



Artículo Original

Simulación como herramienta para el diseño de un modelo de producción para la maquila textil

Simulation as a tool for the design of a textile production company

Geovanna Arias, Daniel Montenegro¹

Departamento de Ingeniería Industrial y de Sistemas, Facultad de Ingeniería, Universidad Tecnológica Centroamericana (UNITEC), Tegucigalpa, Honduras

Historia del artículo:

Recibido: 11 noviembre 2020
 Revisado: 12 noviembre 2020
 Aceptado: 18 abril 2021
 Publicado: 30 abril 2021

Palabras clave

Flexsim
 Flujo de material
 Manufactura esbelta
 Simulación de procesos
 Sistema de suministro

Keywords

Flexsim
 Material flow
 Lean manufacturing
 Process simulation
 Pull system

RESUMEN. Introducción. Se identificaron oportunidades de mejora en términos de sus métodos de producción en una maquila textil de uniformes, los cuales provocan grandes cantidades de trabajo en proceso y un flujo incontinuo de material. Por esta razón, se determinó implementar un sistema de producción tomando en cuenta principios de manufactura esbelta y utilizando simulación de procesos. El objetivo del estudio fue analizar un modelo de producción para la línea de producción y ensamble de camisas en la empresa, mediante pruebas de desempeño con simulaciones. **Métodos.** El estudio tuvo un enfoque mixto (cuantitativo y cualitativo) implementando pruebas estadísticas para validar datos, así como datos históricos para la toma de decisiones. **Resultados.** El sistema de producción diseñado aumentó la producción de piezas diarias en un 6% y la productividad en un 49%. Por otra parte, se disminuyó la cantidad de trabajo en proceso en la mitad de las estaciones donde se implementaron métodos esbeltos. **Conclusión.** Los cambios propuestos al sistema de producción no presentan una inversión adicional en la planta. A su vez, generan un mejor orden de producción diaria, aumentando la misma y su productividad. Para ser implementado en otras maquilas, cada una debe ser analizada considerando su situación específica.

ABSTRACT. Introduction. Opportunities for improvement were identified in terms of its production methods in a uniform textile maquila, which cause large amounts of work in process and an in-continuous flow of material. For this reason, a production system was established considering lean manufacturing principles and using process simulation. The study aim was to analyze a production model for the production line and assembly of shirts in the company, through performance tests with simulations. **Methods.** The study had a mixed approach (quantitative and qualitative) implementing statistical tests to validate data, as well as historical data for decision making. **Results.** The designed production system increased daily parts production by 6% and productivity by 49%. On the other hand, the amount of work in progress was reduced in half of the stations, where lean methods were implemented. **Conclusion.** The proposed changes to the production system do not present an additional investment in the plant. At the same time, they generate a better daily production order, increasing it and its productivity. To be implemented in other maquilas, each one must be analyzed considering its specific situation.

1. Introducción

La industria maquiladora textil en Honduras representa uno de los pilares de la economía del país, con una generación de alrededor de ciento cincuenta y dos mil empleos en el primer semestre del 2018 (Diario La Prensa, 2018). Por esta razón, es importante estudiar sistemas de producción que disminuyen sus costos y satisfacen la

demanda creciente de sus productos, ya que enfrentan una alta competencia.

La implementación de métodos más esbeltos para producir o la compra de maquinaria más eficiente en el rubro textil implica altos costos para la empresa. Esto puede ser un obstáculo para realizar mejoras o probar nuevos métodos de producción. No obstante, se puede recurrir a la simulación de procesos que permite al usuario replicar sistemas de producción en una plataforma virtual e implementar las

¹ Autor corresponsal: daniel.guerrero@unitec.edu.hn, Universidad Tecnológica Centroamericana (UNITEC), Campus Tegucigalpa

Disponible en <https://doi.org/10.5377/innovare.v10i1.11408>

© 2021 Autores. Este es un artículo de acceso abierto publicado por UNITEC bajo la licencia <http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4>.

mejoras propuestas. Esto se hace con el fin de observar el impacto en los indicadores de desempeño y a la vez ayudar a la toma de decisiones (Castellanos & Camacho, 2013).

La maquila estudiada se dedica a la manufactura de uniformes escolares, laborales y deportivos. Esta busca mejorar su productividad. Se identificó que los factores que más impidieron los aumentos de la productividad estuvieron ligados a los métodos de producción (Miranda & Toirac, 2010).

Tanto la disponibilidad de materia prima, como los tiempos improductivos por métodos ineficaces de producción, se ven afectados por el sistema de suministro que maneja la empresa que pueden ser Pull o Push.

Según Villaseñor y Galindo Cota (2008), el sistema Push trabaja basándose en una planificación de producción (MRP) de acuerdo con la demanda pronosticada. Mueve lotes grandes entre estaciones o los almacena temporalmente. Este tipo de producción puede llegar a generar altas cantidades de inventario y es imposible visualizar un flujo suave de un proceso a otro.

Por otro lado, el sistema de Pull es uno de los tres factores claves dentro de la metodología de producción justo a tiempo. Esta controla de mejor manera el flujo del trabajo en proceso y reduce la cantidad de producto en proceso, ya que solo se produce lo que se vende (Universitat de Barcelona, 2002).

Sin embargo, solamente un 29% de las grandes industrias de manufactura confirmaron que implementarían totalmente la filosofía de manufactura esbelta en sus empresas en el 2014. Por otra parte, un 61% de las grandes industrias de manufactura reportaron que iniciarían con un grupo de manufactura esbelta (Sweeney, 2017). Esto indica que, en su mayoría, aún se trabaja con sistemas de producción Push en las industrias de manufactura. El sistema de Pull por secuencia se deriva de la filosofía “Just in Sequence”, que busca procesar según la secuencia de piezas que se demandan (Bányai & Bányai, 2017).

Se decidió estudiar el sistema de producción actual de una maquila textil, con el objetivo de proponer un método de mejor producción para la línea de producción de camisas escolares. La propuesta fue observar las condiciones actuales del sistema de producción, identificar las oportunidades de mejora e implementar nuevas alternativas de producción que involucren cambios en el sistema de suministro y flujo del material, sin realizar cambios físicos en la planta de producción. Se utilizará la simulación de procesos para replicar el sistema de producción actual de la maquila. Al utilizar un simulador, se logrará evitar los costos que involucran realizar cambios en una planta de producción, sometiéndola a más incertidumbre. El cambio del sistema de suministro puede proveer a la empresa un mejor flujo de materiales. Por lo tanto, una mejora en los indicadores de desempeño.

2. Métodos

2.1. Estudio de caso

Se decidió estudiar el funcionamiento de la línea de producción de camisas tipo “cubayera”. Esta línea, funcional todo el año, tiene una meta de producción diaria de 1600 piezas que se empacan y almacenan dos veces al día. Esto con el propósito de tener suficiente “stock” para la demanda exigida en la temporada escolar.

El proceso estudiado consiste en 30 operaciones que involucran procesamiento de piezas, subensambles y ensamble final. Las piezas necesarias para la fabricación de una camisa son:

- 1 cuello
- 2 frentes
- 1 bolsa
- 1 trasera
- 1 hombro (con etiqueta)
- 2 mangas
- 2 aretas

La investigación utilizó una metodología de estudio de caso, ya que permitió analizar un fenómeno actual utilizando varias fuentes de evidencia, como ser datos históricos o muestreos (Yin, 1989). Cabe resaltar que se desarrolló el modelo y las modificaciones con los datos de la maquila. Por lo tanto, el modelo que se estableció como el apropiado solo es aplicable bajo las condiciones estudiadas.

La investigación tuvo características tanto cualitativas como cuantitativas, por lo que se determinó un enfoque mixto. Los datos de entrada y el desarrollo del modelo hicieron uso de pruebas estadísticas y recolección de datos directos. Adicionalmente, se utilizó datos históricos, criterio humano y lógica para otras etapas del proyecto. Por lo tanto, se incluyó un enfoque cualitativo (Hernández et al., 2014).

2.2. Variables de investigación

La primera variable de investigación identificada fue el sistema de suministro, que se encarga del control de la producción o la manera en que el material se mueve de una etapa del proceso a otra. Usualmente, se denomina por el efecto ejercido sobre el flujo de materiales, ya sea que se empuje, se jale o adopte características de ambas modalidades, como se mencionan en el artículo “Sistemas de control Push-Pull. Un estudio comparativo” (2001).

Otra variable de investigación fue el tamaño de lotes, con el que la materia prima y el trabajo en proceso fluyen.

El estado ideal es la producción de una sola pieza, cuyo objetivo es producir o ensamblar un producto a la vez más organizada y secuenciada. Esto evita la acumulación de trabajo en proceso, los movimientos que no aportan valor al producto y elimina la producción en lotes (Tang et al., 2016).

Sin embargo, el estudio no buscó llegar al estado ideal de producción de una pieza en toda la línea de producción, sino implementarlo donde las condiciones fueran favorables

y disminuir los lotes donde no se facilitó este formato.

La última variable utilizada fue el transporte por movimiento de material en proceso. Se refiere a la periodicidad de transporte de la materia prima y material en proceso, de corte a su estación y entre estaciones. Un estudio de caso de implementación de manufactura esbelta en una imprenta que funciona con producción en lotes en Malasia (2016) señala que la producción de una sola pieza (también conocida como one-piece flow) tiene como objetivo producir o ensamblar un producto a la vez de una manera más organizada y secuenciada. Nuevamente, se evita la acumulación de trabajo en proceso, evita movimientos que no aportan valor al producto y elimina la producción en lotes.

Los beneficios antes mencionados se ven reflejados en un experimento en el área de servicios nutricionales de un hospital en la Florida, Estados Unidos donde se adoptó la producción de una sola pieza, logrando incrementar la producción en un 20.7%. Además, se eliminó la necesidad de grandes mesas para la producción de platos de comida (Clayton, 2007).

La implementación de un sistema que produce una pieza a la vez trae consigo una reducción del “lead time” o plazo de entrega y reducción de tiempos de esperas. De manera que los procesos, se vuelven más y más fluidos, se aumenta la confiabilidad del proceso y se disminuyen los tiempos de espera por preparación o configuración (Romano et al., 2013). Asimismo, Ron Pereira en un artículo para Gemba Academy (2017) menciona que la implementación de un sistema de flujo de una sola pieza trae como beneficios una mejora en la seguridad, ya que no se deben mover grandes lotes a la vez.

2.3. Técnicas e instrumentos aplicados

2.3.1. Muestreo

Se recurrió a la técnica de muestreo para determinar la cantidad de observaciones en la toma de tiempos, para cada operación de la empresa. Estos son necesarios como datos de entrada para las máquinas en el modelo de simulación. Este fue el primer paso en el desarrollo del modelo. Para la obtención del tamaño de la muestra, se determinó mediante el cuadro utilizado por Gil & Sabogal (2017). Este cuadro está basado en la Tabla de General Electric para determinar número recomendado de ciclos de observación.

Una vez obtenidas las muestras de tiempo de procesamiento, los datos se ingresaron en Experfit, complemento de Flexsim, el cual es útil para determinar la distribución de probabilidad a la que el conjunto de datos se aproxima (Guevara Gil, 2017).

2.3.2. Pruebas estadísticas

Las pruebas estadísticas fueron el método que validó el modelo de producción actual y verificó la efectividad de las mejoras. Se utilizaron dos pruebas estadísticas muestrales

para comprobar si el sistema se asimiló a las condiciones reales de la empresa, tomando como indicador la cantidad de camisas terminadas y una prueba pareada para realizar la verificación del modelo mejorado.

La validación inició con una prueba de hipótesis de Fisher de varianzas para dos muestras. Luego se realizó una prueba t para dos muestras suponiendo varianzas iguales. Para la verificación, se realizó una prueba pareada para comprobar que el modelo propuesto presentó resultados estadísticamente distintos. Se utilizó MS Excel para realizar los análisis.

2.3.3. Indicadores de desempeño

Según Fernández (2010), los indicadores clave de desempeño, también conocidos como KPIs, dan a la empresa una idea del éxito de su organización en términos de costos, eficiencia, flexibilidad y utilización de recursos. Estos factores deben estar ligados a datos cuantificables.

Para la investigación, se evaluó tres indicadores para medir y comparar los rendimientos de ambos modelos.

- WIP: indica la cantidad de trabajo en proceso que hay en cada estación de trabajo. Se deduce lo que falta por facturar.
- Productividad: se define como “el uso eficiente de recursos – trabajo, capital, tierra, materiales, energía, información- en la producción de diversos bienes y servicios” definida por la siguiente fórmula:
Productividad = Producto/insumos (Coello, 2014)
- Producción diaria promedio

3. Resultados

3.1. Datos de entrada

Para determinar el abastecimiento de piezas exacto, se calculó un promedio de 1,733 piezas diarias para las partes que necesitan una unidad por camisa y 3,466 para aquellas que necesitan dos unidades por camisa, según la explosión de materiales realizada previamente. Los lotes se mueven en bultos de 400 piezas y luego en lotes de 100 piezas entre operaciones.

Luego de observar el sistema de producción actual y conocer el flujo de material, se pasó a tomar los tiempos de cada operación. Esto ayudó a ingresar los datos a Experfit y se obtuvo las distribuciones de probabilidad, como datos de entrada para el tiempo de ciclo de las máquinas. Luego de 12 horas de observaciones, se logró completar la cantidad de repeticiones calculadas con regresión lineal a partir de las muestras obtenidas de la tabla de General Electric. Se obtuvo la totalidad de los datos y se desarrolló el cuadro con la distribución de tiempo correspondiente a cada operación.

Luego se pasó a modelar el sistema de producción en Flexsim. Se agregó los tiempos a cada operación (Figura 1), y se obtuvo una producción total de 1,560 camisas, después de la simulación.



Figura 1. Modelo de línea de producción de camisas.

3.2. Validación de modelo situación actual

Previo a las pruebas estadísticas, se obtuvieron datos reales de la producción de los últimos veinte días con un muestreo por conveniencia, excluyendo los datos de dos de estos días. La exclusión se realizó debido a que las producciones fueron anormales con relación al resto y esto pudo haber afectado las pruebas. Se utilizó Experimenter de Flexsim para obtener las réplicas necesarias de la cantidad de camisas terminadas en el simulador.

Para la validación, los datos se sometieron a dos pruebas estadísticas muestrales para comprobar si el sistema se asimiló a las condiciones reales de la empresa, tomando como indicador la cantidad de camisas terminadas.

La primera prueba estadística realizada fue la prueba de hipótesis de Fisher de varianzas para dos muestras. Se estableció como hipótesis nula que las varianzas fueron estadísticamente iguales, i.e., ambas la simulación como la situación real se comportarían estadísticamente igual en términos de sus varianzas. Esta hipótesis se acepta si el criterio de F_o (valor F) es menor a F_c (valor crítico para F). En el Cuadro 1, se observa que $F_o < F_c$, aceptando la hipótesis nula. Seguidamente, se realizó la prueba de dos muestras con varianzas iguales.

La prueba t para dos pruebas de varianzas iguales funciona de la misma manera a la anterior, con la diferencia

que el criterio de decisión es en base a una distribución t para muestras. Se evalúa el valor t en relación con el valor crítico. En el Cuadro 1, se observa que $t_o < t_c$, aceptando la hipótesis nula (las medias fueron estadísticamente iguales). Se concluyó que el modelo simulado en Flexsim se comportó igual al sistema real de producción de la empresa.

3.3. Evaluación de sistemas de suministro Pull

Sobre los distintos sistemas de suministro, se determinó las siguientes restricciones:

- Sistema Pull de supermercado necesita una demanda estable, poca variedad de productos y capacidad de almacenamiento de productos alta para que funcione de una manera eficiente.
- Los sistemas Pull de secuencia son viables cuando mantienen un mínimo de inventario todo el tiempo, el tiempo de fabricación es corto y tienen alta estabilidad en el proceso.
- Los sistemas ConWip funcionan mejor bajo las mismas condiciones del Pull de secuencia, más una estabilidad en la producción diaria (Fernández, 2014).

Después de identificar las características y requisitos

para implementar los distintos sistemas con interfaces Pull-Push, se desarrolló un sondeo que se entregó al

ingeniero de una planta de producción para determinar el sistema de producción más viable para la empresa.

Cuadro 1

Datos para Prueba F de varianzas y Prueba T para muestras con varianzas iguales.

	Producto Terminado S	Producto terminado R
Media	1560.2222	1575.6111
Varianza	172.77124	3201.8969
Observaciones	18	18
Varianza agrupada	1687.3349	
Dif. de las medias	0	
Grados de libertad varianzas	17	17
Grados de libertad muestras	34	
Fo	0.0539589	
P(F<=f) una cola	9.395E-08	
Valor crítico para F	0.3561952	
Estadístico to	1.239005	
P(T<=t) una cola	0.134464	
Valor crítico de t	1.690924	
P(T<=t) dos colas	0.268928	
Valor crítico de t	2.032244	

El sistema Pull más viable fue el del supermercado, ya que cumple con la mayoría de los requisitos, excepto el de tener una demanda constante. Sin embargo, la demanda interna de la línea de producción fue constante, ya que la demanda real se produce solamente en la época escolar y cubre la misma durante el año. El Pull del supermercado es el paso más simple para aproximarse a un sistema más esbelto. Esto consiste en un supermercado de partes de cada proceso que debe ser abastecido con una cantidad determinada. Las líneas de producción solo procesan para abastecer nuevamente el supermercado cuando hay demanda y se retiran piezas.

Como una desventaja, Smalley (2007) confirma que el sistema debe mantener documentada cada pieza por proceso que se produce. Esto puede volverse no factible para la empresa, si el valor es muy alto. El tamaño del supermercado (a este se le llama contenedor) se establece según la producción diaria o por hora. Entre más pequeño sea el supermercado, se necesitarán más entregas entre operaciones. Según Jin (2015), las entregas de materia en cantidades pequeñas dan más flexibilidad ante la demanda.

Debido a la alta demanda de la empresa durante la época escolar (enero-febrero y junio-julio), se planifica una producción diaria, con el propósito de tener suficiente "stock" para cuando se solicite. Por lo tanto, se seleccionó un sistema Pull de supermercado para la demanda interna semanal. El supermercado funciona con un punto de reorden y al llegar a la fracción mínima, envía una señal a corte para abastecer de materia prima. Para la simulación, esta señal se demostró mediante el cambio de color del estante de materia prima. Tener determinado el punto de "stock" para solicitar corte de materia prima nuevamente es de suma importancia para la línea de producción, ya que este proceso puede tomar hasta tres días. Indispensable para el funcionamiento de la línea de producción.

El sistema de supermercado se complementó con la

utilización de recorridos de lechero, que consisten en un operario que reparte su cargamento de distintas piezas necesarias para la confección de las camisas. Esto se hace durante un solo recorrido a cada una de las estaciones de su ruta. La técnica permite disminuir las interrupciones de producción por recolectar materia prima y baja el tráfico de personas en la planta.

3.4. Verificación de mejora en producción del modelo propuesto

Se procedió la validación de mejora en el sistema, considerando el indicador de la cantidad de piezas producidas. Esta validación se realizó después de obtener los resultados de las simulaciones (incluyendo los recorridos de lechero) y la disminución de los lotes en un 50% para los transportes entre estaciones y flujo de una sola pieza en las estaciones con orden secuencial. La simulación resultó en una producción diaria de 1,647 piezas en promedio, a diferencia de la situación inicial simulada donde se produjeron 1,560 piezas en promedio. La verificación de esta mejora se realizó mediante una prueba pareada (Cuadro 2), donde la Media 1 fue el modelo original y la Media 2 fue el modelo propuesto. La hipótesis nula estableció que la Media 1 menos Media 2 es igual a 0 y se cumple si el valor de 0 está dentro del intervalo de confianza. El 0 no se encontró dentro del intervalo de confianza y la diferencia fue negativa. Se concluyó que los datos fueron estadísticamente distintos y la implementación de las herramientas de manufactura esbelta afectó positivamente la producción diaria.

Generando la misma cantidad de réplicas de la simulación en el sistema propuesto, se obtuvo un promedio de cada indicador de desempeño el cual se comparó al modelo de producción inicial con los siguientes resultados (Cuadro 3).

Cuadro 2
Verificación de mejora.

Datos para diferencia		Hipótesis			
Media	-64.889	Ho:	Media 1 – Media 2	=	0
Desv. Std.	147.642	H1:	Media 1 – Media 2	<>	0
N	18				
t=	1.8618				
Intervalo de confianza para la diferencia de medias					
Valor mín.	-129.68				
Valor máx.	-0.0963				

Cuadro 3
Resultados en indicadores de desempeño.

Indicador de desempeño	Actual	Propuesta	Mejora
Productividad	0.550	0.823	+ 49%
Trabajo en Proceso			
Promedio Cuellos	103.83 ud	40.68 ud	-61%
Promedio Sisas	181.29 ud	47.75 ud	-74%
Promedio Ensamble	14.44 ud	12.96 ud	-10%
Producción diaria promedio	1560 ud	1647 ud	+6%

4. Discusión

Se midieron los siguientes indicadores de desempeño para comparar los dos sistemas en términos de rendimiento: (1) piezas producidas, (2) productividad y (3) trabajo en Proceso (WIP). La cantidad de piezas producidas en ambos modelos se obtuvieron directamente como datos de salida luego de la simulación. Actualmente, se observó una media de producción un poco por debajo de la meta. Por lo contrario, cuando se implementó los principios de manufactura esbelta al sistema de producción se observaron que la media se encontró por encima de la meta. Esto dio un margen de error en casos extraordinarios donde la producción es más lenta por factores externos. A largo plazo, esto trae un beneficio ya que, a este ritmo de producción, la producción planificada para seis meses puede lograrse en cinco meses. Esto puede dar espacio a la línea de producción a trabajar en otros estilos que se demanden en el momento.

Seguidamente, se evaluó la productividad de la empresa, tomando en cuenta la cantidad de insumos y la cantidad de piezas producidas en la simulación. En ambos casos, se simuló un sistema donde siempre habría suministro de materia prima. Sin embargo, en el caso del original, al final del día, había entrado al sistema materia prima alrededor de 2,800 piezas. Por otra parte, en el sistema más esbelta, ingresó materia prima para la elaboración de 2,000 camisas solamente, obteniendo una mejora en la productividad del 49%, en comparación al sistema actual.

El control del ingreso de materia prima y la disminución del tiempo de inactividad en las estaciones de trabajo por recolección de materia prima permitió que la productividad incrementara. Esto se debe a que una mayor porción de lo que entró al sistema, salió como producto final. Asimismo, esto tiene un efecto en el trabajo en proceso o WIP.

La cantidad de WIP en cada estación fue medida mediante dashboards en el simulador, para ambos modelos. Para la mitad de las estaciones, se disminuyó la cantidad WIP. Esta disminución del WIP se debe a que sistema Pull solo jala material cuando lo necesitó. Asimismo, se debe a la reducción del tamaño de lotes e implementación de producción de una sola pieza, donde las estaciones se encontraron ubicadas secuencialmente. Esta reducción representa una mejora en cuanto a la disminución de manipulación del producto y una mejor organización y control de la materia prima.

Cabe destacar que debido a que la línea de producción no estaba completamente balanceada y las estaciones no estuvieron todas organizadas secuencialmente, los cambios hicieron que algunas estaciones que solían no tener WIP, ahora tuvieran. Sin embargo, en los promedios totales de WIP por área, se mostró mejora.

5. Conclusión

La utilización del software de simulación permitió realizar cambios en el sistema de producción de la maquila, sin inversión de tiempo y recursos en la planta. Asimismo, se pudo verificar que los cambios realizados en el modelo generaron un mejor orden de la producción diaria de la maquila aumentando los indicadores mencionados en la investigación. Esto asistió a la empresa en la realización de cambios en sus métodos de producción, con una probabilidad de mayor éxito. Este tipo de estudio refuerza la aplicación de herramientas “lean” en empresas de producción. Si se desea implementar en otras maquilas se debe analizar la situación específica de cada una, antes de intentar hacer una propuesta similar a la presentada en esta investigación.

6. Contribución de los Autores

Los autores participaron en la definición de metodología, la recolección de datos, revisión de literatura, análisis y redacción y edición del documento final.

7. Conflictos de Interés

Los autores presentan ningún conflicto de interés.

8. Referencias Bibliográficas

- Bányai, T., & Banyai, Á. (2017). Modelling of just-in-sequence supply of manufacturing processes. *MATEC Web of Conferences*, 112, 06025. <https://www.doi.org/10.1051/mateconf/201711206025>
- Castellanos, (2013, febrero). *Simulación de procesos complejos: presente y futuro de la ciencia*. Simulación y modelado de procesos No. 133
- Clayton, K. (2007). *Demonstrating the value of One-Piece-Flow*. Food Management; Cleveland, 42(8), 30
- Coello P, M. G. (2014). *Diseño de un modelo basado en Indicadores de Gestión (KPI's) para la administración del área de servicio y un taller autorizado. Caso de estudio empresa talleres PMIASA*. [Tesis de Maestría, Universidad de Guayaquil] Open. <https://repositorio.ug.edu.ec/bitstream/redug/8047/1/Tesis%20Magister%20MCP.pdf>
- Diario La Prensa. (2018). <https://www.laprensa.hn/economia/1215450-410/maquilas-empleos-2018-industria-maquiladora-honduras>
- Fernández Díez de los Ríos, J. (2014). *Optimización de la cadena logística: Manual teórico*. Editorial CEP, S.L.
- Gemba Academy. *One Piece Flow*. <https://www.gembaacademy.com/blog/es/2017/02/17/10-beneficios-de-flujo-de-una-sola-pieza-one-piece-flow>
- Gil, P.A., & Sabogal, J.A. (2017). *Estudio de métodos y tiempos para la empresa Papeles Primavera a los productos de papel regalo y cartulina plana*. [Informe de pasantía, Universidad Distrital Francisco José de Caldas] Open. <https://repositorio.udistrital.edu.co/bitstream/11349/14033/1/CetinaSabogalJulianAlberto2017.pdf>
- Gil Guevara, B. L., Puentes Márquez, J.A., & Vergara Narváez, A. (2017). Modelo de simulación como herramienta de gestión de los servicios bibliotecarios. *Revista de Investigación*, 11(2), 83-94. <https://www.doi.org/10.29097/2011-639X.231>
- Hernández Sampieri, R., Fernández Collado, C., Baptista Lucio, P., Méndez Valencia, S., & Mendoza Torres, C. P. (2014). *Metodología de la investigación*. McGraw-Hill Education
- Jin, H. W. (2015). A case study on the Lean transformation of a Korean manufacturing SME. *Information*, 18(2), 491-499.
- Miranda, J., & Toirac, L. (2010). Indicadores de productividad para la Industria Dominicana. *Ciencia y Sociedad*, 35, 235-290. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=7421584>
- Pereira, R. (2017, febrero 16). *10 beneficios de "Flujo de una sola pieza"*. <https://www.gembaacademy.com/es/blog/2017/02/16/10-beneficios-de-flujo-de-una-sola-pieza-one-piece-flow>
- Romano, E., Santillo, L.C., & Zoppioli, P. (2013). Transformation of a production/assembly washing machine lines into a lean manufacturing system. *WSEAS Transactions on Systems and Control*, 4, 65-76
- Ruiz de Arbuló López, P., Zarrabeitia Bilbao, E., Álvarez Meaza, I., & Díaz de Basurto Uruga, P. (2010). Análisis de la implantación de un sistema de planificación Pull Mixto en un fabricante de componentes para bienes de equipo. *Proceedings de 4th International Conference on Industrial Engineering and Industrial Management, España*. http://www.adingor.es/congresos/web/uploads/cio/cio2010/LEAN_MANUFACTURING_AND_CONTINUOUS_IMPROVEMENT/889-897.pdf
- Ruiz Usano, R., & Muñoz Pérez, M. Á. (2001). Sistemas de control push-pull. Un estudio comparativo. *Proceedings de IV Congreso de Ingeniería de Organización, España*. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=4214918>
- Smalley, A. (2007). *Connecting assembly with batch processes via basic Pull systems*
- Sweeney. (2017, marzo 28). *The future of lean manufacturing by the numbers*. ClydeBank Media. <https://www.clydebankmedia.com/blog/business/process-optimization/manufacturing>
- Tang, S., Ng, T., Chong, W., & Chen, K. (2016). Case study on lean manufacturing system implementation in batch printing industry Malaysia. *MATEC Web of Conferences*, 70. <https://www.doi.org/10.1051/mateconf/20167005002>
- Universitat de Barcelona. (2002). *Justo a Tiempo (JIT)*. 89-97
- Villaseñor A., & Galindo Cota, E. (2008). *Conceptos y reglas de lean manufacturing (2a ed.)*. Tecnológico de Monterrey.
- Yin, R. (1989). *The abridged version of case study research*. 229-259

Nota de la Editora:

El presente trabajo fue galardonado con el Segundo Lugar Categoría Primer Autor Estudiante en los Premios de Investigación 2020 de la Universidad Tecnológica Centroamericana, UNITEC, Tegucigalpa, Honduras el 23 de octubre del 2020.