

UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO

FACULTAD DE INGENIERÍA

ESCUELA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL



**INCREMENTO DEL NIVEL DE SERVICIO EN UN TALLER
METALMECÁNICO MEDIANTE LA HERRAMIENTA JUSTO A
TIEMPO**

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

AUTOR

JESSICA ROSARIO ARTEAGA ASALDE

ASESOR

MAXIMILIANO RODOLFO ARROYO ULLOA

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

Chiclayo, 2020

ÍNDICE

RESUMEN.....	3
ABSTRACT	3
I. INTRODUCCIÓN	4
II. MARCO TEÓRICO	5
III. MATERIALES Y MÉTODOS	7
IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	8
V. CONCLUSIONES.....	12
VI. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	13

RESUMEN

La empresa Comercial Damián E. I. R. L. presenta pedidos entregados fuera del tiempo establecido, debido a las actividades improductivas y a la distribución de la planta. Ello le genera un ingreso no percibido de S/59 911 y un nivel de servicio promedio del 90,59%. Por lo tanto, la presente investigación tiene por objetivo incrementar el nivel de servicio de la empresa mediante la herramienta Justo a tiempo (JIT). Para ello, se balanceó la línea de producción de los tres productos que tienen un mayor aporte a los ingresos de la empresa, asimismo, se agrupó las operaciones en función a una distribución en flujo continuo. Por consiguiente, se estandarizaron los procesos, se elaboró una ficha de trabajo estándar para cada uno de los productos y se estableció el flujo pull mediante el sistema kanban. La herramienta JIT permitió reducir el lead time en un 40,65% y el WIP en un 53,05%, en promedio.

Palabras clave: Just in time, Kanban, Metalmecánica.

ABSTRACT

The company Comercial Damián E. I. R. L. presents orders delivered outside the established time, due to the unproductive activities and plant distribution. This, generates an unearned income of S/59 911 and an average service level of 90,59%. Thus, the purpose of this investigation is to increase the service level of the company through the Just In time (JIT) tool. To achieve this, the production lines of the three products with the greatest contribution, was balanced, also, the operations were grouped according a continuous flow distribution. Therefore, the processes were standardised, a standard worksheet was prepared for each of the products and the pull flow was established using the kanban system. The JIT tool allowed to reduce the lead time in a 40,65% and the WIP in a 53,05% in average.

Keywords: Just in Time, Kanban, Metalworking.

I. INTRODUCCIÓN

En Perú, entre enero y octubre del 2018, la industria metalmecánica presentó un crecimiento del 10,2% en la producción respecto al mismo período en el año anterior. Ésta provee de artículos, equipos y maquinaria a otras industrias como la minera, transporte, construcción, entre otras [1]. En el sector metalmecánico se encuentra la empresa Comercial Damián E.I.R.L., la cual ofrece artículos para el sector construcción, dentro de los cuales los sujetadores metálicos, cubiertas y plataformas metálicas representaron el 85,47% de los ingresos por ventas del año 2017. En el mismo año, la empresa entregó en promedio un 6,12% de pedidos fuera del plazo establecido, por lo que el nivel de servicio promedio fue de 90,59%. Una de las causas fueron las actividades improductivas dentro del proceso, originadas principalmente por el tiempo de traslado de los operarios para buscar el material y por la lejanía entre las áreas. Cabe indicar que, son 6 trabajadores que intervienen en los procesos del sujetador y la cubierta y, 5 en el caso de la plataforma. Asimismo, se tuvo que, las actividades que no agregan valor fueron equivalentes a un 48,76% (16,89 min), 51,23% (15,92 min) y 46,12% (14,40 min) respecto a los sujetados metálicos, cubiertas y plataformas metálicas; las cuales generaron un ingreso no percibido de S/59 911. En cuanto a los recorridos por la lejanía entre las áreas, se tuvo que para el sujetador metálico y plataforma metálica, la mayor distancia de recorrido se da entre el almacén de materia prima y el área de trazado con 15,5 m; mientras que, para las cubiertas metálicas se da entre el área de doblado y almacén de producto terminado con 19,2 m. Cabe mencionar que, considerando un lote de 50, 64 y 32 unidades para los sujetadores, cubiertas y plataformas metálicas, se tuvo que el stock en proceso fue de 323, 202 y 114 unidades, respectivamente [2]. Teniendo en cuenta lo anterior, es de interés para la investigación responder a la interrogante, ¿la herramienta Justo a tiempo permite el incremento del nivel de servicio en la empresa Comercial Damián E. I. R. L? Por consiguiente, el presente estudio busca incrementar el nivel de servicio de la empresa mediante la herramienta Justo a tiempo (JIT). Para ello, se tuvieron como objetivos específicos disponer el proceso en flujo, estandarizar el proceso y establecer el flujo pull. A nivel profesional, este trabajo de investigación contribuye con la adquisición de conocimientos sobre la herramienta JIT y sus beneficios en la industria metalmecánica. Mientras que, a nivel empresarial, permite que la empresa incremente sus ganancias netas, debido a que, al producir en la cantidad y momento necesario, con menos recursos empleados, se tendrán menores costos.

II. MARCO TEÓRICO

Según Escalda, Jara y Letzkus [3], los desperdicios o mudas son todo aquello que no aporta valor al producto y a los procesos, tales como: el transporte como resultado de no tener a las máquinas y líneas de producción cerca y el movimiento referente a los desplazamientos innecesarios para buscar materiales o herramientas. En este sentido, el Just in time (JIT), es considerada una de las mejores herramientas para la producción porque elimina desperdicios como las existencias, actividades que no aportan valor y las largas entregas de pedidos innecesarias [4]. Al producir justo a tiempo, la disposición en flujo continuo resulta ser la clave para eliminar desperdicios como transportes y movimientos [5]. Asimismo, es importante balancear aquellas operaciones cuyo tiempo de ciclo supera al takt time; éste último hace referencia al ritmo en que el cliente solicita los productos y al tiempo en el que se debe producir para satisfacer al cliente [6]. Una vez que se establece el método de trabajo, se estandariza el proceso, es decir, se determina la secuencia de las operaciones, el tiempo de ciclo en cada estación y el stock [7]. Conforme a ello, una manera de producir justo a tiempo es mediante el sistema kanban, el cual provee información sobre la adquisición y transporte de materiales y previene la sobreproducción, el transporte excesivo y la fabricación de piezas defectuosas [3, p. 174]. En este sentido, Kanban sirve para facilitar el control de materiales y prevenir que se agreguen trabajos innecesarios que den origen a las existencias en proceso o Work in process (WIP).

En 2020, Caballero, Valdivia, Quiroz y Alvarez [8], en su investigación “Development and Application of Kanban and Milk-Run in Production Process of a Metalworking Company” tuvieron por objetivo disminuir el trabajo en progreso (WIP) de la línea de producción de quemadores de cocina. Asimismo, identificaron que existía un WIP entre las etapas de corte y prensado de 2 250 unidades, lo que se reflejaba también en un tiempo de 50 segundos/unidad sobre el tiempo takt respecto a la operación de prensado. En este sentido, propusieron un modelo para controlar el inventario mediante Kanban y el manejo de material con base en las rutas mediante Milk-Run. Para ello, determinaron los 9 componentes más consumidos y menos costosos mediante un análisis ABC; asimismo, identificaron la ruta, determinaron los tiempos de viaje y los horarios de distribución de cada componente. Además, validaron el modelo Kanban a través de un piloto y una simulación; en el primero consideraron los 3 productos con mayor consumo y obtuvieron como resultado una reducción del WIP del 14% en contraste de la situación antes de la mejora. Mientras que, para la simulación consideraron todos los componentes y establecieron que la producción comience cada vez que se alcance el stock

mínimo; ello permitió obtener un WIP promedio aceptable del 13%. A partir de lo anterior, concluyeron que, la aplicación de kanban y Milk-run disminuyó el WIP en un 20% y el tiempo para la distribución de componentes en un 38%, respectivamente.

En 2019, de Freitas [9] en su investigación “Deployment of manufacturing technique in a steel and metal industry” planteó como objetivo el analizar la implementación de los principios de lean manufacturing en una empresa del sector metalmeccánico. Para ello, definió como objeto de estudio a la línea de fabricación de escaleras amplias y simples, pues, representaba el 85% de la producción. Por consiguiente, determinó la demanda diaria y estableció un tiempo operativo de 408 minutos/día con el fin de hallar el takt time y compararlo con los tiempos de ciclo de cada operación. Esto le permitió identificar que los procesos de montaje de accesorios y montaje final estaban por encima del tiempo takt (3,4 minutos/escalera) con una diferencia de 3,45 minutos/unidad y 0,64 minutos/unidad, respectivamente. Esto era causado por la inexistencia de un flujo continuo y un sistema estandarizado, por lo tanto, se planteó la reubicación de los operarios de los ciclos más cortos en los procesos que tenían un tiempo de ciclo mayor al takt time. Con respecto al desarrollo de las mejoras, mediante la herramienta 5W2H, identificaron como principales problemas, el exceso de movimiento y el stock intermedio, por lo que se planteó el desarrollo de una plataforma de transporte con una capacidad de 12 escaleras, lo cual permitió disminuir el movimiento del material a lo largo de la línea. Luego, se estandarizó la secuencia de montaje mediante el estudio de los tiempos de la operación de ensamblaje, la optimización del proceso evitando tareas innecesarias, la capacitación dirigida a los operarios y la estructuración de la celda en forma de “U”. Después de la implementación de las mejoras se obtuvo que la distancia recorrida de los operarios fue de 29 metros por cada lote de 10 escaleras, representando una disminución del 82%; asimismo, se identificó que los tiempos de ciclo de cada proceso no superaban el takt time. Por ende, concluye que, las mejoras implementadas en la empresa permitieron el equilibrio de las actividades y la reducción del tiempo de fabricación en un 60%.

En 2017, da Silva, Onofre, Lemos, Lapasini y Cardoza [10] realizaron su investigación “Análise dos desperdícios no processo produtivo de uma metalúrgica através do mapeamento de fluxo de valor” con el fin de proponer mejoras en el proceso productivo de una empresa metalúrgica y reducir el tiempo de entrega. Para ello, identificaron que la familia de productos con mayor contribución a las ventas fue la de artículos de aluminio fino. Por consiguiente, calcularon las existencias en proceso de los productos al día mediante los datos de producción mensual y cantidad de existencias al mes, siendo estampado-borde la etapa con mayor cantidad

de existencias (10 unidades/día). Por otro lado, para el cálculo del tiempo de entrega consideraron el tiempo de entrega en días del stock entre procesos, lo cual dio un total de 17 días. A partir del mapa de flujo de valor, se identificó como oportunidad de mejora a la gestión del stock en proceso, pues, la empresa no estandarizó sus lotes de productos, originando así la liberación de lotes más grandes de los requeridos por la demanda. Por ello, propusieron la implementación de kanban, para lo cual determinaron el consumo promedio mensual y el stock de seguridad a partir de la data histórica de ventas. Esta implementación permitió que el lead time disminuya a 4,5 días, representando una mejora del 73,5%; del mismo modo, permitió disminuir el tiempo de fabricación en un 25,4%. Como conclusión, expresaron que, kanban permitió a la empresa disminuir el stock en proceso y disminuir su tiempo de entrega al cliente.

III. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. Métodos

Para fines del desarrollo de este artículo, se consideró la metodología realizada por Miño, Moyano y Santillán [11] para el balance de línea. Cabe mencionar que, se consideró un lote de 50, 64 y 32 unidades para los sujetadores, cubiertas y plataformas metálicas, respectivamente. Asimismo, se estableció una distribución en forma de “U” para la agrupación de las operaciones, pues, se pretendía disponer el proceso en flujo continuo. En este sentido, se calculó el takt time por cada producto, concerniente a la relación entre el tiempo disponible y la demanda promedio al día. A partir de esto, se calculó el número de estaciones requeridas en cada proceso, empleando (1).

$$N^{\circ} \text{ de estaciones} = \frac{\text{Tiempo de ciclo total}}{\text{Takt time}} \quad (1)$$

También, se calculó el número de operarios requeridos usando (2)

$$N^{\circ} \text{ de operarios} = \frac{\text{Tiempo de ciclo total}}{\text{Tiempo de flujo equilibrado}} \quad (2)$$

Según el número de estaciones, se procedió a agrupar las operaciones y verificar que sus tiempos de ciclo no superen el takt time. Una vez balanceado el proceso para cada producto, se analizó el flujo de materiales considerando lo indicado por Charly y Perleche [15]. Entonces, se determinó el stock en proceso (WIP) con (3).

$$WIP = Q \times \left[1 - \frac{1}{CM} \times \left(C_1 - \frac{1}{n} \times \sum_1^N C_i \right) \right] \quad (3)$$

Teniendo en cuenta que:

Q es la demanda, CM es el ciclo máximo de operación, C_1 es el ciclo de la primera operación, C_i el ciclo en operación, n el lote de transferencia y N el número de transferencia.

Por otro lado, se calculó el tiempo de no valor agregado (NVA) con (4).

$$NVA = \frac{\text{Inventario o lote en proceso} \times \text{Tiempo de ciclo de la siguiente operación}}{\text{Tiempo de operación disponible}} \quad (4)$$

Después, se consideraron todos los datos obtenidos para estandarizar el proceso y se elaboró una ficha estándar como resultado de alcanzar, en lo posible, un método de trabajo satisfactorio. Por consiguiente, se estableció el flujo pull mediante kanban, para lo cual se consideró lo descrito por Socconini [6] y se halló el número de kanban requeridos con (5).

$$N^{\circ} \text{ kanban} = \frac{\text{Producción diaria} \times \text{Tiempo de flujo equilibrado}}{\text{Tiempo de operación disponible}} \quad (5)$$

Asimismo, se calculó el índice de variabilidad de la demanda usando (6)

$$\%VD = 1 + \left(\frac{\text{Desviación de la demanda diaria}}{\text{Demanda diaria promedio}} \right) \quad (6)$$

Luego, se calculó la cantidad de piezas por kanban empleando (7).

$$\text{Cantidad de piezas por kanban} = D \times L \times U \times \%VD \quad (7)$$

Siendo D, la demanda promedio al día; L, el plazo de entrega en días; U, el número de ubicaciones y %VD, el índice de variabilidad de la demanda.

Por otro lado, se calculó la capacidad del contenedor con (8).

$$\text{Capacidad del contenedor} = \frac{\text{Cantidad de piezas por kanban}}{\text{Cantidad de contenedores}} \quad (8)$$

Después, se comparó la producción requerida por la demanda con la capacidad de producción al día según el número de contenedores y la capacidad del contenedor. A partir de esto, se determinó si se lograba abastecer completamente a la demanda o si se requería de un tiempo extra para ello.

IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los resultados del balanceo de la línea de producción y la estandarización del proceso para cada producto se presentan en una ficha de trabajo estándar. Éstas se muestran de la figura 1 a la 3. En contraste con la situación inicial, en las figuras mencionadas, se evidencia que el número de

trabajadores requeridos disminuyó a 3 en el caso de los procesos del sujetador y cubierta metálica y, a 2 en el caso de la plataforma metálica. Además, disminuyó el NVA en un 88,06% en el caso del sujetador metálico; un 82,18% para la cubierta metálica y un 98,04% para la plataforma metálica debido a que se estableció que el transporte lo realiza un operario extra con el fin de que los demás trabajadores realicen sus operaciones sin detener el flujo del proceso. A partir de lo anterior y al establecer una distribución en forma de “U”, se obtuvo que el tiempo de fabricación por unidad disminuye en un 38,86%, 42,72% y 40,38% en el caso de los sujetadores, cubiertas y plataformas metálicas, dando un promedio de 40,65%. Esto guarda relación con lo obtenido por de Freitas [9], quien menciona que el tiempo de fabricación de escaleras amplias y simples disminuyó en un 60% gracias a la optimización del proceso evitando desplazamientos innecesarios mediante la implementación de una plataforma de transporte y la estructuración de la celda en forma de “U”.




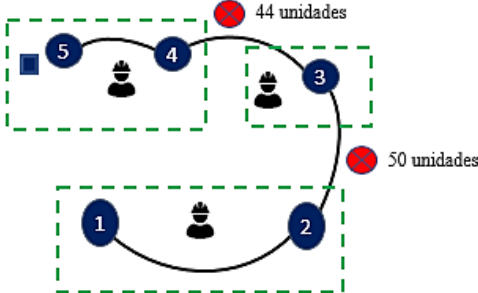
FICHA DE TRABAJO ESTANDARIZADA		N° de estaciones	Tiempo takt (min/und)	WIP total (und)	NVA (min)	CALIDAD	ESTACIÓN	WIP
Producto:	Sujetador metálico	3	10	94	2,02			
N°	Descripción de trabajo	Tiempo de ciclo (min/und)						
1	Trazado	3,66						
2	Cortado	3,27						
3	Taladrado	5,81						
4	Doblado	7,30						
5	Verificación	1,14						
Tiempo de ciclo total (min/und)		21,18						

Figura 1. Ficha de trabajo estandarizada para el sujetador metálico.

Fuente: Patazca [2]




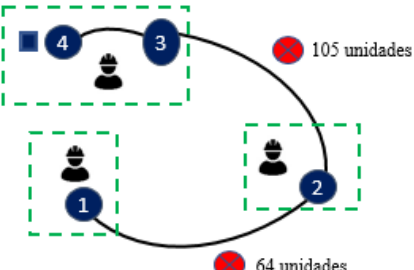
FICHA DE TRABAJO ESTANDARIZADA		N° de estaciones	Tiempo takt (min/und)	WIP total (und)	NVA (min)	CALIDAD	ESTACIÓN	WIP
Producto:	Cubierta metálica	3	7,81	169	2,84			
N°	Descripción de trabajo	Tiempo de ciclo (min/und)						
1	Trazado	4,90						
2	Cortado	4,80						
3	Doblado	6						
4	Verificación	1,6						
Tiempo de ciclo total (min/und)		17,30						

Figura 2. Ficha de trabajo estandarizada para la cubierta metálica.

Fuente: Patazca [2]




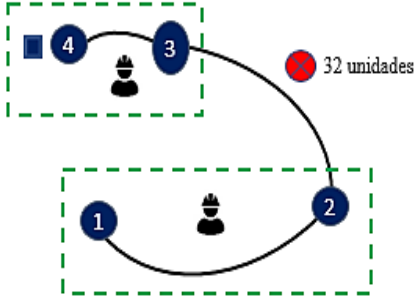
FICHA DE TRABAJO ESTANDARIZADA		N° de estaciones	Tiempo takt (min/und)	WIP total (und)	NVA (min)	CALIDAD	ESTACIÓN	WIP
Producto:	Plataforma metálica	2	15,63	32	0,28			
N°	Descripción de trabajo	Tiempo de ciclo (min/und)						
1	Trazado	1,60						
2	Cortado	2,80						
3	Doblado	13,2						
4	Verificación	1						
Tiempo de ciclo total (min/und)		18,60						

Figura 3. Ficha de trabajo estandarizada para la plataforma metálica.

Fuente: Patazca [2]

Según la tabla 1, se requieren 3 contenedores en los procesos del sujetador metálico y cubierta metálica y 2 para la plataforma metálica; cuya capacidad es de 13, 16 y 11 unidades, respectivamente. Asimismo, se muestra que la demanda diaria promedio de sujetadores metálicos es de 50 unidades y debe ser atendida en 10 minutos/unidad según el takt time; mientras que las cubiertas y plataformas metálicas presentan una demanda diaria promedio de 64 y 32 unidades, las cuales deben ser atendidas a un ritmo de 7,81 y 15,63 minutos/unidad. Sin embargo, mediante el sistema pull, se logra producir 39 sujetadores, 48 cubiertas y 22 plataformas metálicas al día usando menos recursos, pues, el tiempo de fabricación y número de trabajadores requeridos para cada proceso disminuyen.

Tabla 1. Datos obtenidos respecto al sistema kanban.

Datos	Sujetador metálico	Cubierta metálica	Plataforma metálica
Demanda diaria promedio (unidades)	50	64	32
Lead time (día/unidad)	0,34	0,28	0,30
N° de ubicaciones	2	2	2
%VD	1,10	1,28	1,15
Cantidad de piezas por kanban	38	46	22
Tiempo Takt (minuto/unidad)	10	7,81	15,63
Margen de seguridad diario (unidad/día)	4	4	3
N° de kanban requeridos	3	3	2
Cantidad de contenedores	3	3	2
Capacidad de contenedores	13	16	11

Fuente: Patazca [2]

En la figura 4, se observa el funcionamiento del sistema pull mediante las tarjetas kanban. Siendo la tarjeta verde, la representativa en el proceso del sujetador metálico; la azul en el de la cubierta metálica y la anaranjada en el proceso de la plataforma metálica. El sistema se activa cuando falta algún producto en el supermercado final, por lo que se emite una tarjeta kanban de producción al proceso precedente con el fin de reponer el producto faltante; esta primera tarjeta se identifica como “P1” y se dirige al proceso de doblado y verificación en el caso de los 3 productos. A su vez, de este proceso se emiten las tarjetas de producción “P2”, de las cuales, la tarjeta verde se dirige al proceso de taladrado; mientras que, en el caso de la cubierta y plataforma metálica, se dirigen hacia el proceso de cortado. Luego, la tarjeta “P3” de color verde va hacia el proceso de cortado para ordenar que se produzcan nuevas unidades; mientras que, la tarjeta “P3” de color azul correspondiente a la cubierta metálica parte del proceso de cortado hacia el de trazado para ordenar la producción de nuevas unidades. Cabe indicar que, se cuenta con una ubicación kanban al inicio y otra al final del proceso para depositar las tarjetas; asimismo, se cuenta con 3 contenedores para los sujetadores, 3 para las cubiertas metálicas y 2 para las plataformas metálicas.

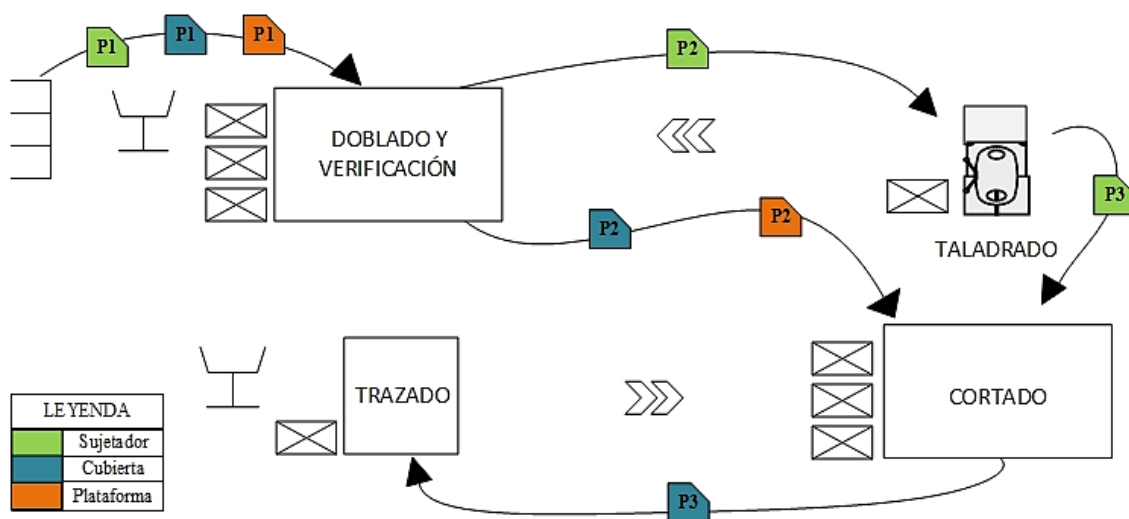


Figura 4. Sistema pull mediante el uso de tarjetas kanban.

Fuente: Patazca [2]

El control de la producción mediante kanban permitió que el WIP disminuya en un 70,90% respecto al sujetador metálico, en un 16,34% en el caso de la cubierta metálica y un 71,93% para la plataforma metálica, representando un promedio de 53,05%. Mientras que, Caballero, Valdivia, Quiroz y Alvarez [8] obtuvieron una disminución del 20% del WIP en el proceso de quemadores de cocina. En cuanto al plazo de entrega, se obtuvo una reducción promedio de 40,65%; mientras que, da Silva, Onofre, Lemos, Lapasini y Cardoza [10], lograron una disminución del 73,5% respecto a los artículos de aluminio fino.

V. CONCLUSIONES

Al disponer el proceso en flujo continuo mediante el balanceo de las líneas de producción y el establecimiento de una distribución en forma de “U” se logró disminuir el tiempo de no valor agregado, pues, los tiempos de cada operación se ajustaron al tiempo takt y se agruparon las actividades según la secuencia del proceso. Asimismo, se estandarizó un método de trabajo que sirve de base para determinar nuevas mejoras y, se estableció un flujo pull en el proceso mediante el uso de tarjetas kanban. Todo ello, se basó en la filosofía JIT y permitió incrementar el nivel de servicio de la empresa, pues, se disminuyó el plazo de entrega en un promedio de 13 minutos/unidad. Sin embargo, se debe tener en cuenta que, para lograr entregar la cantidad total de sujetadores, cubiertas y plataformas metálicas requerida por la demanda, se debe producir 3 horas 53 minutos, 4 horas 37 minutos y 3 horas 7 minutos más, respectivamente.

VI. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] Agencia Peruana de Noticias, “Andina,” 6 enero 2019. [En línea]. Disponible en: <https://bit.ly/3fWLtAY>. [Último acceso: junio 2020].
- [2] A. Patazca, “Mejora del sistema productivo de la empresa Comercial Damián E.I.R.L. para reducir retrasos en la entrega de pedidos”, tesis de pre grado, Universidad Católica Santo Toribio de Mogrovejo, 2018 [En línea]. Disponible en: <http://hdl.handle.net/20.500.12423/1632>.
- [3] I. Escaida, P. Jara y M. Letzkus, “Mejora de procesos productivos mediante lean manufacturing,” *Trilogía. Ciencia - Tecnología – Sociedad*, vol. 28, n° 39, pp. 26 - 55, 2016 [En línea]. Disponible en: <https://bit.ly/3fTeIo6>.
- [4] K. Saadettin y S. Mümüne, “A simulation analysis of a serial line pull system producing orders with various part types and volumes,” *International Journal of Modelling and Simulation*, vol. 40, n° 3, pp. 184 - 200, 2019. doi: 10.1080/02286203.2019.1588007.
- [5] L. Cuatrecasas, *Claves del Lean Management en tiempos de máxima competitividad*, Profit Editorial, 2016 [En línea]. Disponible en: <https://bit.ly/3k673pg>.
- [6] L. Socconini, *Lean Manufacturing: Paso a paso*, Grupo Editorial Norma, 2008.
- [7] L. Cuatrecasas, *Lean management: la gestión competitiva por excelencia*, Barcelona: Bresca Editorial, 2010 [En línea]. Disponible en: <https://bit.ly/3hPnFQ0>.
- [8] A. Caballero, J. Valdivia, J. Quiroz y J. Alvarez, “Development and Application of Kanban and Milk-Run in Production,” in 2020. *International Conference on Industrial Engineering and Engineering Management (IEEM)*, pp. 1250 – 1254. doi: 10.1109/IEEM44572.2019.8978753.
- [9] J. de Freitas, “Deployment of manufacturing technique in a steel and metal industry,” *Journal of Lean systems*, vol. 4, n° 2, pp. 13-33, 2019 [Online]. Available: <https://bit.ly/2D0NNYV>.
- [10] J. da Silva, T. Onofre, S. Lemos, G. Lapasini y E. Cardoza, “Análise dos desperdícios no processo produtivo de uma metalúrgica através do mapeamento de fluxo de valor,” *Qualitas Revista Eletrônica*, vol. 18, n° 2, pp. 48 - 67, 2017. doi: 10.18391/req.v18i2.3347.
- [11] G. Miño, J. Moyano y C. Santillán, “Tiempos estándar para balanceo de línea en área soldadura del automóvil modelo cuatro,” *Ingeniería Industrial*, vol. 40, n° 2, pp. 110-122, agosto 2019 [En línea]. Disponible en: <https://bit.ly/2EaAzJW>.