

VI Encuentro Nacional de Investigación Formativa Ingeniería Industrial Medellín

Memorias

Grupo de Investigación en Sistemas Aplicados
en la Industria (GISAI)



Universidad
Pontificia
Bolivariana

© Editorial Universidad Pontificia Bolivariana

VI Encuentro Nacional de Investigación Formativa - Memorias

ISSN: 2322-7672

Primera edición, 2015

Escuela de Ingenierías

Facultad de Ingeniería Industrial

Arzobispo de Medellín y Gran Canciller UPB: Mons. Ricardo Tobón Restrepo

Rector General: Pbro. Julio Jairo Ceballos Sepúlveda

Vicerrector Académico: Álvaro Gómez Fernández

Decana Escuela de Ingenierías: Piedad Gañán Rojo

Directora Facultad de Ingeniería Industrial: Diana Rocío Roldán Medina

Editora (e): Natalia Uribe Angarita

Coordinación de producción: Ana Milena Gómez Correa

Diagramación: María Isabel Arango Franco

Corrector de estilo: Fernando Aquiles Arango Navarro

Dirección editorial:

Editorial Universidad Pontificia Bolivariana, 2015

Email: editorial@upb.edu.co

www.upb.edu.co

Telefax: (57) (4) 354 4565

A.A. 56006 - Medellín - Colombia

Radicado: 1377-27-07-15

Prohibida la reproducción total o parcial, en cualquier medio o para cualquier propósito sin la autorización escrita de la Editorial Universidad Pontificia Bolivariana.

Simulación del proceso de fabricación de una mesa de plástico

Daniela Márquez Delgado

Universidad Católica de Manizales
Colombia
Daniela.marquez@ucm.edu.co

Leidy Solarte Mora

Universidad Católica de Manizales
Colombia
Leidy.solarte@ucm.edu.co

Resumen

En este artículo se describe un proceso real de la empresa manizaleña RIDUCO S.A., que se dedica a la transformación de plástico, caracterizando cada una de las variables del sistema, desde su inicio hasta el fin de este, con la finalidad de representar visualmente el proceso de transformación de una mesa de plástico y proponer mejoras al sistema actual, después de determinar cuáles son los procesos críticos que este tiene.

Palabras clave

Promodel, plástico, simulación

Abstract

In this article we describe a real process of the company RIDUCO S.A which is a company Manizaleña dedicated to plastic processing, characterizing each of the system variables, from its beginning to the end of this, in order to visually represent the transformation of a plastic table and propose improvements to the current system, after determining what are the critical processes that it has.

Keywords

Promodel, Plastic, Simulation

Introducción

Dentro de una organización es fundamental tener control sobre los procesos productivos por medio de herramientas que evidencian la proyección de lo que se quiere conocer, una de estas es la simulación, una técnica que se utiliza principalmente para representar una situación o problema de la organización de tal manera que pueda ser manejado fuera de su contexto y de esta forma poder realizar cambios tales como: distancias, equipos, tiempos, numero de operarios, entre otros, y así encontrar la eficiencia del proceso.

“En estadística, simular es esencialmente una técnica de muestreo controlada, que es usada en conjunto con un modelo, para obtener respuestas aproximadas a preguntas respecto de complicados problemas probabilísticos. Esto es muy usado cuando las técnicas estadísticas y numéricas no son capaces de dar respuesta. Cuando los modelos tienen una formulación matemática, pero las predicciones analíticas no son posibles, entonces es frecuente que simular se transforme en una poderosa herramienta, no solo para describir el modelo en sí mismo, si no para investigar cómo puede cambiar el comportamiento ante cambios de los parámetros del modelo”. (Carrasco, 2012)

De esta manera se pretende simular un proceso de inyección de plástico actual y un proceso propuesto en el que se evidencien las mejoras de este; la herramienta a utilizar es Promodel que es un simulador que permite visualizar con animación cualquier tipo de sistemas de manufactura, logística, manejo de materiales, etc.

Proceso de fabricación de una mesa de plástico

El proceso para fabricar una mesa de plástico tiene varios subprocesos, entre ellos:

- Diseño
- Producción del molde
- Preparación de mezclas
- Inyección
- Pulido
- Inspección
- Empaque
- Almacenamiento
- Despacho

Este proceso cuenta con actividades transversales como son: control de calidad y control de ingeniería.

Sin embargo, solo se simulará el proceso productivo de fabricación, es decir:

- Recepción de materias primas
- Inyección
- Pulido
- Inspección
- Empaque

Material y métodos

Proceso de planteamiento del modelo

Identificación del problema

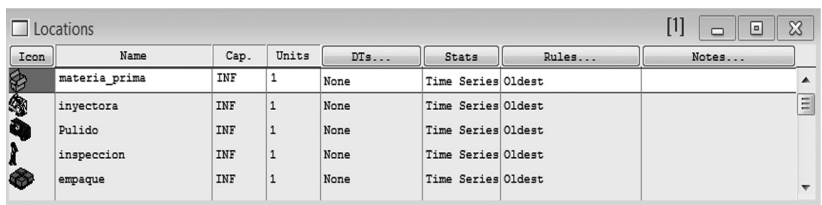
Una empresa manizaleña se dedica a la transformación de plásticos; una de sus líneas de producción fabrica mesas y esta ha presentado problemas por dos cuellos de botella que son: el área de recepción de materia prima y el área de empaque; por ello se simulará un modelo actual que verificará los problemas en esta línea de producción, y un modelo propuesto en el que se definan las soluciones pertinentes con las estadísticas correspondientes que permitan visualizar la eficacia del sistema.

Planteamiento del modelo

En este paso se recopila la información necesaria para representar todos los componentes que intervienen el proceso de fabricación de una mesa de plástico, así:

- Estaciones:
Representan los lugares fijos en el sistema, en este caso será el almacén de materias primas, las máquinas de inyección y pulido, área de inspección y empaque. Se definirá para cada una de estas entidades una capacidad infinita para no limitar la producción.

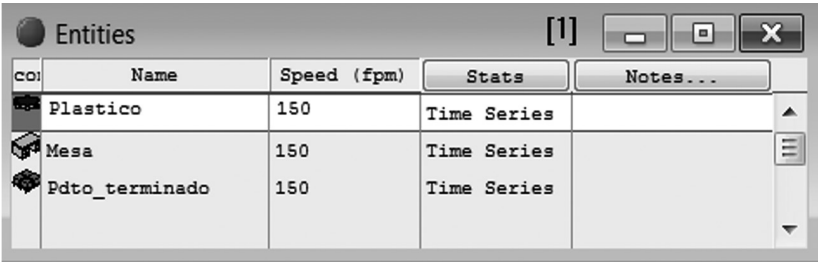
Figura 1. Estaciones del modelo



Icon	Name	Cap.	Units	Dis...	Stats	Rules...	Notes...
	materia Prima	INF	1	None	Time Series	Oldest	
	inyectora	INF	1	None	Time Series	Oldest	
	Pulido	INF	1	None	Time Series	Oldest	
	inspeccion	INF	1	None	Time Series	Oldest	
	empaque	INF	1	None	Time Series	Oldest	

- Entidades:
Son los objetos que se procesan, es decir, que se mueven a través del sistema. Para este proceso de transformación se tendrán tres entidades: plástico, mesa (producto en proceso) y producto terminado.

Figura 2. Entidades del modelo

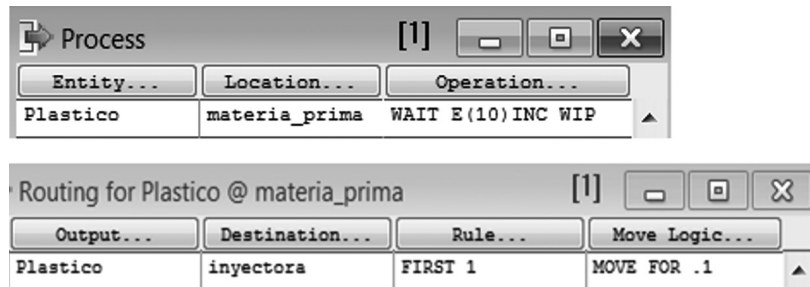


co:	Name	Speed (fpm)	Stats	Notes...
	Plastico	150	Time Series	
	Mesa	150	Time Series	
	Pdto_terminado	150	Time Series	

- Procesamiento:
Se describen las operaciones que se realizan en cada estación, además se define el destino de cada entidad hacia determinada estación y las salidas de cada proceso, de la siguiente manera:

La primera entidad que llega al sistema es la materia prima (plástico) a la estación de recepción de materia prima, este proceso se demora en promedio 10 minutos y es calculado con una distribución exponencial, además de esto se construyen las operaciones de INC WIP (incrementar trabajo en proceso); este tiene como salida el plástico aceptado para la inyectora; desde la entidad de recepción de materia prima hasta la inyectora se demora 0.1 minutos.

Figura 3. Primero proceso de llegada y salida de la entidad



Process		
Entity...	Location...	Operation...
Plastico	materia_prima	WAIT E(10) INC WIP

Routing for Plastico @ materia_prima			
Output...	Destination...	Rule...	Move Logic...
Plastico	inyectora	FIRST 1	MOVE FOR .1

La segunda entidad es el plástico a la estación de inyección, este proceso se demora en promedio 2 minutos y es calculado con una distribución exponencial, este tiene como salida la mesa de plástico que es enviada para la pulidora; desde la entidad de inyección hasta la pulidora se demora 0.1 minutos.

Figura 4. Segundo proceso de llegada y salida de la entidad

Process [2]			
Entity...	Location...	Operation...	
Plastico	materia_prima	WAIT E(10)	
Plastico	inyectora	WAIT E(2)	

Routing for Plastico @ inyectora [1]			
Blk	Output...	Destination...	Rule...
1	Mesa	Pulido	FIRST 1
			MOVE FOR .1

La tercera entidad es la mesa a la estación de la pulidora, este proceso se demora en promedio 2 minutos y es calculado con una distribución exponencial, este tiene como salida el producto terminado que es enviado para el área de inspección; desde la entidad de pulido hasta la inspección se demora 0.1 minutos.

Figura 5. Tercer proceso de llegada y salida de la entidad

Process [3]			
Entity...	Location...	Operation...	
Plastico	materia_prima	WAIT E(10)	
Plastico	inyectora	WAIT E(2)	
Mesa	Pulido	WAIT E(2)	

Routing for Mesa @ Pulido [1]			
Blk	Output...	Destination...	Rule...
1	Pdto_terminado	inspeccion	FIRST 1
			MOVE FOR .1

La cuarta entidad es el producto terminado a la estación de inspección, este proceso se demora en promedio 2 minutos y es calculado con una distribución exponencial, este tiene como salida el producto terminado que es enviado para el área de empaque; desde la entidad de inspección hasta el empaque se demora 0.1 minutos.

Figura 6. Cuarto proceso de llegada y salida de la entidad

Entity...	Location...	Operation...
Plastico	materia_prima	WAIT E(10)
Plastico	inyectora	WAIT E(2)
Mesa	Pulido	WAIT E(2)
Pdto_terminado	inspeccion	WAIT E(2)

Routing for Pdto_terminado @ inspeccion [1]				
Blk	Output...	Destination...	Rule...	Move Logic...
1	Pdto_terminado	empaques	FIRST 1	MOVE FOR .1

La quinta entidad es el producto terminado hacia el área de empaque, este proceso se demora en promedio 4 minutos y es calculado con una distribución exponencial, además de esto se construyen las operaciones de DEC WIP (decremento trabajo en proceso); este tiene como salida el producto terminado que es el final de la producción; desde la entidad de empaque hasta el final del proceso se demora 0.1 minutos.

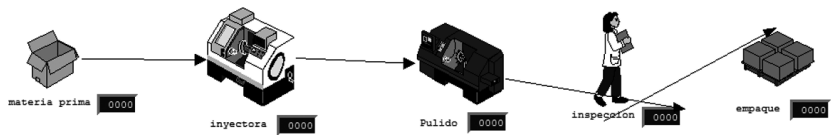
Figura 7. Quinto proceso de llegada y salida de la entidad

Process [5]		
Entity...	Location...	Operation...
Plastico	materia_prima	WAIT E(10)
Plastico	inyectora	WAIT E(2)
Mesa	Pulido	WAIT E(2)
Pdto_terminado	inspeccion	WAIT E(2)
Pdto_terminado	empaques	WAIT E(4) DEC WIP

Routing for Pdto_terminado @ empaques [1]			
Blk	Output...	Destination...	Rule...
1	Pdto_terminado	EXIT	FIRST 1
			MOVE FOR .1

La ruta final después de modelar el proceso queda de la siguiente manera:

Figura 8. Estructura final del proceso



- **Llegadas:**
Es cualquier entidad nueva que alimenta el comienzo del sistema. Para el proceso de transformación de plástico se tiene como única llegada el plástico y esta llega a la estación de materia prima por lotes de 150 unidades cada 60 minutos.

Figura 9. Llegada de la entidad a la estación

Arrivals [1]							
Entity...	Location...	Qty Each...	First Time...	Occurrence:	Frequency	Logic...	.sabj
Plastico	materia_prima	150	0	inf	60		No

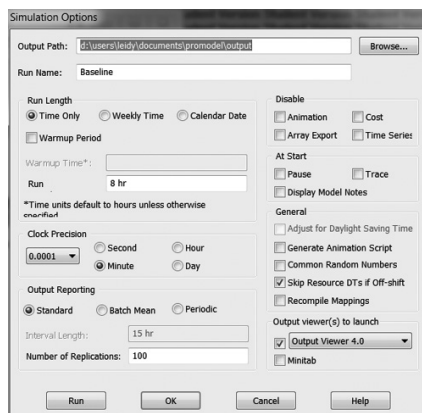
Validación y proceso de simulación

Después de tener todo el modelo de fabricación planteado, se procede a verificar que el modelo responda de manera similar al problema real; en las opciones de simulación se determinan aspectos como las horas de trabajo y las replicas que se harán, así:

Turno de trabajo: 8 horas

Replicaciones: 100

Figura 10. Configuración de las opciones de simulación



Las replicaciones garantizan que las observaciones que se realicen en el período simulado sean estadísticamente independientes.

“Para precisiones mayores deben hacerse más replicaciones hasta alcanzar un intervalo de confianza con el cual el experimentador se sienta confortable”. (Mejía, 2006)

Al finalizar la corrida del modelo, el programa da la opción de analizar las estadísticas del problema por medio del sub programa de Promodel, Output viewer que muestra las estadísticas de todo el proceso, en este caso las estadísticas de interés son el WIP (Work in process) que representa trabajo en proceso, y de esta manera se pide al programa que exporte el resumen de la variable WIP en Excel y se proceden a hacer los cálculos pertinentes.

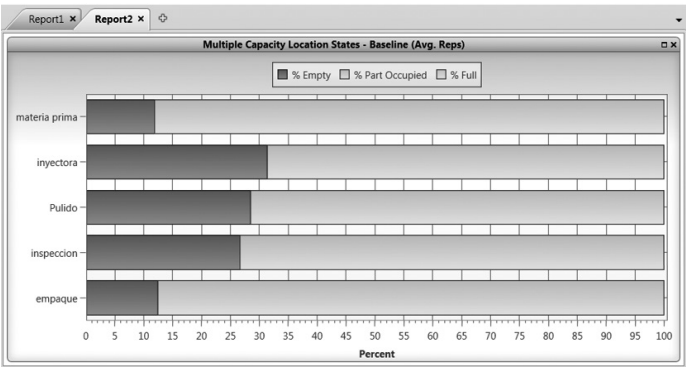
En primera instancia, cuando el programa Output viewer inicia, lo primero que se puede visualizar son tablas en las que se observa la capacidad de las locaciones, entidades y recursos.

Figura 11. Reporte 1 de Output viewer



En este contexto se pudo determinar cuál es el proceso que está haciendo ineficiente el sistema, así:

Figura 12. Reporte 2 de Output viewer, capacidad de las estaciones



Se puede observar que las estaciones en las que se demora mas el proceso son las de materia prima y empaque, con un porcentaje de ocupación de 88,08 y 87,57 respectivamente; son estas las estaciones a las que se tiene que controlar en el modelo nuevo a modelar.

Al analizar el WIP con un intervalo de confianza del 99% a todas las replicas, los valores promedios que resultan, son los siguientes:

99,9% I.C MINIMO: 25,83

99,9% I.C MAYOR: 26,07

Después de obtener estos valores, se obtienen los valores máximos y mínimos de la variable WIP, de las 100 réplicas realizadas, los cuales son:

Max: 25,15

Min: 26,89

Y con estos se halla el histograma del proceso WIP, obteniendo el rango, el intervalo y las clases, de la siguiente manera:

$$\text{Intervalo: } \frac{\text{Rango}}{\sqrt{\text{numero de replicas}}} \text{ mín.}$$

$$: \frac{1,7368}{\sqrt{100}}$$

$$: 0,17368$$

Clases:

Clase 1: Valor mínimo + intervalo

$$: 26,89 + 0,17368$$

$$: 25,329$$

Clase 2: Clase 1 + intervalo

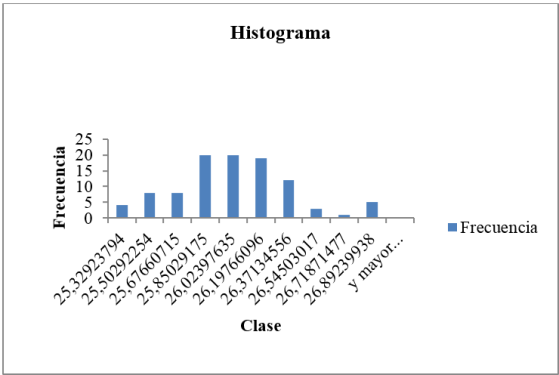
$$: 25,329 + 0,17368$$

$$: 25,5029$$

Se hace el mismo cálculo hasta obtener 10 clases, con el mismo intervalo, y solo cambiando el valor de la clase, por el valor anterior a esta; la tabla de las clases y el histograma queda de la siguiente manera:

Clase	Frecuencia
25,32924	4
25,50292	8
25,67661	8
25,85029	20
26,02398	20
26,19766	19
26,37135	12
26,54503	3
26,71871	1
26,8924	5
y mayor...	0

Figura 13. Histograma de la variable WIP, modelo actual

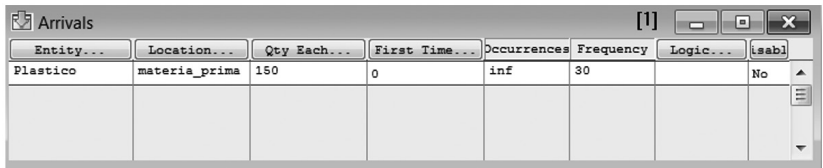


Con el histograma se puede concluir que la variable WIP en el modelo actual se mueve con una distribución normal y una media de 26.

Después de realizar el modelo actual de la empresa y analizar sus respectivas estadísticas, se plantea un nuevo modelo para aumentar la eficiencia del sistema, como se explicó anteriormente: la estación crítica que se tratará es la de la materia prima, puesto que ese es el inicio de la producción y genera demoras en todo el proceso productivo, se realizará una simulación con todos los parámetros establecidos

inicialmente y solo se modificara la frecuencia de llegada de la materia prima a la estación pertinente, de esta manera la modificación en el modelo propuesto queda así:

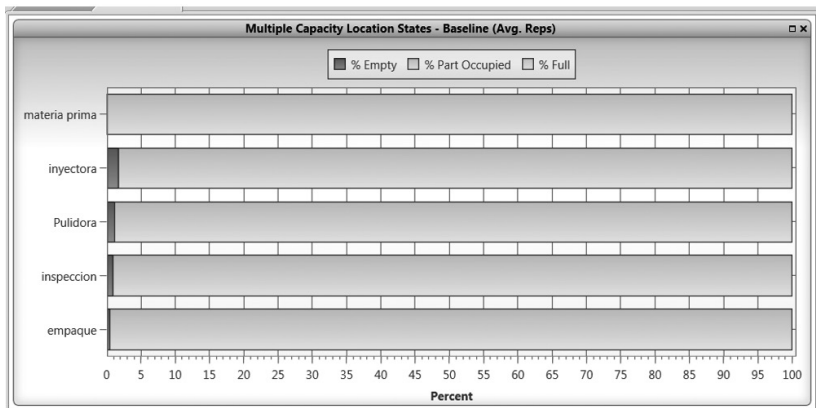
Figura 14. Llegada de la entidad a la estación



Entity...	Location...	Qty Each...	First Time...	Occurrences	Frequency	Logic...	(sab)
Plastico	materia_prima	150	0	inf	30		No

Al modificar las llegadas, se corre la simulación con el mismo número de réplicas y de horas de trabajo, y la capacidad de las estaciones en este modelo propuesto queda de la siguiente manera:

Figura 15. Reporte de Output viewer, capacidad de las estaciones

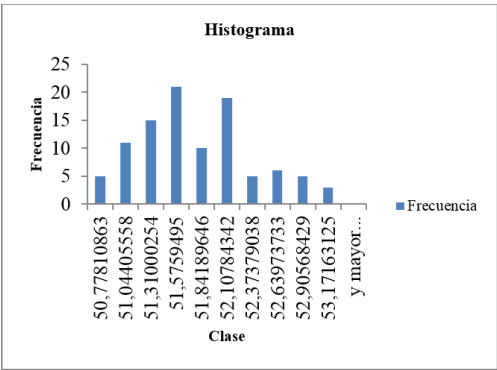


En estas estadísticas se puede observar que con solo minimizar el tiempo de llegada de la materia prima, todas las estaciones aumentan su eficiencia y su porcentaje de ocupación, logrando la eficiencia del sistema.

Finalmente, al realizar los mismos cálculos para obtener el histograma en el primer modelo, se tiene los siguientes datos:

Clase	Frecuencia
50,77811	5
51,04406	11
51,31	15
51,57595	21
51,8419	10
52,10784	19
52,37379	5
52,63974	6
52,90568	5
53,17163	3
y mayor...	0

Figura 16. Histograma de la variable WIP, modelo propuesto



De esta gráfica se evidencia una distribución normal con media de 52; al comparar las gráficas de ambos modelos se puede afirmar la eficiencia del sistema propuesto, pues aunque se duplica el trabajo en proceso, también se duplica la productividad de este, ya que se trabaja más rápido en las estaciones y se manejan más unidades al mismo tiempo, de esta manera acabando con los tiempos ociosos.

Conclusión

Se observó en la primera simulación del modelo actual, que había capacidad ociosa, por ello, en la segunda simulación, del modelo propuesto, se observó la manera en la que se podía aprovechar esa capacidad ociosa sin llegar a saturar el sistema y sin

cuellos de botella, es por esto que en el segundo modelo ya no se presentan esperas prolongadas del material; pues al cambiar el parámetro de tiempo de llegada de este, el sistema empezó a fluir con normalidad.

Referencias

1. Carrasco, H. (Agosto de 2012). Facultad de Ciencias Económicas y de Administración. [En línea] Disponible en: <http://www.ccee.edu.uy/jacad/2012/x%20area%20y%20mesa/METODOS%20CUANTITATIVOS/Mesa%202/1-Simulacion,%20algunos%20metodos%20y%20Aplicaciones.pdf>
2. Mejía, J. A. Fundamentos teóricos de simulación discreta. Pereira, Colombia, 2006.