

Universidad Autónoma del Estado  
de México

<https://recai.uaemex.mx>

ISSN: 2007-5278

Publicación cuatrimestral

Año: 7 No: 20

Septiembre / Diciembre 2018

## Artículo

---

### Autores:

Roldán Piña Domínguez

Jorge Inés León Balderrama\*

Juan Martín Preciado Rodríguez

*Centro de Investigación en*

*Alimentación y Desarrollo, A.C.*

### Fecha recepción:

13 de septiembre de 2018

### Fecha aceptación:

03 de diciembre de 2018

### Páginas:

36 – 51

\* [jleon@ciad.mx](mailto:jleon@ciad.mx)

## Nivel de implementación de la manufactura esbelta en la industria maquiladora de Hermosillo y Guaymas-Empalme, Sonora.

Lean manufacturing implementation assessment in the maquiladora industry of Hermosillo and Guaymas-Empalme, Sonora.

### Resumen

El objetivo del presente estudio es evaluar el grado de implementación, los obstáculos y los factores que facilitan las prácticas de manufactura esbelta (ME) en la industria del estado de Sonora. Esto, a partir del análisis de la industria maquiladora de exportación (IME) de los sectores aeronáutico, automotriz, electrónico y de equipo médico. El estudio se basa en información obtenida mediante la aplicación de una encuesta propia realizada durante agosto y septiembre de 2016 a una muestra de 60 industrias ubicadas en las ciudades de Hermosillo, Guaymas y Empalme. Los resultados muestran que las prácticas enfocadas a la satisfacción del cliente y a la productividad de la organización son las de mayor relevancia. Se identifican los principales beneficios que otorga la implementación de la ME destacando el incremento en la productividad y la reducción de costos en diferentes ámbitos de la organización. Asimismo, se observa que entre las principales barreras a la implementación sobresalen la falta de tiempo y de entrenamiento.

### Palabras clave:

Manufactura esbelta, implementación, obstáculos, Sonora

### Abstract

The aim of this study is to assess the level of implementation, the obstacles and the incentives that facilitate lean manufacturing (LM) practices in the industry of Sonora. This was done based on an analysis of the maquiladora industry (IME) in the aeronautics, automotive, electronics, and medical equipment sectors. The study is based on information obtained through the application of an own-developed survey conducted in August and September, 2016, to a sample of 60 industries located in the cities of Hermosillo, Guaymas and Empalme. The results show that the practices focused on customer satisfaction and the productivity of the organization are the most relevant. The main benefits of the implementation of the LM were identified, highlighting the increase in productivity and the reduction of costs in different areas of the organization. Likewise, the main barriers to the implementation were identified, highlighting the lack of time and training as mayor obstacles.

### Keywords:

Lean manufacturing, implementation, obstacles, Sonora

## 1. Introducción

Actualmente las empresas alrededor del mundo compiten en mercados sumamente dinámicos donde la única constante es el cambio. La globalización de la economía ha eliminado las distancias, permitiendo el acceso a materias primas y modificando la forma de interacción entre productores y consumidores. De igual forma, los gustos y preferencias de individuos y sociedades han cambiado, dando como resultado escenarios de mercados globales complejos y heterogéneos. En este contexto, la manufactura actual se caracteriza por la producción de bienes personalizados; atrás han quedado sistemas de producción en serie basados en economías de escala

En estos nuevos mercados altamente competitivos el foco de las estrategias de los negocios está puesto en el cliente y sus necesidades. Las nuevas condiciones de la competencia generan presión sobre las organizaciones impulsándolas crecientemente a realizar las adecuaciones necesarias para mantener su competitividad y sostener sus niveles de rentabilidad. Las estrategias empresariales enmarcan los esfuerzos por alcanzar la excelencia operativa que le permita mejorar su rendimiento, la búsqueda de estrategias adecuadas que les permitan reducir costos y producir bienes de máxima calidad con el mínimo de tiempo (Garza-Reyes, 2012). Hoy día es imperativo para las empresas realizar una compleja planificación de producción, así como de avanzados sistemas de control, convirtiendo el paradigma de la manufactura en una actividad totalmente dinámica y desafiante (Rothaermel, 2015). En este sentido, se hace necesario para toda organización que desee competir en mercados globales adoptar estrategias que, mediante la innovación, le permitan alcanzar cierto grado de flexibilidad (Rothaermel, 2016).

La innovación y la flexibilidad se han convertido y reconocido como elementos clave para la competitividad de las empresas (Ceccagnoli, 2016). Para las organizaciones que producen bajos volúmenes dentro una alta variedad de productos personalizados, la necesidad de innovar y al mismo tiempo mantener cierto grado de flexibilidad es todo un reto. El éxito o fracaso de estas organizaciones depende en gran medida en la habilidad para reaccionar a cambios en el entorno y adaptarse rápidamente a estos, mediante una eficiente asignación de recursos (Katic, 2017). Aun cuando el ritmo de aparición de las innovaciones tecnológicas es cada vez más alto en el sector industrial, el tiempo en que estas son fuente de ventaja competitiva se ha venido acortando de manera progresiva. Por otro lado, cuando las innovaciones se basan en el factor humano y en la capacidad de gestión de una empresa, estas apoyan sustancialmente a la construcción de una ventaja competitiva sostenible (Porter, 2015). Las innovaciones vistas como fuente de ventaja competitiva basados en el conocimiento son más difíciles de imitar, por ello, las empresas líderes en los distintos sectores de la manufactura son cada vez más conscientes de que la ventaja competitiva sostenida se alcanza con la innovación. Como lo sostiene Rothaermel (2016) en la industria

contemporánea la innovación en manufactura se obtiene con el desarrollo de sistemas de producción avanzados.

En este contexto, en los años recientes se ha verificado el surgimiento de nuevos sistemas de producción como sustento de la competitividad en algunas de las industrias líderes del mercado internacional. Entre los nuevos sistemas productivos más utilizados, por el impacto positivo que tienen en la productividad y la calidad de las manufacturas se encuentra el denominado sistema de manufactura esbelta (Ettlie, 2012). Durante las últimas décadas empresas de sectores tanto industriales como de servicios, han empezado a adoptar prácticas de ME (Jones y Womack, 2012). La elección de esta estrategia en muchos casos les ha permitido efectivamente mejorar sus resultados y sus capacidades competitivas (Ramasesh y Browning, 2014). Melton (2005: 662) señala al respecto que “los principios de ME son revolucionarios, no es simplemente el uso de herramientas o hacer cambios en los procesos de manufactura, sino más bien, de un cambio radical en la forma de operar de las organizaciones”. De acuerdo con este último autor, el sistema productivo esbelto contempla desde cómo opera la cadena de suministros, cómo dirigen los directivos, cómo administran los administradores, cómo lideran los líderes y cómo los operadores realizan el trabajo diario.

Desde la perspectiva de otros autores, la ME constituye un sistema socio técnico integrado, que incluye un conjunto práctico de gestión, encaminado a eliminar lo innecesario y reducir la variabilidad de proveedores, clientes, recursos y procesos (Karim, 2013). Es una manera para definir valor en función a lo que el cliente desea y, en ese sentido, organizar todas las acciones de la empresa que creen dicho valor en la mejor secuencia, conducir tales actividades sin interrupción y hacerlas cada vez más eficientes y eficaces (Jones y Womack, 2012). Su principal objetivo es implantar una filosofía de mejora continua que le permita a las empresas reducir sus costos, mejorar los procesos y eliminar toda actividad que no agrega valor para aumentar la satisfacción de los clientes y mantener el margen de utilidad

Contemplada desde una perspectiva filosófica, la ME ha sido definida como una guía de principios para la consecución de metas específicas de las empresas (Spear, 2000). Los Principios *Lean Thinking* se fundamentan en reducción de costos y al mismo tiempo optimizar el desempeño, eliminando operaciones, procesos o actividades que no agregan valor (Kumar, 2017). Por otro lado, desde un punto de vista empírico, la ME se define como el conjunto de prácticas, herramientas, técnicas y procesos de gestión administrativos, encaminados a eliminar toda actividad que no genere valor<sup>1</sup>, aumentando la eficiencia y eficacia de cada una de las actividades (Shah y Ward, 2007). La estrategia esbelta se basa en la identificación y eliminación de todo tipo de desperdicio<sup>2</sup> basándose en un enfoque de mejora continua (Karim, 2013).

---

<sup>1</sup> Se trata del valor percibido por el cliente, que va más allá de los atributos físicos del producto, pues se refiere a esa parte intangible del producto por la cual el cliente está dispuesto a pagar le es leal a la marca (Mustak et al., 2013).

<sup>2</sup> Se han identificado al menos 7 tipos de desperdicios: sobreproducción, transporte, tiempo de espera, sobre-procesamiento o procesos inapropiados, exceso de inventario, defectos y movimientos innecesarios (Liker y Meier, 2006).

Un estudio realizado por *The Lean Enterprise Research Centre* (LERC) de la Universidad de Cardiff en el Reino Unido encontró que, del total de actividades en empresas manufactureras, sólo el 5% agregan valor, 35% son actividades necesarias que no agregan valor y 60% no son necesarias ni agregan valor, por lo que según este instituto la eliminación de desperdicios representa un alto potencial de mejora en la gestión empresarial (LERC, 2004).

Los estudios previos revisados en la sección 1 de este documento permiten constatar que el tema del nivel de implementación de la ME, y los incentivos y obstáculos encontrados para llevarla a cabo, ha sido tratado con cierta profusión en Norteamérica y Europa, así como en Japón y algunos otros países de Asia. Sin embargo, en el contexto latinoamericano son escasos los estudios realizados en relación con adopción de la ME y el pensamiento esbelto (Monge, Cruz y López, 2013; Cardozo, Rodríguez y Guaita, 2011; Millar y Russell, 2011; Arrieta, Botero y Romano, 2010). México no es la excepción, los resultados indican limitaciones en la adopción de enfoque esbelto (Monge, Cruz y López, 2013), lo que ha repercutido en la competitividad de las empresas mexicanas en el contexto internacional (Reyes-Aguilar, 2002). Arrieta, Botero y Romano (2010) también encontraron una difusión muy baja de las iniciativas esbeltas en el sector industrial en Colombia. Reyes-Aguilar (2012) afirma que el uso de estas metodologías aún no se observa en empresas pequeñas y micro a pesar de ser factible su implementación en las mismas.

El objetivo del presente estudio es evaluar el grado de implementación, los obstáculos e incentivos de las prácticas de la ME en la industria manufacturera del estado de Sonora, a partir del análisis particular de la industria maquiladora de exportación (IME) perteneciente a los sectores industriales estratégicos (aeronáutico, automotriz, electrónico y de equipo médico). Para el análisis, se utilizó información obtenida a partir de una encuesta aplicada a una muestra de 60 empresas de la IME localizadas en Hermosillo, Guaymas y Empalme, Sonora durante agosto-octubre de 2016.

Este documento se integra presentando en la primera sección los antecedentes en el estudio del tema. En la segunda sección se describe el método empleado en el estudio, destacando el tipo de información y los procedimientos utilizados. Finalmente, en la tercera sección se presentan los resultados arrojados por el análisis.

## **2. Estudios previos sobre la implementación de la ME, sus incentivos y obstáculos**

### **2.1 Antecedentes del análisis de la implementación de la ME**

Desde que Womack y Jones en los 1990 introdujeron a occidente no solo el concepto, sino el cuerpo teórico de ME, un gran número de académicos han abordado el tema desde diversas perspectivas. Bateman, Hines y Davidson (2015) mencionan la importancia de adoptar una filosofía esbelta (*Lean Thinking*) a nivel gerencial y estratégico, al mismo tiempo que se implementan técnicas y herramientas propias de la ME a nivel operativo. Hille (2015), por otra parte, sugiere que el alcance y contenido de las prácticas de ME deben ser verificados holísticamente antes de cualquier implementación, ya que su uso incorrecto conduce al desperdicio de recursos,

generando desconfianza y pérdida de autoestima en los empleados (Marvel y Standridge, 2009). Belekoukias, Garza-Reyes y Kumar (2014) identificaron como los errores más comunes en la práctica de la ME los siguientes: a) el uso incorrecto de las técnicas, b) el uso de una única herramienta para resolver todos los problemas y, c) el uso del mismo conjunto de herramientas para todo tipo de problemas.

La literatura especializada destaca que la ME es una de las iniciativas que muchas de las principales empresas de Norteamérica, Europa y Asia han estado tratando de adoptar para mantenerse competitivas (Abdulmalek, 2007). Los principios de la ME se han aplicado también a las industrias no automotrices, Huang y Liu (2005), por ejemplo, afirman que la ME ha sido implementada por empresas financieras taiwanesas en China con el fin de reducir los costos. De igual forma, empresas manufactureras en la India han adoptado prácticas de ME (Anand, 2010; Antony, 2009; Khadse, 2013). Kumar y Kumar (2015) realizaron un estudio sobre el grado de implementación en la India, y encontraron que cuanto mayor es éste ayuda a mejorar la competitividad y el rendimiento empresarial en general. Adicionalmente, estos últimos autores plantean algunos potenciales escenarios adversos cuando la ME no se implementa y no se practica de manera equilibrada. Recomiendan que para sacar el máximo provecho de ME es necesario lidiar con los obstáculos con cautela, al mismo tiempo que los inconvenientes deben ser bien analizados.

## **2.2 Beneficios de la implementación de la ME**

La filosofía esbelta ha sido ampliamente aceptada y utilizada por organizaciones manufactureras de manera global (Garza-Reyes et al., 2012). En este sentido, académicos y expertos reportan gran cantidad de beneficios que se derivan de la adopción de las prácticas y técnicas propias de la ME. Kumar y Mitra (2017) agrupan y presentan los beneficios de mayor impacto: 1) reduce la cadena de desperdicios; 2) reduce los inventarios, 3) mejora la distribución y utilización del espacio físico disponible; 4) crea sistemas de información y conocimiento más robustos, 5) promueve el manejo y logística apropiada de materia prima; 6) mejora la distribución y localización de maquinaria y equipo; 7) aumenta la flexibilidad, 8) implanta un enfoque orientado al cliente. De igual forma distintos autores han identificado cantidad de beneficios por una correcta implementación (Melton, 2005; Marvel y Standridge, 2009; Jones y Womack, 2012; Kumar y Kumar, 2015; Rothaermel, 2016).

## **2.3 Obstáculos para la implementación de la ME**

A pesar de los beneficios ampliamente reconocidos y la apuesta a ventaja competitiva dada la probada eficiencia basada en la historia de éxito de Toyota, se observan importantes complicaciones durante la implementación de la ME (Mostafa, 2013). Scherrer et al. (2014) afirman que la adopción de un nuevo sistema es una tarea compleja que suele venir acompañada de un gran número de obstáculos y que normalmente no se logra implementar rápidamente. Karim (2013), por otra parte, advierte que dos ideas erróneas limitan la implementación de estas prácticas: a) la creencia de que todos los procesos en la organización ya son eficientes y no pueden mejorarse y, b) que en tanto los beneficios de ME no son tangibles inmediatamente, no son reales.

Los principales obstáculos identificados en la literatura son: I) la comprensión incorrecta de sus conceptos y principios; II) la falta de compromiso de parte de la gerencia; III) la gestión incorrecta de recursos; IV) el desconocimiento en el uso práctico (*know how*) de las distintas herramientas; V) la resistencia al cambio; VI) el contexto y la historia de la organización y; VII) que los resultados no son percibidos a simple vista (Marvel y Standridge, 2009). No obstante, Kumar y Mitra (2017) sostienen que para una correcta y efectiva adopción de la ME se deben tener en cuenta los obstáculos antes de iniciar con la implementación y deben respaldarse con un plan de acción para superarlos.

### **3. Método: información y procedimientos**

#### **3.1 La Encuesta sobre implementación de la ME en las industrias del Estado de Sonora**

Para los fines de este estudio se recabó información mediante una encuesta aplicada en agosto-septiembre de 2016 a una muestra de 60 empresas de la IME. La encuesta fue adaptada de la aplicada en India por Kumar y Kumar (2015) para obtener información sobre el grado de difusión que tienen las prácticas de ME. 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. Las empresas se ubicaron mediante el directorio de la IME elaborado por Cámara de la Industria de la Transformación (Canacintra). Se enviaron en total 73 cuestionarios vía electrónica, obteniendo una tasa de respuesta del 82.2% (60 empresas).

La primera sección del cuestionario estuvo orientada a obtener información para medir el nivel de implementación de prácticas concretas de la ME. Mediante la revisión de literatura se identificaron una variedad de herramientas propias de la ME (Bhamu y Singh Sangwan, 2014; Sundar, Balaji y Kumar, 2014), pero se seleccionaron 31 prácticas o técnicas particulares de acuerdo a sus características en cuanto a uso y aplicación real en el contexto internacional y las posibilidades de ser adoptadas por la industria manufacturera local (tabla 2, más adelante). La segunda sección del cuestionario trató sobre los beneficios de la implementación de la ME, tal como son percibidos por los participantes. En la literatura especializada sobre este tema se han identificado los beneficios derivados de una correcta adopción de las prácticas de ME. Belokar, Kumar y Kharb (2012) sostienen que la correcta implementación de la ME favorece múltiples mejoras en diferentes áreas de la empresa. Se seleccionaron 28 beneficios posibles en total, los cuales el lector puede ver enlistados más adelante en la tabla 4. Por último, la sección 3 del cuestionario estuvo encaminada a la identificación de los principales obstáculos para la implementación de la ME. Este tema también ha objeto de estudio de diversos autores (Bashin, 2012; Jadhav y Mantha, 2014; Kumar y Kumar, 2014), quienes concuerdan en que las principales barreras están relacionadas con factores socio-culturales, como la resistencia al cambio. A partir de la literatura especializada se seleccionaron 19 obstáculos a la implementación de la ME, los cuales el lector puede ver enlistados más adelante en la tabla 6.

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. El uso de una plantilla

bajo la plataforma de Google hizo posible tener información en tiempo real, ya que al agregarse más respuestas las tablas generadas en Excel se actualizarán automáticamente, permitiendo así contar con información al instante, dado que Google manda una notificación cada vez que una encuesta es respondida correcta y completamente.

### **3.2 Procedimientos empleados para el análisis de la información**

Con el apoyo del software estadístico *Minitab 2017* se realizó el análisis de la información obtenida 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.

## **4. Resultados. Estimación del nivel de implementación, los beneficios y los obstáculos de la ME en la industria de Hermosillo y Guaymas-Empalme, Sonora.**

### **4.1 Características de la muestra**

En esta sección se presentan los resultados del estudio. En la tabla 1 se pueden observar las principales características de la muestra de empresas participantes en la encuesta. Se puede apreciar que participaron un total de 60 empresas, de las cuales 25 se encuentran localizadas en Empalme, 20 en Guaymas y 15 en Hermosillo, Sonora. Según la distribución por sectores, 16 pertenecen al sector aeroespacial, 19 al automotriz, 16 al electrónico y 9 a equipos médicos. La industria aeroespacial está claramente concentrada en la región Guaymas-Empalme, mientras que las industrias automotriz y electrónica en las ciudades de Hermosillo y Empalme. Guaymas en cambio destaca por su especialización en la industria de equipos médicos.

### **4.2 Grado de implementación de las distintas herramientas de la ME**

Con el fin de estimar el nivel de implementación de la ME, se busca conocer cuáles de las prácticas que la comprenden se implementa efectivamente en la industria local. Para ello en la encuesta desarrollada se preguntó a los participantes en qué grado consideraban se estaba implementando cada una de las herramientas o práctica de la ME en su empresa. Las prácticas a evaluar fueron las 31 que se enlistan en la primera columna de la tabla 2. Las respuestas posibles se reducían a 5, donde, 1 = nada implementada; 2 = marginalmente implementada; 3 = implementada moderadamente; 4 = altamente implementada, y; 5 = completamente implementada.

**Tabla 1: Distribución de las empresas por sector y ciudad**

Ciudad	Aeroespacial	Automotriz	Electrónico	Equipo Médico	Total por ciudad
Empalme	5	7	13		25
Guaymas	11			9	20
Hermosillo		12	3		15
Total por Industria	16	19	16	9	60

Fuente: Elaboración propia

**Tabla 2: Nivel de implementación de las prácticas de ME (descriptivos y prueba t de student)**

No.	Práctica de ME	Respuestas					Med.	$\sigma$	t	H <sub>1</sub>
		1	2	3	4	5				
1	Involucramiento de los empleados	2	16	15	19	8	3.25	1.10	-2.61	
2	Poka Yoke	12	12	20	12	4	2.73	1.19	-5.77	
3	Reducción de tiempos de cambios del set up	1	15	23	17	4	3.13	0.93	-4.06	
4	Mejora en eficiencia (OEE)	1	17	19	13	10	3.23	1.10	-2.74	
5	Producción nivelada	0	4	7	25	24	4.15	0.88	4.67	√
6	Flujo continuo	0	5	16	26	13	3.78	0.89	1.43	√
7	Identificación de desperdicios	11	14	11	19	5	2.88	1.28	-4.47	
8	Mantenimiento preventivo del equipo	2	10	15	23	10	3.48	1.07	-0.99	
9	Calidad del producto	1	4	11	23	21	3.98	0.98	2.86	√
10	Mejoras en <i>layout</i>	5	7	13	26	9	3.45	1.14	-1.15	
11	Involucramiento del cliente en diseño de producto	11	7	9	19	13	3.23	1.44	-2.08	
12	Simplicidad del diseño de producto	11	19	17	11	2	2.57	1.10	-7.45	
13	Producto por celdas de trabajo	3	11	24	18	4	3.15	0.97	-3.75	
14	Lotes pequeños de productos	2	13	18	19	8	3.30	1.06	-2.33	
15	Mejora continua	0	8	12	17	23	3.92	1.06	2.16	√
16	Orden y limpieza	0	5	9	16	30	4.18	0.98	4.44	√
17	Reducción de barreras de comunicación	3	12	15	26	4	3.27	1.02	-2.68	
18	Reducción de tiempos caídos de ciclos	3	15	21	16	5	3.08	1.03	-4.04	
19	Control del proceso	0	4	10	19	27	4.15	0.94	4.39	√
20	Reducción de <i>lead time</i>	1	2	18	24	15	3.81	0.90	1.65	√
21	Seguridad en área de trabajo	2	3	18	20	17	3.78	1.03	1.23	
22	Estandarización	0	8	17	26	9	3.60	0.91	-0.17	√
23	Entrega a tiempo	0	1	13	19	27	4.20	0.84	5.35	√
24	Sistema de producción flexible	1	8	10	21	20	3.85	1.09	1.64	√
25	Balanceo de líneas	0	2	10	23	24	4.17	0.83	5.06	√
26	Kanban	4	14	17	14	11	3.23	1.20	-2.00	
27	Entrenamiento a personal directo	0	2	14	29	15	3.95	0.79	3.23	√
28	Adherencia a plan de producción	0	3	8	26	23	4.15	0.84	4.89	√
29	Equipos funcionales cruzados	9	20	13	15	3	2.72	1.15	-6.08	
30	Equipos de solución de problemas	8	10	19	14	9	3.10	1.25	-3.24	
31	Satisfacción del cliente	0	6	6	17	31	4.22	0.99	4.65	√

Fuente: Elaboración propia

Como puede observarse en la tabla 2, el nivel de implementación de las distintas prácticas de la ME es muy variable, de acuerdo a la percepción de los industriales de la región estudiada. Por ejemplo, se puede observar que en caso de las primeras cuatro prácticas no es posible discernir si su nivel de implementación es amplio, puesto que una proporción similar de las respuestas se distribuyen entre “marginalmente implementada”, “implementada moderadamente”, “altamente implementada” y “completamente implementada”. Pero, en el caso de la práctica de producción nivelada, resulta patente que hay consenso en los informantes acerca de que es una práctica que se está implementando en sus industrias, ya que 49 de las



60 empresas consideraron que esta práctica está alta o completamente implementada. De acuerdo a los resultados de frecuencia de las respuestas contenidas en la tabla 2, se puede resaltar que los participantes en la encuesta consideraron a la entrega a tiempo, orden y limpieza, producción nivelada, control del proceso y balanceo de líneas de producción, como elementos que se consideraron altamente o completamente implementados. Por otro lado, prácticas organizacionales como la simplicidad del diseño del producto, el *Poka Yoke*, la simplicidad de diseño, los equipos funcionales cruzados, la reducción de tiempos de cambio del set up, los productos de celdas de trabajo, la identificación de desperdicios, la reducción de tiempos caídos de ciclos, entre otros, fueron considerados de nula o baja implementación.

Las 2 últimas columnas de la tabla 2 muestran los resultados de las pruebas de hipótesis utilizando el estadístico t de Student<sup>3</sup>. Estos resultados permiten establecer que, de acuerdo a la percepción de los informantes, 14 de herramientas o prácticas de la ME consideradas en el estudio, están siendo implementadas por las industrias maquiladoras de las regiones Hermosillo y Guaymas-Empalme. Entre ellos se encuentran la producción nivelada, el flujo continuo, la calidad del producto, la mejora continua, el orden y limpieza, el control de proceso, la reducción del lead time, la estandarización de procesos, la entrega a tiempo, los sistemas de producción flexibles, el balanceo de líneas, el sistema *Kanban*, la adherencia al plan de producción y la satisfacción del cliente. De estos elementos o prácticas de la ME, 5 corresponden al área de control de procesos, 4 a la gestión de los recursos humanos, 3 a la flexibilización de los procesos, 1 a la optimización de los procesos y 1 a la eliminación de desperdicios, de acuerdo a la clasificación realizada por Womack y Jones (1996).

Los resultados anteriores evidencian que hay avances en la implementación de la ME en la región estudiada, ya que 14 prácticas de la ME están siendo definitivamente implementadas según lo informado por los propios empresarios. Desde otra perspectiva, la implementación de la ME en el contexto de la industria de Sonora presenta limitaciones al estar siendo implementado de manera parcial o selectiva, ya que sólo algunas de las prácticas están siendo implementadas (14 de 31). Con el fin de realizar una aproximación a la explicación de las limitaciones y alcances que presenta la implementación de la ME en la industria sonorense, se analizan algunos de los incentivos y obstáculos que enfrentan los industriales locales para la implementación de los sistemas productivos y gerenciales de la ME.

#### **4.3 Beneficios/incentivos para la implementación de la ME**

¿Qué factores favorecen o incentivan la implementación de las prácticas de la ME en la industria local? ¿Qué beneficios se han obtenido y qué beneficios se esperan de la implementación de la ME? Estas cuestiones buscaron ser respondidas mediante la encuesta, toda vez que se les solicitó al informante que evaluaran en qué medida estaba de acuerdo en que una serie de aspectos constituirían un incentivo para la implementación de la ME. Con base en la literatura especializada se seleccionaron 28

---

<sup>3</sup> Una hipótesis nula ( $H_0$ ) aceptada significa que, con las respuestas de los participantes, no es posible establecer de manera determinante un nivel de implementación significativo de la herramienta de ME en particular. En cambio, en los elementos o prácticas de la ME en los que en particular es rechazada la  $H_0$  y aceptada la hipótesis alternativa ( $H_1$ ), se trata de elementos que son efectivamente implementados, en la que una alta proporción de la muestra respondió que estaba de acuerdo o muy de acuerdo en que esa práctica se estuviera implementando en su empresa.

aspectos como probables beneficios de la ME y se pidió a los informantes evaluarlos de acuerdo a su propia experiencia con una escala Likert de nivel de acuerdo, donde, 1= totalmente en desacuerdo; 2 = en desacuerdo, 3 = ni en desacuerdo, ni de acuerdo; 4 = de acuerdo; y, 5= totalmente de acuerdo.

La tabla 3 muestra la distribución de las frecuencias de las respuestas de los participantes en la encuesta. En general, los participantes 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 en la productividad, la mejora en entregas 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 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.

**Tabla 3: Beneficios de la implementación de prácticas de ME (descriptivos y prueba t de student)**

No.	Beneficios Producción Esbelta	Respuestas					Med.	$\sigma$	t	H <sub>1</sub>
		1	2	3	4	5				
1	Incremento en la productividad	0	3	5	22	30	4.32	0.83	6.2	√
2	Reducción de paros de línea	2	9	12	27	10	3.57	1.05	-0.62	
3	Mejora en eficiencia (OEE)	0	9	18	20	13	3.62	0.99	-0.26	
4	Disminución de re-trabajos	2	9	12	27	10	3.57	1.05	-0.62	
5	Reducción de Scrap	1	3	13	29	14	3.87	0.89	1.88	√
6	Reducción de costos por calidad en producto	0	6	11	29	14	3.85	0.90	1.72	√
7	Reducción en costos de garantías al cliente	3	15	17	14	11	3.25	1.17	-2.64	
8	Reducción en costo de mano de obra	7	10	21	12	10	3.13	1.23	-3.26	
9	Reducción en gastos de distribución y entregas	7	13	23	12	5	2.92	1.11	-5.12	
10	Reducción en costos de inventarios	1	8	9	21	21	3.88	1.09	1.66	√
11	Reducción en costos de material auxiliar	7	18	11	13	11	3.05	1.32	-3.52	
12	Mejora en disponibilidad de materia prima	0	6	7	18	29	4.17	0.99	4.02	√
13	Reducción de costos en equipo	3	15	21	14	7	3.12	1.08	-3.84	
14	Mejora en entregas a tiempo	0	4	9	12	35	4.30	0.96	5.23	√
15	Mejora en percepción del cliente	1	1	11	18	29	4.22	0.92	4.76	√
16	Reducción de tiempos caídos	0	8	17	28	7	3.57	0.87	-0.74	
17	Flexibilidad de la línea de producción	1	2	10	23	24	4.12	0.92	3.92	√
18	Reducción de accidentes de trabajo	6	8	14	18	14	3.43	1.27	-1.32	
19	Disminución de prácticas inseguras	5	10	19	19	7	3.22	1.12	-2.99	
20	Mejoramiento en seguridad de higiene	0	4	15	19	22	3.98	0.95	2.72	√
21	Reducción en impacto ambiental	4	17	16	14	9	3.12	1.18	-3.5	
22	Mejoramiento en el cumplimiento de lineamientos legales	9	13	19	12	7	2.92	1.23	-4.64	
23	Mejoramiento en las habilidades de los empleados	2	5	6	24	23	4.02	1.07	2.67	√
24	Mejoras por parte de los empleados	2	5	6	24	23	3.66	0.97	-0.13	
25	Entrenamiento de personal	1	5	22	19	13	4.22	0.96	4.58	√
26	Empleados comprometidos con la calidad	0	4	10	15	31	3.92	0.89	2.32	√
27	Incremento en eficiencia	2	3	8	20	27	4.12	1.04	3.58	√

Fuente: Elaboración propia

Los resultados de las pruebas de hipótesis mediante la t de Student para el caso de los beneficios de la implementación de la ME, muestran que son relevantes el incremento en la productividad, la reducción del *Scrap*, la reducción de costos de calidad, la reducción de costos de inventario, la mejora en disponibilidad de materia prima, la mejora en las entregas a tiempo y en la percepción del cliente, la flexibilidad en las líneas de producción, el mejoramiento en seguridad e higiene, el mejoramiento en las habilidades de los empleados, el entrenamiento, empleados comprometidos son la calidad e incremento en la eficiencia.

#### 4.4 Obstáculos a la implementación de la ME

¿Que impide que un mayor número de prácticas de ME se implementen? ¿Qué obstáculos enfrentan los industriales locales para la implementación de estas prácticas? En la encuesta aplicada se les solicitó a los informante que evaluaran en qué medida estaba de acuerdo en que una serie de aspectos constituirían un obstáculo para la implementación de la ME. También en este caso, con base en la literatura especializada se seleccionaron un total de 19 aspectos como probables obstáculos a la implementación de las prácticas de la ME y se pidió a los informantes evaluarlos de acuerdo a su propia experiencia con una escala Likert de nivel de acuerdo, donde, 1= totalmente en desacuerdo; 2 = en desacuerdo, 3 = ni en desacuerdo, ni de acuerdo; 4 = de acuerdo; y, 5 = totalmente de acuerdo. En la tabla 4 se puede apreciar que los aspectos en que los participantes están de acuerdo o totalmente de acuerdo que constituyen un obstáculo para la implementación de las prácticas de ME son la resistencia al cambio, la falta de tiempo, la falta de entrenamiento del personal, falta de know-how y la no comprensión de los principios de la ME, la cultura organizacional, la falta de visión de largo plazo, la falta de recursos de mano de obra calificada y deficiencias en el sentido de urgencia.

**Tabla 4: Obstáculos en la implementación de prácticas de ME (descriptivos y prueba t de student)**

No.	Obstáculos de Producción Esbelta	Respuestas					Med.	$\sigma$	t	H <sub>1</sub>
		1	2	3	4	5				
1	Falta de enfoque por parte de la gerencia	7	11	15	12	15	3.28	1.34	-0.1	
2	Falta de sentido de urgencia	4	9	13	20	14	3.52	1.20	1.4	√
3	Falta de apoyo de la gerencia	7	7	14	14	18	3.48	1.35	1.05	√
4	Falta de visión a largo plazo	4	10	11	18	17	3.58	1.25	1.65	√
5	Falta de recursos de mano de obra	4	8	13	23	12	3.52	1.16	1.45	√
6	Falta de recursos monetarios	10	10	14	13	13	3.15	1.39	-0.84	
7	Falta de comunicación	5	13	17	13	12	3.23	1.24	-0.42	
8	Falta de ideas innovadoras	3	15	19	15	8	3.17	1.11	-0.93	
9	Bajo nivel de consultores externos	22	21	10	4	3	2.08	1.12	-8.38	
10	Falta de tiempo	4	6	8	16	26	4.03	1.08	5.2	√
11	Falta de entrenamiento	4	5	12	17	22	3.80	1.22	3.18	√
12	Baja comprensión de los conceptos de ME	4	8	13	16	19	3.63	1.25	2.07	√
13	Falta de conocimiento know-how	3	5	15	12	25	3.85	1.21	3.54	√
14	Conflictos con otros programas	13	17	18	8	4	2.55	1.17	-4.96	
15	Volatilidad de la demanda	6	11	22	13	8	3.10	1.16	-1.34	
16	Conflictos con sistemas ERP, MRP	25	22	8	5	0	1.88	0.94	-11.67	
17	Cultura de la compañía	5	6	10	24	15	3.63	1.21	2.143	√

18	Resistencia al cambio	0	8	7	14	31	4.13	1.08	5.97	√
19	No existen ventajas financieras	7	11	19	17	6	3.07	1.16	-1.55	

Fuente: Elaboración propia

Los resultados de las pruebas t de Student para el caso de los obstáculos a la implementación de la ME corroboran que las barreras para implementar más importantes son los mismos aspectos enlistados en el párrafo anterior. Sin embargo, destacan también la falta de apoyo de la gerencia. De acuerdo a la percepción factores como la disponibilidad de recursos monetarios, la comunicación interna, la provisión de ideas innovadoras, la calidad de los consultores técnicos o la compatibilidad con otros programas no representan un obstáculo para la implementación de la ME en sus empresas.

## 5. Conclusiones

El estudio aporta información original sobre los alcances de la implementación de las herramientas de la ME en las empresas industriales en el noroeste de México. Los resultados evidencian, en primer, que hay avances en la implementación de la ME en la región esta región, ya que 14 prácticas de la ME se implementan con cierta extensión, de acuerdo a lo informado por los propios empresarios. En segundo lugar, que la implementación parcial de las herramientas de la ME se puede explicar por el existencia simultánea de factores que la inhiben y la favorecen. Los resultados de la encuesta sugieren que los principales beneficios identificados por los empresarios para la implementación de las prácticas de ME comprenden el incremento en la productividad, la mejora en entregas 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. Así mismo, se identificaron las principales barreras a las cuales se enfrentan las organizaciones industriales ubicadas en Sonora al momento de implementar la ME, sobresaliendo son la resistencia al cambio, la falta de tiempo, la falta de entrenamiento del personal, falta de know-how y la no comprensión de los principios de la ME, la cultura organizacional, la falta de visión de largo plazo, la falta de recursos de mano de obra calificada y deficiencias en el sentido de urgencia.

La encuesta se aplicó sólo a una muy limitada cantidad de industrias; sin embargo, se debe destacar que 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 tamaño tan limitado de la muestra se explica por la baja tasa de respuesta obtenida en la encuesta. Al igual que en otras regiones de México, los empresarios sonorenses carecen de una cultura de apertura y transparencia, mostrándose reticentes a compartir información de corte empresarial.

La principal aportación del estudio ha sido la realización de una investigación de corte empírico con una encuesta propia, con información de primera mano y confiable para evaluar los alcances reales de la ME en un contexto específico. Los resultados de la encuesta apoyan la afirmación de que la implementación de la ME tiene un impacto positivo y beneficios potenciales para la competitividad de las industrias locales, ya

que, tiene la capacidad de impactar positivamente, permitiendo aumentar la eficiencia operacional, la calidad y la reducción de costo de dichas organizaciones.

Los alcances de este trabajo son modestos; se trata de un análisis de carácter exploratorio que busca arrojar información o conocimiento nuevo sobre las pautas de implementación de la ME, en base a las distintas prácticas 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 implementación de la ME, ya que se analiza la percepción de los gerentes sobre los principales impedimentos y factores facilitadores de la ME. Buena parte del valor de estos resultados reside en que los mismos 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. Por ejemplo, se encontró que los principales obstáculos percibidos por los gerentes tienen que ver con la limitación en la disponibilidad de recursos (tiempo, personal calificado, recursos financieros, recursos de *know-how*) y con resistencias que tienen que ver con la cultura laboral local y la cultura organizacional. En el primero de los casos, los enfoques teóricos de la dependencia de recursos (*resources dependency theory*) pueden arrojar luz para elaborar explicaciones más precisas sobre las diferencias en los ritmos de adopción de la ME en las distintas empresas; y en el segundo, los enfoques actuales del nuevo institucionalismo podrán ser de utilidad para explicar el papel que juega la cultura, especialmente las resistencias culturales, en el proceso de difusión y adopción de nuevas prácticas organizacionales ligadas a sistemas productivos emergentes.

Este estudio arroja resultados que se asemeja a los obtenidos por Kumar y Kumar (2015). Como muestran los resultados, 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. Sin embargo, tal como algunos autores lo han destacado, la implementación de la ME no está exenta de algunos efectos secundarios negativos (Hasle et al. 2012):

- La ME puede tener impacto en una excesiva reducción de inventarios, lo que aumenta el riesgo de una situación de desabastecimiento en caso de un cambio en la demanda y en cualquier situación adversa.
- La ME puede generarse una sobre dependencia en el uso de prácticas esbeltas, lo que puede llevar a una disminución en la creatividad de las personas, a impactos negativos en la calidad del producto, a la reducción excesiva de la fuerza laboral.
- Los impactos sociales potenciales también tienen que ver con la inversión innecesaria en costosa maquinaria utilizada en muchos de los casos en la automatización de los procesos, puede resultar en menor retorno de la inversión y la generación de desempleo para la sociedad.
- La ME puede tener impacto en la salud física y mental, ya que uno de los efectos nocivos más citados de ME es la presión de hacer el trabajo en tiempo específico, lo que conlleva a un aumento en los niveles de estrés entre los trabajadores. Con

un conocimiento limitado en cuanto a las técnicas de ME, algunos procesos son ajustados al más alto ritmo, creando un ambiente de trabajo inseguro.

Para el futuro es pertinente abordar líneas de investigación que permitan a las industrias locales comprender los retos a los que se enfrentan en la implementación de cambios y mejoras organizacionales, así como las repercusiones de una mala implementación de las mismas.

## Referencias

- Abdulmalek, F. A., y Rajgopal, J. (2007). Analyzing the benefits of lean manufacturing and value stream mapping via simulation: A process sector case study. *International Journal of production economics*, 107(1), 223-236.
- Anand, G. y Kodali, R. (2010). Analysis of Lean manufacturing frameworks. *Journal of Advanced Manufacturing Systems*, Vol. 9 No. 1, pp. 1-30.
- Antony, J. y Desai, D. A. (2009). Assessing the status of Six Sigma implementation in the Indian industry: results from an exploratory empirical study. *Management Research News*, 32(5), 413-423.
- Arrieta, J.G., Botero, V.E. y Romano, M.J. (2012). Benchmarking sobre la manufactura esbelta (lean manufacturing) en el sector de la confección en la ciudad de Medellín, Colombia, *Journal of Economics, Finance and Administrative Science*, 15(28), ISSN: 2077-1886, 141-170.
- Bateman, N., Hines, P. y Davidson, P. (2014). Wider applications for Lean: An examination of the fundamental principles within public sector organisations. *International Journal of Productivity and Performance Management*, 63(5), 550-568.
- Belekoukias, I., Garza-Reyes, J. A., & Kumar, V. (2014). The impact of lean methods and tools on the operational performance of manufacturing organisations. *International Journal of Production Research*, 52(18), 5346-5366.
- Belokar, R. M., Kumar, V. y Kharb, S. S. (2012). An application of value stream mapping in automotive industry: a case study. *International Journal of Innovative Technology and Exploring Engineering*, 1(2), 152-157.
- Bhamu, J. y Singh Sangwan, K. (2014). Lean manufacturing: literature review and research issues. *International Journal of Operations & Production Management*, 34(7), 876-940.
- Bhasin, S. (2012). Prominent obstacles to lean. *International Journal of Productivity and Performance Management*, 61(4), 403-425.
- Cardozo, E. R., Rodríguez, C. y Guaita, W. (2011). Las Pequeñas y Medianas Empresas Agroalimentarias en Venezuela y el Desarrollo Sustentable: Enfoque basado en los Principios de Manufactura Esbelta. *Información tecnológica*, 22(5), 39-48.
- Ceccagnoli, M. y Rothaermel, F. T. (2016). Appropriability strategies to capture value from innovation. In *Technological Innovation: Generating Economic Results* (pp. 3-31). Emerald Group Publishing Limited.
- Ettlie, J. E. y Rosenthal, S. R. (2012). Service innovation in manufacturing. *Journal of Service Management*, 23(3), 440-454.

- Garza-Reyes, J. A., Parkar, H. S., Oraifige, I., Soriano-Meier, H., y Harmanto, D. (2012). An empirical-exploratory study of the status of lean manufacturing in India. *International Journal of Business Excellence*, 5(4), 395-412.
- Hasle, P., Bojesen, A., Langaa Jensen, P., y Bramming, P. (2012). Lean and the working environment: a review of the literature. *International Journal of Operations y Production Management*, 32(7), 829-849.
- Hille, J. (2015). State-of-the-art review of lean product development practices and their impact on project success. In *Proceedings of the International Annual Conference of the American Society for Engineering Management* (p.1). American Society for Engineering Management (ASEM).
- Huang, C.C. y Liu, S.H. (2005), "A novel approach to lean control for Taiwan-funded enterprises in mainland China", *International Journal of Production Research*, Vol. 43 No. 12, pp. 2553-2575.
- Jadhav R., J., S. Mantha, S. y Rane, S. (2014). Exploring barriers in lean implementation. *International Journal of Lean Six Sigma*, 5(2), 122-148.
- Jones, D. T., y Womack, J. P. (2012). *Lean Thinking: Cómo utilizar el pensamiento Lean para eliminar los despilfarros y crear valor en la empresa*. Grupo Planeta Spain.
- Karim, A., y Arif-Uz-Zaman, K. (2013). A methodology for effective implementation of lean strategies and its performance evaluation in manufacturing organizations. *Business Process Management Journal*, 19(1), 169-196.
- Katic, M., Agarwal, R. y Al-Kilidar, H. (2017). The Interplay between Flexibility and Innovation within High-Variety, Low-Volume Manufacturing. In *Production and Operations Management Society (POMS) 2017 International Conference*.
- Khadse, P. B., Sarode, A. D., y Wasu, R. (2013). Lean Manufacturing in Indian Industries A Review. *International Journal of Latest Trends in Engineering and Technology*, 3(1), 175-181.
- Kumar, A., y Mitra, S. (2017). A Review on Lean Manufacturing Implementation Tools. *Journal of Industrial Engineering and Advances*, 2(2).
- Kumar, R. y Kumar, V. (2014). Barriers in implementation of lean manufacturing system in Indian industry: A survey. *International Journal of Latest Trends in Engineering and Technology*, 4(2), 243-251.
- Kumar, R., y Kumar, V. (2015). Lean manufacturing in Indian context: A survey. *Management Science Letters*, 5(4), 321-330.
- LERC (2004) Lean Enterprise Research Centre, Cardiff Business School
- Liker J. y Meier D. (2006). *The Toyota Way Fieldbook*; McGraw-Hill, New York.
- Marvel, J. H., y Standridge, C. R. (2009). Simulation-enhanced lean design process. *Journal of Industrial Engineering and Management*, 2(1), 90-113.
- Melton, T. (2005). The benefits of lean manufacturing: what lean thinking has to offer the process industries. *Chemical engineering research and design*, 83(6), 662-673.
- Millar, H.H y Rusell, S. (2011). The adoption of sustainable manufacturing practices in the Caribbean, *Business Strategy and the Environment*, 20, ISSN: 0964-4733, 512-526 (2011).

- Monge, C., Cruz, J. y López, F. (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.
- Mostafa, S., Dumrak, J. y Soltan, H. (2013). A framework for lean manufacturing implementation. *Production & Manufacturing Research*, 1(1), 44-64.
- Mustak, M., Jaakkola, E. y Halinen, A. (2013). Customer participation and value creation: a systematic review and research implications. *Managing Service Quality: An International Journal*, 23(4), 341-359.
- Porter, M. E. (2015). *Ventaja competitiva: creación y sostenimiento de un desempeño superior*. Grupo Editorial Patria.
- Ramasesh, R. V. y Browning, T. R. (2014). A conceptual framework for tackling knowable unknown unknowns in project management. *Journal of Operations Management*, 32(4), 190-204.
- Reyes-Aguilar, P. (2002). Manufactura Delgada (Lean) y Seis Sigma en empresas mexicanas: experiencias y reflexiones. *Contaduría y Administración*, abril-junio, 51-69.
- Rothaermel, F. T. (2015). *Strategic management*. McGraw-Hill Education.
- Rothaermel, F.T. (2016). Competitive Advantage in Technology Intensive Industries. In *Technological Innovation: Generating Economic Results* (pp. 233-256). Emerald Group Publishing Limited.
- Scherrer-Rathje, M, Schrettle, S., Hinz, A. y Friedli, T. (2014). Turning sustainability into action: Explaining firms' sustainability efforts and their impact on firm performance. *International Journal of Production Economics*, 147, 73-84.
- Shah, R., y Ward, P. T. (2007). Defining and developing measures of lean production. *Journal of operations management*, 25(4), 785-805.
- Spear, S. y Bowen, H.K. (2000). La decodificación del ADN del Sistema de Producción Toyota. *Harvard Business Review*, 77(5).
- Sundar, R., Balaji, A. N. y Kumar, R. S. (2014). A review on lean manufacturing implementation techniques. *Procedia Engineering*, 97, 1875-1885.
- Womack, J. P. y Jones, D. T. (1996). Beyond Toyota: how to root out waste and pursue perfection. *Harvard business review*, 74(5), 140-158.