



## Title: Manufactura esbelta: aplicación de mejora de la eficiencia en área multiproducto de la Industria Aeroespacial

**Authors:** CANO-CARRASCO, Adolfo, FORNÉS-RIVERA, René Daniel, VÁSQUEZ-TORRES, María del Carmen and GUERRERO-PORTILLO, Arlene Amalia

Editorial label ECORFAN: 607-8695

BCIERMMI Control Number: 2021-01

BCIERMMI Classification (2021): 271021-0001

Pages: 09

RNA: 03-2010-032610115700-14

### ECORFAN-México, S.C.

143 – 50 Itzopan Street

La Florida, Ecatepec Municipality

Mexico State, 55120 Zipcode

Phone: +52 1 55 6159 2296

Skype: ecorfan-mexico.s.c.

E-mail: contacto@ecorfan.org

Facebook: ECORFAN-México S. C.

Twitter: @EcorfanC

[www.ecorfan.org](http://www.ecorfan.org)

### Holdings

|         |             |            |
|---------|-------------|------------|
| Mexico  | Colombia    | Guatemala  |
| Bolivia | Cameroon    | Democratic |
| Spain   | El Salvador | Republic   |
| Ecuador | Taiwan      | of Congo   |
| Peru    | Paraguay    | Nicaragua  |

# Introducción

- Sonora, cuenta con 53 empresas de manufactura de álabes y componentes de turbinas y aeromotores.
- El Nivel de implementación de la manufactura esbelta en la industria maquiladora de Hermosillo y Guaymas-Empalme, Sonora (Piña et al., 2018) presenta 14 prácticas comunes: producción nivelada, flujo continuo, calidad del producto, mejora continua, orden y limpieza, control del proceso, reducción lead time, estandarización, entrega a tiempo, sistema de producción flexible, balanceo de líneas, entrenamiento a personal directo, adherencia al plan de producción y satisfacción del cliente.

## Objeto de estudio

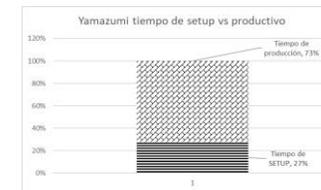
La empresa en estudio fabrica conectores eléctricos, cables coaxiales, de fibra óptica y antenas de comunicación, sus clientes principales son Boeing Company, Airbus S.E., Embraer S.A. y Safran Aircraft Engines (PRO MÉXICO, 2016). El objeto bajo estudio es el área de Ensamble Final “Coaxiales, Empaques y Otros”, esta tiene como objetivo ensamblar una gran variedad de conectores coaxiales, empaques de accesorios, instalaciones de tornillos en rieles y la elaboración de otros productos variados.

# Introducción

Con respecto al personal no se tiene establecido el número de operadores necesarios, ni su nivelación de cargas de trabajo. Se tiene un total de 9 operarios en turno 1, 6 en turno 2 y un líder. Los tiempos de cambio y preparación del cuello de botella “marcado láser”, es aprox 3hrs provocando menor producción y capacidad.

| P       | E                                       | P  | S  | U  |
|---------|---|--|--|--|
| Almacén | • Kanban, • Órdenes de manufactura (MO) | • Marcado Laser, • Riel, • Coaxial – Prensa manual, • Coaxial – Prensa neumática, • Resina para coaxiales, • Pintado, • Remachado, • Instalación de tornillos, • Empaque de accesorios • Empaque de piezas | • Productos (Distintos no. de parte), • Empaques | • Cliente final, • Sub-ensamble, • Almacén |

Las operaciones inician en su mayoría con el marcado laser y se observan cruces y retrocesos en el proceso de producción.



**Figura 1.**

*Situación actual de tiempos de set up marcado láser*

En la figura 1 el tiempo que se requiere para set up en promedio es un valor aproximado de 8 min/orden, la empresa cuenta con 11 hrs de tiempo de producción, del cual 27 % es set up y 73 % para producir.

# Introducción

Partiendo de lo descrito se detectó que no se cuenta con un balanceo que permita a los operadores tener una carga nivelada de trabajo, ni trabajar a un ritmo constante. La problemática se ha definido como: **“El área de ensamble final Coaxiales, empaques y otros presenta deficiencias en la utilización de los recursos humano, tiempo y espacio en el proceso de producción.”**

**Objetivo:** Implementar acciones de mejora para efficientar el uso de los recursos en el proceso de producción a través de Manufactura Esbelta.

# Metodología

**Objeto de estudio:** El objeto bajo estudio es el área de Ensamble Final “Coaxiales, Empaques y Otros”. **Materiales:** Cronómetro digital, Microsoft Excel, Cámara, Flexómetro, Software AutoCAD, Software Solidworks.

**Procedimiento:** (1) **Analizar el proceso de producción.** Se hizo un análisis de 80-20 para obtener las partes con mayor contribución en el área (*High runners*). (2) **Determinar tiempos promedio de operación.** En esta etapa se procedió a la toma de tiempos de los *High runners*. (3) **Balancear.** Se calculó el Takt, el porcentaje de contribución de cada parte y tiempo ponderado:

$$\text{Tiempo ponderado} = (\text{Porcentaje de Contribución})(\text{Tiempo de operación}) \quad (1)$$

Se obtuvo el número de operadores y posteriormente se realizó el balanceo asignando operaciones a cada operador. (5) **Reducir tiempos de cambios y preparación.** En este paso se siguió la metodología de SMED (Socconini, 2019). con apoyo de la herramienta Yamazumi Finalmente se estandarizó el nuevo método. (6) **Redistribuir el área bajo estudio.** se procedió detectar los desperdicios y áreas de oportunidad, se diseñaron las propuestas de redistribución donde se consideraron las familias de partes, cruces, retrocesos, áreas de oportunidad y desperdicios encontrados.

# Resultados

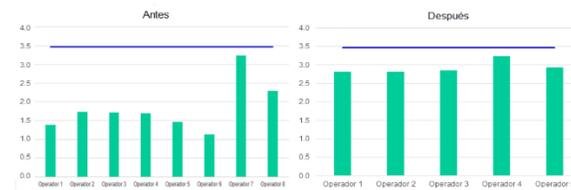
**Tabla 2.** Matriz de Tiempos promedios.

| P/N       | Familia    | Marcado Laser<br>Ensamble de pin central<br>e insulador en body | Instalación de tornillo | Empaque de accesorios | Ensamble de Gromet | Montado de O'ring | Pintado | Ensamble de coaxial y<br>contactos | Inspección Final | Empaque Final |
|-----------|------------|---|-------------------------|-----------------------|--------------------|-------------------|---------|------------------------------------|------------------|---------------|
| 617075056 | COAXIAL    | 15.83   |                         | 38.21                 |                    |                   |         |                                    | 4.01             | 5.80          |
| 620075010 | COAXIAL    | 13.90   |                         |                       |                    |                   |         |                                    | 5.80             | 10.50         |
| 620175010 | COAXIAL    | 13.90   |                         |                       |                    |                   |         |                                    | 5.80             | 10.50         |
| 87403652A | COAXIAL    | 12.60   | 11.20                   |                       |                    |                   |         |                                    | 6.01             | 2.36          |
| 87403700c | COAXIAL    | 13.10   | 30.33                   |                       |                    |                   |         |                                    | 4.63             | 5.80          |
| 617175056 | COAXIAL    | 14.85   |                         | 20.98                 |                    |                   |         |                                    | 4.56             | 3.22          |
| 617921011 | Back shell |   | 11.85                   |                       |                    |                   |         |                                    | 5.03             | 9.57          |
| 617924010 | Back shell | 11.67   |                         |                       |                    |                   |         |                                    | 4.89             | 11.07         |
| 617922005 | Back shell | 11.28   |                         |                       |                    |                   |         |                                    | 3.22             | 10.74         |
| 617924018 | Back shell | 8.99  |                         |                       |                    |                   |         |                                    | 4.15             | 11.07         |
| 617929020 | DUMMY      | 7.19  |                         |                       | 15.53              |                   |         |                                    | 8.54             | 10.03         |
| 617929001 | DUMMY      |   |                         | 11.82                 |                    |                   |         |                                    | 5.22             | 8.58          |
| 617800650 | Insert     |   |                         |                       |                    |                   |         | 73.82                              | 3.69             | 20.53         |
| 617200002 | PACK       |   | 8.56                    |                       |                    |                   |         |                                    | 1.89             | 0.99          |
| 87400196c | PACK       |   | 10.23                   |                       |                    |                   |         |                                    | 1.89             | 1.48          |
| 87400197A | PACK       |   | 10.23                   |                       |                    |                   |         |                                    | 1.89             | 1.48          |
| 617221001 | PACK       |   | 21.74                   |                       |                    |                   |         |                                    | 6.26             | 1.35          |
| 617300002 | PACK       |   | 1.01                    |                       |                    |                   |         |                                    | 2.17             | 0.83          |
| 617320    | PACK       |   | 0.60                    |                       |                    |                   |         |                                    | 1.04             | 2.36          |
| 617320001 | PACK       |   | 1.01                    |                       |                    |                   |         |                                    | 1.84             | 0.71          |
| 617990611 | RIEL       | 12.97   | 27.22                   |                       |                    |                   |         |                                    | 10.26            | 15.29         |
| 617990607 | RIEL       | 13.47   | 36.08                   |                       |                    |                   |         |                                    | 6.38             | 15.29         |
| 617990618 | RIEL       | 16.90   | 30.38                   |                       |                    |                   |         |                                    | 16.81            | 14.66         |
| 617990731 | RIEL       | 16.90   | 30.38                   |                       |                    |                   |         |                                    | 16.81            | 18.10         |
| 617990615 | RIEL       | 16.90   | 37.10                   |                       |                    |                   |         |                                    | 16.81            | 14.63         |
| 617990110 | RIEL       | 14.10   | 39.49                   |                       |                    |                   |         |                                    | 9.15             | 14.75         |
| 617990604 | RIEL       | 14.02   | 37.07                   |                       |                    |                   |         |                                    | 9.15             | 14.75         |
| 691750900 | SIC        | 13.91   |                         | 38.73                 |                    |                   |         |                                    | 4.89             | 9.57          |
| 691750932 | SIC        |   | 6.06                    |                       |                    |                   |         |                                    | 1.56             | 2.14          |
| 691750520 | SIC        | 17.77   | 21.49                   |                       |                    |                   |         |                                    | 5.29             | 1.70          |
| 691750020 | SIC        | 17.77   | 27.23                   |                       |                    | 9.41              |         |                                    | 7.21             | 3.69          |
| 691750010 | SIC        | 17.77   | 32.28                   |                       |                    | 12.50             |         |                                    | 5.52             | 3.69          |
| 691750510 | SIC        | 17.77   | 21.49                   |                       |                    |                   |         |                                    | 5.95             | 3.69          |
| 87400182a | subassy    |   | 11.44                   |                       |                    |                   |         |                                    | 3.09             | 2.40          |
| 87400180a | subassy    |   | 11.75                   |                       |                    |                   |         |                                    | 3.09             | 2.40          |
| 77408788b | SLIDE LOCK |   |                         |                       |                    |                   | 4.78    |                                    |                  | 3.66          |
| 77407038c | SLIDE LOCK |   |                         |                       |                    |                   | 4.47    |                                    |                  | 3.66          |
| QR        | SLIDE LOCK |   |                         |                       |                    |                   | 2.31    |                                    |                  | 3.66          |

**Tabla 3.** No. de operadores requeridos para turno1

| Operación                                   | Tiempo   | No. Operadores |
|---|----------|----------------|
| Marcado Laser                               | 1.386139 | 0.399062       |
| Ensamble de pin central e insulador en body | 0.223958 | 0.064476       |
| Instalación de tornillo                     | 1.048069 | 0.301733       |
| Empaque de accesorios                       | 4.944549 | 1.423508       |
| Ensamble de Gromet                          | 0.283489 | 0.081615       |
| Montado de O'ring                           | 0.034272 | 0.009867       |
| Pintado                                     | 1.134049 | 0.326487       |
| Ensamble de coaxial y contactos             | 0.075834 | 0.021832       |
| Inspección Final                            | 3.239812 | 0.932724       |
| Empaque Final                               | 2.285850 | 0.658083       |
| Total                                       |          | 4.21939        |

**Figura 2.** Operadores antes y después del balanceo turno 1



|            |   |
|------------|---|
| Operador 1 | Marcado Laser, Empaque de accesorios  |
| Operador 2 | Empaque de accesorios, Ensamble de pin central e insulador en body, instalación de tornillo, montado de o'ring, ensamble de coaxial y contactos |
| Operador 3 | Empaque de accesorios, ensamble de gromet, pintado  |
| Operador 4 | Inspección Final  |
| Operador 5 | Empaque Final, empaque de accesorios  |

Consideraciones:

Se dejó un margen para la fluctuación =0.5 seg. en el Tiempo Takt, esto por un posible aumento de demanda o variación de tiempo en el proceso, se usó el criterio de flexibilidad buscando que los operadores se certifiquen en diferentes operaciones.

No asignar operaciones al encargado de inspección final debido a que tiene que cumplir con otras responsabilidades.

Se asignó un operador de apoyo, disponible a cualquier operación.

La comparación del balanceo antes y después paso de 8 operadores los cuales están 1.64 seg en prom. por debajo del Takt lo que genera ocio, paso a una asignación mas equilibrada con 5 operarios y un margen de fluctuación de 0,54seg

# Resultados

## Resultados SMED por familia

|           | Antes (min) | Después (min) | Ahorro |
|-----------|-------------|---------------|--------|
| Backshell | 11.18       | 5.38          | 52%    |
| Coaxial   | 11.68       | 5.78          | 51%    |
| Dummy     | 17.63       | 5.28          | 70%    |
| Riel      | 16.35       | 5.2           | 68%    |
| Sic       | 17.1        | 3.32          | 81%    |

Para poder hacer la conversión de actividades en paralelo

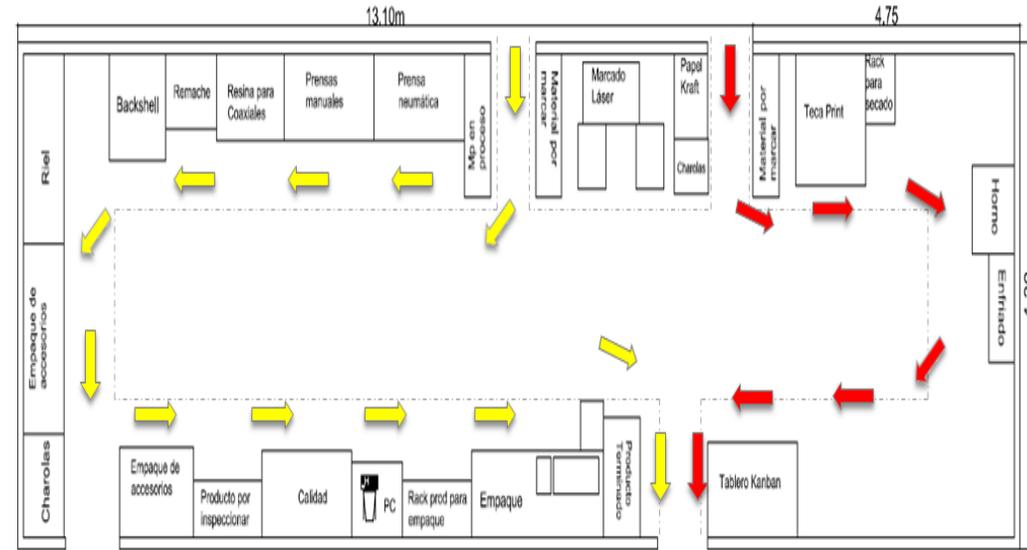


Figura 4. Nueva distribución del área y flujo del proceso.

Los logros después de realizar este proyecto se resumen en la siguiente tabla 5.

Tabla 5. Matriz de resultados

Matriz de resultados

| Recurso                      | Antes | Después | Ahorro | Incremento |
|------------------------------|-------|---------|--------|------------|
| Operadores                   | 14    | 11      | 21%    |            |
| Tiempo Set up (min)          | 17    | 4.4     | 74%    |            |
| Espacio m2                   | 60    | 53.71   | 10%    |            |
| Cruces                       | 21    | 0       | 100%   |            |
| Retrosesos                   | 10    | 0       | 100%   |            |
| Capacidad teórica (Unidades) | 2017  | 2371    |        | 17.57%     |
| Productividad                | 109%  | 125%    |        | 16%        |

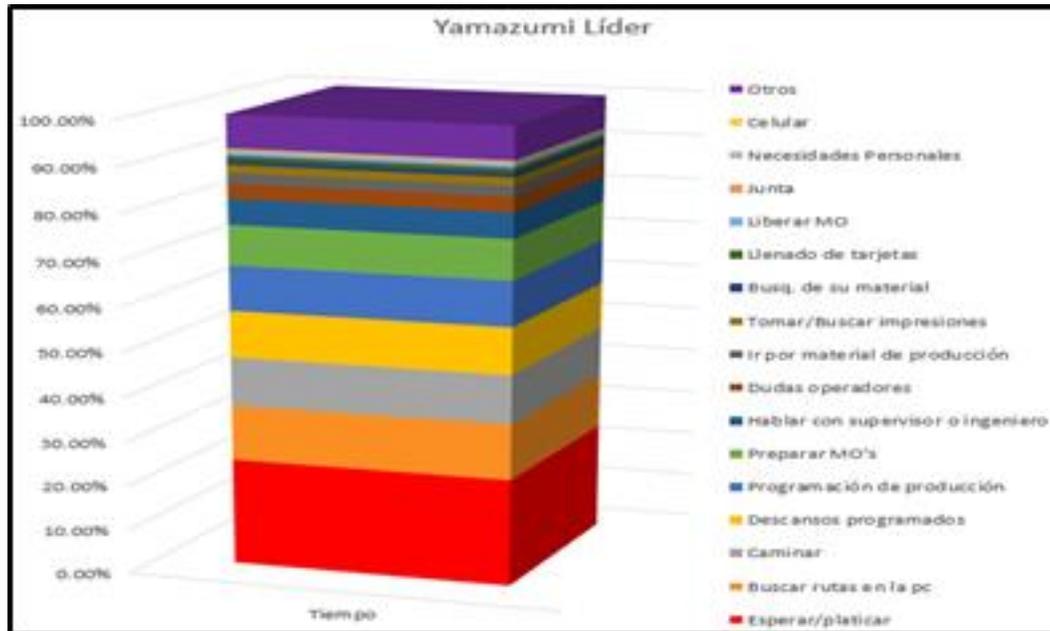


Figura 3. Yamazumi del líder del área

# Conclusiones

- Durante el desarrollo del proyecto se generaron ocho documentos que fueron esenciales para el cumplimiento del objetivo: (1) Matriz de procesos para la identificación de familias de productos, (2) Matriz de tiempos de los High Runners, (3) Matriz de tiempos ponderados para el balanceo de cargas de trabajo, (4) Balanceo de operaciones para turno 1 y 2, (5) Diagrama estandarizado de SMED, (6) Capacitación del personal en SMED, (7) Lay out con flujo del proceso y (8) Matriz de ahorros. Con este resultado queda de manifiesta la intervención a la manufactura esbelta en el nivel operativo tal como lo expone (Ghizoni Pereira & Luz Tortorella, 2018) (Piña et al., 2018) y (Monge et al., 2013) al llevar a cabo las prácticas descritas en este tema.
  - En el balanceo, se obtuvo que se tenían dos op. de más en el turno 1 y 2, fueron reubicados en otras áreas así la productividad del área aumentó un 16 % y generó un ahorro de USD 21,000 anuales.
- Con la implementación de SMED en la máquina de marcado láser al inicio los tiempos de cambios eran mayores de lo que se pensaba con un tiempo de cambio de 8 min en promedio, al analizar los videos se obtuvo un tiempo promedio de cambio de 17 min, esto debido a que los tiempos que proporcionó la empresa no se contaba el tiempo de revisiones kit y de aquí se partió para hacer un diagrama Yamazumi al líder del área para ver si tenía la disponibilidad de tiempo para apoyar en actividades del set up. Se logró una disminución 74 % lo que representa un aumento en su capacidad de 17.57 % ya que aumentó el tiempo disponible para producir.
- Con la redistribución del área se obtuvo una reducción del 10 % del espacio utilizado, esto favoreció en su reubicación ya que el espacio destinado para esta era más pequeño, esto se pudo lograr a través del rediseño de la mesa de empaque lo cual implicó la eliminación de dos racks de componentes adaptando el material al alcance del operador y la optimización del espacio de la mesa. En esta redistribución se hizo una adaptación a célula de manufactura en “U” lo cual permitió un flujo de proceso eliminando cruces y retrocesos en el proceso y transportes detectados en el SMED. Los cambios realizados produjeron una mayor productividad a nivel de operarios debido a la disminución de distractores al disminuir el acercamiento entre estaciones de trabajo.

# Referencias

- Arunagiri, P., & Jayakumar, V. (2020). Assesment of hypothetical correlation between the various critical factors for lean systems in automobile industries, *Mater. Today Proc.*
- Bakas, O., Govaert, T., & Van Landeghem, H. (2011). Challenges and success factors for implementation of lean manufacturing in European SMES. *In 13th International conference on the Modern Information Technology in the Innovation Processes of the industria Entrprise Vol 1. Tapir Academic Press.*
- Braglia, M., Carmignani, G., & Zammori, F. (2006). A new value stream mapping approach for complex production systems. *International Journal of Production Research*, 44, 18-19.
- De la Madrid, C. E. (s/f). *La industria Aeroespacial y el despegue de la productividad en México*. Obtenido de Este articulo se elaboro con informacion de Aregional, INEGI, ProMéxico y Secretaría de Economía: <http://www.revistacomercioexterior.com/articulo.php?id=54&t=la-industria-#:~:text=De%20acuerdo%20con%20la%20Asociaci%C3%B3n,en%20promedio%205.3%25%20por%20a%C3%B1o>.
- García-Alcaraz, J., Maldonado-Macias, A., & Cortes-Robles, G. (2014). *Lean Manufacturing in the Developing World. Methodology, Case Studies and Trends from Latin America*. Switzerland: Springer International Publishing.
- Ghizoni Pereira, L., & Luz Tortorella, G. (2018). A Literature Review on Lean Manufacturing in Small Manufacturing Companies. *Progress in lean manufacturing. En J. Paulo Davim (Ed)., Springer*, 69-89.
- Helmold, M. (2013). Establishing a best-practice model of supplier relationship management (SRM) in multinational companies in the European transportation industry. Berlin: Wissenschaftlicher Verlag.
- Helmold, M., & Terry, B. (2017). *Global Sourcing and Supply Management Excellence in China. Procurement Guide for Supply Experts*. Springer Science+Business Media Singapore.
- Hofbauer G et al. (2012). *Lieferantenmanagement. Die wertorientierte Gestaltung der Lieferbeziehung*. Munich: Oldenbourg Verlag.
- Liker, J. (2004). *The Toyota Way: 14 Management Principles from the World's Greatest Manufacturer*. United States of America: McGraw-Hill.
- Manzouri, M., Ab-Rahman, M., Zain, C., & Jamsari, E. (2014). Increasing Production and Eliminating Waste through Lean. *sustainability*, 6, 9179-9204.
- Monge, C., Cruz, J., & López, F. (2013). Impacto de la Manufactura Esbelta, Manufactura sustentable y Mejora Continua en la Eficiencia Operacional y Responsabilidad Ambiental en México. *información tecnológica, vol.24, n.4*, 15-32.
- Nallusamy, S. (2020). Execution of lean and Industria techniques for productivitu enhancement in a manufactory industry, *MATER.* . Today Proc.
- Piña Domínguez, R., León Balderrama, J., & Preciado Rodríguez, J. (2018). Nivel de implementación de la manufactura esbelta en la industria maquiladora de Hermosillo y Guaymas-Empalme, Sonora. *RECAI. Revista de estudios en Contaduría Administración e Informática.*, 36-51.
- Rahman, N., Sharif, S. M., & Esa, M. M. (2013). Lean Manufacturing Case study with Kanban System Implementario. *Procedia Economics and Finance* 7.
- Rüttiman, B. (2018). *Lean Compendium Introduction to Modern Manufacturing Theory*. Zürich, Switzerland: Springer.
- Rüttimann, ,. B. (2015). Von Lean zu Industrie 4.0 – eine Evolution? Von einer visionären Idee zum. *Presentation held at: Fertigungstechnisches Kolloquium*.
- Rüttimann, B. G.; Stöckli, M. (2016). Going beyond triviality: The Toyota production system—lean Going beyond triviality: The Toyota production system—lean. *J. Serv. Sci. Manag.*, 9, 140–149.
- Rüttimann, B., & Stöckli, M. (2016). Production System-Lean Manufacturing beyond MUDA and Kaizen. *Journal of Service Science and Management*, 140-149.
- Shah, R., & Ward, P. (2002). Lean manufacturing: context, practice bundles, and performance. *Journal of Operations Management. Elsevier*, 21, 129–149.
- Socconini, L. (2019). *Lean Manufacturing Paso a Paso*. Barcelona: Alfaomega Marge.
- Womack, J., & Jones, D. (1990). *The Machine that Changed the World: The Triumph of Lean Production*. New York, U.S.A.: Rawson Macmillan.
- Womack, J., & Jones, D. (2003). *Lean Thinking*. New York: Free Press.



**ECORFAN®**

© ECORFAN-Mexico, S.C.

No part of this document covered by the Federal Copyright Law may be reproduced, transmitted or used in any form or medium, whether graphic, electronic or mechanical, including but not limited to the following: Citations in articles and comments Bibliographical, compilation of radio or electronic journalistic data. For the effects of articles 13, 162,163 fraction I, 164 fraction I, 168, 169,209 fraction III and other relative of the Federal Law of Copyright. Violations: Be forced to prosecute under Mexican copyright law. The use of general descriptive names, registered names, trademarks, in this publication do not imply, uniformly in the absence of a specific statement, that such names are exempt from the relevant protector in laws and regulations of Mexico and therefore free for General use of the international scientific community. BCIERMMI is part of the media of ECORFAN-Mexico, S.C., E: 94-443.F: 008- ([www.ecorfan.org/booklets](http://www.ecorfan.org/booklets))