

**Estudios de ingeniería para
contextos en transformación:**

Análisis, innovación y mejora

Directorio

Leticia Ramírez Amaya
Secretaría de Educación Pública

Luciano Concheiro Bórquez
Subsecretario de Educación Superior

Ramón Jiménez López
Director General del Tecnológico Nacional de México

Valentín Arquímedes Sánchez Beltrán
Director del Instituto Tecnológico de Ensenada

Estudios de ingeniería para contextos en transformación: *Análisis, innovación y mejora*

María Lucía Romero Ocampo
Perla Rocío Hernández Navarro

Coordinadores



SEP
SECRETARÍA DE
EDUCACIÓN PÚBLICA



TECNOLÓGICO
NACIONAL DE MÉXICO®



INSTITUTO
TECNOLÓGICO DE ENSENADA



Esta investigación fue arbitrada por pares académicos

Primera edición, 2023

D.R. © 2023, María Lucía Romero Ocampo
Perla Rocío Hernández Navarro

ISBN: 978-84-19803-94-8

Impreso y hecho en México
Printed and made in Mexico

Índice

Prólogo	7
<i>Aurora I. Máynez Guaderrama</i>	
Presentación	9
Análisis biomecánico del hombro en el trabajo repetitivo	15
<i>Jesús Eduardo Rocha Osuna, Lamberto Vázquez Veloz, Angélica María Clemente Pérez, Sonia Mariscal Lagarda</i>	
Mejora en manejo de carga en torno	27
<i>Iván Alejandro Nevárez Domínguez, Guadalupe Angélica Huerta Linares, Rigoberto Zamora Alarcón, Acela Castillón Barraza</i>	
Análisis multifactorial en la descompresión biomecánica de los discos intervertebrales	37
<i>Lamberto Vázquez Veloz, Manuel Antonio Rivera Rodríguez, Alicia Mariela Barceló Ramírez, Saúl Hernández Ruíz</i>	
Incremento de la capacidad en el área de producción del glucómetro modelo POGO	49
<i>Ricardo Alexis Macías Melendrez, Anel Torres López, Alma Delia Corrales Orozco, José Alonso Urías Celaya</i>	
Manufactura esbelta en la industria maquiladora	65
<i>Aurora I. Máynez Guaderrama</i>	
Implementación de PLC en el área de producción para la reducción de desperdicios	77
<i>Macías Melendrez Ricardo Alexis, Torres López Anel, Urías Celaya José Alonso, Camacho Martínez Héctor</i>	

Simulación matemática para evaluar la práctica sustentable en la industria manufactura de Mexicali	89
<i>Sánchez Corona Ana Laurap, Gastelum Gaxiola Rafael Ernesto, Ascanio Méndez José Alejandro, Sánchez Rodríguez Ernesto</i>	
Aplicación del diseño de experimentos en la selección de factores para corte de laminados cerámicos	101
<i>Alaniz Muñoz Jesús Iván, Figueroa Valdez Gladys Carlota, Murillo Silva Arely, Hernández Capuchin Ismael</i>	
Valoración logística multinomial entre las barreras de entrada y el éxito en los centros cambiarios	115
<i>Nozato López María José1, Dávila Vásquez Mirna, Sital Torres Mariana Yarisdí, Bustamante Aispuro Roxana</i>	
Herramientas digitales en línea basadas en inteligencia artificial para los procesos de enseñanza-aprendizaje	131
<i>Mastache González Ana Laura, Medina Aguirre Julio César, Rodríguez Loo Roxana Michele</i>	
Análisis del índice de reprobación en matemáticas pre, durante y postpandemia de COVID-19	141
<i>Maldonado Rodríguez Martha Eugenia, Hernández Navarro Perla Rocío, Arroyo Sahagún Eurydice Carolina</i>	
Perspectiva de inserción laboral de egresados de ingeniería industrial del TECNМ campus Mexicali	163
<i>Mastache González Ana Laura, Medina Aguirre Julio César, Rodríguez Loo Roxana Michele</i>	
Intención emprendedora en estudiantes de ingeniería	177
<i>Virginia Guadalupe López Torres, Diego Alfredo Pérez Rivas, Luis Ramón Moreno Moreno</i>	

Manufactura esbelta en la industria maquiladora de exportación en Ciudad Juárez

Máynez Guaderrama Aurora I.
Universidad Autónoma de Ciudad Juárez
amaynez@uacj.mx

Resumen

La manufactura esbelta es un proceso útil para eliminar desperdicios, mejorar la calidad, reducir los costos e incrementar la flexibilidad y la velocidad de respuesta. En el contexto de la industria maquiladora de exportación localizada en Ciudad Juárez, el objetivo de este trabajo fue identificar el uso de prácticas de manufactura esbelta. Se utilizó un diseño de investigación cuantitativo, no probabilístico, descriptivo y transversal, los sujetos de estudio fueron empleados del sector. Los resultados evidencian que estas prácticas son parcialmente empleadas en esta industria. La práctica más utilizada son los sistemas para identificar fallas en las máquinas y la menos empleada se asocia a la facilidad de cambiar el diseño de las estaciones de trabajo.

Palabras Clave: Lean manufacturing,

Introducción

A nivel mundial, los valores del pensamiento esbelto crecen como una estrategia útil para fomentar la flexibilidad, la fiabilidad y la productividad de las organizaciones (Kumar *et al.*, 2022). La manufactura esbelta, también conocida como sistema de producción Toyota [TPS], fabricación ajustada o

lean manufacturing [LM], es un proceso que permite la eliminación de desperdicios en un sistema de producción, los cuales pueden estar vinculados con esfuerzos humanos, tiempo y/o inventarios, en las distintas etapas productivas (Palange & Dhattrak, 2021).

El objetivo de *Lean manufacturing* es producir bienes y servicios al menor costo y con la mayor rapidez posible (Rahman *et al.*, 2013). Esta clase de manufactura se adoptó inicialmente en la industria automovilística japonesa tras la Segunda Guerra Mundial, debido a la escasez de recursos, dinero y mano de obra calificada (Kumar *et al.*, 2022). Posteriormente, la técnica fue adoptada ampliamente en los sectores manufactureros de diferentes países, dado que se reconoce su valor para eliminar actividades que no agregan valor y eliminar desperdicios; como resultado de su aplicación, se han reportado mejoras en la calidad, reducción en los costos, e incrementos en la flexibilidad y la velocidad de respuesta (Mohan Sharma & Lata, 2018; Palange & Dhattrak, 2021).

Por sus beneficios, muchos investigadores del mundo académico y productivo se sienten atraídos por las prácticas de fabricación ajustada (Palange & Dhattrak, 2021). El objetivo de este trabajo fue identificar el uso de prácticas de manufactura esbelta en la industria maquiladora de exportación en Ciudad Juárez Chihuahua. Además de la sección introductoria, el capítulo se organiza en cuatro secciones: marco teórico, metodología, resultados y conclusiones.

Marco teórico

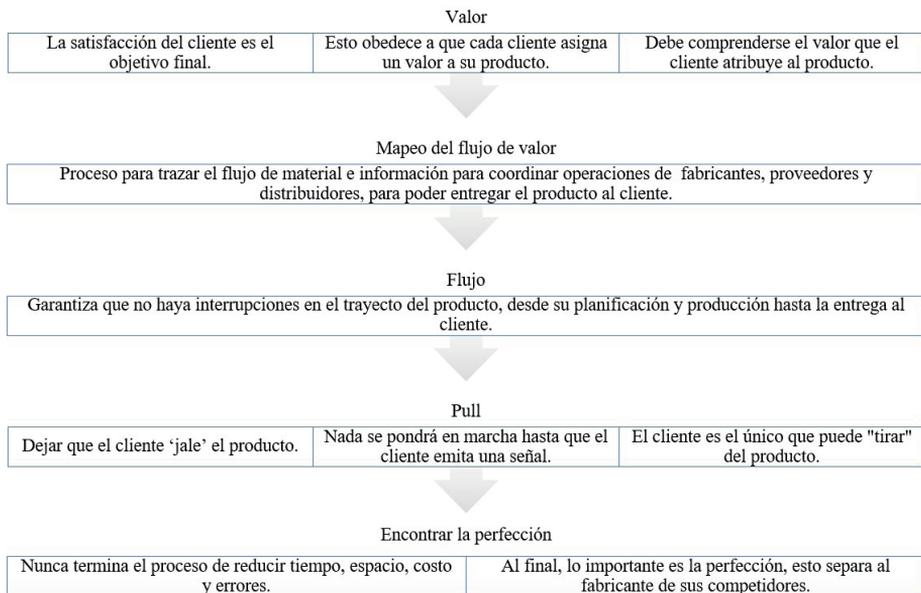
Las empresas implementan la manufactura esbelta para mantener su competitividad frente a sus rivales, ya que les permite mejorar la productividad de los sistemas de fabricación y la calidad de los productos (Palange & Dhattrak, 2021). LM es una estrategia basada exclusivamente en el cliente y se centra en la optimización de las técnicas Lean (Mohan Sharma & Lata, 2018). Es pertinente señalar que LM no es una fórmula mágica, sino una técnica que busca identificar aspectos que no tienen valor en la cadena de producción e intentar reducirlos o eliminarlos, para aumentar la productividad o los beneficios (Palange & Dhattrak, 2021).

Lean significa fabricar sin desperdiciar (Rahman *et al.*, 2013). Los principios de la LM demandan eliminar o cambiar los recursos que no aportan valor al cliente (Mohan Sharma & Lata, 2018). Por ello, los principios Lean definen el valor del producto/servicio según lo percibe el comprador y, a partir de ello, alinean el flujo con la demanda de éste y se centran en la búsqueda de la mejora continua, para eliminar el desperdicio, para lo cual clasifican las

actividades en dos categorías: las que aportan valor añadido (VA) y las que no lo tienen (NVA) (Sundar *et al.*, 2014). La manufactura esbelta tiene cinco principios básicos: especificar el valor, identificar el flujo de valor, flujo, jalón (*pull*), y perfección (Kumar *et al.*, 2022; Womack & Jones, 1997) [ver figura 1].

Por otra parte, los desperdicios se clasifican en función a su causa u origen; una vez identificada, se buscan su eliminación o minimización, mediante el análisis y la aplicación del conocimiento adecuado (Kumar *et al.*, 2022). Los residuos o desperdicios [“muda” en japonés] se clasifican en siete tipos: sobre procesamiento, la sobreproducción, el exceso de inventario, el tiempo de espera operador/material, el movimiento innecesario, los defectos y el transporte innecesario (Palange & Dhattrak, 2021; Rahman *et al.*, 2013; Sundar *et al.*, 2014). Existen distintas herramientas y técnicas que se utilizan en diferentes empresas para aplicar el concepto Lean (Mohan Sharma & Lata, 2018). Entre ellas se encuentran Kaizen, los cambios rapidos, la gestión de calidad, el sistema de fabricación flexible, Kanban, el justo a tiempo, la manufactura celular, la producción de lotes pequeños, la uniformidad del nivel de producción, la calidad en el origen y el mantenimiento productivo total.

Figura 1. Principios básicos de la manufactura esbelta.



Fuente: elaboración propia a partir de Kumar *et al.* (2022); Womack and Jones (1997).

Kaizen es una palabra japonesa que significa “mejora continua” (Kumar *et al.*, 2022). La mejora continua se basa en la creencia de que las personas tienen un deseo intrínseco de calidad y valor, y la gerencia tiene que confiar en que, a largo plazo, la mejora será rentable (Sundar *et al.*, 2014). En *Kaizen* se sabe que el desperdicio es un elemento material indeseable, que se produce conjuntamente con el producto; esta técnica no sólo garantiza la mejora continua, sino que también hace referencia a las medidas que deben adoptarse para reducir las ineficiencias. (Kumar *et al.*, 2022). El mantenimiento productivo total combina el mantenimiento preventivo con los principios de calidad total para evitar averías, lograr cero defectos y, al mismo tiempo, garantizar la disponibilidad, eficacia y las condiciones óptimas de máquinas y equipos (Nawanir *et al.*, 2020). Por su parte, la calidad en el origen ayuda a la detección rápida y precisa de cualquier problema de calidad: si se detecta un problema de calidad, la máquina o la línea de producción se detendrá automáticamente y el operador será capaz de descubrir rápidamente la causa raíz y resolver el problema (Nawanir *et al.*, 2020).

La preparación rápida se centra en reducir el tiempo de preparación de un producto a otro (Nawanir *et al.*, 2020). El cambio de moldes en un minuto (*Single Minute Exchange Dies*, SMED) intenta disminuir el tiempo de cambio entre modelos a fabricar (Palange & Dhattrak, 2021), convirtiendo el tiempo de preparación interno, en tiempo de preparación externo (Sundar *et al.*, 2014). En ella, las actividades realizadas con la máquina parada se denominan tiempo de preparación interno y las que se realizan sin la máquina parada se denominan tiempo de preparación externo (Sundar *et al.*, 2014). Gracias a su uso, el tiempo de preparación se reduce a menos de 5 minutos (Kumar *et al.*, 2022).

La Gestión de la calidad total [*Total Quality Management*, TQM], considera que la calidad implica a todos y a todas las actividades de las organizaciones, entendiendo la calidad como la conformidad o cumplimiento a las especificaciones del producto o servicio (Khalili *et al.*, 2017). Así, TQM es un enfoque orientado a la calidad, que se basa en la participación de todos los miembros de una organización buscando lograr el éxito a largo plazo, mediante la satisfacción del cliente y la obtención de beneficios para los empleados y la sociedad (Ho *et al.*, 2023). En resumen, el propósito de esta herramienta es potenciar la calidad y minimizar los defectos (Kumar *et al.*, 2022).

Otra técnica LM es el sistema de fabricación flexible, el cual proporciona un entorno de manufactura estandarizado y dúctil, que incluye entre otros aspectos el diseño, los métodos y las máquinas (Kumar *et al.*, 2022). El objetivo

de los recursos flexibles es lograr la adaptabilidad del sistema de producción; esta flexibilidad puede lograrse a partir de varias actividades, como la implicación de los empleados, trabajadores multifuncionales, máquinas/equipos multifuncionales y formación cruzada para que los trabajadores puedan realizar múltiples tareas (Nawanir *et al.*, 2020).

Kanban es una palabra japonesa que significa tarjeta visual (Kumar *et al.*, 2022). El sistema *Kanban* requiere que la producción se realice únicamente cuando existe demanda de productos (Rahman *et al.*, 2013); en general, en este sistema se busca generar señales (Rahman *et al.*, 2013), que ayudan a suministrar piezas sólo cuando son necesarias (Palange & Dhattrak, 2021). Se trata de un mecanismo de control del flujo de material que ayuda a proveer la cantidad adecuada de piezas en el momento oportuno (Sundar *et al.*, 2014). El sistema *Kanban* es una herramienta de LM que permite una producción mixta con un nivel óptimo de inventario (Rahman *et al.*, 2013; Sundar *et al.*, 2014).

Otra técnica lean es justo a tiempo. En la era de la personalización masiva, se afirma que el tipo de fabricación “*push*” ya no funcionará, y cada vez más se utilizará la fabricación “*pull*” (Palange & Dhattrak, 2021): el sistema *pull* se basa en las necesidades del cliente, mientras que el *Push* se basa en un programa predeterminado (Sundar *et al.*, 2014). *Just-in-time* busca definir lo que hay que producir, en qué momento y cantidad y su aplicación garantiza la reducción del tiempo (de producción y de respuesta) y de los costos de inventario en el sistema de producción (Kumar *et al.*, 2022). En esta vertiente debe señalarse la necesidad de contar con redes de proveedores, las cuales garantizan que exista colaboración y asociación entre compradores y proveedores, que permiten la mejora continua, el intercambio de información y la excelencia en el desempeño de las partes (Nawanir *et al.*, 2020).

Los diseños celulares agrupan distintos tipos de máquinas y equipos en células para procesar productos con requisitos comunes (Nawanir *et al.*, 2020). Esta técnica lean define la agrupación de las instalaciones con el fin de fabricar el producto con el mínimo tiempo de proceso, tiempo de espera y transporte, simplificando el flujo del proceso (Sundar *et al.*, 2014). La producción de lotes pequeños busca que se manufacture una cantidad menor de producto en cierto periodo de tiempo; la propuesta en este caso, es que cuanto menor sea el tamaño de los lotes, mayor será la capacidad de la línea de producción para producir de acuerdo con lo solicitado por el cliente (Nawanir *et al.*, 2020).

Metodología

Se utilizó un diseño de investigación cuantitativo, descriptivo y transversal y como sujetos de estudio participaron personas que laboran en la industria maquiladora de exportación en Ciudad Juárez, Chihuahua. Se empleó un muestreo no probabilístico por conveniencia. El trabajo de campo se llevó a cabo en octubre del 2023 y se recibieron 805 respuestas, de las cuales fueron utilizables 799. Los estadísticos descriptivos se calcularon con el software SPSS versión 24. Las prácticas de manufactura esbelta se valoraron con ítems tipo Likert con opciones de respuesta donde 1=totalmente en desacuerdo hasta 5= totalmente de acuerdo. Los ítems se diseñaron tomando como referencia la escala utilizada por (Nawanir *et al.*, 2020), los cuales fueron adaptados y validados por un grupo de ingenieros que laboran en la industria maquiladora de exportación. En la tabla 1, a continuación, se presenta la operacionalización de la variable.

Tabla 1. Operacionalización.

Técnica lean	Ítem
<i>Flexible Resources employees</i>	Los empleados de las distintas áreas (como producción, calidad, mantenimiento) pueden realizar diferentes tipos de actividades
<i>Cellular Layouts</i>	El diseño de las estaciones de trabajo puede cambiarse fácilmente (Por ejemplo, la ubicación o el orden de las operaciones de una línea).
<i>Kanban/ Pull System</i>	Existen sistemas de alerta para mover el material (Por ejemplo conos, tarjetas, estantes vacíos).
<i>Small Lot Production</i>	Solo se producen las cantidades necesarias, no más y no menos.
<i>Quick Setups</i>	Los empleados son capaces de reducir el tiempo para cambiar de modelo a producir
<i>Flexible resources design</i>	En un turno laboral se produce más de un modelo
<i>Quality Control</i>	Se usan diferentes técnicas para mejorar la calidad de los productos (por ejemplo, gráficos de control).
<i>Total Productive Maintenance/ Quality at the source</i>	Existen sistemas para saber cuándo la maquina está fallando (como sonidos, colores de luz).
<i>Just in time/ Supplier Networks</i>	El material llega cuando se necesita (inventario mínimo/ <i>just in time</i>).

Resultados

Como se muestra en la tabla 2, el 52.8% de los encuestados son hombres y el 46.2% mujeres. La mayoría nacieron entre 1997 y 2012 (63.7%). En lo relativo a la escolaridad, el 27.7% cuenta con estudios a nivel licenciatura concluida y el 27.0% reportó tener preparatoria terminada. De los encuestados el 22.3% tiene un puesto de ingeniero y el 19.6% labora como técnico, el 32.0% reportó una antigüedad menor a 1 año y 31.0% entre 1 y 2 años. En lo referente al sector de la empresa, la mayoría labora en organizaciones que manufacturan partes automotrices (43.6%). Respecto de su adscripción, el 30.5% labora en el departamento de producción y el 19.0% en el de ingeniería.

Tabla 2. Estadísticos sociodemográficos.

	Descripción	n	%		Descripción	n	%		
Sexo	Hombre	422	52.80		Operador	178	22.30		
	Mujer	369	46.20		Líder de grupo	72	9.00		
	Otro	8	1.00		Ingeniero	83	10.40		
Generación	Baby boomer (1946-1964)	10	1.30	Puesto	Ingeniero junior	72	9.00		
	Generación X (1965-1980)	68	8.50		Ingeniero senior	23	2.90		
	Generación Y (1981-1996)	212	26.50		Técnico	157	19.60		
	Generación Z (1997-2012)	508	63.70		Supervisor	45	5.60		
	Primaria	7	0.90		Gerente	19	2.40		
	Secundaria	30	3.80		Otro	150	18.80		
	Preparatoria trunca	28	3.30		Menor a 1 año	256	32.00		
Escolaridad	Preparatoria terminada	216	27.00	Antigüedad	Entre 1 y 2 años	248	31.00		
	Técnico	111	13.90		Entre 3 y 4 años	128	16.00		
	Licenciatura trunca	169	21.20		Entre 5 y 9 años	88	11.00		
	Licenciatura terminada	221	27.70		Entre 10 y 19 años	47	5.90		
	Posgrado	19	2.40		20 o más años	32	4.00		
	Departamento	Administrativo	89		11.10	Sector	Aeroespacial	15	1.90
		Calidad	104		13.00		Automotriz	348	43.60
Ingeniería		159	19.90	Electrónica	126		15.80		
Mantenimiento		43	5.40	Médica	124		15.50		
Materiales		49	6.10	Metalmecánica	32		4.50		
Producción		244	30.50	Otro	154		19.30		
Sistemas		30	3.80						
Otro		81	10.10						

En la tabla 3 se presentan los datos estadísticos descriptivos de los ítems sobre las prácticas de manufactura esbelta utilizadas. Como en ella se observa, en todos los casos los valores mínimos fueron 1 y los máximos 5. En lo relativo al promedio de respuesta, los valores oscilaron entre 2.981 [El diseño de las estaciones de trabajo puede cambiarse fácilmente (Por ejemplo, la ubicación o el orden de las operaciones de una línea)] y 3,777 [Existen sistemas para saber cuándo la maquina está fallando (como sonidos, colores de luz)]. Por otra parte, el valor de la desviación estándar se encontró en un rango entre 0,0437 [Los empleados son capaces de reducir el tiempo para cambiar de modelo a producir] y 0,0475 [Existen sistemas para saber cuándo la máquina está fallando (como sonidos, colores de luz)].

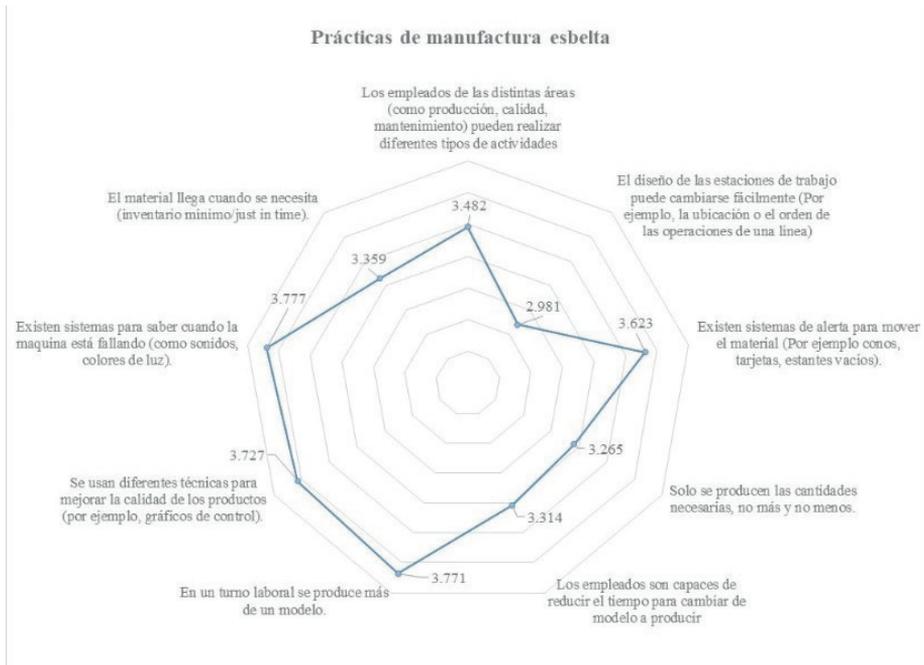
Con el propósito de comparar el uso de las practicas LM, se graficaron los valores promedio de cada una de ellas. En la figura 1, a continuación, se presenta esa información. Como en ella se aprecia, salvo el caso del cambio en el diseño de las estaciones de trabajo (ubicación o el orden de las operaciones de una línea), en el resto de las prácticas los valores promedio se encuentran por arriba de 3.0 [ni de acuerdo, ni en desacuerdo].

Tabla 3. Estadísticos descriptivos de las prácticas de manufactura esbelta.

	Promedio	Desviación estándar	Mín.	Máx.
Los empleados de las distintas áreas (como producción, calidad, mantenimiento) pueden realizar diferentes tipos de actividades	3.482	.0465	1.0	5.0
El diseño de las estaciones de trabajo puede cambiarse fácilmente (Por ejemplo, la ubicación o el orden de las operaciones de una línea)	2.981	.0459	1.0	5.0
Existen sistemas de alerta para mover el material (Por ejemplo conos, tarjetas, estantes vacíos).	3.623	.0464	1.0	5.0
Solo se producen las cantidades necesarias, no más y no menos.	3.265	.0456	1.0	5.0
Los empleados son capaces de reducir el tiempo para cambiar de modelo a producir	3.314	.0437	1.0	5.0
En un turno laboral se produce más de un modelo.	3.771	.0458	1.0	5.0

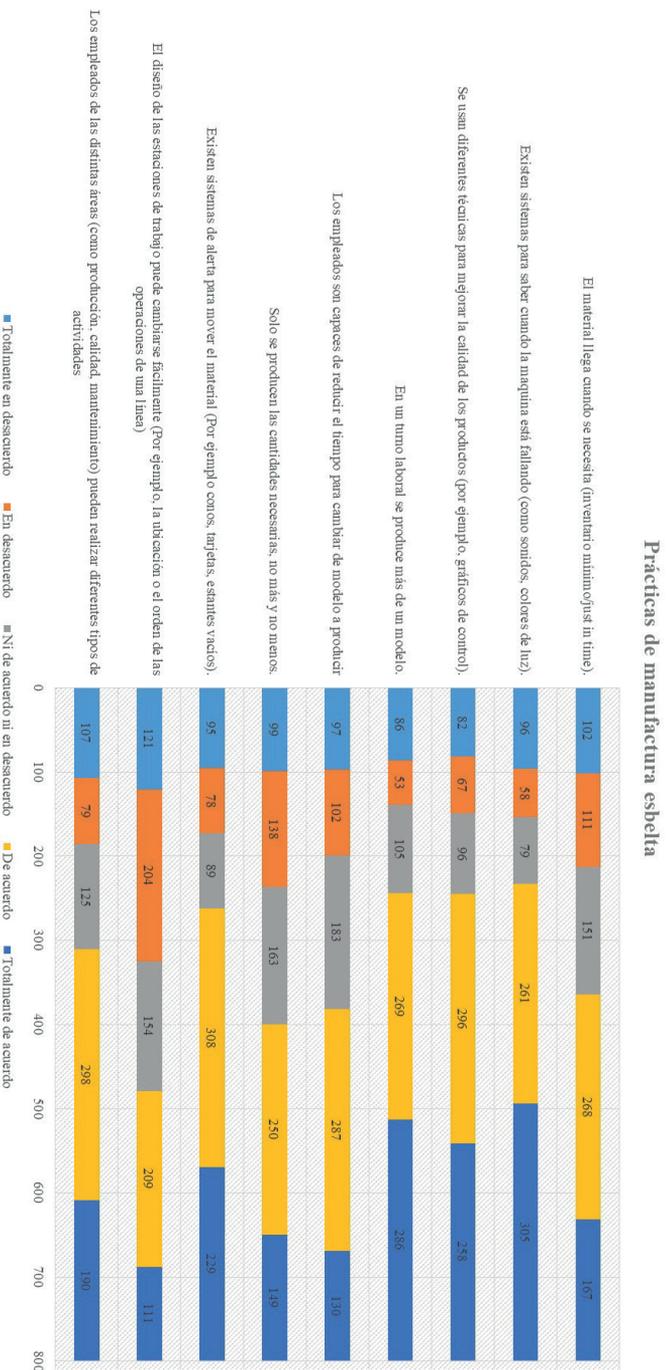
Se usan diferentes técnicas para mejorar la calidad de los productos (por ejemplo, gráficos de control).	3.727	.0452	1.0	5.0
Existen sistemas para saber cuándo la máquina está fallando (como sonidos, colores de luz).	3.777	.0475	1.0	5.0
El material llega cuando se necesita (inventario mínimo/just in time).	3.359	.0460	1.0	5.0

Figura 1. Valores promedio de las prácticas de manufactura esbelta.



Además, se revisó la distribución de las respuestas, con el propósito de identificar si existían un comportamiento similar en ellas [ver figura 2]. De acuerdo con los resultados, llama la atención la agrupación de respuestas en la práctica sobre la facilidad de hacer cambios en el diseño de las estaciones, ya que en este caso el 25.53% de los participantes señaló estar en desacuerdo con ello, pero el 26.16% indicó estar de acuerdo con ello.

Figura 3. Frecuencia de respuesta en las prácticas de manufactura esbelta.



Conclusiones

La manufactura esbelta se reconoce como una estrategia adecuada para incrementar la flexibilidad, fiabilidad y productividad de las firmas (Kumar *et al.*, 2022). Su objetivo es producir bienes o servicios, optimizando los costos y la velocidad de producción (Rahman *et al.*, 2013). Además, como resultado de su aplicación, se generan mejoras en la calidad e incrementos en la flexibilidad (Mohan Sharma & Lata, 2018; Palange & Dhattrak, 2021). En el entorno de la industria maquiladora de exportación ubicada en Ciudad Juárez, Chihuahua, este trabajo tuvo como objetivo identificar el uso de prácticas de manufactura esbelta.

Los resultados indican que este tipo de prácticas son parcialmente empleadas en este sector industrial. Comparativamente, la práctica más utilizada son los sistemas que permiten saber cuándo existen fallas en las máquinas. La menos empleada, es la relativa a la facilidad de hacer cambios en el diseño de las estaciones, como la ubicación o el orden de las operaciones que se realizan en la línea de producción. En este sentido, se identifican áreas de oportunidad importantes, particularmente en lo relativo a la manufactura celular y a la flexibilidad, no solo en términos de maquinaria y equipo, sino también en lo referente a los recursos humanos.

A semejanza de otros trabajos, en este estudio también existen limitaciones, dado que el trabajo se realizó con un alcance descriptivo, no probabilístico y de forma transversal. Ello reduce las posibilidades de generalización de resultados. Se recomienda replicar este trabajo en otros contextos, utilizando de ser posible muestras probabilísticas y profundizar en el análisis de la información, con técnicas estadísticas inferenciales.

Referencias

- Ho, Y.-S., Cavacece, Y., Moretta Tartaglione, A., & Douglas, A. (2023). Publication performance and trends in Total Quality Management research: a bibliometric analysis. *Total Quality Management & Business Excellence*, 34(1-2), 97-130. <https://doi.org/10.1080/14783363.2022.2031962>
- Khalili, A., Ismail, M. Y., Karim, A. N. M., & Daud, M. R. C. (2017). Soft total quality management and lean manufacturing initiatives: model development through structural equation modelling. *International Journal of Productivity and Quality Management*, 23(1), 1-30. <https://doi.org/10.1504/IJPQM.2018.088605>

- Kumar, N., Shahzeb Hasan, S., Srivastava, K., Akhtar, R., Kumar Yadav, R., & Choubey, V. K. (2022). Lean manufacturing techniques and its implementation: A review. *Materials Today: Proceedings*, 64, 1188-1192. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.matpr.2022.03.481>
- Mohan Sharma, K., & Lata, S. (2018). Effectuation of Lean Tool “5S” on Materials and Work Space Efficiency in a Copper Wire Drawing Micro-Scale Industry in India. *Materials Today: Proceedings*, 5(2, Part 1), 4678-4683. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.matpr.2017.12.039>
- Nawanir, G., Lim, K. T., Lee, K. L., Moshood, T. D., & Ahmad, A. N. A. (2020). Less for more: the structural effects of lean manufacturing practices on sustainability of manufacturing SMEs in Malaysia. *International Journal of Supply Chain Management*, 2(2), 961-975.
- Palange, A., & Dhattrak, P. (2021). Lean manufacturing a vital tool to enhance productivity in manufacturing. *Materials Today: Proceedings*, 46, 729-736. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.matpr.2020.12.193>
- Rahman, N. A. A., Sharif, S. M., & Esa, M. M. (2013). Lean Manufacturing Case Study with Kanban System Implementation. *Procedia Economics and Finance*, 7, 174-180. [https://doi.org/https://doi.org/10.1016/S2212-5671\(13\)00232-3](https://doi.org/https://doi.org/10.1016/S2212-5671(13)00232-3)
- Sundar, R., Balaji, A. N., & Kumar, R. M. S. (2014). A Review on Lean Manufacturing Implementation Techniques. *Procedia Engineering*, 97, 1875-1885. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.proeng.2014.12.341>
- Womack, J. P., & Jones, D. T. (1997). Lean Thinking – Banish Waste and Create Wealth in your Corporation. *Journal of the Operational Research Society*, 48(11), 1148-1148. <https://doi.org/10.1057/palgrave.jors.2600967>