

<https://doi.org/10.23913/ride.v13i26.1525>

Artículos científicos

Capacitación Profesional Para la Implementación de un Sistema Kanban-Tooling Para una Industria Automotriz

***Professional Training for the Implementation of a Kanban-Tooling System for
an Automotive Industry***

***Capacitação Profissional para Implantação de Sistema Kanban-Tooling para
Indústria Automotiva***

Francisco Zorrilla Briones

Tecnológico Nacional de México, Instituto Tecnológico de Ciudad Juárez, México

fzorrilla@itcj.edu.mx

<https://orcid.org/0000-0003-0553-9841>

Inocente Yuliana Meléndez Pastrana

Universidad Tecnológica de Ciudad Juárez, México

ymelendez@itcj.edu.mx

<https://orcid.org/0000-0002-5260-7977>

Manuel Alonso Rodríguez Morachis

Tecnológico Nacional de México, Instituto Tecnológico de Ciudad Juárez, México

mmorachis@itcj.edu.mx

<https://orcid.org/0000-0003-1581-7737>

Resumen

El proyecto que se presenta se basa en el diseño y la capacitación para la implementación de un sistema de organización y mejora denominado Kanban. En una empresa de productos automotrices se implementó el Sistema de Tarjetas Kanban con el objetivo de agilizar el proceso y facilitar tanto el manejo del herramental como el control de las células de producción. Dado que el uso del Kanban es ampliamente conocido para la gestión de materiales de producción, este artículo muestra el Sistema de Tarjetas Kanban-Tooling que se utilizó para administrar el uso del herramental en el montaje necesario para 55 modelos distintos de productos trabajados

en diversas células de producción. Se tomaron tiempos de montaje antes y después de la implementación del Sistema Kanban-Tooling. Para el estudio, se seleccionó una de las células de ensamble con tiempos prolongados, de modo que los resultados de los cambios implementados fueran extrapolables a celdas con tiempos más cortos. El análisis estadístico de estos tiempos indica que se logró una reducción significativa en el tiempo de preparación de la célula de producción.

Palabras clave: Capacitación, Kanban, herramental, celdas manufactura, industria automotriz

Abstract

The project reported here is based on the design and training for the implementation of an organizational and improvement model called Kanban. In an automotive products company, the Kanban Card System was implemented, in order to speed up the process to facilitate: both tooling management and control of production cells. Since the use of Kanban is widely known for production material management, this article shows the Kanban-Tooling Card System that was used to manage the use of the tooling in assembly (set-up) required for 55 different product models, worked on various production cells. One of the longest assemble times cell was selected in order to replicate the results, after implementation of changes, to other cells with shorter assemble times. Set-up times were taken into account and after the Kanban-Tooling System was implemented. Statistical analysis of such times indicates that a significant reduction was achieved.

Keywords: Training, Kanban, tooling, manufacturing cells, automotive industry.

Resumo

O projeto que se apresenta assenta na concepção e formação para a implementação de um sistema de organização e melhoria denominado Kanban. Em uma empresa de produtos automotivos, foi implantado o Sistema Kanban Card com o objetivo de agilizar o processo e facilitar tanto o manuseio do ferramental quanto o controle das células de produção. Como o uso do Kanban é amplamente conhecido para o gerenciamento de materiais de produção, este artigo mostra o Kanban-Tooling Card System que foi usado para gerenciar o uso de ferramental na montagem necessária para 55 modelos diferentes de produtos trabalhados em várias células de produção. Os tempos de montagem foram medidos antes e depois da implementação do Kanban-Tooling System. Para o estudo, foi selecionada uma das células de montagem com tempos longos, para que os resultados das alterações implementadas pudessem ser extrapolados para células com tempos

mais curtos. A análise estatística desses tempos indica que foi alcançada uma redução significativa no tempo de configuração da célula de produção.

Palavras-chave: Treinamento, Kanban, ferramental, células de manufatura, indústria automotiva.

Fecha Recepción: Marzo 2022

Fecha Aceptación: Diciembre 2022

Introducción

El Kanban es un modelo de organización y mejora; es una estrategia de manufactura que permite tener un mejor control de inventarios y, así, utilizar al máximo los recursos presentes en el proceso productivo.

Esta estrategia fue desarrollada por Toyota en los años 1950, como parte de un sistema de producción que le ayudaría a salir de la crisis económica causada por la Segunda Guerra Mundial. Kanban y otras nuevas estrategias conformaron el llamado Sistema de Producción Toyota (SPT); de esta forma, cambiaron la forma tradicional de producción por una que ayudase a tener más eficiencia y eficacia en su proceso productivo para competir en el cambiante mercado global. El presente artículo describe la forma en que se llevó a cabo la aplicación de un sistema de rutas de entrega de herramientas, mediante la adaptación de un sistema Kanban-Tooling.

Antecedentes

Durante mucho tiempo, la metodología del Kanban se quedó estancada en los procesos productivos, es decir, su aplicación solo se enfocó a mejorar el flujo de los materiales en el proceso de producción. Ejemplo de esto son investigaciones relativamente recientes donde se desarrollan proyectos de aplicación de esta metodología como algo innovador, (Rahman, Sharif y Esa, 2013); Adnan *et al.*, (2013); Wakode, Raut y Talmale (2015), Arango, Campuzano y Zapata (2015). Sin embargo, en la última década, se ha ido trasladando esta metodología a otras áreas de la ingeniería, la manufactura y la administración, obteniéndose excelentes resultados.

Turner *et al.*, (2012) describen cómo la aplicación del concepto Kanban a los sistemas de Ingeniería en las áreas aeroespaciales ha tenido un impacto favorable en la velocidad de respuesta en proyectos complejos. Adaptaron los conceptos de "jalón" en la programación maestra de actividades y desarrollaron un software propio basado en esta metodología, evidenciando resultados significativos. Resultados similares encontraron Hofmann *et al.*, (2018) en el área de la administración de proyectos, con el reto de la introducción de nuevas tecnologías. La aplicación

de los conceptos y herramientas de la metodología Kanban ayudaron a mantener nivelada la carga de trabajo de los elementos involucrados en el desarrollo de estos proyectos complejos.

Incluso, esta metodología se ha aplicado a sistemas de administración de grandes bases de datos en la nube. Programas desarrollados con estos principios han demostrado una mejora significativa en la velocidad de respuesta a las decisiones en este tipo de ambientes complejos, Krishnaiyer, Chen y Bouzary (2018).

Powell (2018) desarrolló un sistema de Kanban para un ambiente de producción de alta mezcla y poco volumen. Tradicionalmente, se esperan resultados relevantes en ambientes donde se tiene una mezcla muy pequeña (distintos números de parte) y un alto volumen de producción. Este trabajo llamó la atención, principalmente, por las características similares al contexto de esta investigación, donde el movimiento de herramientas tiene las mismas condiciones: muchos utensilios y bajos volúmenes de producción. Arteaga y Calvo (2019) desarrollaron la misma aplicación para un producto diferente, pero con las mismas características de mezcla/volumen, encontrando los mismos beneficios, primordialmente, en la reducción de los tiempos de ciclo.

Capacitación, Entrenamiento, Adiestramiento

Siliceo (2004) define tres tipos de capacitación. Uno se orienta para el hacer; es medible y se pueden observar los resultados directamente. De hecho, es el tipo más desarrollado por la industria. Otra capacitación es aquella para llegar a ser, es decir, en ella se busca desarrollar al individuo en cuanto a valores, responsabilidad, aprecio por el trabajo, etcétera. Por último, define la capacitación para hacer y llegar a ser simultáneamente, un desarrollo integral del individuo en cuanto a sus capacidades y actitudes.

Algunos otros autores utilizan el término Entrenamiento, como Martínez *et al* (2017). Este lo plantean desde la perspectiva de un ejercicio práctico de alguna actividad, de manera que el sujeto desarrolle las habilidades psicomotrices para hacer algo en particular.

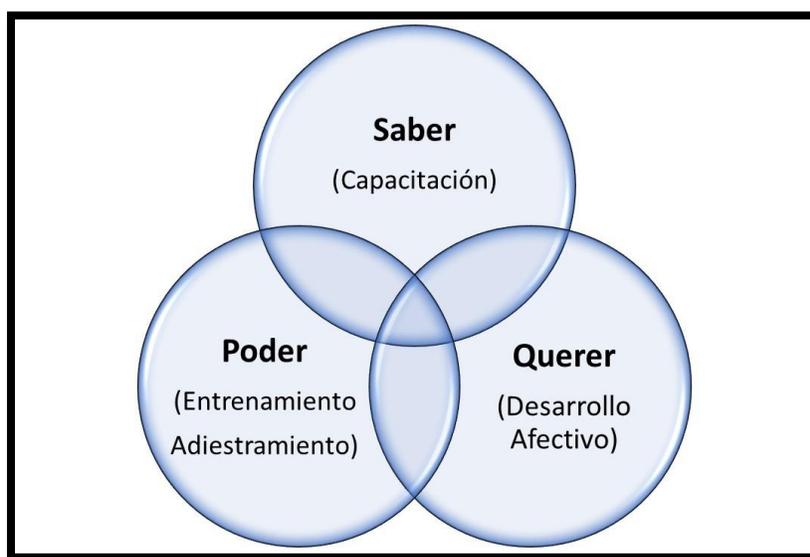
Por otra parte, Sánchez (2007) cita la definición de Adiestramiento en la Ley Federal del Trabajo, artículo 153, incisos de la A a la X, como la enseñanza de habilidades y destrezas para el mejor desarrollo del propio trabajo.

Aunque es vasta la literatura en cuanto a estas definiciones, es posible resumir estos tres conceptos en la figura 1. La capacitación está orientada a desarrollar la parte cognoscitiva del individuo, el saber. El entrenamiento o adiestramiento son programas orientados a desarrollar sus habilidades para desarrollar alguna o algunas actividades, hacer, de manera general (conducir un

vehículo, por ejemplo) o de manera particular (conducir un montacargas). Un elemento que es menos mencionado, pero igualmente importante, es lo referente a la parte afectiva del individuo, esto es, ¿De qué sirve que este sepa hacer algo, pueda hacer algo si no quiere hacerlo?

Esta última concepción es de suma importancia, ya que, como lo mencionan Martínez, Palos y Várgas-Fernández (2017), un programa integral de desarrollo organizacional debe, invariablemente, incluir el desarrollo personal del trabajador, esto es, ¿Qué es lo que él quiere aprender? Tenga que ver o no con sus actividades asignadas, con el entorno de su producto o servicio, debe incluirse como parte del desarrollo de la organización. En muchas organizaciones se tienen programas bien desarrollados e implementados en este sentido: Pintura, Repujado de aluminio, cocina económica, bandas de música, deportes; programas que van desde educación básica hasta preparatoria, incluso. La naturaleza tripartita del desarrollo personal se muestra en la figura 1.

Figura 1. El Desarrollo Integral del Individuo



Fuente: Elaboración Propia

Planteamiento del problema

La técnica Kanban es una herramienta que, dentro de la manufactura, ayuda a controlar los inventarios de material, proporcionando las partes cuando se necesitan. Según la Gerencia de Producción de la planta en estudio, su problema radicaba en los niveles de desperdicio de material

y la pérdida de tiempo en el montaje (set-up) requerido por cada uno de los 56 modelos producidos en ocho celdas de manufactura (ver Figura 2).

Figura 2. Vista General de Celdas de Manufactura



Fuente: Medrano (2019)

En cada una de las celdas o células de manufactura se llevan a cabo, en cada modelo, las operaciones que en la Tabla 1 se describen.

Tabla 1. Descripción de las Operaciones Efectuadas en las Celdas de Manufactura

DESCRIPCIÓN				
Insertar abrazadera lisa a la máquina Looper para realizar dobleces	Colocar la abrazadera en máquina soldadora para soldar componente lado izquierdo	Colocar la abrazadera en máquina soldadora para soldar componente del lado derecho	Insertar la abrazadera a la máquina roladora para realizar la circunferencia	Colocación de accesorios (perno y muñón)
Ct LOOPER	T Welder 1	Ct Welder 2	Ct Roladora	Ct Ensamble

Fuente: Elaboración Propia

Considerando la situación actual, donde no existía un proceso establecido para la administración de los herramientas, se presentaba una falta de inventario actualizado de los herramientas existentes. De hecho, se desconocía la existencia misma de algunos herramientas.

Parte del herramental se encontraba en el área de producción, otra parte en el almacén de herramientas, y en ocasiones se devolvía al almacén de refacciones sin rectificar, reparar y/o ajustar. En otros casos, el juego de herramientas se devolvía incompleto o simplemente no se regresaba. La Gerencia consideró que implementando un sistema Kanban podrían eliminarse o minimizarse los problemas de abastecimiento de material y montaje de equipo. En este artículo se expone únicamente la implementación del Kanban-Tooling para controlar el herramental necesario en el set-up, ya que, aunque se cuenta con un Kanban para la sincronización del movimiento del material productivo, no se tenía un sistema similar para controlar y sincronizar el movimiento del herramental en el set-up o cambio de modelo.

Metodología

Para el diseño del "Kanban-Tooling" o Kanban para los herramentales, se procedió a diseñar las tarjetas necesarias para la implementación de un sistema de control de herramientas y partes requeridas en el montaje (set-up). El objetivo era cumplir en tiempo y forma con los requisitos de herramientas en las células de producción.

Figura 3. Tarjetas Kanban-Tooling

KANBAN TOOLING			
No. de Parte			
10573			
Célula:		Comentarios:	
1			
2,5,6			
Salidas			
1 Salida	2 Salida	Herramienta	No. Herramienta
3	6	Anillo	TR980A
0	0	Plato	N/A
2	2	Molde	TE414- 750
2	2	Pernos	TE225-1-9L (406) TE225-1-9R (406)
2	2	Levas	TE225-2-48R(.040x.750x.406I) TE225-2-48L(.040x.750x.406R)
1	1	Galga	5.080"
0	0	Dado	N/A
1	1	Rodillo	2.500"
Responsable			
Nombre: _____			
No. Reloj: _____		Turno: _____ Fecha: _____	
 10573			
Folio # 214 PR -FR- 270 Rev. 0 Mayo 10, 2016			

KANBAN TOOLING	
Herramienta Dañada	
<input type="checkbox"/>	Anillo
<input type="checkbox"/>	Plato
<input type="checkbox"/>	Molde
<input type="checkbox"/>	Pernos
<input type="checkbox"/>	Levas
<input type="checkbox"/>	Galga
<input type="checkbox"/>	Fixtura
<input type="checkbox"/>	Rodillo
Condicion	
Comentarios	
SI ME ENCUENTRAS TIRADA FAVOR DE	
REGRESARME A TOOL CRIB	

Fuente: Medrano (2019)

En la Figura 3 se muestran las tarjetas Kanban-Tooling diseñadas para el control del herramental y las partes necesarias requeridas para el montaje de cada modelo en las ocho células

de manufactura. La tarjeta verde se utiliza para identificar herramientas y partes de montaje, mientras que la tarjeta roja se utiliza para identificar daños o faltantes en las herramientas o partes de montaje.

Cabe mencionar que un elemento fundamental en la implementación de este sistema fue la capacitación y adiestramiento del personal. Una deficiencia en estos aspectos pone en peligro el éxito no solo de proyectos como este, sino de cualquier proyecto en general. Como señala Guiñazú (2004), la capacitación ha dejado de ser una actividad secundaria y ahora la organización debe concentrarse en optimizar al máximo el capital humano como recurso.

Una de las principales estrategias utilizadas en este proceso de capacitación y entrenamiento del personal involucrado en el sistema Kanban-Tooling fue la utilización de tecnologías de la información y las telecomunicaciones (TIC). Según Abarca (2016), estas tecnologías son un recurso adecuado para nuestro entorno actual.

Para la implementación del sistema Kanban-Tooling, se formó un equipo de trabajo con personal de diversos departamentos que estarían involucrados en el proceso, como producción, planeación, almacén, cuarto de máquinas herramientas y almacén de herramientas. En las Figuras 4 y 5 se muestra parte de este equipo de trabajo.

Figura 4. Personal Involucrado en la Implementación del Kanban-Tooling



Fuente: Medrano (2019)

Figura 5. Equipo de Trabajo Kanban Tooling

Fuente: Medrano (2019)

Como parte del desarrollo del proyecto, se diseñó un programa de capacitación integral. Se dictaron 12 horas de capacitación sobre los temas de las 5 S's y el diseño y cálculo de un sistema de Kanban. Además, se llevó a cabo un taller en el que el equipo involucrado diseñó la ruta y realizó el cálculo del Kanban Tooling. Una vez probado en corridas piloto, se implementó en esta área. La capacitación se considera integral debido a que en esta organización se tienen programas bien definidos e implementados para el desarrollo personal de los trabajadores. Todos los miembros del equipo participan en alguno de estos programas.

Medición de Tiempos de Montaje

Para cuantificar el problema de los tiempos de montaje requeridos para cada modelo, se realizó un estudio de tiempos. Se tomaron tiempos de manera aleatoria en cada una de las estaciones de trabajo, considerando todos los diferentes números de parte que se manejan en esta área. Los resultados se muestran en la Tabla 2.

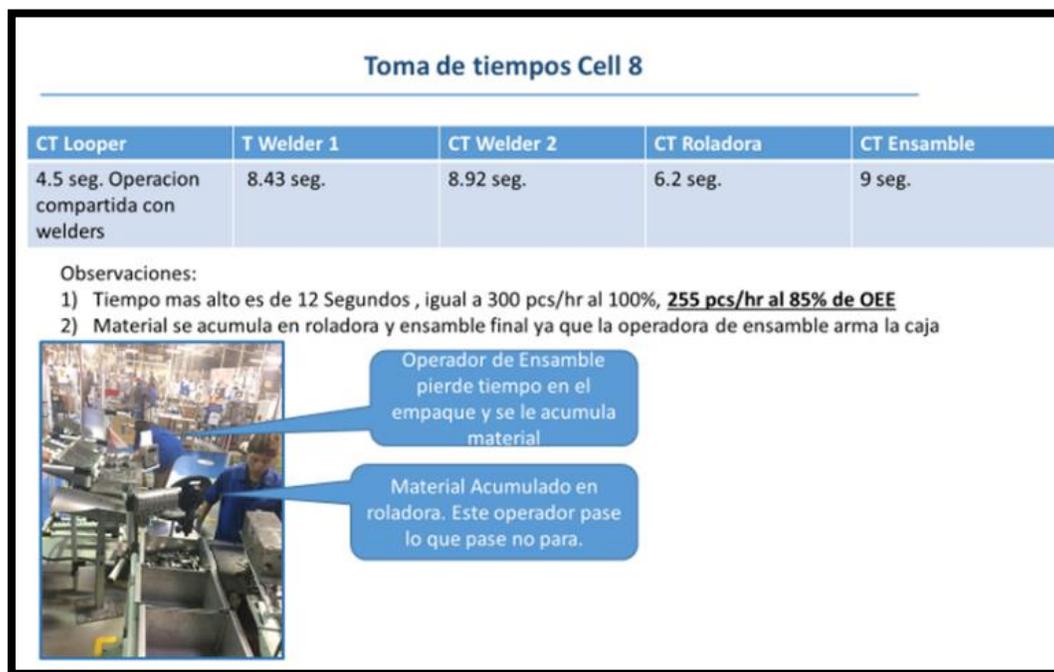
Tabla 2. Tiempos Antes de Implementar el Kanban-Tooling (Extracto).

Modelo	Celda	DESCRIPCIÓN				
		INSERTAR ABRAZADERA LISA ALA MÁQUINA LOOPER PARA REALIZAR DOBLÉS	COLOCAR LA ABRAZADERA EN MÁQUINA SOLDADORA PARA SOLDAR COMPONENTE LADO IZQUIERDO	COLOCAR LA ABRAZADERA EN MÁQUINA SOLDADORA PARA SOLDAR COMPONENTE DEL LADO DERECHO	INSERTAR LA ABRAZADERA ALA MÁQUINA ROLADORA PARA REALIZAR LA CIRCUNFERENCIA	COLOCACIÓN DE ACCESORIOS (PERNO Y MUÑÓN)
		Ct LOOPER	T welder 1	Ct Welder 2	Ct Roladora	Ct Ensamble
002604-066	8	11.4	16.0	17.9	11.7	18.5
002603-065	8	7.1	18.6	19.2	16.7	23.4
002635-961	5	9.1	23.2	25.5	16.8	19.8
00365-785	5	10.1	19.5	21.8	19.5	19.9
521648-759	5	5.8	25.1	26.4	13.1	16.2
843655-96	1	5.3	10.3	11.8	8.5	14.4
00565-123	2	8.3	15.7	15.6	16.9	18.9
761355-532	1	6.8	20.6	22.3	15.8	29.7
1385485-562	5	10.2	23.5	18.8	19.6	25.9
134658-985	1	12.8	19.5	23.9	18.45	19.9
1236556-85	3	16.9	17.6	19.2	23.5	23.6
7625286-36	6	19.7	15.8	15.3	16.2	25.7
1356452-65	4	23.2	25.4	27.5	18.8	30.8
7913655-153	2	11.2	13.4	16.7	19.5	25.6
6452038-86	2	17.9	15.4	16.8	16.6	20.9
0000012-632	5	14.2	19.0	20.9	15.5	25.8
003564-789	3	8.5	15.2	17.9	17.5	39.0
002546-86	3	14.6	11.7	13.0	19.6	20.7
4364458-1	1	11.3	15.7	23.7	8.1	9.5
0032649-832	8	8.2	8.6	7.5	4.9	10.5
0007652-123	4	9.5	7.3	8.2	8.3	9.8
731658-516	3	8.6	9.7	6.7	9.8	8.7
19764536-456	2	8.9	9.5	9.7	8.1	10.5

Fuente: Medrano (2019)

Como en todo proyecto de este tipo, es por demás importante considerar que deben realizarse actividades fundamentales complementarias: El orden, la limpieza y la organización juegan un papel determinante la implementación, control y mantenimiento de este tipo de sistemas. Una revisión y consideración de un programa de 5 S's, es muy recomendable. En la Figura 6 se muestra un ejemplo de toma de tiempos y observaciones en la Celda 8.

Figura 6. Toma de Tiempos en Celda 8



Fuente: Medrano (2019)

Análisis de los datos actuales

Como primer paso, se efectuaron los estudios de normalidad de los datos recabados antes de la implementación:

Las Hipótesis por probar son:

$$H_0: \text{Los datos son Normales}$$

$$H_1: \text{Los datos No son Normales}$$

Si la probabilidad de cometer el error alfa es menor al valor preestablecido, generalmente 0.05 la hipótesis nula debe rechazarse.

Se aplicó prueba de normalidad a los datos previos a la implementación, los resultados se muestran en la Tabla 3.

Tabla 3. Resultados Pruebas de Normalidad. Antes de la Implementación.

Valor p Prueba de Normalidad. Datos Antes de Implementación				
Looper	Welder 1	Welder 2	Roladora	Ensamble
0.025	0.010	<0.005	<0.05	<0.005

Fuente: Elaboración Propia

Como puede verse, los datos no presentan suficiente normalidad, por lo cual, se trataron con una prueba no paramétrica.

Una vez tomados en cuenta los puntos que pueden afectar al Sistema, se llevó acabo el arranque del Proyecto. Se estuvo haciendo un monitoreo constante para asegurar que el Kanban-Tooling fuera aplicado correctamente. Una vez implementado, validado y monitoreado el sistema, se procedió a la toma de tiempos, después de la implementación. En la tabla 4 se muestran estos datos.

Tabla 4. Tiempos Después de Implementar el Kanban-Tooling (Extracto).

		Descripción				
Consecutivo Modelo	Celda	Ct LOOPER	T Welder 1	Ct Welder 2	Ct Roladora	Ct Ensamble
002604-066	8	4.5	8.2	7.2	6.2	9.0
002603-065	8	6.8	7.2	6.5	5.2	10.5
002635-961	5	4.5	6.1	7.5	4.5	5.6
00365-785	5	3.2	5.5	7.1	7.2	8.8
521648-759	5	4.9	6.5	7.7	8.1	8.2
843655-96	1	4.6	9.6	7.7	4.0	7.9
00565-123	2	5.7	5.6	6.7	4.7	7.3
761355-532	1	6.9	7.5	7.5	5.8	9.9
1385485-562	5	8.9	9.4	15.9	8.5	8.4
134658-985	1	9.0	4.8	8.4	7.6	9.8
1236556-85	3	6.5	6.5	9.5	8.4	8.7

Fuente: Medrano (2019)

Análisis de los datos

Nuevamente, se hacen los estudios de normalidad de los datos recabados después de la implementación:

Las Hipótesis a probar son:

$$H_0: \text{Los datos son Normales}$$

$$H_1: \text{Los datos No son Normales}$$

Si la probabilidad de cometer el error alfa es menor al valor preestablecido, generalmente 0.05 la hipótesis nula debe rechazarse. En la tabla 5 se muestra el resumen de resultados de estas pruebas.

Tabla 5. Resultados Prueba de Normalidad, Después de Implementación

Valor p Prueba de Normalidad. Datos Después de Implementación				
Looper	Welder 1	Welder 2	Roladora	Ensamble
0.010	<0.005	<0.005	<0.005	<0.005

Fuente: Elaboración Propia

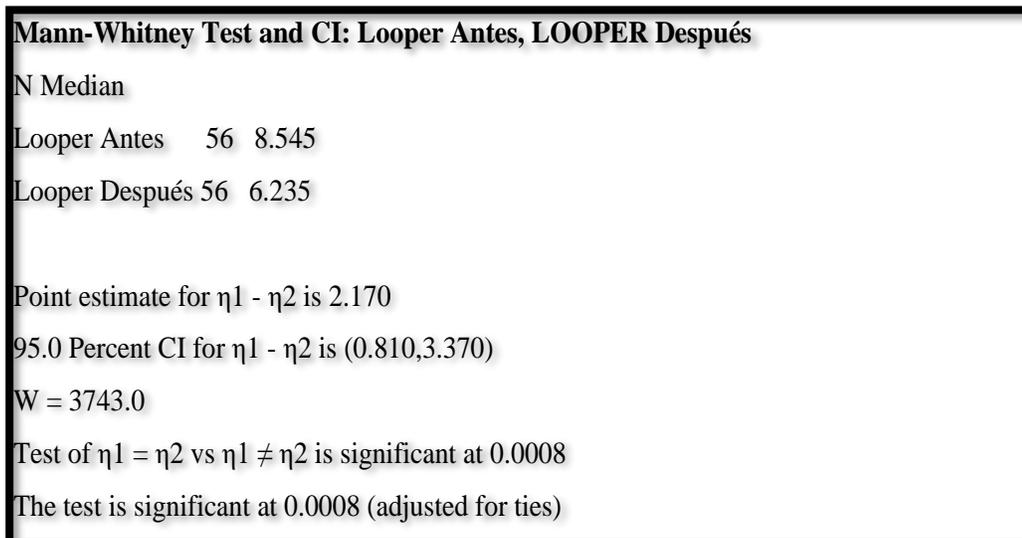
A continuación, y dado que los datos no presentan suficiente normalidad, se hace una comparación No paramétrica, en este caso, se utilizó la prueba de Mann-Whitney, donde las hipótesis a probar son:

$$H_0: \mu_{\text{Antes}} = \mu_{\text{Después}}$$

$$H_1: \mu_{\text{Antes}} \neq \mu_{\text{Después}}$$

Si la probabilidad de cometer el error alfa es menor al valor teórico admisible (generalmente 0.05), entonces la hipótesis nula debe rechazarse.

Figura 7. Resultados en Minitab® Diferencia de Medianas Para el Looper

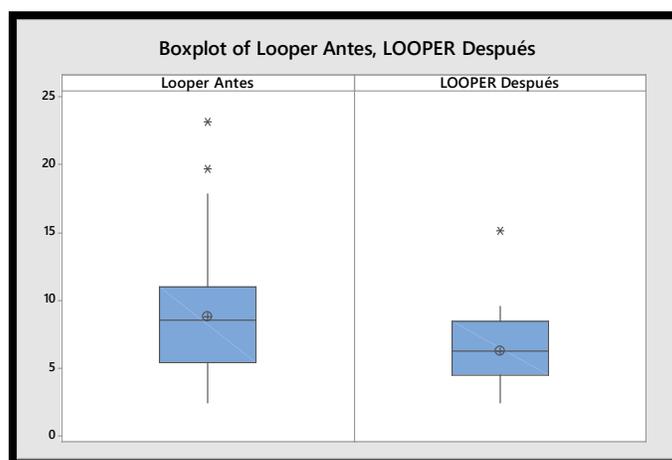


Fuente: Elaboración Propia

El valor $p=0.0008$, mostrado en la Figura 7, nos indica que la hipótesis nula debe rechazarse, sí existe una diferencia significativa entre el tiempo del Looper antes y su tiempo después de los cambios introducidos. Al ser el intervalo de confianza para la diferencia de medianas, siempre positivo, se concluye que el tiempo del Looper del Antes, siempre es mayor que el tiempo del Looper Después.

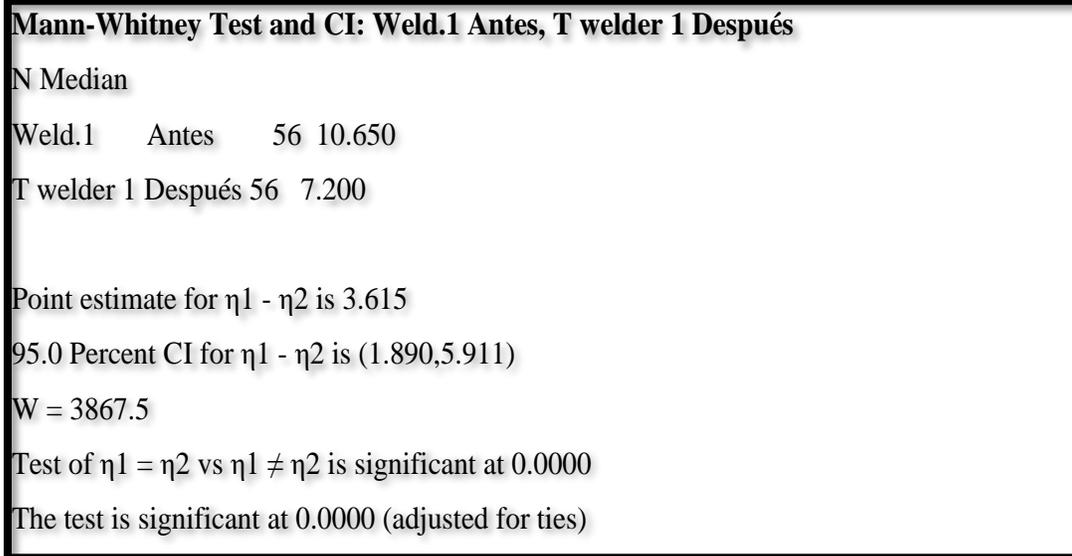
La reducción en el tiempo promedio, así como en la dispersión de los datos, puede apreciarse mejor en la gráfica de caja correspondiente, Figura 8:

Figura 8. Gráfica de Caja Antes y Después Para el Looper



Fuente: Elaboración Propia

Figura 9. Resultados en Minitab® Diferencia de Medianas Para el Welder 1

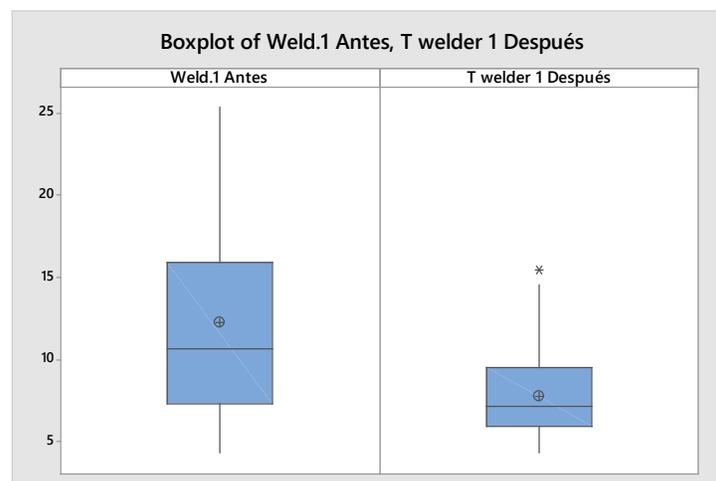


Fuente: Elaboración Propia

El valor $p=0.0000$ mostrado en la Figura 9, nos indica que la hipótesis nula debe rechazarse, si existe una diferencia significativa entre el tiempo del welder 1 antes y su tiempo después de los cambios introducidos. Al ser el intervalo de confianza para la diferencia de medianas, siempre positivo, se concluye que el tiempo del welder 1 del Antes, siempre es mayor que el tiempo del welder 1 Después.

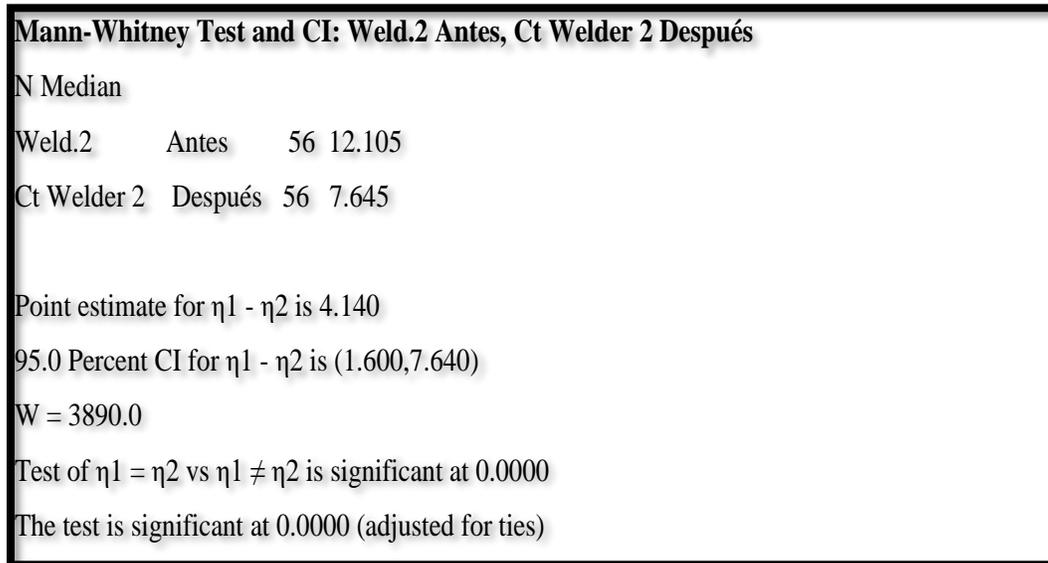
La reducción en el tiempo promedio, así como en la dispersión de los datos, puede apreciarse mejor en la gráfica de caja correspondiente, Figura 10:

Figura 10. Gráfica de Caja Antes y Después para Welder 1



Fuente: Elaboración Propia

Figura 11. Resultados en Minitab® Diferencia de Medianas Para el Welder 2

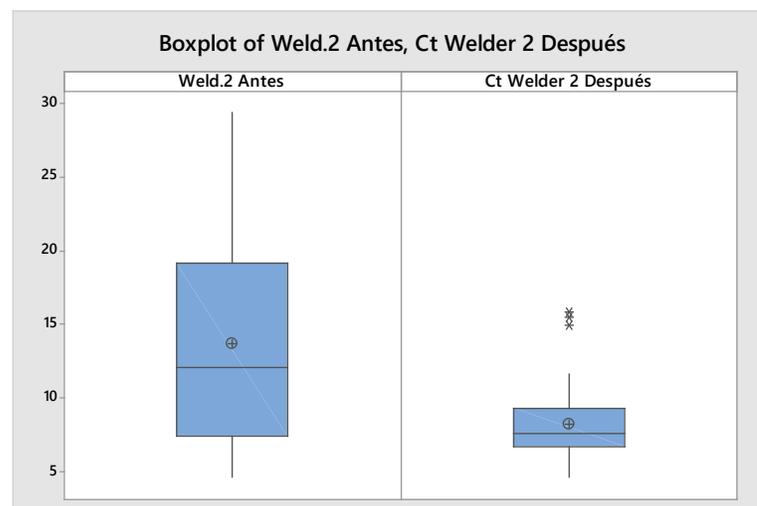


Fuente: Elaboración Propia

Como puede verse en la Figura 11, el valor $p=0.0000$ nos indica que la hipótesis nula debe rechazarse, si existe una diferencia significativa entre el tiempo del welder 2 antes y su tiempo después de los cambios introducidos. Al ser el intervalo de confianza para la diferencia de medianas, siempre positivo, se concluye que el tiempo del welder 2 del Antes, siempre es mayor que el tiempo del welder 2 Después.

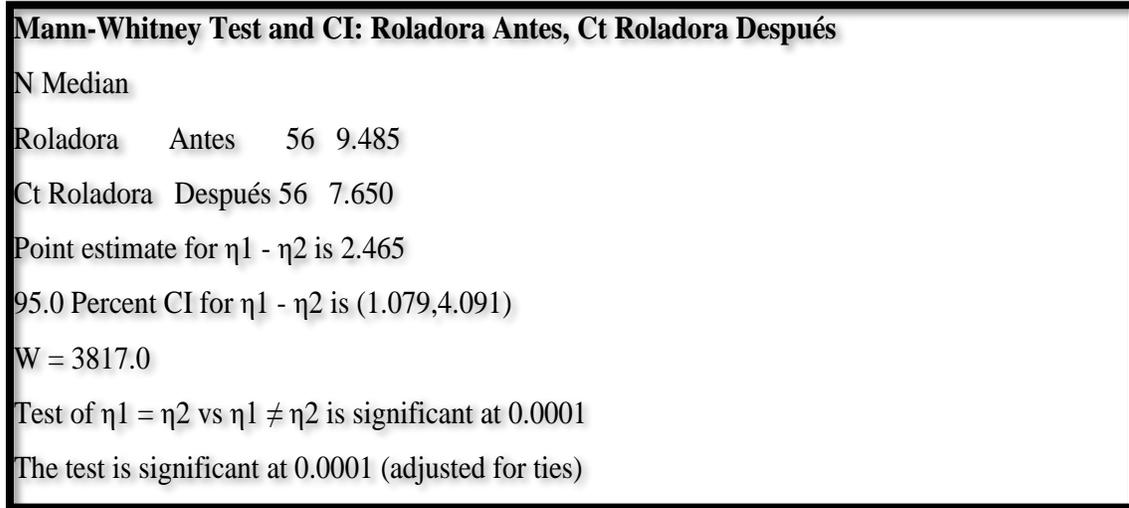
La reducción en el tiempo promedio, así como en la dispersión de los datos, puede apreciarse mejor en la gráfica de caja correspondiente, Figura 12:

Figura 12. Gráfica de Caja Antes y Después para Welder 2



Fuente: Elaboración Propia

Figura 13. Resultados en Minitab® Diferencia de Medianas Para Roladora

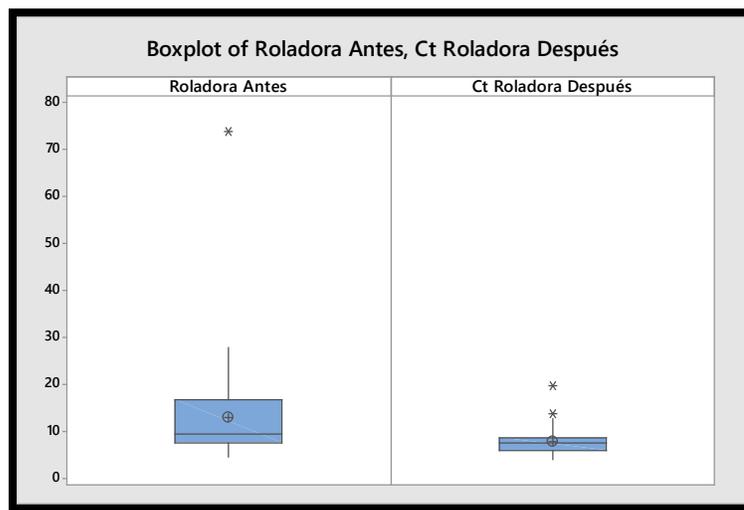


Fuente: Elaboración Propia

Nuevamente puede verse en la Figura 13 que el valor $p=0.0001$ nos indica que la hipótesis nula debe rechazarse, si existe una diferencia significativa entre el tiempo de la Roladora antes y su tiempo después de los cambios introducidos. Al ser el intervalo de confianza para la diferencia de medianas, siempre positivo, se concluye que el tiempo de la Roladora del Antes, siempre es mayor que el tiempo de la Roladora Después.

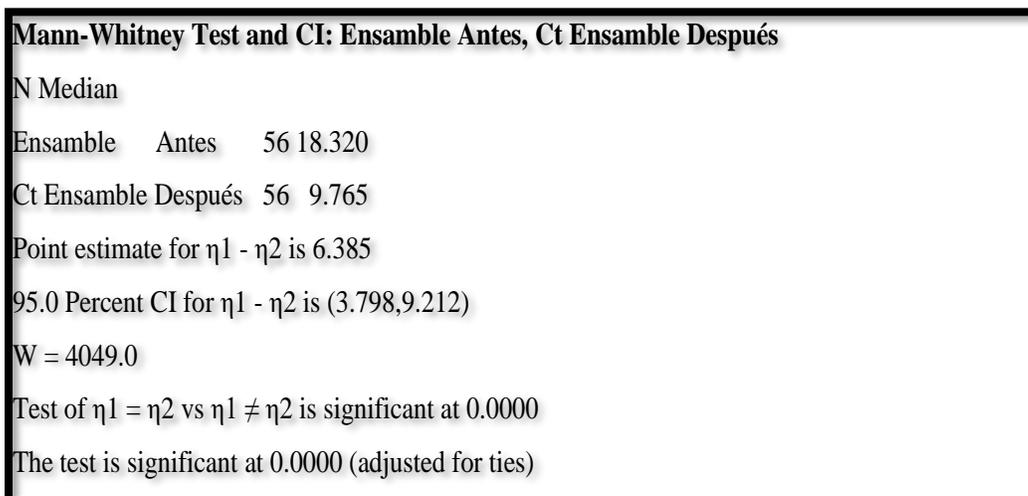
La reducción en el tiempo promedio, así como en la dispersión de los datos, puede apreciarse mejor en la gráfica de caja correspondiente, Figura 14:

Figura 14. Gráfica de Caja Antes y Después para la Roladora



Fuente: Elaboración Propia

Figura 15. Resultados en Minitab® Diferencia de Medianas Para Ensamble

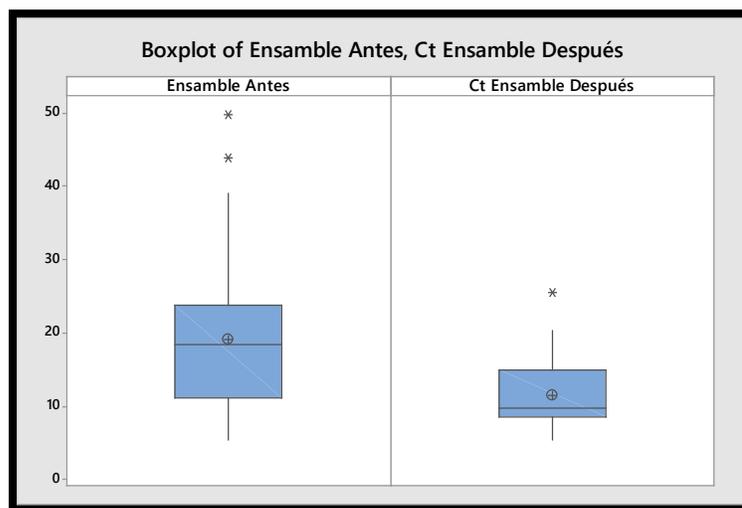


Fuente: Elaboración Propia

El valor $p=0.0000$, que se muestra en la Figura 15, nos indica que la hipótesis nula debe rechazarse, si existe una diferencia significativa entre el tiempo del Ensamble antes y su tiempo después de los cambios introducidos. Al ser el intervalo de confianza para la diferencia de medianas, siempre positivo, se concluye que el tiempo del Ensamble del Antes, siempre es mayor que el tiempo del Ensamble de Después.

La reducción en el tiempo promedio, así como en la dispersión de los datos, puede apreciarse mejor en la gráfica de caja correspondiente, Figura 16:

Figura 16. Gráfica de Caja Antes y Después Para el Ensamble



Fuente: Elaboración Propia

Discusión

Investigaciones documentadas demuestran que el grado de satisfacción del empleado se incrementa sustancialmente cuando se trabaja con cadenas de manejo de materiales, a través del entrenamiento y capacitación. La aplicación de este concepto, más allá de la clásica en sistemas de manufactura, demuestra su efectividad universal, ya que se pueden encontrar casos como los que documentan Aguilar-Escobar, Bourque y Godino-Gallego (2015), en el área de la enfermería en un hospital público.

Por otra parte, Muhammad, Markkula y Oivo (2016), aplicaron una encuesta a 27 organizaciones, obteniendo 126 respuestas de personal involucrado en el uso del Kanban. En el compendio de esta información encontraron, como uno de los factores en común, que el entrenamiento es un factor clave de éxito en la implementación de esta metodología.

Finalmente, el uso de esta metodología está muy diseminado en la industria de la transformación. La literatura revisada nos demuestra que son pocos los casos en los que se aplica esta metodología fuera de los sistemas de producción, por lo que esta investigación aporta una evidencia más de que es posible aplicar estos principios fuera de estos sistemas, en sistemas alternos o de soporte, ya que, con el debido entrenamiento y capacitación, se pueden lograr resultados igualmente favorables.

Conclusiones

Las preguntas de investigación que dieron origen a este proyecto son: ¿Cómo es posible aplicar los principios del Kanban al manejo y control de herramientas para el cambio de modelo en una celda de manufactura? ¿Logrará ser aplicada con éxito en esta empresa manufacturera?

Pregunta para las cuales se estableció la siguiente hipótesis:

Empleando la metodología Kanban-Tooling se reducirán significativamente los tiempos de montaje en las celdas de manufactura

Para probar tal hipótesis, se utilizó la prueba de Mann-Whitney, donde las hipótesis a probar son:

$$H_0: t_{Antes} = t_{Después}$$

$$H_1: t_{Antes} \neq t_{Después}$$

Si la probabilidad de cometer el error alfa es menor al valor teórico admisible (generalmente 0.05), entonces la hipótesis nula debe rechazarse.

Comparando los datos antes y después para cada una de las cinco operaciones efectuadas en las celdas, se encontró que el valor p nos indica que la hipótesis nula debe rechazarse (para todos los casos), lo cual indica que si existe una diferencia significativa entre el tiempo antes y el tiempo después de los cambios introducidos. Al ser el intervalo de confianza para la diferencia de medianas, siempre positivo, se concluye que el tiempo del Antes, siempre es mayor que el tiempo del Después.

El análisis estadístico valida positivamente que se ha cumplido con el objetivo de la investigación: Reducir los tiempos de ensamble en la célula de manufactura, a través de la implementación del método de Kanban Tooling. Esto se logró con la adaptación del sistema Kanban tradicional al punto del ajuste de arranque de la celda y administrando efectivamente la capacitación, entrenamiento y adiestramiento de todo el personal involucrado.

Tradicionalmente, las herramientas de administración de materiales en proceso, tal como el Kanban, se hace en el proceso productivo; este trabajo demuestra que es posible utilizar este tipo de sistemas en otros puntos del proceso, tal como el momento de ajustes de arranque.

Futuras Líneas de Investigación

Como se ha demostrado en este trabajo, es posible implementar esta herramienta en otras áreas de la manufactura, no necesariamente en el proceso de producción. En cualquier organización se desarrollan un sinnúmero de actividades al margen de este proceso: compras, almacén, mantenimiento, calidad, etcétera; ¿Cómo es posible utilizar esta metodología en esas otras áreas?

Dado que los resultados obtenidos demuestran que la metodología del Kanban puede implementarse en otras áreas distintas a las estrictamente relacionadas con el flujo de producción, que es lo tradicional, se propone a la gerencia el desarrollo e implementación de sistemas similares para otras áreas, tales como: moldeo, estampado y troquelado. En estas áreas se tienen problemas similares de desorden, ineficiencia y pérdida de tiempos, por lo que el beneficio sería de gran impacto para el proceso de manufactura en general.

La enseñanza y formación en este tipo de metodologías es una necesidad, desde hace ya algunos años, no pueden seguir manejándose como un “plus” al conocimiento general del ingeniero de primera línea. En este mismo sentido, deben retomarse esfuerzos en cuanto a la enseñanza de la estadística aplicada. Debe buscarse, siempre que sea posible, una validación estadística de los supuestos de una investigación, ya que esto le da un sentido científico a cualquier proyecto, sea una tesis o un trabajo de investigación de pregrado.

Referencias

- Abarca, Y. (2016). Procesos de capacitación ayudados por TIC en el ámbito laboral. *Revista de Lenguas Modernas*, (25), 343-354.
- Adnan, A. N. B.; Jaffar, A. B.; Yusoff, N. B.; Abdul-Halim, N. H. B. (2013). Implementation of Just in Time Production through Kanban System. *Industrial Engineering Letters*. (6), 11-20.
- Aguilar-Escobar V.; Bourque, S.; Godino-Gallego, N. (2015). Implantación del Sistema Kanban en Hospitales: evaluación de la satisfacción de enfermería. *Investigaciones Europeas de Dirección y Economía de la Empresa*. (21), 101-110. <https://doi.org/10.1016/j.iedee.2014.12.001>.
- Arango, M. D.; Campuzano, L. F.; Zapata, J. A. (2015). Mejoramiento de procesos de manufactura utilizando Kanban. *Revista Ingenierías Universidad de Medellín*. (27), 221-234.
- Arteaga, A.G.; Calvo, R. (2019). Experimental analysis of alternative production flow controls for high variety product manufacturing. *Procedia Manufacturing*. (41), 82-89.
- Guiñazú, G. (2004). CAPACITACIÓN EFECTIVA EN LA EMPRESA. *Invenio*. (12), 103-116.
- Hofmann, C.; Lauber, S.; Haefner, B.; Lanza, G. (2018). Development of an agile development method based on Kanban for distributed part-time teams and an introduction framework. *Procedia Manufacturing*. (23), 45-50. <https://doi.10.1016/j.promfg.2018.03.159>.
- Krishnaiyer, K.; Chen, F. F.; Bouzary, H. (2018). Cloud Kanban Framework for Service Operations Management. *Procedia manufacturing*. (17), 531-538. <https://doi.10.1016/j.promfg.2018.10.093>.
- Martínez, M. A.; Palos, G. C. y Vargas-Hernández, J. G. (2017). Entrenamiento, capacitación y financiamiento con crecimiento sostenido en las pequeñas empresas del sector industrial en San Luis Potosí. *EAN*. (82), 91-118. <https://doi.org/10.21158/01208160.n82.2017.1650>
- Medrano, E. B. (2019). Implementación de Kanban Para Manejo de Herramientales. Reporte Técnico no publicado de Residencia Profesional. Tecnológico Nacional de México/I.T. de Ciudad Juárez.
- Muhammad, O.; Markkula, J.; Oivo, M. (2016). Insights into the Perceived Benefits of Kanban in Software Companies: Practitioners' Views. En Sharp, H. y Hall, T. *Agile Processes in Software Engineering and Extreme Programming. 17th International Conference*. 156-168.

- Powell, D. J. (2018). Kanban for Lean Production in High Mix, Low Volume Environments. *IFAC Papers on Line*. (51-11), 140-143. <https://doi.10.1016/j.ifacol.2018.08.248>.
- Rahman, N. A. A.; Sharif, S. M.; Esa, M. M. (2013). Lean Manufacturing Case Study with Kanban System Implementation. *Procedia Economics and Finance*. (7), 174-180. [https://doi.10.1016/S2212-5671\(13\)00232-3](https://doi.10.1016/S2212-5671(13)00232-3).
- Sánchez, A. (2007). La capacitación y Adiestramiento en México: Regulación, Realidades y Retos. *Revista Latinoamericana de Derecho Social*. (5), 191-228.
- Siliceo, A. (2004). CAPACITACIÓN Y DESARROLLO DE PERSONAL. LIMUSA S.A. de C.V.
- Turner, R.; Ingold, D.; Lane, J. A.; Madachy, R.; Anderson, D. (2012). Effectiveness of kanban approaches in systems engineering within rapid response environments. *Procedia Computer Science*. (8), 309-314. <https://doi.10.1016/j.procs.2012.01.065>.
- Wakode, R. B.; Raut, L. P.; Talmale, P. (2015). Overview on Kanban Methodology and its Implementation. *International Journal for Scientific Research & Development*. (02), 2518-2521.

Rol de Contribución	Autor (es)
Conceptualización	Francisco Zorrilla Briones (Principal); Alfonso Aldape Alamillo (Igual)
Metodología	Francisco Zorrilla Briones (Principal); Inocente Yuliana Meléndez Pastrana (Apoyo)
Software	N/A
Validación	Francisco Zorrilla Briones (Principal); Manuel Arnoldo Rodríguez Morachis (Apoyo)
Análisis Formal	Francisco Zorrilla Briones
Investigación	Francisco Zorrilla Briones (Principal); Inocente Yuliana Meléndez Pastrana (Apoyo)
Recursos	Inocente Yuliana Meléndez Pastrana
Curación de datos	Francisco Zorrilla Briones (Principal); Manuel Arnoldo Rodríguez Morachis (Apoyo)
Escritura - Preparación del borrador original	Creación y / o presentación de la obra publicada, escribiendo específicamente el borrador inicial.
Escritura - Revisión y edición	Francisco Zorrilla Briones
Visualización	Francisco Zorrilla Briones
Supervisión	Francisco Zorrilla Briones
Administración de Proyectos	Francisco Zorrilla Briones
Adquisición de fondos	N/A