Revista Internacional de Investigación e Innovación Tecnológica

Página principal: www.riiit.com.mx

La adopción de manufactura esbelta en la industria maquiladora de Hermosillo, Guaymas y Empalme, Sonora

The adoption of lean manufacturing in the maquiladora industry in Hermosillo, Guaymas and Empalme, Sonora

Piña-Domínguez, R., León-Balderrama, J.I.*

Coordinación de Desarrollo Regional, Centro de investigación en Alimentación y Desarrollo AC, C.P. 83304 Hermosillo, Sonora, México. ORCID: https://orcid.org/0000-0002-4126-0496; ORCID: https://orcid.org/0000-0001-5550-6162

roldan.pina@estudiantes.ciad.mx; jleon@ciad.mx*

Innovación Tecnológica: Difusión de las prácticas del *lean manufacturing* en las plantas maquiladoras de nueva generación.

Área de aplicación: Plantas manufactureras ligadas a las cadenas globales de valor instaladas en la frontera norte.

Recibido: 22 mayo 2024
Aceptado: 19 julio 2024

Abstract

The evident uneven diffusion between countries and industries and the partial adoption of lean manufacturing (LM) tools have led to an ongoing debate about the theoretical and technical coherence of the model, as well as on the benefits and obstacles after its adoption. The central objective of this research is to explain the relationship between the level of adoption (LA), the expected benefits (EB) and the associated obstacles (AO) to the adoption of a set of LM practices in manufacturing companies in the automotive, aerospace, electrical and electronic components and medical devices sectors, located in the cities of Hermosillo, Guaymas and Empalme, Sonora. The data are obtained from a survey applied to a sample of 60 companies, and are processed using the Structural Equation Modeling (SEM) method in the Partial Least Squares (PSL) modality. The results reveal that there is a positive relationship between LA and EB, a relationship mediated by AO. The scope of this work is of an exploratory-relational nature that seeks to shed new information or knowledge on the patterns of EM adoption, based on the different practices that comprise it and in a specific industrial and socio-territorial context.

Keywords: Lean manufacturing, Maquiladoras, Sonora, PSL-SEM.

Resumen

La evidente difusión desigual entre países e industrias y la adopción parcial de las herramientas de manufactura esbelta (ME) han llevado a un debate vigente sobre la coherencia teórica y técnica del modelo, así como sobre los beneficios y obstáculos tras su adopción. La presente investigación se plantea como objetivo central explicar la relación entre el nivel de adopción (NA), los beneficios esperados (BE) y los obstáculos asociados (OA) a la adopción de un conjunto de prácticas de ME en empresas manufactureras de los sectores automotriz, aeroespacial, de componentes eléctricos y electrónicos y de dispositivos médicos, ubicadas en las ciudades de Hermosillo, Guaymas y Empalme, Sonora. Los datos son obtenidos de una encuesta aplicada a una muestra 60 empresas, y procesados mediante el método de Modelos de Ecuaciones Estructurales (SEM) en la modalidad de Mínimos Cuadrados Parciales (PSL). Los resultados revelan que existe una relación positiva entre NA y BE, relación mediada por los OA. Los alcances de este trabajo son de carácter exploratorio-relacional que busca arrojar información o conocimiento nuevo sobre las pautas de adopción de ME, con base en las distintas prácticas que la componen y en un contexto industrial y socio-territorial específico.

Palabras clave: Manufactura esbelta, Maquiladoras, Sonora, PSL-SEM.

Introducción

El entorno empresarial actual se caracteriza por la globalización, la apertura de nuevos mercados, una feroz competencia en el mercado y clientes más exigentes (Ghobadian et al. 2020). Para enfrentar esos desafíos las empresas manufactureras se han visto exigidas de adaptar su estilo de gestión y buscar nuevas estrategias de fabricación (Moyano-Fuentes y Camara 2019). La manufactura esbelta (ME) ha sido una estrategias de producción y estilo de gestión muy aceptada e implementada por empresas de todo el mundo, para mejorar el desempeño e impulsar la competitividad (Fullerton et a. 2014, Ghobadian et al. 2020). En consecuencia, la implementación de la ME se ha extendido globalmente, desde países desarrollados hasta empresas de países en desarrollo (Henao et al. 2019, Antony et al. 2021). Desde su aparición en la industria automotriz, y más específicamente en Toyota Motor Company, la ME se ha adaptado para su uso en casi todas las industrias manufactureras y de servicios (Samuel, Found y Williams 2015, Yadav et al. 2021), independientemente de su tamaño (Hu et al. 2015).

La ME es un modelo de gestión empresarial que, basado en la mejora continua, pretende reducir costos mediante la eliminación de todo tipo de desperdicio (Palange y Dhatrak 2021). La elección de esta estrategia ha permitido a muchas empresas posicionarse en mercados globales altamente complejos y competitivos. En las últimas décadas, industrias en todo el mundo han estado intentando poner en práctica sus principios, logrando importantes transformaciones y niveles sobresalientes de eficiencia operativa. El enfoque *lean* permite a las empresas incidir satisfactoriamente en su capacidad para ofrecer mejor calidad, en menos tiempo y con menor costo. La evidencia respecto a su adopción ha demostrado que la incorporación de sus principios fundamentales puede reportar significativas mejoras en término de productividad, calidad, rentabilidad, calidad, en tiempo de respuesta, en la satisfacción del cliente, planeación, tiempo de entrega,

reducción de inventarios, menos desperdicios, reducción de costos, diseño, así como seguridad e higiene laboral (Goshime et al. 2019, Palange y Dhatrak 2021).

Sin embargo, a pesar de los beneficios ampliamente reconocidos se han venido reportando dificultades con la puesta práctica del modelo (Almeida y Saurin, 2015). Por ejemplo, se ha detectado una efectividad muy baja de las iniciativas de adopción empleadas por la mayoría de las empresas. Arlbjorn y Freytag (2013) encontraron que, de 123 estudios sobre el tema, sólo 8 mostraron resultados positivos. Algunos de los obstáculos son la incapacidad de entender el modelo de forma holística, la incompleta o incorrecta comprensión del concepto *lean,* así como del propósito y "know-how" de las prácticas, por lo que, algunas empresas terminan haciendo mal uso de estas.

En el amplio conjunto de estudios sobre el tema, podemos identificar dos grandes vacíos de investigación. Primero, existen serios cuestionamientos sobre la proclamada universalidad de la ME como sistema de producción, puesto que la adopción a menudo se ha caracterizado por su irregularidad y variabilidad en cuanto a los resultados obtenidos, imperando, en la mayoría de los casos, una adopción parcial o fragmentada, más que una completa. De esta forma, su difusión se ha explicado frecuentemente, por el surgimiento de modelos híbrido-adaptativos, que en mayor o menor medida combinan características funcionales de modelos de producción previos, como la producción en masa y/o la producción artesanal, con prácticas y métodos de ME. Segundo, continúan también vigentes cuestionamientos en cuanto a la extensión del modelo fuera de Japón, contexto del qué y para el que fue creado, así como de su transferencia transversal a otras industrias; discusiones que al día de hoy no han sido resueltas.

De esta forma, la difusión desigual entre países e industrias y la evidencia de la adopción parcial de la ME han llevado a los analistas a cuestionar la coherencia teórica y técnica del modelo, así como un replanteamiento de los beneficios y obstáculos de su adopción. Aun cuando la ME ha sido objeto de estudio por numerosos académicos, la ausencia de estudios que integren el análisis conjunto respecto al nivel de adopción, los beneficios y obstáculos justifica el presente estudio. Lo anterior reviste suma importancia, dado que la adopción del modelo esbelto es considerado un prerrequisito esencial en la transición hacia el nuevo tecno paradigma industrial llamado Industria 4.0 (Bauer et al. 2018, p. ej.).

En este contexto, resulta pertinente el análisis empírico que exponga la relación entre el nivel de adopción de la ME, los beneficios esperados por la adopción y los obstáculos asociados. La presente investigación se plantea como objetivo central explicar esta relación en el contexto de las maquiladoras de los sectores automotriz, aeroespacial, de componentes eléctricos y electrónicos y de dispositivos médicos ubicadas en las ciudades de Hermosillo, Guaymas y Empalme, Sonora. Para alcanzar este objetivo se plantearon 3 objetivos específicos: a) elaborar una medición del nivel de implementación o adopción de las distintas prácticas de la ME; b) Identificar los principales beneficios esperados y los obstáculos asociados a la adopción de las prácticas de ME, y; c) Identificar y corroborar estadísticamente las relaciones causa-efecto, de correlación y de mediación entre el nivel de adopción de las prácticas de ME, los beneficios esperados y los obstáculos asociados.

Este estudio busca aportar información original sobre los alcances de la adopción de prácticas y métodos de ME en las empresas industriales en el noroeste de México, así

como avanzar en la comprensión de los posibles factores que pueden estar determinando dicha adopción, mediante el conocimiento más detallado de la percepción de los gerentes sobre los principales impedimentos y factores en un contextos regional específico.

El resto del trabajo se divide de la siguiente manera. En la siguiente sección se describe el método del estudio, destacando el tipo de información empleada y los procedimientos de análisis empleados. Los resultados relevantes del estudio son presentados en la subsiguiente sección, comprendiendo un análisis descriptivo del nivel de implementación de las prácticas de ME, los beneficios esperados y los obstáculos percibidos; los resultados del SLR-SEM se presentan analíticamente también en esta sección. Finalmente, la última sección contiene la discusión y conclusiones del estudio.

Método: información y procedimientos empleados

Para los fines de este estudio se recabó información mediante una encuesta aplicada a una muestra de 60 maquiladoras. La encuesta se enfocó sólo en maquiladoras de nueva generación (aeroespacial, automotriz, electrónica, y equipo médico) ubicadas en las ciudades de Hermosillo, Guaymas y Empalme. 120 empresas cumplieron con estos criterios, pero 22 fueron descartadas, ya sea porque no se proporcionaba información de contacto o ésta no era válida, quedando la población de estudio en 98 empresas. La selección de la muestra comprendió la técnica no probabilística por conveniencia, al 95% de confianza, resultando una muestra de 73 empresas adecuada de acuerdo con los parámetros. Los cuestionarios se aplicaron vía electrónica, obteniendo una tasa de respuesta del 82.2% (60 empresas). Con este tamaño de muestra se cumple con una de las directrices que se pueden considerar para establecer el tamaño de muestra en el método PLS-SEM (Hair et al. 2017), la “regla de las 10 veces”. Esta directriz establece que en el caso de escalas reflexivas, la cantidad de casos debe ser igual a 10 veces el número de trayectorias estructurales entrantes al constructo con mayor cantidad de trayectorias. Siguiendo esta pauta, la nuestra de 60 empresas permite obtener resultados estadísticamente significativos, y en consecuencia, pueden ser generalizables a otras regiones de México.

El cuestionario fue adaptado de Kumar y Kumar (2015). La primera sección del mismo estuvo orientada a obtener información para medir el nivel de implementación de prácticas específicas de la ME. La revisión de literatura permitió identificar las prácticas propias de la ME, de las que se seleccionaron 31, de acuerdo al uso y aplicación efectiva en el contexto internacional y las posibilidades de ser adoptadas por la industria manufacturera local (Bhamu y Singh Sangwan, 2014; Sundar, Balaji y Kumar, 2014). Estas 31 prácticas fueron agrupadas en 4 categorías: Just-in-time (JIT), Jidoka, Kaizen y Mantenimiento Productivo Total (TPM). Esta clasificación de las prácticas ha sido empleado por diversos autores (Rocha-Lona, Garza-Reyes y Kumar, 2013; Brah y Chong, 2004), siendo además la clasificación más apegada al modelo original desarrollado en Toyota. El diseño del cuestionario incluye respuestas una escala Likert de 1 a 5, donde: 1: ningún grado de adopción, 5: adopción completa.

La segunda sección del cuestionario corresponde a los beneficios esperados por la adopción. Como resultado de la revisión se identificaron numerosos beneficios esperados cuando se adoptan las prácticas de la ME. Los analistas concuerdan en que un nivel alto de adopción de la ME provoca mejoras múltiples en diferentes áreas de la empresa (Melton

2015; Johan y Soediantono 2022). Con el apoyo adicional de una consulta a un panel de expertos se identificaron 28 beneficios, que se agruparon en 4 categorías: a) atención y servicio, b) desempeño operativo, c) optimización de procesos y d) desarrollo de personal. Las opciones de respuestas, en este caso, también se presentaron mediante una escala Likert, donde 1: nada de acuerdo, y 5: completamente de acuerdo.

La sección 3 del cuestionario estuvo orientada a la identificación de los principales obstáculos asociados a la implementación de la ME. Este tema también ha sido estudiado por varios autores (Jadhav y Mantha, 2014; Kumar y Kumar, 2015). Se seleccionaron un total de 18 obstáculos, los cuales se agruparon en sociales, técnicos y factores externos. Para las respuestas de la categoría obstáculos asociados se empleó escala Likert, donde 1: nada de acuerdo, y 5: completamente de acuerdo.

La encuesta fue aplicada a mandos medios y altos, y los cuestionarios fueron enviados como plantilla de Google, facilitando la respuesta de la misma y también el manejo de los datos generados, así como la tabulación de los mismos.

Respecto al análisis estadístico, para cubrir los dos primeros objetivos específicos de la investigación, con el apoyo del software Minitab 2017 se realizó el análisis de los datos obtenidos en dos etapas. En la primera, se llevó a cabo un análisis estadístico descriptivo convencional que incluyó la frecuencia de las respuestas, los valores medios, la desviación estándar, el error estimado y la varianza, así como los intervalos de confianza al 95%. En la segunda, un análisis de prueba de hipótesis mediante el test t de Student, con un nivel de significancia de 5%. Se realizaron pruebas de hipótesis sobre el grado de implementación, los beneficios obtenidos y los obstáculos identificados para la implementación de la ME. Para cumplir con el tercer objetivo se emplearon modelos de ecuaciones estructurales (SEM, Structural Equation Modelling). El análisis que los SEM desarrollan puede realizarse a través de dos técnicas estadísticas; por un lado, la técnica basada en el análisis de covarianzas y, por el otro, el método basado en mínimos cuadrados (PLS-SEM)) (Partial Least Squares), siendo esta la más apropiada para la presente investigación puesto que se enfoca en la predicción más que a la confirmación, además que, no supone normalidad de los datos y no condiciona el tamaño mínimo de la muestra (Hair 2017).

Resultados relevantes

Características de la muestra

Participaron en la encuesta un total de 60 empresas. 19 corresponden al sector automotriz, 16 al giro aeroespacial, 16 de componentes eléctricos y 9 de la industria de dispositivos médicos. Respecto a su localización, 25 empresas de Empalme, 20 de Guaymas y 15 de Hermosillo. En cuanto al tamaño, 49 empresas (81%) son pymes, mientras que 11 empresas, todas del sector automotriz, son grandes empresas.

Nivel de adopción de las prácticas de ME

En la tabla 1 se puede ver que, en promedio, las prácticas de ME más implementadas son el JIT y Jidoka, siendo TPM la de menor implementación.

Tabla 1. Nivel de adopción de las prácticas de ME por método y sector industrial.

Práctica de ME	Sector				Promedio
	Automotriz	Aeroespacial	Electrónico	Eq. Médico	
JIT	3.79	3.76	3.35	3.07	3.49
Jidoka	3.76	3.59	3.38	3.17	3.48
Kaizen	3.69	3.72	3.38	2.84	3.41
TPM	3.65	3.71	2.84	2.69	3.22
Promedio	3.72	3.70	3.24	2.94	3.40

En promedio, los sectores con mayor tasa de adopción de la ME son los sectores automotriz y aeroespacial, luego se encuentra el sector electrónico en una posición intermedia, y los equipos médicos con el menor nivel de implementación. Los sectores automotriz y aeroespacial observan niveles de implementación por encima de la media en los cuatro grupos de prácticas de ME, mientras que en los sectores electrónico y de equipo médico el nivel de implementación se encuentra por debajo de la media en todos los tipos de ME, presentando las menores tasas de adopción en las prácticas TPM y Kaizen.

La tabla 2 presenta la distribución de frecuencia de la respuesta de los participantes en torno al nivel de adopción de las prácticas de ME (1: adopción nula, 5: adopción plena), midiéndose el nivel de implementación por el valor medio de estas puntuaciones. Mediante una prueba de hipótesis, t de student, de dos colas con 0.05 de significancia, se determinó si existía diferencia estadísticamente significativa entre la media de cada una de las variables y la media de la población, pudiendo distinguir así las prácticas de adopción efectiva de aquellas donde no hay una definición de parte de los informantes.

Estos resultados muestran que son sólo 14 las herramientas de la ME que fueron implementadas por empresas maquiladoras de la región. Estas son del enfoque JIT: entregas a tiempo, balanceo de líneas, producción nivelada, reducción de lead/cycle time y sistema "pull" o Kanban. De la perspectiva Jidoka: adherencia al plan, control visual y calidad total. De la filosofía Kaizen: satisfacción del cliente, formación y capacitación de los empleados e ideas de mejora continua. Finalmente, del enfoque TPM: 5 S´s, seguridad en el área de trabajo y trabajo estandarizado.

Tabla 2. Nivel de adopción (NA) de las prácticas de ME.

No.	Método	Técnica	Frecuencias*					□	σ	*t*	Ha
			1	2	3	4	5				
1	Just-in-Time	Entregas a tiempo (OTD)	0	1	13	19	27	4.20	0.84	5.35	•
2		Balanceo de líneas	0	2	10	23	24	4.17	0.83	5.06	•
3		Producción nivelada (Heijunka)	0	4	7	25	24	4.15	0.88	4.67	•
4		Reducción de Lead/Cycle Time	1	2	18	24	15	3.81	0.90	1.65	•
5		Sistema "*pull"* o Kanban	1	8	10	21	20	3.85	1.09	1.64	•
6		Producción flexible	4	14	17	14	11	3.23	1.20	-2.00	
7		Lot sizing (One piece flow)	2	13	18	19	8	3.30	1.06	-2.33	
8		Cambios rápidos (SMED)	1	15	23	17	4	3.13	0.93	-4.06	
9		Círculos de calidad	11	19	17	11	2	2.57	1.10	-7.45	
10	Jidoka	Adherencia al plan	0	3	8	26	23	4.15	0.84	4.89	•
11		Control visual (andón)	0	4	10	19	27	4.15	0.94	4.39	•
12		Calidad Total (TQM)	1	4	11	23	21	3.98	0.98	2.86	•
13		Flujo continuo	2	3	18	20	17	3.78	1.03	1.23	
14		Mantenimiento preventivo	2	10	15	23	10	3.48	1.07	-0.99	
15		OEE (Overall Equipment Efectiveness)	1	17	19	13	10	3.23	1.10	-2.74	

16		Poka Yoke	12	12	20	12	4	2.73	1.19	-5.77	
17	Kaizen	Satisfacción del cliente	0	6	6	17	31	4.22	0.99	4.65	•
18		Formación y Capacitación	0	2	14	29	15	3.95	0.79	3.23	•
19		Ideas de MC/PDCA	0	8	12	17	23	3.92	1.06	2.16	•
20		Involucramiento de los empleados	2	16	15	19	8	3.25	1.10	-2.61	
21		Comunicación (Hoshin Kanri)	3	12	15	26	4	3.27	1.02	-2.68	
22		Equipos p/ solución de problemas	8	10	19	14	9	3.10	1.25	-3.24	
23		Equipos funcionales cruzados	9	20	13	15	3	2.72	1.15	-6.08	
24	TPM	5 S´s	0	5	9	16	30	4.18	0.98	4.44	•
25		Seguridad en el área de trabajo	0	5	16	26	13	3.78	0.89	1.43	•
26		Trabajo estandarizado	0	8	17	26	9	3.60	0.91	1.17	•
27		Cambios de layout	5	7	13	26	9	3.45	1.14	-1.15	
28		Mantenimiento autónomo	11	7	9	19	13	3.23	1.44	-2.08	
29		Celdas de Trabajo	3	11	24	18	4	3.15	0.97	-3.75	
30		Tiempo de entrega (Lead Time)	3	15	21	16	5	3.08	1.03	-4.04	
31		Identificación de desperdicio (VSM)	11	14	11	19	5	2.88	1.28	-4.47	

* 1: adopción nula ….5: adopción plena; •: cumple la hipótesis alternativa de medias significativamente diferentes.

Por el contrario, las técnicas: producción flexible, lot sizing, cambios rápidos, círculos de calidad (JIT); flujo continuo, mantenimiento preventivo, OEE, poka yoke (Jidoka); involucramiento de los empleados, comunicación, equipos para la solución de problemas, equipos funcionales cruzados (Kaizen), cambios de layout, mantenimiento autónomo, celdas de trabajo, tiempo de entrega e identificación de desperdicio (TPM), resultaron ser técnicas que no han sido adoptadas las maquiladoras bajo estudio.

Beneficios esperados de la adopción de las prácticas de ME

En la tabla 3 se puede observar que los encuestados están de acuerdo en que los beneficios arrojados o esperados por la implementación de las prácticas de la ME tienen que ver principalmente con el incremento las mejoras en tiempos de entrega y percepción del cliente, flexibilidad de producción y reducción de quejas (atención y servicios); incremento en la productividad, disponibilidad de materiales, flujo de información e insumos, reducción de scrap e inventarios (desempeño); personal polivalente y autónomo, con mayores habilidades, mayor seguridad en el área de trabajo y empleados más comprometidos con la calidad (desarrollo del personal).

Tabla 3. Beneficios Esperados (BE) de la adopción de las prácticas de ME.

			Frecuencias*								
No.	**Sub-escala**	**Beneficios esperados**	**1**	**2**	**3**	**4**	**5**	**□**	**σ**	***T***	**H_a**
1		Mejora en entregas a tiempo	0	4	9	12	35	4.30	0.96	5.23	•
2		Mejora en percepción del cliente	1	1	11	18	29	4.22	0.92	4.76	•
3	Atención y	Flexibilidad de producción	1	2	10	23	24	4.12	0.92	3.92	•
4	Servicio	Reducción de quejas de calidad	0	6	11	29	14	3.85	0.90	1.72	•
5		Reducción de tiempos muertos	0	8	17	28	7	3.57	0.87	-0.74	
6		Lineamientos legales	9	13	19	12	7	2.92	1.23	-4.64	
7		Incremento en productividad	0	3	5	22	30	4.32	0.83	6.20	•
8		Disponibilidad de materiales	0	6	7	18	29	4.17	0.99	4.02	•
9		Flujo de información e insumos	2	3	8	20	27	4.12	1.04	3.58	•
10	Desempeño	Reducción de Scrap	1	3	13	29	14	3.87	0.89	1.88	•
11		Reducción de inventarios	1	8	9	21	21	3.88	1.09	1.66	•
12		Mejora en eficiencia (OEE)	0	9	18	20	13	3.62	0.99	-0.26	
13		Reducción de paros de línea	2	9	12	27	10	3.57	1.05	-0.62	
14		Disminución de retrabajos	2	9	12	27	10	3.57	1.05	-0.62	

15		Reducción de garantías al cliente	3	15	17	14	11	3.25	1.17	-2.64	
16		Disponibilidad en flujo de efectivo	7	13	17	12	11	3.12	1.28	-3.24	
17		Reducción de mano de obra	7	10	21	12	10	3.13	1.23	-3.26	
18	Optimización	Reducción de huella ecológica	4	17	16	14	9	3.12	1.18	-3.50	
19		Reducción de material auxiliar	7	18	11	13	11	3.05	1.32	-3.52	
20		Reducción de costos en equipo	3	15	21	14	7	3.12	1.08	-3.84	
21		Gastos de distribución y entregas	7	13	23	12	5	2.92	1.11	-5.12	
22		Personal polivalente y autónomo	1	5	22	19	13	4.22	0.96	4.58	•
23		Seguridad en el área de trabajo	0	4	15	19	22	3.98	0.95	2.72	•
24	Desarrollo Personal	Aumenta habilidades de los empleados	2	5	6	24	23	4.02	1.07	2.67	•
25		Empleados comprometidos con calidad	0	4	10	15	31	3.92	0.89	2.32	•
26		Aumento en Ideas de Mejoras	2	5	6	24	23	3.66	0.97	-0.13	
27		Reducción de accidentes de trabajo	6	8	14	18	14	3.43	1.27	-1.32	
28		Disminución de prácticas inseguras	5	10	19	19	7	3.22	1.12	-2.99	

* 1: Totalmente en desacuerdo ….5: Totalmente de acuerdo; •: cumple la hipótesis alternativa de medias significativamente diferentes

En contraste, existió más desacuerdo en considerar como un beneficio o incentivo de la implementación de la ME los siguientes aspectos: el mejoramiento en el cumplimiento de lineamientos legales, la reducción de los gastos de distribución y entrega, la reducción de costos de equipos, la reducción de costos de material auxiliar, las mejoras en el flujo de efectivo, la reducción del impacto ambiental, la reducción en el costo de mano de obra, entre otros.

Obstáculos percibidos a la adopción de las prácticas de ME

En la tabla 4 se puede apreciar que los participantes están de acuerdo o totalmente de acuerdo en algunos aspectos técnicos que constituyen un obstáculo para la implementación de las prácticas de ME son las rutinas de la empresa, la falta de conocimiento, la carencia de una visión de largo plazo. También señalaron aspectos socio-culturales, como resistencia al cambio, estilos de gestión, privilegiar los impactos inmediatos. Y por último barreras externas, como la alta rotación de personal y el pobre desempeño de los proveedores.

Tabla 4. Obstáculos asociados (OA) a la adopción de las prácticas de ME.

			Frecuencias								
No.		**Obstáculos asociados**	**1**	**2**	**3**	**4**	**5**	□	**σ**	***t***	**Ha**
1		Rutinas de la compañía	5	6	10	24	15	3.83	1.21	2.14	•
2		Falta de conocimientos/know how	4	8	13	16	19	3.63	1.25	2.07	•
3		Falta de visión holística y a largo plazo	4	10	11	18	17	3.58	1.25	1.65	•
4	Técnicos	Falta de controles de calidad	7	11	15	12	15	3.28	1.34	0.10	
5		Falta de estrategia adecuada	7	11	19	17	6	3.07	1.16	1.55	
6		Falta de entrenamiento	13	17	18	8	4	2.55	1.17	4.96	
7		Conflictos con otros programas	25	22	8	5	0	1.88	0.94	9.67	
8		Resistencia al cambio	0	8	7	14	31	4.13	1.08	5.97	•
9		No se reconocen beneficios inmediatos	4	6	8	16	26	4.03	1.08	5.20	•
10		Estilos de gestión	4	5	12	17	22	3.80	1.22	3.18	•
11	Sociales	Falta de apoyo de la gerencia	7	7	14	14	18	3.48	1.35	1.40	•
12		Falta de estándares y procedimientos	4	9	13	20	14	3.52	1.20	1.05	
13		Falta de comunicación efectiva	5	13	17	13	12	3.23	1.24	0.42	
14		Incapacidad para resolver problemas	10	10	14	13	13	3.15	1.39	0.84	
15		Alta rotación de personal	4	8	13	23	12	3.52	1.16	1.45	•
16	Externos	Desempeño de proveedores	3	4	10	2	22	3.75	1.12	1.34	•
17		Consultores externos	3	15	19	15	8	3.17	1.11	0.93	
18		Volatilidad de la demanda	6	11	22	13	8	3.10	1.16	1.34	

* 1: Totalmente en desacuerdo ….5: Totalmente de acuerdo; •: cumple la hipótesis alternativa de medias significativamente diferentes.

Evaluación del modelo de medida

Se realizó en primera instancia la evaluación del modelo de medida, misma que implica el análisis de la fiabilidad y validez de las variables latentes (VL), tanto de primer, como de segundo orden. En la tabla 5 se pueden observar los valores obtenidos de fiabilidad compuesta (CR) de las VL de segundo orden, siendo todos valores aceptables al estar por encima de 0.70 (Hair et al., 2011; Henseler et al. 2014). De igual forma los valores de la varianza promedio extraída (AVE) son también aceptables (>0.50), comprobándose así la validez convergente de las VL, mientras que la validez discriminante se prueba, ya que la raíz cuadrada de la AVE es mayor a las correlaciones de cada variable (Henseler et al. 2014).

Tabla 5. Matriz de correlaciones entre VL de primer orden.

Variables Latentes	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1. Just-in-time	**0.83**									
2. Jidoka	0.64	**0.84**								
3. Kaizen	0.61	0.77	**0.84**							
4. TPM	0.76	0.53	0.66	**0.88**						
5. Atención	0.67	0.54	0.59	0.74	**0.83**					
6. Desempeño	0.75	0.69	0.65	0.76	0.53	**0.83**				
7. Personal	0.66	0.68	0.72	0.66	0.65	0.68	**0.87**			
8. Técnicos	0.72	0.69	0.67	0.76	0.64	0.66	0.63	**0.85**		
9. Sociales	0.65	0.46	0.43	0.72	0.69	0.57	0.53	0.75	**0.84**	
10. Externos	0.70	0.52	0.66	0.66	0.70	0.69	0.79	0.82	0.73	**0.83**
Fiabilidad compuesta (CR)	0.87	0.88	0.88	0.92	0.87	0.87	0.90	0.87	0.85	0.82
Varianza media extraída (AVE)	0.69	0.71	0.71	0.78	0.69	0.68	0.75	0.72	0.70	0.68

Nota 1: Los valores en la diagonal son la raíz cuadrada del AVE.
Nota 2: Todas las correlaciones son significativas al 1%.

En la tabla 6 se observa que las cargas factoriales de los indicadores son mayores en su propia VL que con el resto de VL, por lo que se confirman los criterios de confiabilidad y validez, para todas las VL de primer orden. En cuanto a las VL de segundo orden, los resultados en la tabla 7 muestran que, para todos los constructos el AVE es mayor a 0.50; los valores en la diagonal (en negrita), es decir, la raíz cuadrada del AVE es mayores que la correlación con cualquier otra variable y la fiabilidad compuesta (CR) es mayor a 0.70.

Tabla 6. Matriz de cargas factoriales (cargas cruzadas).

Variables medidas	JIT	JID	KAIZ	TPM	ATENC	DESEM	PERS	TÉCN	SOC	EXT
Entregas a tiempo	**0.85**	0.69	0.59	0.66	0.72	0.72	0.71	0.71	0.69	0.67
Balanceo líneas	**0.84**	0.65	0.65	0.59	0.69	0.69	0.68	0.68	0.66	0.64
Producción Nivelada	**0.81**	0.64	0.61	0.55	0.71	0.71	0.71	0.70	0.68	0.66
Sistema Pull/Kanban	**0.79**	0.64	0.60	0.62	0.63	0.63	0.63	0.63	0.61	0.59
Reducción LeadTime	**0.75**	0.56	0.60	0.60	0.70	0.70	0.69	0.69	0.67	0.65
Control visual (andón)	0.68	**0.90**	0.52	0.60	0.65	0.65	0.65	0.65	0.63	0.61
Adherencia al plan	0.62	**0.77**	0.65	0.65	0.65	0.64	0.64	0.64	0.62	0.60
Calidad Total (TQM)	0.61	**0.82**	0.64	0.62	0.64	0.64	0.64	0.64	0.62	0.60
Satisfacción del cliente	0.63	0.70	**0.89**	0.61	0.71	0.71	0.71	0.71	0.69	0.67
Formación y Capacitación	0.72	0.66	**0.80**	0.63	0.66	0.66	0.66	0.65	0.63	0.61
Ideas de mejora/PDCA	0.59	0.64	**0.82**	0.63	0.69	0.69	0.69	0.68	0.66	0.64
Seguridad en el trabajo	0.45	0.57	0.56	**0.87**	0.57	0.57	0.63	0.66	0.54	0.52
Trabajo Estandarizado	0.60	0.62	0.70	**0.84**	0.69	0.69	0.69	0.69	0.67	0.65

5 S´s	0.62	0.59	0.53	**0.87**	0.67	0.67	0.67	0.67	0.65	0.63
Percepción del Cliente	0.53	0.60	0.55	0.49	**0.81**	0.60	0.60	0.60	0.58	0.56
Entregas a tiempo	0.50	0.68	0.52	0.53	**0.75**	0.72	0.72	0.71	0.69	0.67
Flexibilidad Producción	0.65	0.65	0.67	0.62	**0.89**	0.71	0.71	0.71	0.71	0.69
Disminución de quejas	0.44	0.62	0.46	0.62	**0.89**	0.69	0.68	0.68	0.66	0.64
Flujo de Información	0.67	0.61	0.69	0.54	0.63	**0.81**	0.66	0.66	0.64	0.62
Control de inventarios	0.65	0.63	0.67	0.62	0.65	**0.88**	0.68	0.67	0.65	0.63
Disponibilidad Materiales	0.62	0.63	0.64	0.58	0.65	**0.75**	0.67	0.67	0.65	0.63
Incremento Productividad	0.72	0.54	0.74	0.65	0.56	**0.76**	0.69	0.68	0.66	0.64
Reducción Scrap	0.61	0.49	0.63	0.67	0.51	**0.85**	0.69	0.69	0.67	0.65
Personal comprometido	0.45	0.53	0.47	0.62	0.55	0.49	**0.82**	0.66	0.64	0.62
Personal polivalente	0.60	0.62	0.62	0.60	0.64	0.64	**0.78**	0.68	0.66	0.64
Habilidades Empleados	0.63	0.61	0.65	0.53	0.63	0.67	**0.87**	0.61	0.59	0.57
Seguridad en el Trabajo	0.60	0.59	0.62	0.62	0.61	0.64	**0.75**	0.67	0.65	0.63
Falta de Know How	0.62	0.62	0.64	0.61	0.64	0.66	0.68	**0.90**	0.61	0.59
No se reconocen beneficios	0.55	0.54	0.57	0.59	0.56	0.59	0.61	**0.84**	0.60	0.58
Visión a largo plazo	0.61	0.65	0.63	0.62	0.67	0.65	0.67	**0.71**	0.60	0.58
Rutinas de la empresa	0.57	0.67	0.59	0.54	0.69	0.61	0.63	**0.86**	0.52	0.50
Estilos de Gestión	0.56	0.62	0.58	0.65	0.64	0.60	0.62	0.64	**0.84**	0.63
Apoyo de la Gerencia	0.56	0.60	0.58	0.67	0.62	0.60	0.62	0.64	**0.83**	0.65
Resistencia al Cambio	0.48	0.61	0.50	0.62	0.63	0.52	0.54	0.56	**0.76**	0.62
Alta rotación personal	0.61	0.61	0.63	0.57	0.63	0.65	0.67	0.69	0.71	**0.80**
Desempeño Proveedores	0.63	0.62	0.65	0.63	0.64	0.67	0.69	0.71	0.73	**0.79**

Nota: Todas las cargas factoriales son significativas al 1%.

Tabla 7. Matriz de correlaciones entre VL de segundo orden.

Variables latentes	1	2	3
1. Adopción	**0.85**		
2. Beneficios	0.65	**0.81**	
3. Obstáculos	0.57	0.62	**0.80**
Fiabilidad compuesta (CR)	0.82	0.89	0.91
Varianza media extraída (AVE)	0.68	0.66	0.69

Nota 1: Los valores en la diagonal son la raíz cuadrada del AVE
Nota 2: Todas las correlaciones son significativas al 0.05.

Finalmente, en la tabla 8 se observa que las cargas factoriales cruzadas de los indicadores de las VL de segundo orden son mayores en su propia VL que con el resto de VL, 0.70, y al mismo tiempo, son mayores que las cargas cruzadas (no diagonales), por lo tanto, se confirman los criterios de confiabilidad, validez convergente y validez discriminante los constructos latentes de segundo orden.

Tabla 8. Matriz de cargas factoriales (VL segundo orden).

Indicadores	ADOPCIÓN	BENEFICIOS	OBSTÁCULOS
Jidoka	**0.84**	0.46	0.58
Kaizen	**0.73**	0.70	0.65
TPM	**0.82**	0.57	0.71
JIT	**0.81**	0.69	0.57
Atención	0.66	**0.83**	0.59
Desempeño	0.68	**0.81**	0.62
Personal	0.57	**0.80**	0.69
Técnicos	0.76	0.52	**0.83**

Sociales	0.57	0.66	**0.81**
Externos	0.66	0.50	**0.80**

Todas las cargas factoriales son significativas al 0.01

Evaluación del modelo estructural

La utilización de SEM se emplea en este estudio con fines de confirmar un modelo de relaciones de las variables tratadas en la investigación. El modelo propuesto y que se confirma con el método SEM es que aparece en la figura 1, en el que se establecen las principales hipótesis.

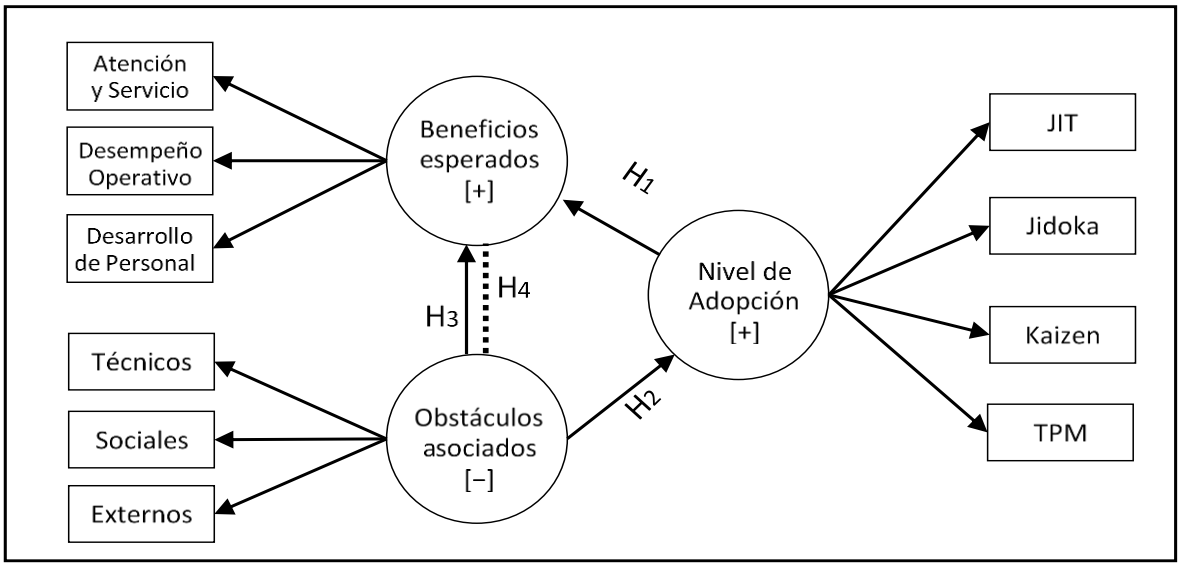


Figura 1. Modelo estructural nivel de adopción de prácticas de PE, obstáculos asociados y beneficios esperados.

Los resultados de la estimación del modelo estructural se muestran en la tabla 9. En primer lugar, se analizan posibles problemas de multicolinealidad, donde valores en el VIF por arriba de 5 indican multicolinealidad, mientras que, valores entre 2 y 3.5 se consideran ideales (Hair et al. 2017). En la tabla 9 se observan valores de VIF de 2.12, 2.88 y 2.51; por tanto, la multicolinealidad no es un problema en el modelo estructural. El siguiente paso es consiste en evaluar el signo algebraico, en la segunda columna de esta tabla se observa que sólo en dos casos de tres el signo propuesto en la hipótesis coincide con el signo del coeficiente estructural β.

Tabla 9. Resultados validación modelo estructural.

Relación	**Hipótesis**	**VIF**	**F^2**	**β**	**Q^2**	**Error**	***p***	***t***	**R^2**	**R2 ajustada**
NA→BE	H_1 [+]	2.12	0.17	0.67	0.21	0.07	0.00	3.99	0.56	0.45
OA→NA	H_2 [-]	2.88	0.24	-0.40	0.17	0.04	0.00	2.15	0.38	
OA→BE	H_3 [-]	2.51	0.02	-0.16	0.14	0.11	0.06	1.63	0.29	

Nota: Los valores de p han sido estimados mediante la técnica *bootstraping* con 5000 repeticiones.
VIF: factor de inflación de la varianza; f2: tamaño de los efectos; β: coeficiente estructural; Q^2: relevancia predictiva; Error: error estadístico; *p*: significancia estadística; *t*: estadístico t; R^2: índice de correlación: R^2ajustada: índice de correlación ajustado.

En lo que respecta a la significancia estadística, se observa que las relaciones NA→BE y OA→NA son estadísticamente significativas, pues el valor t de ambas relaciones están por encima del 1.96, valor mínimo esperado. Por el contrario, la relación OA→BE no es estadísticamente significativa, pues el valor t está por debajo de 1.96. En cuanto a la relevancia de los coeficientes de trayectoria se observa en la tabla 9 que la relación NA→BE es fuerte con un valor β=0.67; la relación OA→NA es media con un coeficiente β=-0.40, mientras que la relación OA→BE, es débil con un valor β=-0.16.

En relación a la relevancia predictiva del modelo, se corrió el algoritmo *blindfolding* para obtener la redundancia validada y cruzada (*cross validated redundancy* o CVR), la cual postula que el modelo estructural debe ser capaz de predecir adecuadamente cada indicador de la VL endógena BE (Hair et al., 2011). La Q2 debe tener valores mayores a 0.00, lo que se interpreta como relevancia predictiva o explicativa de los constructos latentes exógenos sobre los constructos endógenos. El tamaño del efecto f^2, es una medición importante en el diagnóstico del modelo estructural, el cual determina si una VL tiene un efecto débil (0.02), medio (0.15) o alto (0.35) en el modelo estructural (Hair et al. 2011, y Henseler et al. 2014). En este sentido, en la tabla 9 se observa que, el efecto que tiene NA en BE es medio (f2=0.17), el efecto que tienen los OA en NA es grande (f2=0.24), y el efecto de OA en BE es bajo con (f2=0.02). En cuanto al poder explicativo del modelo, la R^2 ajustada de 45% nos dice que la varianza explicada es grande, autores como Cohen (1988) consideran valores de R^2 ajustada iguales a 0.02, 0.13 y 0.26 como de bajo, medio y alto poder explicativo, respectivamente. De estos resultados también se observa que la relación directa OA→BE resultó no significativa. Por tal motivo se puede afirmar que existe una mediación completa, en donde la relación OA→BE esta mediada por NA.

Resumiendo, la hipótesis H1 es aceptada porque existe una relación positiva, fuerte y significativa entre NA→BE; (β= 067). La hipótesis H2 es aceptada porque existe una relación negativa, moderada y significativa; entre OA→NA; (β= 0.40). La hipótesis H3 es rechazada porque la relación negativa entre OA →BE es débil y no significativa; (β= -0.16). Por último, la hipótesis H4 es aceptada, se confirma la mediación completa indirecta. Es decir, la relación positiva NA→BE esta mediada por OA.

Discusión y Conclusiones

El estudio aporta información original sobre los alcances de la adopción de prácticas de ME en las empresas industriales en el noroeste de México. Los resultados revelan que, en la región, el nivel de adopción de prácticas de ME, en términos generales, es de nivel medio con tendencia a alto. Siendo prácticas propias del sistema JIT las más utilizadas, seguidas por prácticas de la metodología Jidoka, después las de la filosofía Kaizen y, por último, aquellas que corresponden al método TPM. Las empresas del sector automotriz son las que muestran mayores niveles de adopción, seguidas por empresas del sector aeroespacial, después el eléctrico y después el médico. Este estudio arroja resultados que se asemeja a los obtenidos por Kumar y Kumar (2015), ya que casi la mitad de las herramientas de la ME se están implementando actualmente en las industrias ubicadas en la región estudiada, lo que muestra un nivel importante de difusión de estas prácticas organizativas en el contexto de la industria del noroeste mexicano.

La adopción parcial de las principales prácticas de ME se puede explicar por la existencia simultánea de factores que la obstaculizan y la favorecen. Los principales

beneficios de la implementación de las prácticas de ME identificados en este estudio comprenden el incremento en la productividad, la mejora en estregas a tiempo, la mejora en la percepción del cliente, el entrenamiento al personal, la mejora en la disponibilidad de materias primas, la flexibilidad de la línea de producción y el incremento en la eficiencia. En este sentido, el estudio arroja resultados que se asemeja a los obtenidos por Cua et al. (2006) y Khanchanapong et al. (2014), quienes encontraron que prácticas como JIT, el TPM y Kaizen afectan positiva y significativamente la calidad, la reducción de costos, la flexibilidad y el tiempo de entrega. También son congruentes con los resultados obtenidos por Melton (2015); Womack et al., (2017); Bellisario y Pavlov (2018), quienes sostienen que la aplicación simultánea de prácticas específicas dan lugar a un mejor desempeño operativo.

Así mismo, se identificaron elementos considerados por las industrias participantes como obstáculos para la adopción de la ME. De acuerdo por lo manifestado por las industrias maquiladoras de nueva generación ubicadas en Sonora, los obstáculos más significativos son las rutinas de la compañía, la falta de conocimientos prácticos o el "know-how", la falta de visión a largo plazo, la resistencia al cambio, la incapacidad para reconocer los beneficios, los estilos de gestión, la falta de apoyo de la gerencia, la rotación de personal y el pobre desempeño de proveedores. En este sentido, la tesis arroja resultados que se asemejan a los obtenidos por Anand y Kodali (2010) y Bhasin y Burcher (2016), quienes encontraron que los principales obstáculos para la adopción estaban relacionados, con la resistencia al cambio y la incapacidad de reconocer los beneficios por parte de los empleados, así como la falta de apoyo y los diferentes estilos de dirigir por parte de la gerencia.

En cuanto al tercer objetivo particular - explicar la relación entre el nivel de adopción, los beneficios esperados y los obstáculos asociados a la adopción de prácticas de ME—, los resultados obtenidos mediante el método SEM revelan que existe una relación positiva entre el nivel de adopción y los beneficios esperados, es decir, a mayor nivel de adopción, las empresas reconocen un mayor número de beneficios. Al mismo tiempo, dicha relación esta mediada por los obstáculos asociados, es decir, a mayor número de obstáculos, menor nivel de adopción y menos son los beneficios que se obtienen, de acuerdo a la precepción de los participantes en el estudio. Son muy escasos los estudios que tratan conjuntamente la relación entre NA, BE y OA: por ejemplo, entre estos estudios se encuentra el de Abu et al. (2019), pero estos analizaron estas relaciones por separado, mediante el método de pruebas de hipótesis con Test de los Signos. El mérito de nuestro estudio es el análisis mediante SEM, que permite un análisis más complejo de las relaciones entre las tres variables.

El estudio aporta información original sobre los alcances de la adopción de prácticas y métodos de ME en las empresas industriales en el noroeste de México. Los alcances de este trabajo son de carácter exploratorio-relacional que busca arrojar información o conocimiento nuevo sobre las pautas de adopción de ME en base a las distintas prácticas y métodos que la componen, y en un contexto industrial y socio-territorial específico. Aunque de manera limitada, con este estudio se avanza en la comprensión de los posibles factores que pueden estar determinando el nivel de adopción de distintas prácticas de ME, ya que, se analiza la percepción de los gerentes sobre los principales impedimentos y factores que pueden servir de base para análisis futuros con mayor fundamentación en la teoría, que traten de explicar la difusión de prácticas

organizativas y de sistemas productivos novedosos en los contextos nacionales y regionales.

Desde luego el trabajo presenta algunas limitaciones. La más evidente es el tamaño del estudio, ya que la encuesta se aplicó sólo a un muy limitado número de industrias, aún y cuando la muestra alcanzada puede considerarse como una representativa de la actividad industrial de nuevo tipo desarrollada en la región fronteriza México-Estados Unidos en los años recientes. El trabajo sólo comprende las empresas de manufactura, de las ciudades de Hermosillo, Guaymas y Empalme, lo que significa que los hallazgos principales deben ser tomados con cuidado al momento de tratar de generalizar a otras latitudes y regiones. También se debe tomar con precaución la objetividad de la información proporcionada por las organizaciones para la realización del estudio, ya que siempre existe un sesgo personal y de subjetividad en las opiniones y percepciones individuales.

Referencias

Abu, F., Gholami, H., Saman, M. Z. M., Zakuan, N., & Streimikiene, D. (2019). The implementation of lean manufacturing in the furniture industry: A review and analysis on the motives, barriers, challenges, and the applications. *Journal of cleaner production*, *234*, 660-680. https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2019.06.279

Almeida Marodin, G., y Saurin, T. A. (2015). Managing barriers to lean production implementation: context matters. *International Journal of Production Research*, 53(13), 3947-3962. https://doi.org/10.1080/00207543.2014.980454

Anand, G. y Kodali, R. (2010). Development of a framework for implementation of lean manufacturing systems. *International Journal of Management Practice*, 4(1), 95-116. https://doi.org/10.1504/IJMP.2010.029705

Antony, J., Psomas, E., Garza-Reyes, J. A., & Hines, P. (2021). Practical implications and future research agenda of lean manufacturing: a systematic literature review. *Production planning & control*, *32*(11), 889-925. https://doi.org/10.1080/09537287.2020.1776410

Arlbjørn, J. S., y Freytag, P. V. (2013). Evidence of lean: A review of international peer-reviewed journal articles. *European Business Review*, 25(2), 174-205. https://doi.org/10.1108/09555341311302675

Buer, S. V., Strandhagen, J. O., y Chan, F. T. (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

Bellisario, A. y Pavlov, A. (2018). Performance management practices in lean manufacturing organizations: a systematic review research evidence. *Prod. Planning y Control* 29:5, pages 367-385. https://doi.org/10.1080/09537287.2018.1432909

Bhamu, J., y Singh-Sangwan, K. (2014). Lean manufacturing: literature review and research issues. *International Journal of Operations & Production*

Management, 34(7), 876-940. https://doi.org/10.1108/IJOPM-08-2012-0315

Bhasin, S., y Burcher, P. (2016). Lean viewed as a philosophy. *Journal of manufacturing technology management*, 17(1), 56-72. https://doi.org/10.1108/17410380610639506

Brah, S. A., y Chong, W. K. (2004). Relationship between total productive maintenance and performance. *International journal of production research, 42*(12), 2383-2401. https://doi.org/10.1080/00207540410001661418

Cohen, J. (1988). *Statistical Power Analysis for the Behavioral Sciences*, Hillside, NJ: Lawrence Erlbaum. https://doi.org/10.4324/9780203771587

Cua, K. O., McKone-Sweet, K. E., y Schroeder, R. G. (2006). Improving performance through an integrated manufacturing program. *Quality Management Journal*, 13(3), 45-60. https://doi.org/10.1080/10686967.2006.11918561

Fullerton, R. R., Kennedy, F. A., & Widener, S. K. (2014). Lean manufacturing and firm performance: The incremental contribution of lean management accounting practices. *Journal of Operations Management, 32*(7-8), 414-428. https://doi.org/10.1016/j.jom.2014.09.002

Ghobadian, A., Talavera I., Bhattacharya A., Kumar V., Garza-Reyes J. A., y O'Regan N (2020). Examining Legitimatisation of Additive Manufacturing in the Interplay between Innovation, Lean Manufacturing and Sustainability. *International Journal of Production Economics* 219: 457–468. https://doi.org/10.1016/j.ijpe.2018.06.001

Goshime, Y., Kitaw, D., & Jilcha, K. (2019). Lean manufacturing as a vehicle for improving productivity and customer satisfaction: A literature review on metals and engineering industries. *International Journal of Lean Six Sigma, 10*(2), 691-714. https://doi.org/10.1108/IJLSS-06-2017-0063

Hair, J. F., Ringle, C. M., y Sarstedt, M. (2011). PLS-SEM: Indeed a silver bullet. *Journal of Marketing theory and Practice*, 19(2), 139-152. https://doi.org/10.2753/MTP1069-6679190202

Hair Jr, J. F., Matthews, L. M., Matthews, R. L., y Sarstedt, M. (2017). PLS-SEM or CB-SEM: updated guidelines on which method to use. *International Journal of Multivariate Data Analysis*, 1(2), 107-123. https://doi.org/10.1504/IJMDA.2017.087624

Henao, R., Sarache, W., y Gómez, I. (2019). Lean manufacturing and sustainable performance: Trends and future challenges. *Journal of cleaner production*, 208, 99-116. https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2018.10.116

Henseler, J., Ringle, C. M. y Sarstedt, M., (2014). A new criterion for assessing discriminant validity in variance-based structural equation modeling. *Journal of the Academy of Marketing Science 43* (1), 115–135. https://doi.org/10.1007/s11747-014-0403-8

Hu, Q., Mason R., Williams S. J., y Found P. (2015). “Lean Implementation within SMEs: A Literature Review”. *Journal of Manufacturing Technology Management* 26 (7): 980–1012. https://doi.org/10.1108/JMTM-02-2014-0013

Jadhav, J. R., Mantha, S. S., & Rane, S. B. (2014). Exploring barriers in lean implementation. *International Journal of Lean Six Sigma*, 5(2), 122-148. https://doi.org/10.1108/IJLSS-12-2012-0014

Johan, A., & Soediantono, D. (2022). Literature review of the benefits of lean manufacturing on industrial performance and proposed applications in the defense industries. Journal of Industrial Engineering & Management Research, 3(2), 13-23. http://www.jiemar.org

Khanchanapong, T., Prajogo, D., Sohal, A. S., Cooper, B. K., Yeung, A. C., y Cheng, T. C. E. (2014). The unique and complementary effects of manufacturing technologies and lean practices on manufacturing operational performance. *International journal of production economics*, 153, 191-203. https://doi.org/10.1016/j.ijpe.2014.02.021

Kumar, R., y Kumar, V. (2015). Lean manufacturing in Indian context: A survey. *Management Science Letters*, 5(4), 321-330. https://doi.org/10.5267/j.msl.2015.2.009

Melton, T. (2015). The benefits of lean manufacturing: what lean thinking has to offer the process industries. *Chemical engineering research and design*, 83(6), 662-673. https://doi.org/10.1205/cherd.04351

Moyano-Fuentes, J., Bruque-Cámara, S., & Maqueira-Marín, J. M. (2019). Development and validation of a lean supply chain management measurement instrument. *Production Planning & Control*, 30(1), 20-32. https://doi.org/10.1080/09537287.2018.1519731

Palange, A., & Dhatrak, P. (2021). Lean manufacturing a vital tool to enhance productivity in manufacturing. *Materials Today: Proceedings, 46*, 729-736. https://doi.org/10.1016/j.matpr.2020.12.193

Rocha-Lona, L., Garza-Reyes, J. A., & Kumar, V. (2013). *Building quality management systems: selecting the right methods and tools*. CRC press. https://doi.org/10.1201/b15000

Samuel, D., P. Found, and S. J. Williams. 2015. “How Did the Publication of the Book ‘the Machine That Changed the World’ Change Management Thinking? Exploring 25 Years of Lean Literature”. *International Journal of Operations & Production Management* 35 (10): 1386–1407. https://doi.org/10.1108/IJOPM-12-2013-0555

Sundar, R., Balaji, A. N., & Kumar, R. S. (2014). A review on lean manufacturing implementation techniques. *Procedia Engineering*, *97*, 1875-1885. https://doi.org/10.1016/j.proeng.2014.12.341

Yadav, G., Luthra, S., Huisingh, D., Mangla, S. K., Narkhede, B. E., & Liu, Y. (2020). Development of a lean manufacturing framework to enhance its adoption within manufacturing companies in developing economies. *Journal of Cleaner Production*, 245,

118726. https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2019.118726

Womack, J. P., Jones, D. T., y Roos, D. (2017). La máquina que cambió el mundo: La historia de la Producción Lean, el arma secreta de Toyota que revolucionó la industria mundial del automóvil. Profit Editorial. https://books.google.com.mx/books?id=HktIDgAAQBAJ