mayor es el desempeño operativo (Ghosh, 2012; Nawanir *et al.* 2013).

Muchas compañías han descubierto que una implementación aislada y selectiva de los elementos que componen al TPS, adoptados bajo el enfoque Lean, no han resultado en una mejora continua sostenible (Lander y Liker, 2007). La clave de la "Forma Toyota" no son los elementos individuales, sino contar con todos los elementos e integrarlos como un sistema los cuales deben ser practicados todos los días (Ohno, 1988).

Aunque algunos investigadores han tratado de identificar las principales técnicas de manufactura esbelta, no existe un consenso al respecto (Shah y Ward, 2003). Esta falta de consenso se debe a que la manufactura esbelta ha sido considerada como una "caja de herramientas" (Bicheno y Holweg, 2009). Esta falta de consenso ha ocasionado que tanto los profesionales como los investigadores estudien diferentes conjuntos de técnicas bajo los mismos conceptos (Nawanir *et al.* 2013). Algunos autores consideran que la selección de las técnicas Lean dependen de la estrategia de manufactura de las compañías (Doolen y Hacker, 2005).

La casa del sistema de producción Toyota (CSPT)

Por las razones antes mencionadas se utilizó la casa del TPS como modelo de investigación para integrar las técnicas de Lean (Fig.1). Aunque se han publicado diferentes versiones de la CSPT (Japanese Management Association, 1985; Liker y Morgan, 2006; Hernández y Vizán, 2013; Lean

certification Alliance, 2021), estas no tienen grandes diferencias con respecto a las técnicas que la integran. La CSPT se divide en el techo, dos pilares y una base. En el techo se identifica el estado ideal del sistema (Spear y Bowen, 1999). Los pilares representan a dos grandes sistemas Jidoka y justo a tiempo. Estos se fundamentan en la base de estabilidad operativa (Lean certification Alliance, 2021). Por otra parte, las principales diferencias entre las diferentes versiones de la CSPT se encuentran en el centro y están relacionadas con las personas o el sistema social. Por ejemplo, mientras que Lean certification alliance (2021) y Productivity Development Team (1999) consideran al centro de la CSPT la mejora continua, reducción de desperdicios y el trabajo en equipo, la Japanese Management Association (1985) señalan como el centro de la CSPT al respeto por las personas. Fig.1.

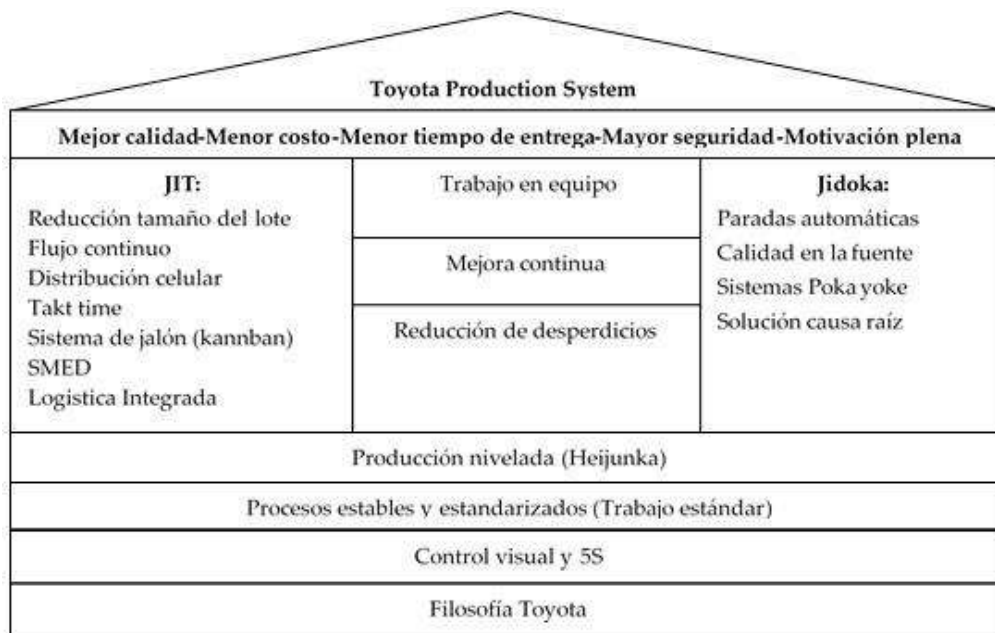


Fig. 1. Toyota production system house (Lean certification Alliance, 2021)

Fig. 1. La casa del sistema de producción Toyota (Lean certification Alliance, 2021)

Las prácticas técnicas que integran al sistema JIT son: Tiempo Takt, flujo continuo, células de manufactura, reducción de tamaño de lotes, sistema de jalón, SMED y logística integrada (Hernández y Vizán, 2013; Lean Certification Alliance, 2021). El propósito de este sistema es entregar el producto correcto, en la cantidad correcta y en el tiempo adecuado, el estado ideal de JIT es lograr el flujo continuo de una pieza con una calidad perfecta. Por medio del sistema JIT, se busca reducir el tiempo desde que el cliente genera una orden de compra hasta que se recibe su pago por medio de eliminar aquellas actividades que generan desperdicio (Ohno, 1988). El ideal de JIT es entregar los productos tan rápido como se presente la necesidad del cliente. El sistema JIT depende de forma muy importante del sistema de *Jidoka* (también llamada automatización) y de la confiabilidad del equipo (TPM) (Suzaki, 1987).

Por su parte las prácticas técnicas que integran a los fundamentos de la CSPT se dividen en producción nivelada o Heijunka, Kaizen, Trabajo estándar, TPM, 5S, y gestión visual. (Hernández y Vizán, 2013; Lean Certification Alliance, 2021). Kaizen integra por medio de sus cinco principios rectores como elementos básicos con técnicas como 5S, estandarización, mantenimiento y mejora de los estándares mediante la aplicación de la técnicas Estandarizar-Hacer-Verificar-Actuar (EHVA) y Planear-Hacer-Verificar-Actuar (PHVA), enfoque a procesos mediante la técnica de rediseño de los mismos, enfoque a las personas por medio de técnicas como red de equipos de mejora, educación y capacitación, relación maestro alumno (Sempai-Kohai) y finalmente bajo el principio rector de la mejora continua del trabajo diario se integran las técnicas de administración del *genba*, mejoras rápidas *kaizen* y Ruta de la Calidad (Suárez-Barraza *et al.* 2011).

Es importante considerar que las técnicas del TPS solo pueden ser efectivas con los sistemas de gestión y la filosofía organizacional adecuada. *Lean* a diferencia de TPS no se ha comprendido como un sistema, sino como un conjunto de “herramientas” aisladas, esto representa una confusión fundamental de lo que representa TPS e impide obtener todos los beneficios que se pueden lograr bajo una adopción integral de las mismas. Un nivel más profundo de comprensión del TPS se obtiene cuando las “herramientas” se conceptualizan como parte de un sistema más grande. (Lander y Liker, 2007).

Las técnicas de la Casa del Sistema de Producción Toyota

Las técnicas que integran la casa del sistema de producción Toyota que han sido asociadas con el desempeño operativo en diferentes investigaciones empíricas son: mantenimiento productivo total (TPM por sus siglas en inglés), SMED, trabajo estándar, nivelación (Heijunka), sistema de jalón (Kanban), distribución celular, sistemas Poka Yoke, reducción del tamaño de lote, 5S, mapeo del flujo de valor (VSM por sus siglas en inglés), automatización con toque humano (Jidoka), control visual y calidad en la fuente. Aunque estos estudios apoyan la relación positiva entre las técnicas Lean y el desempeño operativo, cada estudio utiliza constructos diferentes y solo un pequeño grupo de técnicas es probado de forma consistente. A continuación, se hace una descripción de cada una de ellas y se presentan a los autores que las han investigado.

- a) TPM: Técnica necesaria para optimizar la confiabilidad y efectividad del Equipo (Ghosh, 2012; Nawansir *et al.* 2013; Chen, 2015; Negrão *et al.* 2016 Dave y Sohani, 2019).
- b) SMED: Técnica que permite la reducción del tamaño del lote y la mejora del flujo de manufactura (Shah y Ward, 2003; Ghosh, 2012; Nawansir *et al.* 2013; Chen, 2015; Negrão *et al.* 2016; Dave y Sohani, 2019).
- c) Trabajo estándar: Técnica que busca asegurar la organización y desempeño del trabajo de la forma más efectiva posible (Nawansir *et al.* 2013; Chen, 2015; Negrão *et al.* 2016; Dave y Sohani, 2019).
- d) Nivelación (Heijunka): Técnica que nivela la mezcla y el volumen de productos con respecto a la capacidad disponible (Nawansir *et al.* 2013; Chen, 2015; Negrão *et al.* 2016; Dave y Sohani, 2019).
- e) Sistema de jalón: Sistema por medio del cual se conectan los procesos para facilitar el flujo de materiales de acuerdo a la demanda del cliente. (Shah y Ward, 2003; Ghosh, 2012; Nawansir *et al.* 2013; Chen, 2015; Negrão *et al.* 2016; Dave y Sohani, 2019).

- f) Distribución celular: Grupo de diferentes máquinas organizadas de acuerdo al diseño del producto o las operaciones necesarias para su manufactura. (Shah y Ward, 2003; Ghosh, 2012; Nawansir *et al.* 2013; Chen, 2015; Negrão *et al.*, 2016; Dave y Sohani, 2019;).
- g) Sistemas Poka Yoke: Mecanismos a prueba de error, detectan anomalía antes de que ocurran o detienen el proceso cuando ocurren. (Monge *et al.*, 2013; Negrão *et al.* 2016; Dave y Sohani, 2019).
- h) Reducción del tamaño del lote: Técnica de programación que consisten en reducir el tamaño de lote al flujo de una pieza. (Shah y Ward, 2003; Nawansir *et al.* 2013; Chen, 2015; Negrão *et al.* 2016; Dave y Sohani, 2019).
- i) 5S: Técnica que permite la organización y estandarización del lugar de trabajo. (Suárez-Barraza y Ramis-Pujol, 2012; Nawansir *et al.* 2013; Negrão *et al.* 2016; Dave y Sohani, 2019).
- j) VSM: El Mapeo del flujo de valor es una técnica utilizada para interpretar el flujo de materiales e información para identificar y reducir desperdicios. (Monge *et al.* 2013; Dave y Sohani, 2019; Negrão *et al.* 2019).
- k) Jidoka: Técnica que le proporciona a las máquinas la capacidad de distinguir partes de mala calidad de forma automática sin la necesidad de ser monitoreada por el operador. (Monge *et al.* 2013; Negrão *et al.* 2019).
- l) Control Visual: Técnica que permite hacer que las condiciones de manufactura sean visibles de forma fácil, accesible y clara para que cualquier persona pueda identificar anomalías por medio de indicadores, tableros y controles utilizados en el proceso de manufactura para mejorar la comunicación de la información. (Monge *et al.* 2013; Negrão *et al.* 2016; Dave y Sohani, 2019).
- m) Calidad en la fuente: Concepto que establece que la calidad debe ser medida en cada paso del proceso de producción y no al final del proceso. (Nawansir *et al.* 2013; Negrão *et al.* 2016)

3. Materiales y métodos

El enfoque de la presente investigación fue es cuantitativa, aplicada, no experimental, transaccional y descriptiva. En los siguientes párrafos se describen: el instrumento de medición, los sujetos participantes y el análisis de datos utilizado en el estudio.

Instrumento de medición

Para la presente investigación se utilizaron las prácticas técnicas identificadas en la Casa del Sistema de Producción Toyota (CSPT), las preguntas se formularon considerando el instrumento de medición utilizado por Monge *et al.* (2013). Las preguntas utilizadas en el instrumento de medición se muestran en la Tabla 1, bajo la sección de variable. El grado de adopción de las técnicas Lean se midió utilizando una escala perceptual Tipo Likert con las siguientes opciones: 1) 0 % de la planta, 2) Entre el 1 % y el 25 % de la planta, 3) Entre el 26 % y el 50 % de la planta, 4) Entre el 51 % y 75 % de la planta y 5) Más del 75 % de la planta. El instrumento de medición se aplicó por medio de una plataforma especializada en internet.

Se verificó la consistencia interna y la confiabilidad de los datos por medio del alfa de Cronbach para los trece ítems que integran el modelo de TPS cuyo valor fue de 0.907, superior a 0.7 necesario para verificar la consistencia interna y confiabilidad del cuestionario.

Sujetos participantes

La población bajo interés fueron plantas maquiladoras de manufactura de la industria eléctrica y electrónica. Se identificó a los candidatos por medio de la plataforma *LinkedIn recruiter*. Los criterios de selección fueron: gerentes e ingenieros principalmente de las áreas de mejora continua con conocimientos y experiencia en Lean y TPS. Se recibieron un total de 83 respuestas completas.

La distribución de la muestra por número de empleados se compone de la siguiente manera: Menos de 250 empleados 8.1 % (7), Entre 251 y 500 empleados 15.1 % (13). Entre 501 y 1000 empleados 26.7 % (23) y Más de 1000 empleados 50 % (43). Mientras que la distribución de la muestra por años de adopción de las técnicas Lean se integra de la siguiente forma: Menos de 1 año 3.5 % (3). Entre 1 y 3 años 17.4 % (15), Entre 3 y 7 años, 32.6 % (28), Entre 7 y 10 años 15.1 % (13) y Más de 10 años 31.4 % (27).

Análisis de Datos

Las prácticas de la muestra de PMME se clasificaron en alta y baja implementación por medio de un análisis de conglomerados k-medias. Para identificar la proporción de las PMME que realizaron una implementación parcial de las técnicas de Lean se consideraron a las PMME con al menos una práctica con 0 % de implementación de las técnicas bajo estudio, de lo contrario se clasificaron bajo el enfoque integral. Para el criterio de adopción integral con alto grado de implementación se consideraron aquellas PMME que de acuerdo al análisis de conglomerados tenían un alto grado de implementación en todas y cada una de las técnicas incluidas en el modelo bajo estudio. El análisis estadístico de conglomerados se realizó en SPSS v.22.

3. Resultados y discusión

El objetivo de la presente investigación consistió en analizar cual es el enfoque de adopción de las técnicas en las plantas bajo estudio. En seguida se responden las preguntas de investigación derivadas de este objetivo.

Primero, mediante un análisis estadístico de conglomerados en SPSS se realizó una clasificación de cada una de las técnicas Lean utilizadas en las plantas bajo estudio. En la Tabla 1 se muestran los resultados de este análisis. El conglomerado 1, muestra el número de plantas (N) clasificadas como baja implementación y la media este conglomerado. Este mismo orden aplica para el conglomerado 2, denominado alta implementación. En esta tabla, se ordenaron las técnicas de mayor a menor número de plantas (N) que mostraron un alto grado de implementación de la técnica (conglomerado 2). De esta manera, las técnicas que han tenido un mayor grado de implementación son: trabajo estándar (75), control visual (71), 5S (66), calidad en la fuente (63), VSM (57), sistema de jalón (44), distribución celular (42) flujo continuo (42), TPM (38), producción nivelada (33), SMED (29), reducción de tamaño de lote (28), y finalmente Jidoka (25).

Aunque los resultados de las técnicas con mayor grado de implementación no coinciden con otros estudios a excepción de las 5S, son similares en las técnicas con menor grado de implementación como es la reducción del tamaño del lote, flujo continuo y distribución celular. SMED y sistema de jalón, que de acuerdo con el modelo de la CSPT forman parte del Sistema Justo a Tiempo (JIT), a pesar de que son estudios que se han realizado en industrias diferentes (Taj y Morosan, 2011; Prabhushankar, *et al.* 2015; Setianto y Haddud, 2016; Chávez-Pineda, 2022).

Tabla 1. Descripción de conglomerados

Table 1. Descriptive clusters

Orden	Variable	Conglomerado 1:		Conglomerado 2:	
		Baja		Alta	
		Implementación	Media	Implementación	Media
1	El trabajo estándar se ha implementado en:	11	1.45	75	4.16
2	La administración y controles visuales se han implementado en:	15	1.73	71	4.15
3	5 S se ha implementado en:	20	2.85	66	4.77
4	En la planta se ha implementado calidad a la primera y dispositivos a prueba de errores en:	23	1.83	63	3.89
5	El mapeo de flujo de valor (VSM) se ha implementado en:	26	1.69	57	3.98
6	El sistema de jalón se ha implementado en:	42	2.19	44	4.45
7	La distribución celular se ha implementado en:	44	2.10	42	4.52
8	El flujo continuo se ha implementado en:	44	2.48	42	4.50
9	El mantenimiento preventivo total (TPM) se ha implementado en:	48	2.08	38	4.42
10	Producción nivelada	53	2.30	33	4.42
11	SMED	57	2.12	29	4.34
12	La reducción de lote se ha implementado en:	58	1.42	28	3.86
13	Se han implementado sistemas de identificación automática de defectos (Jidoka) en:	61	2.18	25	4.40

Segundo, a partir del análisis de conglomerados de cada una de las técnicas lean, las PMME se clasificaron de acuerdo al enfoque de adopción, los resultados indican que el 51.2 % (44) PMME tienen un enfoque parcial de las técnicas Lean, mientras que un 48.8 % (39) han realizado un enfoque integral. Aunque es una diferencia pequeña, el enfoque dominante en la adopción de las técnicas Lean es como una “caja de herramientas, en lugar de un sistema como se propone bajo el TPS. Los resultados son similares a los presentados por Chávez-Pineda, (2022), en donde a partir de una muestra de 222 plantas maquiladoras de manufactura se encontró que el enfoque dominante de las PMM era una adopción parcial de las practicas Lean, como una “caja de herramientas”.

En un análisis más profundo al respecto, es importante destacar que las PMME clasificadas con un enfoque integral, pueden tener un alto o bajo grado de implementación de las técnicas, por lo que, el 12.8 % (11/83) del total de las PMME, presentan una adopción integral con un alto grado de implementación de las prácticas Lean. Este porcentaje es superior al reportado por Chávez-Pineda (2022), el cual representaba el 4.5 % de una muestra integrada por PMM del sector automotriz, eléctrica/electrónica, aeroespacial médica y otras.

Algunos autores indican que en este proceso de adopción de la filosofía Lean es necesario realizarlo a partir de los principios del TPS y no desde el enfoque de caja de herramientas y considerar a las técnicas Lean como parte de un sistema más amplio y no de forma aislada (Lander y Liker, 2007). Es importante continuar estudiando cuál es el enfoque dominante en otras industrias como la automotriz, aeroespacial y médica.

4. Conclusiones

A partir de los resultados de la presente investigación se puede concluir que las técnicas Lean con mayor grado de implementación en la muestra bajo estudio son: trabajo estándar, control visual y 5S. Finalmente las plantas bajo estudio muestran un enfoque parcial en la adopción de las técnicas Lean.

Conflicto de interés

El autor del presente artículo declara que no existe ningún conflicto de interés en el desarrollo y publicación de la presente investigación.

5. Referencias

- Abdallah, A., S. Dahiyat & Y. Matsui. 2019. Lean research and innovation performance. *Management Research Review*, 41(2): 239-262. <https://doi.org/10.1108/MRR-10-2017-0363>
- Baker, B. 2016. Why a lean transformation is like competing in the Olympics. *Industry Week*. <https://bit.ly/3iVj3h0>
- Bicheno, J. & M. Holweg. 2009. *The Lean Toolbox: The Essential Guide to Lean Transformation. Production and Inventory Control, Systems and Industrial Engineering (PICSIE) Books.*
- Chávez-Pineda, J. 2022. Adopción parcial e integral de las prácticas del sistema técnico de Lean en la industria maquiladora de manufactura en México. *RECAI Revista De Estudios En Contaduría, Administración e Informática* 11(30): 28-50. <https://doi.org/10.36677/recai.v11i30.16919>
- Chávez-Pineda, J. 2021. Grado de implementación de las prácticas del sistema técnico de administración esbelta en la industria maquiladora de manufactura de México. *RECAI Revista de Estudios en Contaduría, Administración e Informática* 10(28): 41-68. <https://doi.org/10.36677/recai.v10i28.15295>

- Chen, Z. 2015. The relationships among JIT, TQM and production operations performance. *Business Process Management Journal* 21(5): 1015-1039. <https://doi.org/10.1108/BPMJ-09-2014-0084>
- Dave, Y., & N. Sohani. 2019. Improving productivity through Lean practices in central India-based manufacturing industries. *International Journal of Lean Six Sigma* 10(2): 601-621. <https://doi.org/10.1108/IJLSS-10-2017-0115>
- Doolen T.L., & M.E. Hacker. 2005. A review of Lean assessment organizations: An exploratory study of Lean practices by electronics manufacturers. *Journal of Manufacturing Systems* 24(1): 55-67. [https://doi.org/10.1016/S0278-6125\(05\)80007-X](https://doi.org/10.1016/S0278-6125(05)80007-X)
- García-Alcaraz, J.L., J.R. Díaz-Reza, C. Sánchez-Ramírez, J. Limón-Romero, E. Jiménez-Macías, C.J. Lardies & M.A. Rodríguez-Medina. 2021. Lean Manufacturing Tools Applied to Material Flow and Their Impact on Economic Sustainability. *Sustainability* 13 (19): 10599. <https://doi.org/10.3390/su131910599>
- Ghosh, M. 2012. Lean manufacturing performance in Indian manufacturing plants. *Journal of Manufacturing Technology Management* 24(1): 113-122. <https://doi.org/10.1108/17410381311287517>.
- Guajardo-Quiroga, R.G. 2007. Assessing the impact of maquiladora industry in Mexico: An interindustry analysis. *Review of Urban & Regional Development Studies* 10(2): 109-122. <https://doi.org/10.1111/j.1467-940X.1998.tb00090.x>
- Hernández, J. C. & M. A. Vizán. 2013. Lean manufacturing. Concepto, técnicas e implantación. Editores EOI Escuela de Organización Industrial. <https://www.eoi.es/es/savia/publicaciones/20730/lean-manufacturing-concepto-tecnicas-e-implantacion>
- Japanese Management Association .1985. Kanban and Just in Time in Toyota. Productivity Press. ISBN-10: 0915299488
- Jasti, K.V.N., & R. Kodali. 2014. A literature review of empirical research methodology in lean manufacturing. *International Journal of Operations & Production Management* 34(8): 1080-1122. <https://doi.org/10.1108/IJOPM-04-2012-0169>
- Lander, E. & J.K. Liker. 2007. The Toyota production system and art: Making highly customized and creative products the Toyota way. *International Journal of Production Research* 45 (16): 3681-3698. <https://doi.org/10.1080/00207540701223519>
- Lean Certification Alliance. 2021. Society for Mechanical Engineers. <https://www.sme.org/training/lean-certification/about-the-lean-certification-alliance/>
- Liker, J.K. 2004. *The Toyota Way*. Mc Graw-Hill, New York. ISBN: 9780071392310
- Liker, J.K., & J.M. Morgan. 2006. The Toyota Way in Services: The Case of Lean Product Development. *Academy of Management Perspectives* 20 (2): 5-20. <https://doi.org/10.5465/AMP.2006.20591002>

- Marksberry, P. 2012. *The Modern Theory of the Toyota Production System: A Systems Inquiry of the World's Most Emulated and Profitable Management System*. CRC Press. ISBN 9781466556744.
- Monge, C., J. Cruz & F. López. 2013. Impacto de la manufactura esbelta, manufactura sustentable y mejora continua en la eficiencia operacional y responsabilidad ambiental en México. *Información Tecnológica* 24 (4): 15-32. <https://doi.org/10.4067/S0718-07642013000400003>.
- Nawanir, G., L. K. Teong & S.N. Othman. 2013. Impact of lean practices on operations performance and business performance Some evidence from Indonesian manufacturing companies. *Journal of Manufacturing Technology Management* 24(7): 1019 -1050. <https://doi.org/10.1108/JMTM-03-2012-0027>
- Negrão L.L., M.C. Filho & G. Marodin. 2016. Lean practices and their effect on performance: a literature review. *Production Planning & Control* 28(1): 1-24. <https://doi.org/10.1080/09537287.2016.1231853>
- Netland T.H & K. Ferdows. 2016. The S-curve effect of lean implementation. *Production and operations management* 25 (6): 1106-1120. <https://doi.org/10.1111/poms.12539>
- Ohno T. 1988. *The Toyota production system: Beyond large scale production*. Productivity press. ISBN 9780915299140
- Papadopoulou, T.C. & M. Özbayrak. 2005. Leanness: Experiences from the journey to date. *Journal of Manufacturing Technology Management* 16 (7): 784-807. <https://doi.org/10.1108/17410380510626196>
- Piña, R., J. León & J. Preciado. 2018. Nivel de implementación de manufactura esbelta en la industria maquiladora de Hermosillo y Guaymas-Empalme, Sonora. *RECAI Revista de estudios en Contaduría, Administración e Informática* 7(20): 36-51. <https://recai.uaemex.mx/article/view/11283/9369>
- Prabhushankar, G.V., K. Kruthika, P. Souradeep & K. S. Rajeshwar. 2015. Lean manufacturing system implementation in Indian automotive components manufacturing sector - an empirical study. *International Journal of Business and Systems Research* 9(2): 179-194. <https://doi.org/10.1504/IJBSR.2015.069442>
- Productivity Development Team. 1999. *Cellular Manufacturing: One-piece flow for work teams*. Productivity Press. ISBN 9781563272134
- Psomas, E. & J. Antony. 2019. Research gaps in Lean manufacturing: a systematic literature review. *International Journal of Quality and Reliability Management* 36(5): 815-839. <https://doi.org/10.1108/IJQRM-12-2017-0260>
- Seddon, J. & S. Caulkin. 2008. Systems thinking, lean production and action learning. *Action Learning: Research and Practice* 4(1): 9-24. <https://doi.org/10.1080/14767330701231438>
- Setianto, P. & A. Haddud. 2016. A maturity assessment of lean development practices in manufacturing industry. *International Journal of Advanced Operations Management* 8(4): 294-322. <https://doi.org/10.1504/IJAOM.2016.084150>
- Shah, R. & P. T. Ward. 2003. Lean manufacturing: context, practice bundles, and performance. *Journal of Operations Management* 21(2): 129-149. [https://doi.org/10.1016/S0272-6963\(02\)00108-0](https://doi.org/10.1016/S0272-6963(02)00108-0)

- Spear S. & H. K. Bowen 1999. Decoding the DNA of the Toyota Production System. *Harvard Business Review* 77(5): 96-106. <https://hbr.org/1999/09/decoding-the-dna-of-the-toyota-production-system>
- Suárez-Barraza, M.F., J. Ramis-Pujol & L. Kerbache. 2011. Thoughts on kaizen and its evolution: Three different perspectives and guiding principles. *International Journal of Lean Six Sigma* 2(4): 288-308. <https://doi.org/10.1108/20401461111189407>
- Suzaki, K. 1987. *The New Manufacturing Challenge: Techniques for Continuous Improvement*. Free Press, Collier Macmillan Publishers. ISBN10 0029320402.
- Taj, S. & C. Morosan. 2011. The impact of lean operations on the Chinese manufacturing performance. *Journal of manufacturing technology management* 22(2): 223-240. <http://dx.doi.org/10.1108/17410381111102234>
- Velázquez, L., N. Mungía, M. Navarrete & A. Zavala. 2006. An overview of sustainability practices at the maquiladora industry in Mexico. *Management of Environmental Quality* 17(4): 478-489. <https://doi.org/10.1108/14777830610670535>
- Venkat Jayanth, P., P. Prathap, P. Sivaraman, S. Yogesh & S. Madhu. 2020. Implementation of lean manufacturing in electronics industry. *Materialstoday: Proceedings* 33(1): 23-28. <https://doi.org/10.1016/j.matpr.2020.02.718>.
- Womack J. P. & D. T. Jones. 1996. Lean Thinking—Banish Waste and Create Wealth in your Corporation. *Journal of the Operational Research Society* 48: 1148. <https://doi.org/10.1057/palgrave.jors.2600967>
- Wong Y.C. & K.Y. Wong. 2011. Approaches and practices of lean manufacturing: The case of electrical and electronics companies. *African Journal of Business Management* 5(6): 2164-2174. <https://academicjournals.org/journal/AJBM/article-abstract/F7BD45622910>
- Yadav, V., R. Jain, M.L. Mittal, A. Panwar & M.K. Sharma. 2019. An appraisal on barriers to implement lean in SME's. *Journal of Manufacturing Technology Management* 30(1): 195-212. <https://doi.org/10.1108/JMTM-12-2017-0262>

2022 TECNOCIENCIA CHIHUAHUA.

Esta obra está bajo la Licencia Creative Commons Atribución No Comercial 4.0 Internacional.



<https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/>