

**UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO**

**FACULTAD DE INGENIERÍA**

**ESCUELA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL**



**JUST IN TIME COMO ALTERNATIVA PARA INCREMENTAR LA  
SATISFACCIÓN DE LA DEMANDA EN UNA FÁBRICA DE  
COLCHONES**

**TRABAJO DE INVESTIGACIÓN PARA OPTAR EL GRADO ACADÉMICO DE  
BACHILLER EN INGENIERÍA INDUSTRIAL**

**AUTOR**

**EDSON ALEXANDER CASTAÑEDA CORONEL**

**ASESOR**

**MAXIMILIANO RODOLFO ARROYO ULLOA**

<http://orcid.org/0000-0002-6066-6299>

**Chiclayo, 2020**

## ÍNDICE

<b>RESUMEN</b> .....	<b>3</b>
<b>ABSTRACT</b> .....	<b>3</b>
<b>I. INTRODUCCIÓN</b> .....	<b>4</b>
<b>II. MARCO TEÓRICO</b> .....	<b>5</b>
<b>III. MATERIALES Y MÉTODOS</b> .....	<b>6</b>
<b>IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN</b> .....	<b>7</b>
<b>V. CONCLUSIONES</b> .....	<b>12</b>
<b>VI. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS</b> .....	<b>13</b>

**RESUMEN**

Manufactura esbelta, a través del Just in Time, ha sido de gran utilidad para la eliminación de desperdicios con herramientas como trabajo estandarizado, Kanban y balanceo. El presente trabajo de investigación tiene como objetivo analizar las mejoras obtenidas a través de la herramienta JIT en una pequeña fábrica de colchones para satisfacer su demanda al ritmo necesario, por lo que se estableció un flujo continuo balanceado del proceso productivo, posteriormente se realizó la estandarización del proceso productivo a través de una hoja de trabajo estándar y, finalmente, se estableció el número de Kanban requeridos para la implementación de una producción pull. Se incrementó en 57,45% la productividad de proceso junto con un incremento del 18,07% de la eficiencia de la línea estableciendo un total de 4 puestos de trabajo, limitando el stock de producto terminado a un máximo de 6 unidades y logrando incrementar la capacidad de la empresa para satisfacer su demanda.

**Palabras clave:** JIT, Kanban, trabajo estandarizado, producción pull, productividad.

**ABSTRACT**

Lean manufacturing, through Just in Time, has been very useful for the elimination of waste with tools such as standardized work, Kanban and balancing. The objective of this research work is to analyze the improvements obtained through the JIT tool in a small mattress factory to satisfy its demand at the necessary pace, for which a balanced continuous flow of the production process was established, then standardization was carried out of the production process through a standard worksheet and, finally, the number of Kanban required for the implementation of a pull production was established. The productivity of the process was increased by 57.45% together with an increase of 18.07% in the efficiency of the line, establishing a total of 4 work stations, limiting the stock of finished product to a maximum of 6 units and managing to increase the ability of the company to satisfy its demand.

**Keywords:** JIT, Kanban, standardized work, pull production, productivity.

## I. INTRODUCCIÓN

En el contexto globalizado de competencia, las empresas adoptan herramientas y estrategias para aumentar la satisfacción del cliente y mejorar su posición competitiva, sin dejar de lado la rentabilidad. La empresa del presente trabajo de investigación está dedicada a la fabricación de colchones y afronta períodos de demanda en los cuales se ve forzada a tener sobreproducción de colchones, llegando a 42 colchones de resortes durante 5 de los 12 meses del período de estudio debido a que buscan abastecer los meses de mayor demanda alcanzando un tiempo de almacenaje de hasta 1 mes y obligando a que la empresa tenga que dedicar aproximadamente el 52,24% de su área disponible a áreas de almacén; a pesar de ello, no satisfacen los pedidos al ritmo de su demanda, pues en 58% de los meses no se alcanza el nivel de servicio mínimo recomendado de 95%. Se identificó que, de los tres puestos de trabajo, el puesto 1 y 2 superan el Takt time de 50,86 min/unidad, por lo tanto, no son capaces de satisfacer su demanda en el período requerido. Además, la eficiencia de la línea llega a tan solo 76,13% tomando en cuenta que en cada puesto existe un solo operario que realiza sus actividades manualmente ayudado de instrumentos. Justo a Tiempo (JIT), como filosofía de gestión, es importante para reducir desperdicios dentro de las organizaciones, uno de los más importantes es la reducción o eliminación de la sobreproducción, buscando ajustar el volumen de producción al ritmo solicitado por la demanda. Algunos de sus principales objetivos es establecer un flujo de proceso continuado y la eliminación de stocks de materia prima, materiales en proceso y producto acabado, optando por la flexibilidad de los elementos del proceso para lograr que el tiempo se convierta en una ventaja competitiva. Con respecto a lo mencionado anteriormente, se plantea el siguiente problema de investigación: ¿Las herramientas de la filosofía JIT mejorarán la satisfacción de la demanda de una empresa dedicada a la fabricación de colchones? Por lo cual, en la presente investigación, se tiene como objetivo principal evaluar las mejoras obtenidas a través de la herramienta JIT en una pequeña fábrica de colchones para satisfacer su ritmo de demanda, para lo cual es necesario establecer un flujo continuo unidad a unidad balanceado con una disposición en U, posteriormente se procede a estandarizar el proceso productivo y, finalmente, se requiere calcular el número de Kanban requeridos para establecer un sistema de producción pull. Esta investigación busca mostrar un marco de referencia para que pequeñas empresas del sector encargado de la fabricación de colchones u otros productos domésticos consideraren la aplicación de herramientas de manufactura esbelta como una alternativa para mejorar su productividad y hacer frente a un mercado cada vez más exigente y cambiante.

## II. MARCO TEÓRICO

Javadian, Nagendra y Fooladi [1] indican que Just in Time, uno de los dos pilares fundamentales del enfoque de gestión de Manufactura Esbelta, es una filosofía para la gestión dentro de una organización, la cual implica, principalmente, contar con los recursos en las cantidades y calidad adecuada en el momento y lugar pertinente. Para lograr una producción JIT, es necesario establecer el trabajo estandarizado, disposición en flujo, Kanban, entre otras.

La disposición en flujo, para Cuatrecasas [2] busca reducir el stock y las espera a través de un equilibrado en el proceso productivo, buscando llegar a un flujo unidad a unidad alcanzado una alta flexibilidad cuando alcanza una disposición en U acompañado del incremento de la eficiencia del proceso. Se busca que el proceso se convierta en un flujo pull balanceado y flexible gracias a la polivalencia del personal, permitiendo la adaptación al ritmo de la demanda produciendo únicamente las cantidades solicitadas. En la investigación de Ghushe *et al.* [3] queda corroborado lo mencionado anteriormente, pues tuvo como objetivo cuantificar y reducir los desperdicios dentro del proceso productivo de colchones. Iniciaron con el diagnóstico de la situación actual realizando un mapeo del flujo del proceso, posteriormente creó el gráfico tiempo de ciclo vs. Takt time determinando el número de puestos de trabajo requeridos para la satisfacción de la demanda con un flujo unidad a unidad buscando equilibrio en el proceso. Posteriormente, procedió con la implementación de un flujo pull usando Kanban y, finalmente, realizó análisis de la mejora obtenida. Tras analizar su Takt time, unió 2 operaciones para reducir el tiempo sin valor agregado y redujo su inventario en proceso a través de la implementación de supermercados y un sistema pull; su lead time disminuyó en 6,65% y el tiempo en inventario de uno de sus insumos se redujo en 16,67%. Concluye la investigación indicando que la eficiencia del proceso incrementó gracias al balanceo del proceso y el inventario y lead time disminuyeron gracias a la implementación de Kanban.

El trabajo estandarizado, según Lean Enterprise Insitute [4], es la base para la mejora continua de la organización y se basa en el Takt time, la secuencia del trabajo y el inventario estándar. Con esta herramienta se implementa una cultura de estabilidad dentro de la empresa para reducir la variabilidad dentro del proceso productivo, reducir la dificultad de integración de nuevos colaboradores y para servir como información de primera línea para supervisores e ingenieros durante la formulación de mejoras. Por ejemplo, Mendonça, Morais, Lima, Silva y Mendonça [5], tuvieron como objetivo incrementar el índice de productividad de una empresa dedicada a la fabricación de colchones reduciendo los desperdicios. Para ello iniciaron con un diagnóstico

de la situación actual, después de haber identificado las áreas a mejorar, continuó con la implementación de 5S y, finalmente, estableció el trabajo estandarizado a través de cambios en la distribución de actividades, eliminando algunas actividades de no valor agregado y delegando tareas de suministro de materiales al líder del equipo. Con estas mejoras alcanzó aumentar en 20% la productividad, en 20% la producción diaria y una disminución del 90% de movimientos. Concluyendo que, gracias al trabajo estandarizado, los operarios empezaron a seguir pautas establecidas para sus actividades contribuyendo a la reducción de tiempos, transportes, movimientos y esperas y al incremento de la eficiencia y productividad.

Kanban, según Sugimori, Kusonoki, Cho, y Uchikawa [6], forma una parte vital de la filosofía JIT, pues se encarga de obtener; de un proceso, proveedor o suministro que precede; un determinado requerimiento en las cantidades adecuadas en lapsos de tiempo establecidos, buscando lograr un sistema pull y limitando el inventario del proceso productivo. Esto se demuestra en la investigación de Braga, Ferreira, Besser, Gonçalves y Meiriño [7], en donde tuvo como objetivo principal analizar los resultados en la gestión de inventario tras la aplicación de manufactura esbelta en una empresa de la industria del mueble para lo cual realizó una revisión literaria para continuar con un análisis de un caso partiendo de la recolección de información, seguido de la utilización de herramientas de diagnóstico, identificando el principal problema de sobreproducción que generaba distintos problemas en todo el proceso productivo. Finalmente, optó por la implementación del sistema Kanban, equilibrado del proceso, nivelación de producción y otras herramientas. Como resultado tuvo que agregar 2 puestos más y 1 operario adicional, alcanzando a reducir en 87,64% el inventario de producto terminado, en 60,63% los tiempos de no valor agregado y una reducción del 60,31% del lead time.

### III. MATERIALES Y MÉTODOS

Se realizó una constante revisión literaria y análisis de la información del proceso productivo de la empresa (datos secundarios) disponibles en la tesis de Santos [8]. Usando como base el procedimiento de Cuatrecasas [2] y delimitándolo en base al alcance y la situación problemática de la investigación, se inició con la implementación de un flujo continuo y balanceado del proceso productivo determinando el Takt time del producto, el número de puestos de trabajo requeridos para el proceso y los nuevos tiempos de ciclo para los puestos. Según Ghushe *et al.* [3], para determinar el número de puestos requeridos se utiliza la siguiente fórmula:

$$n = \frac{Tp}{Tkt} = \frac{Tp * Q}{Td}$$

Donde:

$n$  = Número de puesto de trabajo

$Tkt$  = Takt time

$Tp$  = Tiempo total del proceso

$Td$  = Tiempo disponible por período

$Q$  = Demanda por período

Luego se distribuyeron las actividades elementales en los puestos de trabajo establecidos, sin sobrepasar el Takt time y procurando tener tiempo de estaciones equilibradas. Posteriormente, se calculó del stock máximo en proceso y lead time, para lo cual se utilizará lo sugerido por Cuatrecasas [2, pp. 177-180] debido a que existe un flujo unidad a unidad:

- Stock máximo en proceso para un lote de tamaño “n”: es la resta del tamaño de la cantidad a producir y la cantidad de unidades procesadas por el puesto condicionante.
- Para el cálculo del lead time de un lote de tamaño “n”: al tiempo total de proceso de la primera unidad, se le sumó el tiempo de ciclo del puesto condicionante multiplicado por (n-1).

Se elaboró una hoja de trabajo estándar indicando la nueva distribución del trabajo por estación en donde se indica, de forma resumida, las actividades de las cuales serán responsables cada uno de los operarios. Además, se indicaron las inspecciones de calidad y seguridad como tiempos de no valor agregado necesarios para el proceso productivo. Finalmente, se procedió a calcular el número de tarjetas Kanban requeridos para el stock de producto terminado para lograr una producción pull. Según Sugimori, Kusonoki, Cho, y Uchikawa [6] sostienen que para determinar el número de tarjetas Kanban se usa la siguiente fórmula independientemente de su carácter (transporte o producción):

$$y = \frac{D * (LT) * (1+\alpha)}{a}$$

Donde:

$y$  = Número de tarjetas Kanban

$D$  = Demanda por unidad de tiempo (inverso del Takt time)

$LT$  = Lead Time de un Kanban

$a$  = Capacidad de contenedor Kanban

$\alpha$  = Facto de seguridad. Es una política variable.

#### **IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN**

Es necesario tener en cuenta que el proceso es estrictamente manual, ayudado de herramientas y maquinarias que requieren un acompañamiento perenne del operario. Para la producción de

colchones con resortes se tomó en consideración un tiempo disponible real de producción de 458 min/día debido a que de los 630 min/día, 90 minutos son para almuerzo y 82,3 minutos son considerados para la producción de colchones de espuma. De acuerdo con una demanda promedio diaria de 9 colchones, se tendría un Takt time de 50,856 min/colchón.

De los 4 transportes señalados por Santos [8] en el proceso productivo, con una disposición en flujo continuo en U, se logran reducir el 75% del número de transportes para los puestos de trabajo, pues 3 de ellos se eliminan con la disposición en flujo. Resultados similares a los alcanzados por Mendonça, Morais, Lima, Silva y Mendonça [5], en donde alcanza la eliminación del 90% del transporte dentro de su proceso productivo debido a que también consideran que el jefe de equipo apoyará en el suministro de materiales y transportes entre procesos. Se optó por distribución en una U única porque facilitará la flexibilidad de la línea productiva en función a la variabilidad de los puestos de trabajo según los requerimientos del cliente y la minimización posible de los transportes entre procesos.

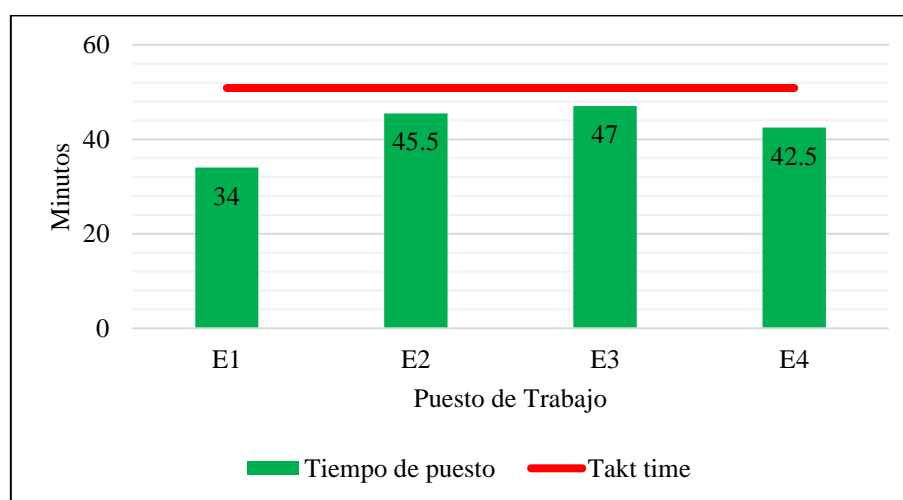
Con un tiempo total de proceso de 169 minutos, el número de puestos fue redondeado a 4 puestos, permitiendo un determinado porcentaje de tiempos improductivos en algunas estaciones con el objetivo de poder balancear el tiempo de estaciones viendo necesario el incremento de 1 operario para que se ocupe de una estación adicional. Es necesario recalcar que las inspecciones de calidad son tiempos de no valor agregado necesarios dentro del proceso productivo debido a que se trata de un proceso manual.

$$n = \frac{169 \text{ min}}{\left(\frac{458 \text{ min/día}}{9 \text{ colchones/día}}\right)} \cong 3,32 \rightarrow 4 \text{ puestos de trabajo}$$

Se puede observar en la Figura 1 que se logró balancear, relativamente, el tiempo de ciclo de las estaciones de trabajo por debajo del Takt time para lo cual fue necesario descomponer las operaciones en sus actividades elementales y distribuir las entre los puestos de trabajo. Se redujo el tiempo de ciclo en el puesto más lento del proceso, pasando de 74 min/unidad a 47 min/unidad; se logró incrementar la productividad de 0,8101 colchones/hora a 1,277 colchones/hora y la productividad de mano de obra, considerando que inicialmente se tenían 3 operarios, pasó de ser 0,27 colchones/operario-hora a 0,32 colchones/operario-hora. Además, los traslados entre procesos fueron eliminados como se puede observar en la Figura 2 en la columna de camino, en donde únicamente se conservó el traslado al almacén de producto terminado debido a que la disposición en flujo continuo en U reduce el transporte a lo

estrictamente necesario, teniendo la alternativa de compensar los traslados con la ayuda del jefe de producción, que como menciona Santos [8], suele apoyar durante el proceso productivo.

Según lo concluido en la investigación de Ghushe *et al.* [3], a través de la nivelación de puestos de trabajo se logra incrementar la eficiencia de la línea del proceso productivo en la fabricación de colchones, corroborando esto con el incremento del 18,07% en la eficiencia del proceso tras ser equilibrado, pasando del 76,13% al 89,89% de eficiencia para la línea de 4 puestos de trabajo con la carga de trabajo distribuida. Mostrando así que Lean Manufacturing no significa necesariamente reducir el personal, sino mantenerlo a un nivel necesario como afirman Braga, Ferreira, Besser, Gonçalves y Meiriño [7].



**Figura 1. Takt time frente a tiempos de puestos balanceados**

Fuente: Elaboración propia

Los resultados concuerdan con los resultados revelados por Mendonça, Morais, Lima, Silva y Mendonça [5] en una empresa dedicada a la fabricación de colchones en donde incrementó la productividad por hora en aproximadamente 20% a comparación del aumento del 57,45% alcanzado en la presente investigación. Es de vital importancia considerar que, según Cuatrecasas [2], esta distribución del trabajo para personal polivalente logra incrementar la productividad, sin tener que, necesariamente, aumentar la producción; pues esta tiene que ser planificada con el objetivo de evitar la sobreproducción y stock. Tras las mejoras de la presente investigación, para una producción de 3 unidades, se logró reducir el lead time en aproximadamente 17,03% (de 317 minutos a 263 minutos). Contrastando esto con los resultados obtenidos por Ghushe *et al.* [3] que lograron reducir el lead time en aproximadamente 6,65%, se puede notar que existió una reducción considerablemente mayor. Además, el inventario en proceso estándar será de 3 unidades debido al Kanban.

Hoja de trabajo estandarizado disposición en flujo balanceado			Tiempo takt	Zona	Tiempo de ciclo	SWIP	Producto	WIP	SAFETY	QUALITY CHECK
De:	Almacenes de materiales e insumos -	Hoja 1 de 1	50,86 min/unidad	Área de producción	47 min/unidad	3 unidades	Colchón de resortes 2 plazas	●	+	◇
A:	Contenedor Kanban retornable									
N°	Descripción por puesto de trabajo	Tiempo								
		Manual	Máquina	Camino						
1	Puesto encargado de avance, acomodo y unión de filas de panelado	34	---	---						
2	Puesto encargado de armado de panel hasta la preparación del acolchado	45.5	---	---						
3	Puesto encargado desde el acolchado hasta el prensado del colchón	47	---	---						
4	Puesto encargado desde el nivelado en el prensado hasta finalizar el proceso	42.5	---	2,3						
<b>TOTAL</b>		169	---	2,3						
Puntos clave										
+	En su totalidad, las operaciones son realizadas por los operarios con herramientas artesanales, requerirá una especial atención									
◇	Se realizan inspecciones de calidad en la operación de canteado, tapizado y prensado porque son aspectos críticos para el producto final									

Figura 2. Hoja de trabajo estandarizado

Fuente: Elaboración propia

Sicconini [9] enfatiza que para definir la capacidad de Kanban se toma en cuenta una cantidad manejable el operario o una cantidad limitada por capacidad, estableciendo que el contenedor Kanban serán tarimas o contenedores especiales con ruedas y rieles para facilitar el transporte de forma ergonómica con la ayuda del jefe del equipo para el movimiento del contenedor. Considerando que cada tarima tendrá una capacidad de 200 kg para la industria de colchones y que, según Santos [8], cada colchón pesa 60 kg, la capacidad del contenedor Kanban será:

$$a = \frac{\text{Capacidad de contenedor}}{\text{Peso de unidad}} = \frac{200 \frac{\text{kg}}{\text{contenedor}}}{60 \frac{\text{kg}}{\text{colchón}}} \cong 3 \text{ colchones/contenedor}$$

El factor de seguridad se calculó en función a la desviación estándar de los datos mensuales del período de estudio (19 unidades) y el promedio de la demanda mensual (168 unidades). El Takt time es de 50,86 min/unidad y el lead time corresponde al tiempo de entrega de un contenedor Kanban para el cual la primera unidad tiene un tiempo de 169 minutos y las últimas 2 unidades saldrán del proceso en función al puesto de mayor lentitud.

$$y = \frac{\left(\frac{50,86 \text{min}}{\text{unidad}}\right)^{-1} * (169 \text{min} + 2 * 47 \text{min}) * \left(1 + \frac{19 \text{unidades}}{168 \text{unidades}}\right)}{3 \text{ unidades/kanban}} \cong 2 \text{ kanbans}$$

Se establece así un inventario de producto terminado limitado por el número de contenedores Kanban con sistema de tarjeta única, siendo de un total de 6 colchones de resortes en 2 tarimas Kanban, reduciéndose así en aproximadamente 85,71% (de 42 a 6 colchones), resultados casi idénticos a los alcanzados en la investigación de Braga, Ferreira, Besser, Gonçalves y Meiriño [7] en donde redujo el inventario de producto terminado en 87,64% mejorando la respuesta a la demanda y la gestión de inventario en todo el proceso en una empresa de la misma industria, recalando lo importante que es su reevaluación para las situaciones de cambio de demanda y su adopción para todo el sistema productivo desde el suministro de insumos por proveedores.

## **V. CONCLUSIONES**

La implementación de un flujo continuo y balanceo logra incrementar la eficiencia y productividad del proceso sin tener que aumentar la producción; acompañado por la disminución del lead time para las órdenes de producción, coincidiendo con la teoría de la herramienta de Justo a Tiempo.

Con la utilización de tarjetas o contenedores Kanban se puede lograr mantener un stock de producto terminado en un nivel mínimo con el objetivo de satisfacer estrictamente lo que se demanda, apoyándose en la flexibilidad de línea para hacer frente a los cambios en el consumo.

Haciendo uso de la herramienta de trabajo estandarizado se pueden delimitar las bases de la mejora continua de una empresa, ayudando a la definición y adopción de los procesos por cada uno de sus actores, principalmente los operarios y el equipo de mejora continua.

Just in Time se presenta como una importante alternativa para que pequeñas empresas dedicadas a la fabricación de colchones puedan abastecer a su demanda sin necesidad de recurrir a la acumulación de stock de producto terminado para cumplir con sus clientes durante los períodos en que su capacidad productiva es superada, fabricando exactamente lo que el mercado requiere con un sistema de producción con un flujo pull y equilibrado con un alto grado de productividad, eficiencia y flexibilidad ante las variaciones del mercado.

## VI. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] A. Javadian, K. Nagendra and H. Fooladi, “Just-in-Time manufacturing system: From introduction to implement,” *International Journal of Economics, Business and Finance*, vol. 1, no. 2, pp. 7-25, 2013. doi: 10.2139/ssrn.2253243
- [2] L. Cuatrecasas, *Lean management: La gestión competitiva por excelencia*, Barcelona: Profit Editorial, 2015.
- [3] S. Ghushe, S. Deshmukh, V. Basgoti, Y. Yawale, P. Gangasagar and N. Duryodhan, “Implementation of Value Stream Mapping (VSM) in a Coir Product Manufacturing Industry,” *International Research Journal of Engineering and Technology*, vol. 4, no. 4, pp. 457-462, 2017 [Online]. Available: <https://bit.ly/33acRb0>. [Accessed: Jun, 2020]
- [4] Lean Enterprise Insitute, “Standardized work: the foundation for kaizen,” *Lean Enterprise Institute*, 2020. [Online]. Available: <https://bit.ly/2VwYmJL>. [Accessed: 27-jun-2020].
- [5] C. Mendonça, M. Morais, Z. Lima, A. Silva and E. Mendonça, “Aplicação de ferramentas da manufatura enxuta: um estudo de caso em uma fábrica de colchões,” *Journal of Lean Systems*, vol. 4, no. 1, pp. 87-104, 2019 [Online]. Available: <https://bit.ly/3geahEC>. [Accessed: Jul 20, 2020]
- [6] Y. Sugimori, K. Kusunoki, F. Cho and S. Uchikawa, “Toyota production system and Kanban system Materialization of just-in-time and respect for human system,” *International Journal of Production Research*, vol. 15, no. 6, pp. 553-564, 1977. doi: 10.1080/00207547708943149
- [7] S. Braga, D. Ferreira, A. Besser, O. Gonçalves and M. Meiriño, “Lean manufacturing application analysis in the inventory management of a furniture industry,” in *24th Int. Joint Conf. Ind. Engineering Op. Manag. - IJCIEOM*, Lisboa, 2019, pp. 207-219 [Online]. doi: 10.1007/978-3-030-14969-7\_18
- [8] P. Santos, “Propuesta de planificación y control de la producción para mejorar la productividad en la fábrica de colchones Dinor E.I.R.L”, tesis de licenciatura, USAT, 2015. [En línea]. Disponible en: <http://hdl.handle.net/20.500.12423/494>. [Accedido: Jun-2020].
- [9] L. Socconini, *Lean Manufacturing: Paso a paso*, Barcelona: Marge Books, 2019.