

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE CIUDAD JUÁREZ

INSTITUTO DE INGENIERÍA Y TECNOLOGÍA

DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA INDUSTRIAL Y MANUFACTURA

MAESTRÍA EN INGENIERÍA INDUSTRIAL



USO DE HERRAMIENTAS DE MANUFACTURA ESBELTA PARA  
LA MEJORA CONTINUA

QUE PRESENTA:

LUIS JAVIER MÁRQUEZ FIGUEROA

CD. JUÁREZ, CHIH.

NOVIEMBRE DE 2020

# INTRODUCCIÓN

Una implementación exitosa de Lean requiere que las organizaciones logren estabilidad en los métodos y procesos a través del Trabajo Estandarizado, un elemento fundamental en el Sistema de Producción de Toyota. La Instrucción de Trabajo (JI) es la piedra angular para el trabajo estándar. (TWI Institute, 2019)

Cuando una compañía usa Lean y Six Sigma simultáneamente, se logran mejoras dramáticas en toda la corporación mucho más rápidamente, y de hecho esta combinación es de hecho un requisito previo para tasas rápidas de mejora. Lean Six Sigma es una metodología que maximiza el valor para los accionistas al lograr la más rápida tasa de mejora en satisfacción del cliente, costo, calidad, velocidad de proceso y capital invertido. (George, 2002)

## OBJETIVOS Y JUSTIFICACIÓN

### Objetivo General

- Aplicar herramientas de Manufactura Esbelta enfocada en la capacitación técnica y llevar a cabo un proceso de mejora continua.

### Objetivo Específico

- Encontrar áreas de oportunidad de desperdicios en el área productiva a través de la capacitación
- Disminuir tiempos de entrenamiento
- Reducir defectos causados por mano de obra

### Justificación

Es fundamental cumplir con la demanda, así mismo evitar los retrasos de envíos y los gastos por expeditados.

Para la empresa, la reducción de los desperdicios de un proceso productivo impacta en el área financiera de la compañía convirtiéndola en un negocio más rentable, en el aspecto moral de la gente y todo el recurso humano utilizado para las operaciones, así

como en el desarrollo de este, y la mayor competitividad ante el mercado global de nuevos negocios.

Desde el punto de vista de los implementadores del proyecto, llevar acabo dichas mejoras de proceso trae como beneficio el desarrollo de habilidades prácticas útiles en el ambiente laboral, así como la satisfacción de influir en sectores productivos de la comunidad.

## **MARCO TEÓRICO**

Uno de los principales enemigos del pensamiento Lean es el término japonés Muda, que significa básicamente desperdicio, específicamente toda aquella actividad humana que absorbe recursos, pero no crea valor, de los que podemos encontrar 7 desperdicios principales que son los siguientes: (Jones & Womack, 2012) .

1. Fallos que precisan rectificación,
2. Producción de artículos que nadie desea
3. Amontonamiento de existencias y productos sobrantes,
4. Pasos en el proceso que realmente no son necesarios,
5. Movimientos de empleados y transporte de productos de un lugar a otro sin ningún propósito,
6. Grupos de personas en una actividad aguas abajo, en espera porque una actividad aguas arriba no se ha entregado a tiempo,
7. Bienes y servicios que no satisfacen las necesidades del cliente.

Últimamente las metodologías más distinguidas para el trabajo estandarizado son el Entrenamiento dentro de la industria, TWI por sus siglas en inglés, y la gerencia del trabajo estandarizado, este es un enfoque que contribuye a las acciones requeridas para construir una cultura Lean. TWI consta de 3 programas, que se describen en la Tabla 1, para traer a los supervisores relaciones positivas con sus empleados, entrenar a los empleados correctamente, con seguridad y conscientemente, y mejorar cómo se realizan esos trabajos (Hafey, 2017). Los programas de TWI fueron desarrollados durante la

segunda guerra mundial dentro de los EE. UU., para preparar mujeres y fuerza laboral sin habilidad para llenar los espacios que fueron dejados por muchos hombres que sirvieron en la guerra y que consecuentemente mantenían los suministros en camino (Baird, 2014). La metodología de los 4 pasos de Charles Allen, quién tuvo prioridad en la primera guerra mundial, fue la base para el desarrollo de estos programas, trabajo estandarizado y Kaizen, como se muestra en la Tabla 2 (Graupp & Wrona, 2017).

Tabla 1. Programas de TWI.

Entrenamiento Job Instruction (JI)	Entrenar a los supervisores en cómo instruir empleados para que puedan recordar cómo hacer un trabajo correctamente, con seguridad y conscientemente.
Entrenamiento Job Methods (JM)	Entrenar a los supervisores en cómo mejorar métodos para producir grandes cantidades y productos de calidad en menos tiempo haciendo mejor uso de la mano de obra, máquinas y materiales actualmente disponibles.
Entrenamiento Job Relations (JR)	Entrenar a los supervisores en cómo liderar gente y prevenir los problemas y darles un método analítico para resolver problemas efectivamente cuando aparecen.

Tabla 2. Comparación de los pasos de TWI y procesos Kaizen.

Pasos	TWI			Kaizen
	Job Instruction	Job Methods	Job Relations	
1	Preparar al trabajador	Desglosar el trabajo	Obtener los hechos	Observar tiempo actual del proceso
2	Presentar el trabajo	Cuestionar cada detalle	Medir y decidir	Analizar proceso actual
3	Intentar el trabajo	Desarrollar el nuevo método	Tomar acción	Implementar y probar nuevo proceso
4	Seguimiento	Aplicar el nuevo método	Revisar resultados	Documentar nuevo estándar

Indudablemente, la habilidad de los operadores es uno de los factores claves en la productividad de un proceso de manufactura, a través de la simulación es posible proponer un método de optimización (Bon & Shahrin, 2016). La simulación es útil para realizar cambios o actividades fuera de la línea de producción sin afectar la productividad (Amezua Hormaza, 2019). El método de simulación de eventos discretos se sugiere para la simulación de una línea productiva, como la comparación de la posible reducción de eficiencia entre humanos y robots trabajando en una línea de manufactura al simular y

modelar, usando el software Enterprise Dynamics®; también los factores humanos fueron considerados, descansos y ausentismo (Golda, Kampa, & Paprocka, 2016). La simulación puede ser combinada con Diseño de Experimentos (DOE) para mejorar la productividad de la industria manufacturera, se muestran los primeros resultados en diferentes escenarios propuestos como entradas del DOE (Zahraee, Rohani, & Wong, 2018).

## DISEÑO METODOLÓGICO

La Figura 1 muestra el diagrama de flujo usado para el entrenamiento en la celda piloto.

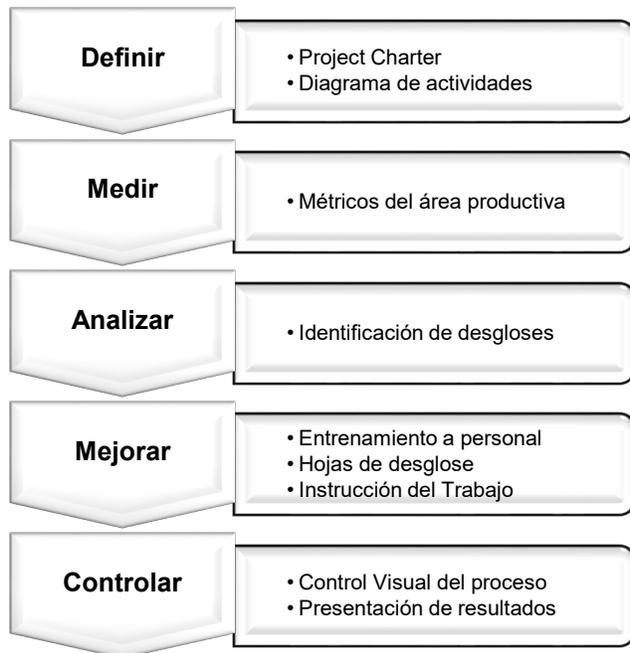


Figura 1. Diagrama de flujo.

El área de aplicación de este trabajo se realiza en una de las celdas de Ensamble Final. En la Figura 2 se muestra el diseño de la celda de producción, así como la distribución de los trabajadores.

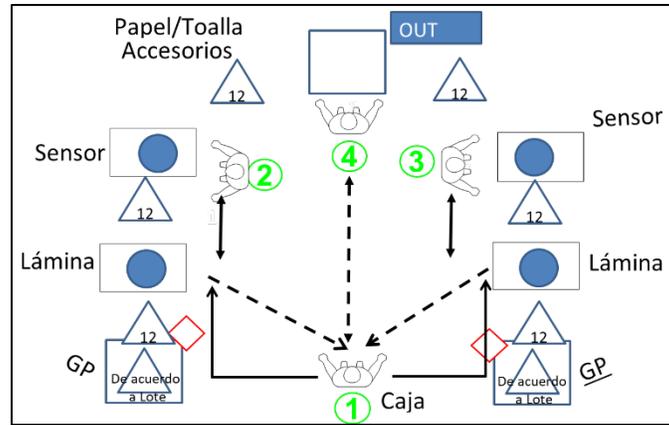


Figura 2. Diseño del área de ensamble final.

Fuente: Área productiva

En la se Tabla 3 define cada una de las partes del área de ensamble final.

Tabla 3. Simbología del área de ensamble final.

Fuente: Área productiva

Símbolo	Definición
	Carrito con GP's o balatas a procesar en la orden
	Remachadora de lámina o sensor
	Mesa de empaque
	Salida a máquina flejadora
<u>Sensor</u>	Sensor de la balata
<u>Lámina</u>	Lámina de balata
<u>Papel/Toalla Accesorios</u>	Accesorios que dependiendo el modelo son requeridos en la caja
<u>Caja</u>	Caja desarmadas para empaquetar balatas
<u>GP</u>	GP = Balata sin lámina o sensor

Para la simulación de la celda productiva se utilizan los tiempos de ciclos provistos por la compañía como se muestra en la Figura 3. Se comparan con los tiempos obtenidos después de las aplicaciones realizadas.

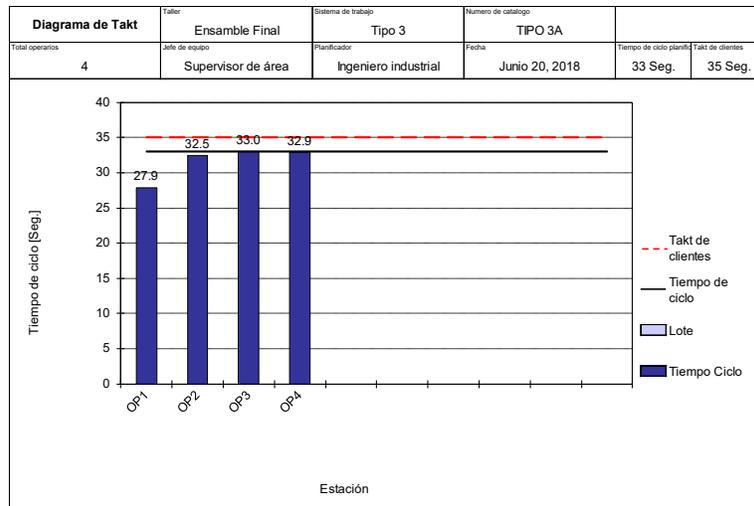


Figura 3. Balanceo de línea para una caja con cuatro balatas.

La Figura 4 muestra el proceso creado en Promodel®. Hay 2 almacenes, uno para la materia prima y otro para el producto terminado. 4 estaciones de prensas, dos para remache de lámina y dos para remache de sensor, también una estación de empaque.

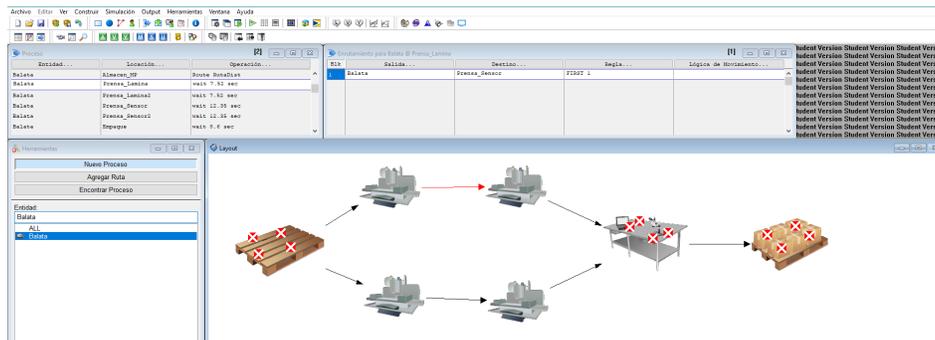


Figura 4. Proceso en Promodel®.

El tiempo programado para la simulación fue de 8 horas, lo que significa una vuelta, si comparamos las balatas producidas por la simulación con el tiempo de ciclo establecido por la compañía, se encuentran los resultados mostrados en la Tabla 4.

Tabla 4. Comparación de partes producidas (8 horas). Compañía vs. Simulación.

	Partes totales	Tiempo de ciclo (seg)	Cajas con cuatro balatas
<b>Compañía</b>	3490	33	872.5
<b>Simulación</b>	4660	24.72	1165
<b>Antes simulación</b>	2504	46	626

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

A continuación, se muestra parte del análisis realizado en Minitab®.

### ANOVA: Simulation packing, Before S. Packing

Medias before Simulation packing.

Factor	N	Media	Est Desv	95% CI
Simulation packing	12	34.67	7.92	(30.11, 39.22)
Before S. Packing	12	46.00	7.29	(41.44, 50.56)

Desv Est Combinada = 7.61179

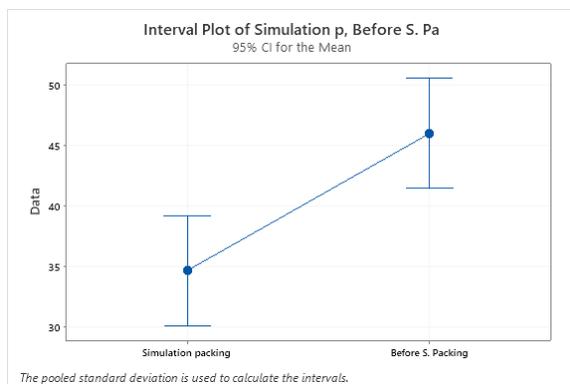


Figura 5. Gráfica de intervalo de Simulation Packing, Before Simulation Packing.

### Prueba T de una muestra: Simulation packing, Before S. Packing

Estadística descriptiva before Simulation Shim packing

Muestra	N	Media	Desv Est	SE Media	95% IC para $\mu$
Simulation packing	12	34.67	7.92	2.29	(29.63, 39.70)
Before S. Packing	12	46.00	7.29	2.10	(41.37, 50.63)

$\mu$ : Media de población para Simulation packing, Before S. Packing

Resultados de prueba para Simulation before Packing

Hipótesis nula	$H_0: \mu = 33$	
Hipótesis alternativa	$H_1: \mu \neq 33$	
Muestra	T-Value	P-Value
Simulation packing	0.73	0.481
Before S. Packing	6.18	0.000

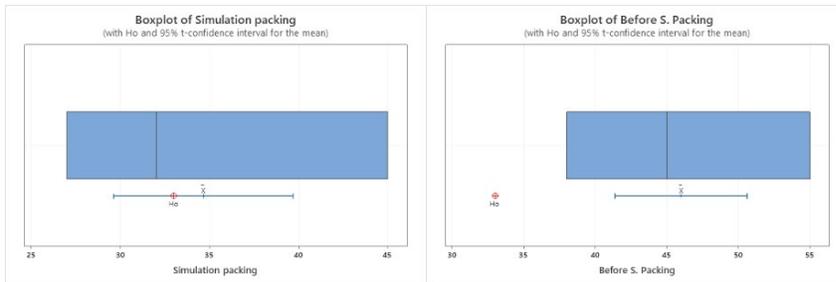


Figura 6. Diagrama de caja de Simulation Packing, Before Simulation Packing.

Al comparar las estadísticas entre los resultados obtenidos antes de la simulación y con la simulación para las estaciones de prensa de lámina y empaque, con la media provista por la compañía, se concluye que las medias son diferentes al rechazar la hipótesis nula.

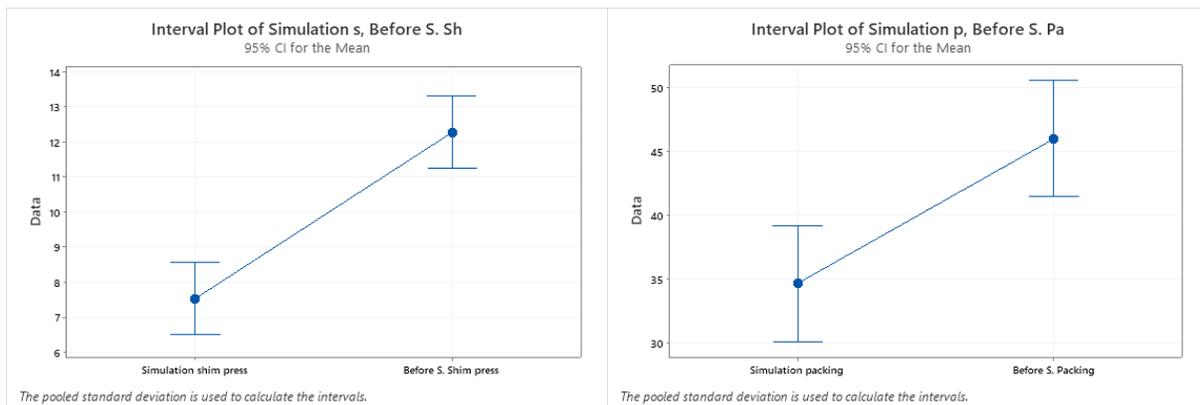


Figura 7. Gráfica de intervalos para ensamble de lámina y empaque.

## CONCLUSIONES

Como muestra la simulación, los resultados obtenidos durante el entrenamiento muestran un avance que puede cubrir el tiempo de ciclo propuesto por la compañía y además cumple en gran manera con el Takt-Time. El uso de un programa de simulación como Promodel® tiene la ventaja, en aplicaciones como la que se muestra, facilidad en obtener información de largo plazo, sin comprometer los objetivos del área al implementar a través de las células de manufactura.

El método propuesto se ha validado a través de la simulación, y de esta manera se ha decidido en implementarlo.

En este proceso, de acuerdo con los resultados obtenidos en la simulación, es recomendado implementar la metodología propuesta en el diagrama de flujo, para las células de trabajo que trabajan con las mismas estaciones de trabajo.

## REFERENCIAS

- Amezua Hormaza, L. (Mayo de 2019). A virtual reality environment for training operators for assembly tasks involving human-cobot interactions (Master's thesis). Obtenido de <https://trepo.tuni.fi/bitstream/handle/123456789/27684/Amezua.pdf?sequence=4>
- Baird, R. (2014). *The Four Components of a Fast-Paced Organization: Going Beyond Lean Sigma Tools*. Boca Raton, FL: CRC Press.
- Bon, A. T., & Shahrin, N. N. (Marzo de 2016). Assembly Line Optimization using Arena Simulation. (I. Society, Ed.) *Proceedings of the International Conference on Industrial Engineering and Operations Management*, 2225-2232. Recuperado el 11 de Mayo de 2020, de [http://ieomsociety.org/ieom\\_2016/pdfs/669.pdf](http://ieomsociety.org/ieom_2016/pdfs/669.pdf)
- George, M. L. (2002). *Lean Six Sigma*. USA: McGraw-Hill.
- Golda, G., Kampa, A., & Paprocka, I. (Octubre de 2016). Modeling and Simulation of Manufacturing Line Improvement. *International Journal of Computational Engineering Research*, 6(10), 26-31. Recuperado el 5 de Mayo de 2020, de [http://www.ijceronline.com/papers/Vol6\\_issue10/E0601026031.pdf](http://www.ijceronline.com/papers/Vol6_issue10/E0601026031.pdf)
- Graupp, P., & Wrona, R. J. (2017). *The TWI Workbook: Essential Skills for Supervisors*. Boca Raton, FL: CRC Press.
- Hafey, R. (2017). *Lean Safety: Transforming your Safety Culture with Lean Management*. Boca Raton, FL: CRC Press.
- Jones, D. T., & Womack, J. P. (2012). Lean Thinking. En D. T. Jones, & J. P. Womack, *Lean Thinking* (pág. 42). Barcelona: Centro libros.
- TWI Institute. (05 de Noviembre de 2019). *TWI Institute. The Global Leader*. Obtenido de Taking Lean to the next level: <https://twi-institute.org/training-within-industry/benefits-of-twi/taking-lean-to-the-next-level/>
- Womack, J., & Jones, D. (1996). *Lean Thinking*. Gestion 2000.
- Zahraee, S. M., Rohani, J. M., & Wong, K. Y. (Julio de 2018). Application of computer simulation experiment and response surface methodology for productivity improvement in a continuous production line: Case study. *Journal of King Saud University - Engineering Sciences*, 30(3), 207-217. doi:10.1016/j.jksues.2018.04.003