

# REDUCCIÓN DEL TRABAJO EN PROCESO EN UNA EMPRESA MANUFACTURERA MEDIANTE LA APLICACIÓN DE UN SISTEMA DE TARJETAS KANBAN Y ESCENARIOS DE SIMULACIÓN

*REDUCTION OF THE WORK IN PROCESS IN A MANUFACTURING  
COMPANY BY APPLYING A KANBAN SYSTEM AND SIMULATION*

**Maleni Triana García**

Tecnológico Nacional de México en Celaya, México  
*m1803005@itcelaya.edu.mx*

**José Alfredo Jiménez García**

Tecnológico Nacional de México en Celaya, México  
*alfredo.jimenez@itcelaya.edu.mx*

**Recepción:** 24/mayo/2019

**Aceptación:** 21/noviembre/2019

## Resumen

El actual trabajo presenta el análisis de un sistema de producción de pistones con la finalidad de mostrar cómo reducir el trabajo en proceso por medio de un sistema de tarjetas Kanban y escenarios de simulación con el software Promodel. Se representaron dos modelos de simulación: un sistema preliminar y un sistema kanban. Los resultados mostraron que la correcta aplicación de la metodología de los sistemas de tarjetas permite reducir la cantidad de producto en proceso. Así mismo, los diferentes escenarios permitieron obtener métricas para comparar el desempeño de cada una de las configuraciones de planta y presentar un análisis sobre las mismas.

**Palabras Clave:** modelos simulados, software ProModel, tarjeta kanban, trabajo en proceso.

## Abstract

*The present work exposes a process of production of pistons. The purpose is to show scenarios for the reduction of work in process by applying kanban card systems with simulation in ProModel software. Two simulation models were*

*represented: a preliminary system and a kanban system. The correct application of the card systems methodology allows to reduce the amount of product in process. The different scenarios allowed us to obtain metrics to compare the performance of each of the configurations and present an analysis.*

**Keywords:** *kanban card, ProModel software, simulated models, work in process.*

## **1. Introducción**

De acuerdo con la filosofía de manufactura esbelta, un proceso debe basar su producción en la necesidad del cliente, es así como se aplica el sistema jalar para que el flujo de la producción sea “jalado” por las necesidades de un pedido [Mora, Tobar, & Soto, 2012]. El sistema implica el almacenamiento y abastecimiento para la demanda dentro de la planta de producción [Chase, Roberts, & Aquilano, 2009]. Una demanda cambiante exige modificaciones y alternativas para hacer más eficientes los procesos [González, 2005]. La principal ventaja del sistema jalar es el inventario reducido y la conjunta reducción del costo del inventario [Sendil & Panneerselvam, 2007]. El sistema de tarjetas kanban permite la sincronización para obtener la producción en la cantidad y en el momento adecuados [Hernández, Matías, & Vizán, 2013], donde los flujos de las líneas de producción dependen del buen uso de las tarjetas [Matta, Dallery, & Di Mascolo, 2005]. El sistema kanban basa su funcionamiento en el correcto uso de la información expuesta en cada una de las tarjetas y en el completo conocimiento del proceso de producción [Arango, Campuzano, & Zapata, 2015]. Existen combinaciones y modificaciones de distribución de planta de acuerdo a las condiciones del proceso y la demanda [Crespo, Velando, & García, 1998].

El trabajo en proceso y los tiempos de entrega son dos conceptos que ayudan a la correcta implementación de los sistemas kanban [Mora, Tobar, & Soto, 2012]. La disposición física de instalaciones puede afectar el funcionamiento operacional del plazo de entrega o el nivel de trabajo en proceso [Moreno & Mora, 2012]. Para determinar sus potenciales beneficios es posible comprobar su efectividad en diferentes configuraciones por medio de modelos simulados [García, García, & Cárdenas, 2013]. La simulación representa una ventaja económica y competitiva a

nivel organizacional [Bernal, Sarmiento, & Restrepo, 2015] que permite la representación de escenarios reales de manera virtual bajo condiciones específicas, tantas veces como sean necesarias [Lion, 2005]. Un simulador de eventos discretos permite reproducir eventos reales modificando las variables que se desean estudiar con respecto al tiempo [Jiménez & Gómez, 2014]. El software de simulación ProModel, permite el análisis de procesos de producción reales con la finalidad de poder optimizarlos [Morales, y otros, 2013]. Es así como se estudiará el sistema de producción de pistones actual por medio de la simulación de eventos discretos en ProModel, siendo comparado con un modelo del proceso donde será implementado el sistema de tarjetas kanban ConWIP, obteniendo métricas de comparación para enfatizar en el modelo que mejore las condiciones del proceso.

## 2. Método

La metodología consiste en dos fases: la fase I permitió conocer el sistema preliminar y la fase II estudia al sistema con una metodología kanban y analiza los resultados. En la figura 1 es posible observar las fases con sus respectivas etapas.

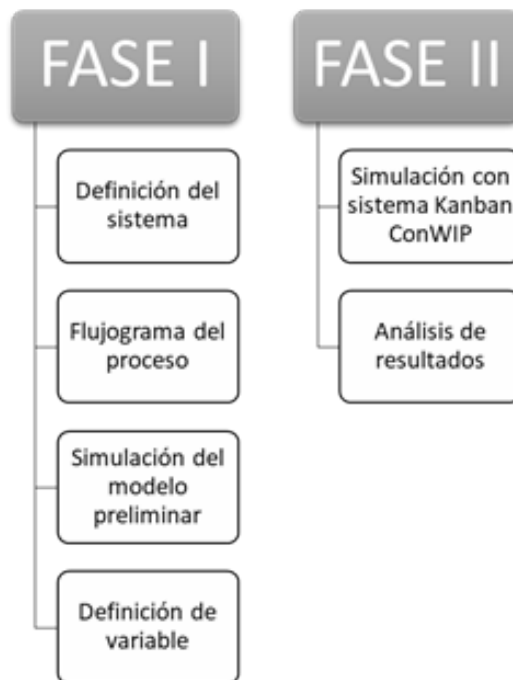


Figura 1 Fases de la metodología

## Fase I

- *Definición del sistema.* El caso de estudio es un sistema de producción de pistones. El proceso corresponde a un sistema de producción jalar que tiene el objetivo de cumplir con un promedio diario de producto terminado correspondiente al pedido del cliente. La materia prima pasa por una serie de procesos que son expuestos, con su respectivo tiempo de operación y capacidad, en la tabla 1.

Tabla 1 Tiempos y producción de las operaciones.

Operación	Tiempo de operación	Producciones [piezas]
Fusión	8 horas	1
Desgasificado	1 hora	1
Célula 1b	20.69 segundos	850
Célula 9a	34.62 segundos	850
Célula 10a	27.27 segundos	850
Corte	4 segundos	900
Tratamiento térmico	9 horas	900
Línea 10	18.5 segundos	720
Línea 14	18.5 segundos	720
Gp Línea 10	20 segundos	720
Gp Línea 14	20 segundos	720
Anonizado	10 segundos	720
Grafito	11 segundos	720
Ensamble	10.1 segundos	6400

- *Flujograma del proceso.* El flujograma del proceso es la base para poder definir el modelo de simulación. La figura 2 muestra el flujo del proceso de producción de pistones, que incluye la llegada de la materia prima hasta el embarque que representa la salida del sistema.
- *Simulación del modelo preliminar.* Una vez identificada la interacción existente en el proceso, es posible simular la relación entre las estaciones de trabajo para obtener un modelo preliminar, utilizando el software ProModel. El modelo preliminar del proceso está formado por 17 locaciones, donde se encuentran 14 estaciones de trabajo dos almacenes y un embarque a la salida del sistema, mismo que puede visualizarse en la figura 3.

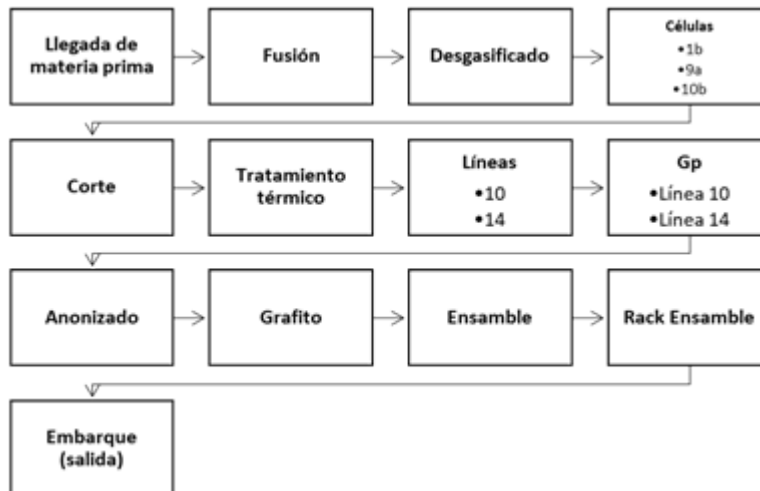


Figura 2 Flujograma del proceso.

- *Definición de variable.* Las variables que permiten conocer la eficiencia del modelo son: producto en proceso y producto terminado, mismas que reconocen el número de piezas que se encuentran sin procesar dentro del sistema y el número de piezas terminadas, respectivamente.

## FASE II

Analizando el modelo preliminar es posible configurar el sistema siguiendo la metodología Kanban.

### Simulación con sistema Kanban ConWIP

Sistema con trabajo en proceso constante [Constant Work In Process]. De acuerdo con Hopp & Spearman [2001] en este sistema los trabajos envían tarjetas de producción al principio de la línea para autorizar el lanzamiento de nuevos trabajos: la línea de producción consiste en una sola ruta, a lo largo de la cual fluyen todas las piezas, los trabajos son idénticos, por lo que WIP se puede medir razonablemente en unidades. Considera a todo el proceso como una sola etapa, donde se asocia una tarjeta kanban para cada artículo con la finalidad de limitar el número de trabajos. De esta manera el número de kanban será igual al número de piezas producidas. La metodología kanban implica que el pedido del cliente es lo que jala al proceso. La demanda es quien genera la señal kanban para dar inicio a

la producción. El sistema kanban ConWIP, permite reducir el trabajo en proceso, ya que la señal emitida por el pedido del cliente autoriza la llegada de la materia prima necesaria. En la figura 4 se muestra la configuración del proceso de acuerdo a la entrada de un pedido. El sistema incluye los elementos del modelo preliminar

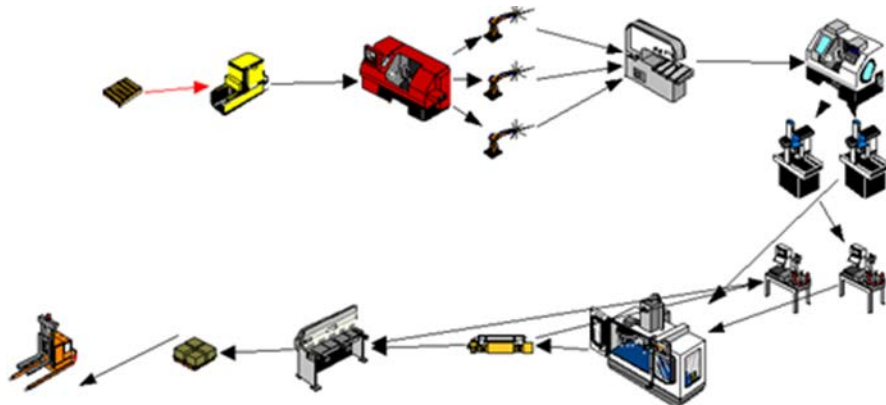


Figura 3 Modelo preliminar

### Kanban ConWIP

La metodología kanban implica que el pedido del cliente es lo que jala al proceso. De esta manera la demanda genera la señal kanban para dar inicio a la producción. El sistema kanban ConWIP, permite reducir el trabajo en proceso, ya que la señal emitida por el pedido del cliente autoriza la llegada de la materia prima necesaria. La figura 4 muestra la configuración del proceso de acuerdo a la entrada de un pedido. El sistema incluye los elementos del modelo preliminar.

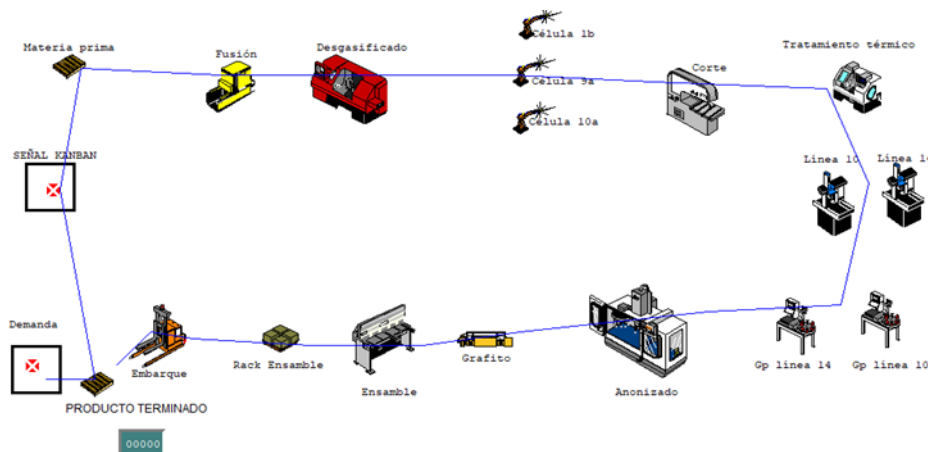


Figura 4 Modelo kanban ConWIP.

### Análisis de resultados

Se realizarán los respectivos ensayos con los modelos de simulación para obtener las métricas de comparación. En ProModel es posible visualizar los resultados de la simulación por medio de tablas y gráficas, de esta manera es posible describir el comportamiento de los procesos simulados para poder ser analizados y comparados con el fin de mejorar la productividad.

### 3. Resultados

Los resultados que se muestran a continuación corresponden al modelo preliminar (Tabla 2) y al sistema modelado con la metodología kanban (Tabla 3). En ambos casos se obtiene la misma cantidad de producto terminado debido a que se considera constante el pedido del cliente. El modelo kanban ConWIP, muestra una reducción del 5.68% respecto al trabajo en proceso en comparación con el modelo preliminar.

Tabla 2 Resultados modelo preliminar.

Entity Name	Total Exits	Current Quantity In System	Average Minutes In System	Average Minutes In Move Logic	Average Minutes Wait For Res, etc.	Average Minutes In Operation	Average Minutes In Blocked
Rin	0	540	-	-	-	-	-
Pistón líquido	0	2	-	-	-	-	-
Pistón en proceso	1.02	2626	152.27	0.00	1.64	4.22	146.40
Pistón 10	1440	545	422.76	0.03	422.29	0.30	0.12
Pistón 14	22095	543	142.73	0.00	29.67	0.66	112.39
Pistón terminado	6360	3	3.12	0.01	3.10	0.00	0.00

Tabla 3 Resultados modelo kanban ConWIP.

Entity Name	Total Exits	Current Quantity In System	Average Minutes In System	Average Minutes In Move Logic	Average Minutes Wait For Res, etc.	Average Minutes In Operation	Average Minutes In Blocked
Rin	0	255	-	-	-	-	-
Pistón líquido	0	3	-	-	-	-	-
Pistón en proceso	1.02	2669	152.41	0.00	2.02	4.22	146.15
Pistón 10	1440	500	381.49	0.03	381.04	0.30	0.10
Pistón 14	21947	588	145.50	0.00	32.57	0.66	112.26
Pistón terminado	6360	2	2.80	0.01	2.79	0.00	0.00
KANBAN	0	0	-	-	-	-	-
Pedido cliente	0	0	-	-	-	-	-

## **4. Discusión**

Para la correcta aplicación de herramientas de proceso en un sistema productivo es necesario conocer concretamente el proceso, identificando y describiendo cada una de las partes u operaciones que lo conforman. De esta manera se puede aplicar una metodología kanban que, de igual manera, necesita ser comprendida totalmente. Una vez implementada y entendida en el sistema, es posible realizar reformas en el proceso para encontrar propuestas de mejora.

La metodología kanban es una herramienta que permite la mejora productiva en los procesos reales y es posible visualizar los resultados gracias a los modelos de simulación, tal como se ha expuesto en el desarrollo de este trabajo.

La función de la entidad kanban da inicio al momento de conocer el pedido de un cliente lo que permite nivelar la cantidad de producto en proceso generando más salidas en cada una de las operaciones. Estudia al sistema con una sola retroalimentación uniendo la primera y la última operación. En el modelo propuesto la mejora se puede apreciar en la cantidad de producto en proceso dentro del sistema.

## **5. Bibliografía y Referencias**

- [1] Arango, M. D., Campuzano, L. F., & Zapata, J. A. [2015]. Mejoramiento de procesos de manufactura utilizando Kanban. *Revista Ingenierías Universidad de Medellín*, XIV, 221-233.
- [2] Bernal, M. E., Sarmiento, G. C., & Restrepo, J. H. [2015]. Productividad en una celda de manufactura flexible simulada en promodel utilizando path networks type cran. *Tecnura*, XLIV, 133-144.
- [3] Chase, R. B., Roberts, J. F., & Aquilano, N. J. [2009]. *ADMINISTRACIÓN DE OPERACIONES. Producción y cadena de suministros*. México: The McGraw-Hill.
- [4] García, E. D., García, H. R., & Cárdenas, L. E. [2013]. *Simulación y análisis de sistemas con ProModel*. México: Pearson.
- [5] González, M. R. [2005]. *Gestión de la producción: Cómo planificar y controlar la producción industrial*. España: Ideaspropias.



- [6] Crespo, T. F., Velando, M. R., & García, J. V. [1998]. Alternativas para utilizar un sistema de control de la producción tipo kanban. *Investigaciones Europeas de Dirección y Economía de la Empresa*, IV, 101-122.
- [7] Hernández, Matías, J. C., & Vizán, A. I. [2013]. *Lean manufacturing: Conceptos, técnicas e implantación*. España: Fundación EOI.
- [8] Jiménez, M. B., & Gómez, E. A. [2014]. Mejoras en un centro de distribución mediante la simulación de eventos discretos. *Industrial data*, XII, 143-148.
- [9] Lion, C. [2005]. Los simuladores. Su potencial para la enseñanza universitaria. *Cuadernos de Investigación Educativa*, II, 53-66.
- [10] Matta, A., Dallery, Y., & Di Mascolo, M. [2005]. Analysis of assembly systems controlled with kanbans. *European Journal of Operational Research*, CLXVI, 310-336.
- [11] Mora, A. B., Tobar, J. L., & Soto, J. A. [2012]. Comparación y análisis de algunos sistemas de control de la producción tipo "pull", mediante simulación. *Scientia Et Technica*, XVII, 100-106.
- [12] Morales, Á. G., Rojas, J. R., Hernández, L. M., Morales, A. V., Rodríguez, S. S., & Pérez, A. R. [2013]. Modelación de la cadena de suministro evaluada con el paradigma de manufactura esbelta utilizando simulación. *Científica*, XVII, 133-142.
- [13] Moreno, P. V., & Mora, J. R. [2012]. Elementos que afectan el nivel de Inventario en Proceso [WIP] y los costos de una línea de producción. *Conciencia Tecnológica*, 36-41.
- [14] Sendil, C. K., & Panneerselvam, R. [2007]. Literature review of JIT-KANBAN system. *The International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, XXXII, 393-408.