

UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE



FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS APLICADAS

CARRERA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL

ARTÍCULO CIENTÍFICO

TEMA: OPTIMIZACIÓN DEL PROCESO DE PRODUCCIÓN DE MEDIAS CORTA
LOGO EN LA FÁBRICA “GARDENIA”

AUTOR: Daira Dalila Hermoso Ayala

DIRECTOR: MSc. Ing. Erik Orozco Crespo

Ibarra-Ecuador

2016

OPTIMIZACIÓN DEL PROCESO DE PRODUCCIÓN DE MEDIAS CORTA LOGO EN LA FÁBRICA “GARDENIA”

Dalila HERMOSO¹.

¹Dept. de Producción, Fábrica Gardenia, Barrio La Merced de San Roque vía a Quiroga, Atuntaqui, Imbabura, Ecuador.

fabricagardenia@andinanet.net

Daira Dalila Hermoso Ayala

Egresada de la Universidad Técnica del Norte Ingeniería Industrial

ddhermosoa@utn.edu.ec

MSc. Ing. Erik Orozco Crespo

Docente - Director de Tesis

Universidad Técnica del Norte

Ciudadela Universitaria, Av. Julio 17, Barrio El Olivo, Ibarra, Ecuador

eorozco@utn.edu.ec

Resumen. *La presente investigación fue realizada en la Fábrica Gardenia y persiguió como principal objetivo, el de detectar posibilidades de mejoras en el proceso de producción de medias a partir del diseño de un modelo de simulación. Lo anterior se viabilizó a partir de la aplicación de metodologías existentes en la literatura, tanto para el diagnóstico del sistema productivo como para el diseño del modelo en sí. Para ello se emplearon como principales herramientas informáticas: FlexSim, versión 7.7.4, en conjunto con sus herramientas ExperFit y Experimenter; SPSS, versión 21.0 y Microsoft Excel, versión 2013, las cuales facilitaron el diseño y procesamiento estadístico y matemático de la información.*

FlexSim permitió obtener de una manera sencilla y concreta, datos que la fábrica no conocía y son de fundamental importancia en la planificación de sus actividades, tales como: capacidades de producción locales y globales, porcentajes de utilización de sus recursos, porcentajes de la incidencia que tienen los paros en el objeto y medios de trabajo, entre otros. Por otra parte, la culminación de este trabajo demostró la factibilidad de aplicación de la simulación, en aras de facilitar la toma de decisiones con respecto a la optimización de recursos y su incidencia favorable en el nivel de productividad actual.

Palabras Claves

Administración de Operaciones, diagnóstico, simulación de eventos discretos, FlexSim.

1. Introducción

Fábrica Gardenia, es una empresa que actualmente desconoce las métricas de rendimiento en su gestión productiva, y se hacemos referencia en “lo que no se mide no se mejora”, se podría afirmar que esto ha ocasionado que la fábrica no pueda desarrollar planes de mejora que permitan medir y mejorar la eficiencia y eficacia con la que se encuentran trabajando.

Por otra parte, se tiene indicios de que la fábrica es considerada una de las más grandes dentro del campo de confección de calcetines, aun cuando la capacidad de esta no ha sido determinada, se desconoce el punto limitante del proceso y hasta el punto fundamental del mismo, es por esta razón que la asignación adecuada del personal junto con la planificación de la producción se han convertido en un verdadero reto para la fábrica.

La aplicación de la simulación en este tema de estudio se muestra justificada debido a que la empresa evidencia un problema de experimentación y con complejidad tecnológica. Gracias a las herramientas que posee *FlexSim*, como lo es *Experimenter*, es posible el diseño de varios escenarios, los cuales pueden ser evaluados a través de la herramienta *Optimizer*, también incluida en *FlexSim*, permitiendo así la optimización del proceso.

Lo resultados muestran confiabilidad debido a la aleatoriedad del sistema que toma en cuenta el software, la cual es analizada con la herramienta *Experfit*, además para garantizar resultados confiables, es necesaria la corrida de varias réplicas que permitan la estabilización de las variables analizadas.

2. Materiales y Métodos

2.1 Caracterización y diagnóstico de la gestión productiva

Caracterización general de la empresa

La caracterización general de la fábrica se realizó partiendo de la descripción de los factores internos: misión, visión, estructura organizativa, materia prima y cartera de productos y la descripción de los factores externos, tales como: principales clientes y proveedores, así como la posición de la organización con respecto a la competencia. Se clasificó al sistema como una producción por lotes que presenta una combinación contra pedido y contra almacén. Finalmente se describe el proceso productivo por cada una de sus operaciones.

Análisis de las exigencias técnico – organizativas

Dentro de esta etapa se analizaron exigencias tales como: la capacidad de reacción, la flexibilidad, la fiabilidad y la estabilidad. Donde se pudo detectar que se desempeña deficientemente en cuanto a capacidad de reacción y fiabilidad, es un sistema 90% flexible que se muestra bastante estable en costo de producción e ingresos.

Principios de la organización de la producción

En este análisis se pudo detectar que la Proporcionalidad de la Producción se ve afectada por la producción en lotes que tiene el sistema, a lo que se suma que se desconoce el punto limitante del proceso. Mientras que la Continuidad de la Producción se mostró afectada principalmente por las interrupciones que tienen las máquinas en la operación de formado, por esta razón se realizó a este principio un análisis más profundidad.

Precisión y enriquecimiento de los problemas que afectan la gestión de la producción

La precisión y el enriquecimiento del diagnóstico se realizó a través de entrevistas a los responsables de producción y encuestas al personal operativo y administrativo de la fábrica, manejando una muestra de 47 operarios y un censo al área administrativa.

Análisis de discontinuidad en la operación de formado

Para el análisis de la discontinuidad se acudió a las opiniones de 8 expertos, a través de los cuales pudo sintetizarse las causas de los paros en las máquinas representadas en un diagrama causa – efecto, mediante el método AHP de Saaty se ordenaron por prioridad y se eligieron las 5 causas principales para el estudio.

2.2 Diseño del modelo de simulación y optimización del sistema

Definición de los objetivos, alcance y requerimientos

Las operaciones de formado y cosido fueron consideradas como alcance de este trabajo. Además se definieron objetivos para la simulación (general y específicos) y objetivos para la toma de decisiones los cuales constituyen las variables en el proceso de optimización.

Recolección y análisis los datos del sistema

Los datos se dividieron en dos categorías: estructurales y numéricos. Los primeros destinados a la definición de los elementos del sistema y los segundos a la toma de datos y análisis estadístico de los mismos.

Construcción del modelo de simulación

Para la construcción del modelo se hizo uso de los datos recolectados, se programaron los *Fixed Resources* y los *Task Executors* junto con otras funcionalidades de *FlexSim* que permitieron el adecuado funcionamiento del modelo.

Validación del modelo

La validación del modelo se garantizó en primera instancia a partir de la propia programación del mismo, mediante la creación de *dashboards* y el análisis de las estadísticas obtenidas en estos y por último a través de un análisis hipotético de igual de medias entre los datos de producción actual y la producción obtenida en el modelo para una prueba del 87% y 68% de maquinaria en funcionamiento.

Análisis de sensibilidad

Se determinó un tiempo de *warmup* para el modelo de 604800 segundos (una semana) a través de la estabilización de las variables de respuesta siguientes: Rendimiento Formado, Total Output Formado, Input Cosido, Rendimiento Cosido y WIP Formado - Cosido. Se realizó una corrida piloto de diez réplicas a través de las cuales pudo evidenciarse que las diez réplicas eran suficientes para obtener estadísticas confiables.

Análisis de optimización

El diseño del proceso de optimización se realizó tomando como variables el número de enebradores y viradores a trabajar en cada subsección de trabajo. El *Lower* y el *Upper Bound* fueron definidos desde el proceso de validación del modelo. Se añadieron restricciones relacionadas con el porcentaje de desocupación de los enebradores y viradores

de forma tal que esta variable no supere el 80% y el 30%, respectivamente.

Finalmente se plantearon dos funciones objetivo: maximizar el valor de la producción en la operación de formado y minimizar los gastos por concepto de sueldos en la misma operación. Se marcó la opción *Pattern* para buscar un aproximado al óptimo de Pareto que quedó planteado de la siguiente manera: el 80% del incremento de los Ingresos se logra con tan sólo un incremento del 20% de los Gastos, respecto al Escenario Actual.

Análisis de resultados del desempeño del Escenario Actual

Los resultados del desempeño del Escenario Actual fueron analizados para cada una de las subsecciones, y se analizaron como estadísticas de vital importancia las siguientes: % de *breakdown* de las máquinas, % de espera por un recurso tanto de las máquinas como de las fundas, % de procesamiento, % de *idle* del virador, rendimiento de la subsección expresado en docenas/minuto y la cantidad defectuosa producida en la sección.

Finalmente se analizaron los resultados globales de la operación de formado dando como resultado que el Total *Output* es de 26163 docenas (3.55 docenas/min) y de la operación de cosido y remallado que tiene un *input* de 3.52 docenas/min y un rendimiento de 3.46 docenas/min. La interacción entre las dos operaciones dio como resultado un inventario promedio en proceso de 1680 docenas.

Aquí también se logró determinar además de la capacidad de la operación de formado, las capacidades por sección y subsección de trabajo y finalmente por tipo de media.

Resultados obtenidos en el proceso de optimización

El análisis de optimización arrojó cuatro posibles soluciones que permiten el cumplimiento de los objetivos planteados, de las cuales la solución nueve fue considerada la más factible debido al cumplimiento del Óptimo de Pareto, esta solución consiste en aumentar un enebrador y quitar un virador en la sección A y aumentar un enebrador en la sección B. Con ello permite el incremento del valor de la producción en un 73,23% con tan solo un incremento en los gastos del 23,10%.

Propuesta de mejoras

En resumen se propone como mejora:

- Analizar si existe la posibilidad de que dos trabajadores de la fábrica puedan ser capacitados y ocupar un nuevo puesto como enebradores en las Secciones A y B, de lo contrario se contratarían dos nuevos trabajadores para este puesto.
- Asignar la tarea de colaborar con la actividad de virado en la Subsección D1 al trabajador denominado Control

1, en lugar de continuar colaborando en la actividad de virado en la Sección A.

- Asignar la tarea de colaborar con la actividad de virado en la Sección C al trabajador denominado Control 2.
- Mantener la cantidad de trabajadores que se tienen actualmente en el resto de las subsecciones de trabajo.

3. Resultados

TABLA DE RESULTADOS				
SECCIÓN	VARIABLE	MEDIA (Escenario Actual)	MEDIA (Solución 9)	Diferencia
SA	Breakdown (%)	2,72	2,45	-0,27
	Processing (%)	71,33	89,2	17,87
	WOM (%)	25,95	8,3	-17,65
	IE (%)	30,3	52,2	21,9
	WOC (%)	8,79	94,4	85,61
	WTC (%)	0,21	0,26	0,06
	WTCC (%)	0,31	1,07	0,76
	IVs promedio (%)	40,1	0	-40,1
	Rendimiento (doc/min)	1,0312	1,2466	0,2154
	Defectuosa (u)	5883	7324	1441
SB	Breakdown (%)	2,79	1,75	-1,04
	Processing (%)	69,99	93,6	23,61
	WOM (%)	27,21	3,9	-23,31
	IE (%)	33,7	75,9	42,2
	WOC (%)	21,7	47,8	26,1
	WTC (%)	0,22	0,27	0,05
	WTCC (%)	0,58	0,95	0,37
	IV1 (%)	24,98	1,2	-23,78
	IV2 (%)	42,64	24,8	-17,84
	Rendimiento (doc/min)	0,5988	0,7947	0,1959
Defectuosa (u)	5791	7872	2081	
Operación de Formado	Rendimiento Formado (doc/min)	3,5451	3,928	0,3829
	Total Output (docena)	26163	28986	2823
Operación de Cosido	Input Cosido (doc/min)	3,519	3,751	0,232
	Rendimiento Cosido (doc/min)	3,4564	3,523	0,0666
Formado y Cosido	WIP Formado-Cosido (docena)	1680	2320	640
Resultados finales	Valor de la producción (\$/semana)	250.879,00	269.399,00	18.520,00
	Gasto sueldos (\$/semana)	4.946,22	5.280,00	333,78

Figura 1. Tabla de comparación de resultados entre el escenario actual y el propuesto.

En la figura 1, se observa como aumentan los porcentajes de *processing* de las máquinas y disminuye el tiempo de espera que tienen las mismas por el enebrador para el arreglo de los paros. El *idle* de los viradores disminuye y el porcentaje de espera de las fundas aumenta, este incremento no representa un problema puesto que se aprovecha de mejor manera el uso de los recursos y el resultado final es favorable.

En general, se puede observar como la operación de formado muestra un incremento en su rendimiento de 0.3829 docenas/min (2823 docenas/semana), esto también influye favorablemente en la operación de cosido porque permite el incremento de su rendimiento en 0.0666 docenas/min.

Estos resultados son los que inciden en una mejora económica, llevando el valor de la producción de 250879,00 \$/semana a 269399,00 \$/semana con tan solo el incremento en sus gastos de 333,78 \$/semana (23.10%).

4. Conclusiones

1. El estudio realizado para la confección del Marco Teórico confirmó la existencia de las amplias posibilidades de aplicación de la simulación de eventos discretos en la toma de decisiones dentro de los procesos de producción, en vistas de lograr el óptimo uso de los recursos disponibles y un mejor desempeño de las principales métricas de rendimiento de estos procesos.

2. La herramienta aplicada para el diagnóstico del sistema de producción permitió caracterizarlo y clasificarlo adecuadamente, además de detectar los principales problemas que afectan la gestión desde una perspectiva sistémica. Se logró determinar como punto fundamental la operación de formado, el deficiente comportamiento del sistema frente a los plazos de entrega, la alta flexibilidad del sistema, así como otros problemas relacionados con la programación de la producción.

3. Las herramientas multicriterios empleadas en el diagnóstico permitieron detectar las principales causas que afectan el trabajo continuo de la maquinaria en la operación de formado. Se destacaron, en orden de prioridad, la planificación del mantenimiento, la calidad del material, las fallas mecánicas, errores electrónicos y desabastecimiento de materia prima.

4. Mediante el modelo de simulación construido se logró determinar las capacidades de producción actual que tiene la fábrica, para el total de la operación de formado, por sección y subsección de trabajo y por tipo de media. Además, permitió identificar las secciones y subsecciones que constituyen las mejores oportunidades de mejora para la Operación de Formado.

5. El proceso de optimización desarrollado en el *Experimenter* viabilizó la toma de decisiones a favor de la Solución 9, con la cual se logran elevar el valor de la producción en un 73.57% (18520 \$/semana), con tan sólo un incremento en los gatos por concepto de salario en un 23.11% (333.78 \$/semana). Esta solución eleva el rendimiento en la Operación de Formado hasta un 3.766 docenas/minuto, y a su vez, mejora la continuidad de trabajo en la operación.

Referencias Bibliográficas

- [1] Rockwell Automation. (2016). *Arena Simulation Software*. Recuperado el Febrero de 2016, de <https://www.arenasimulation.com/what-is-simulation/discrete-event-simulation-software>.
- [2] FlexSim Problem Solved. (2014). *FlexSim User Manual*. Recuperado el Febrero de 2016, de https://www-docs.tu-cottbus.de/informationssysteme/public/Lehrveranstaltungen/ISU/PLogistik/FlexSim_7_manual.pdf
- [3] FlexSim Problem Solved. (2015). *Software de Simulación*. Recuperado el Febrero de 2016, de <https://www.flexsim.com/es/simulation-software/>
- [4] García Dunna, E., García Reyes, H., & Cárdenas Barrón, L. (2013). *Simulación y Análisis de Sistemas con ProModel*. México: PEARSON.
- [5] García, M. (2013). Dirección y Gestión de la Producción. Una aproximación mediante la simulación.
- [6] Guasch Petit, A., Piera, M., & Casanovas, J. (2005). Modelado y Simulación: Aplicación a procesos logísticos de fabricación y servicios. Barcelona: Edicions UPC.
- [7] Guerrero Hernández, M. A., & Henriques Librantz, A. F. (2014). Simulación de eventos discretos de la cadena logística de exportación de commodities. *Ingeniare. Revista chilena de ingeniería*.
- [8] Hasan, S., & Al-Hussein, M. (2010). Advanced simulation of tower crane operation utilizing system dynamics modeling and lean principles. En S. Hasan, & M. Al-Hussein (Ed.), *Winter Simulation Conference of 2010*. Yücesan.
- [9] Krajewski, L., Ritzman, L., & Malhotra, M. (2008). *Administración de operaciones: Procesos y cadenas de valor*. México: Pearson Education.
- [10] Rockwell Automation. (2016). *Arena Simulation Software*. Recuperado el Febrero de 2016, de <https://www.arenasimulation.com/what-is-simulation/discrete-event-simulation-software>
- [11] Bohórquez Majías, P. R. (2009). Simulación de Líneas de Producción y Servicios Mediante el Uso PYTHON- SIMPY. Venezuela.
- [12] Camacho, J. (Marzo de 2010). [www.scielo.sa.cr](http://www.scielo.sa.cr/pdf/amc/v50n1/3700.pdf). Obtenido de <http://www.scielo.sa.cr/pdf/amc/v50n1/3700.pdf>
- [13] FlexSim Problem Solved. (2014). *FlexSim User Manual*. Recuperado el Febrero de 2016, de https://www-docs.tu-cottbus.de/informationssysteme/public/Lehrveranstaltungen/ISU/PLogistik/FlexSim_7_manual.pdf
- [14] FlexSim Problem Solved. (2015). *Software de Simulación*. Recuperado el Febrero de 2016, de <https://www.flexsim.com/es/simulation-software/>
- [15] García Dunna, E., García Reyes, H., & Cárdenas Barrón, L. (2013). *Simulación y Análisis de Sistemas con ProModel*. México: PEARSON.
- [16] García, M. (2013). Dirección y Gestión de la Producción. Una aproximación mediante la simulación.
- [17] Librantz, A. F. (2014). Simulación de eventos discretos de la cadena logística de exportación de commodities. *Ingeniare. Revista chilena de ingeniería*.
- [18] Hasan, S., & Al-Hussein, M. (2010). Advanced simulation of tower crane operation utilizing system dynamics modeling and lean principles. En S. Hasan, & M. Al-Hussein (Ed.), *Winter Simulation Conference of 2010*. Yücesan.

- [19] Krajewski, L., Ritzman, L., & Malhotra, M. (2008). *Administración de operaciones: Procesos y cadenas de valor*. México: Pearson Education.
- [20] Marrero, F., Abreu, R., Taborda, B., Bravo, F., Mejía, D., & Grau, R. (2002). *Simulación de Sistemas*. Manizales.
- [21] Piera, M. A., Guasch, T., Casanovas, J., & Ramos, J. J. (2006). *Cómo mejorar la logística de su empresa mediante la simulación*. Madrid: Ediciones Díaz de Santos, S.A.
- [22] Render, B., & Heizer, J. (2009). *Principios de Administración de operaciones*. México: Pearson Education.
- [23] Saaty, T. L. (1981). *The Analytic Hierarchy Process*. New York: McGraw Hill.
- [24] Salazar Guerrero, A. (2010). *cursos.aiu.edu*. Obtenido de <https://cursos.aiu.edu/Simulacion%20de%20Eventos/PDF/Tema%204.pdf>
- [25] Schroeder, R. G., Meyer Goldstein, S., & Rungtusanatham, M. J. (2011). *Administración de operaciones: Conceptos y casos contemporáneos*. Mc Graw Hill.
- [26] SIMCORE. (2015). *Software de Simulación "AUTOMOD"*. Recuperado el Febrero de 2016, de <http://www.simcore.fr/es/automod-software.asp>
- [27] Urquía, A., & Martín, C. (2013). *Modelado y Simulación de Eventos Discretos*. Madrid.