

# Simulación de procesos productivos para la optimización de la productividad en las empresas de la ciudad de Acacías - Meta

Oscar Mauricio Cepeda Rosas  
Luz Mery Roza Gutierrez  
Ingeniería Industrial  
Universidad UNAD, Colombia  
oscar.cepeda@unad.edu.co  
luz.rozo@unad.edu.co

Sebastián Gustavo Moreno  
Ciencias Básicas  
Universidad Sato Tomás, Colombia  
sebastianmorenob@usantotomas.

## **Resumen**

En la era de la digitalización y la globalización, en los últimos años, se han desarrollado diversas herramientas tecnológicas de innovación que han hecho posible que las industrias incorporen dentro de sus procesos productivos modelos de simulación, con el fin de realizar toma de decisiones que le permitan extraer conclusiones del comportamiento dentro de un sistema productivo. De un lado, en este trabajo se expone la puesta en marcha de la aplicación de herramientas tecnológicas de simulación a eventos discretos en las empresas del sector productivo del municipio de Acacías Meta. De otro lado, una perspectiva teórica relevante es vincular los procesos de simulación en pequeñas, medianas y grandes empresas, puesto que, para alcanzar los niveles competitivos y ventajas innovadoras, se requiere la adopción de herramientas de gran impacto en los procesos de toma de decisiones y justamente la simulación de procesos productivos entendida como un conjunto de técnicas, métodos y aplicaciones que busca simular sistemas reales con el apoyo de computadoras y software especializados para el modelaje de un sistema dentro una organización.

Ahora, un reto emergente en las empresas del sector industrial es la aplicación de herramientas para la toma de decisiones, a través de software

de simulación teniendo en cuenta las ventajas que trae consigo el simular procesos productivos.

Para tal efecto, se realizó una revisión sistemática de la literatura (RSL) y se estableció una ecuación de búsqueda en Bases de datos como Scopus, ScienceDirect, se identificó un total de 74 documentos entre artículos y capítulos de libro, el análisis de estos permitió sintetizar algunos de los hallazgos más relevantes relacionados con la simulación de procesos productivos y la optimización de procesos.

**Palabras clave— eventos discretos, simulación, procesos, empresa, optimización**

## **Abstract**

In an era of digitalization and globalization, there are many innovative and technological tools. These tools have been developed in the last 30 years; also these tools make possible that industries introduce into their productive processes simulation models. The simulation has the purpose to enhance better decision making processes and more effective ways to assign their resources, also let companies to make some statements related with the productive process behavior. On one side, this document proposes the use of software such as FELXSIM, software that uses simulation under discrete events, to perform simulations in companies from

productive sector located in Acacías. On the other hand, as a theoretical prospective is the link between SME's and simulation, this is because of competitive levels, if SME's are interested in reach competitive levels, as well as, competitive advantages, SME's are requested to implement higher impact tools in the decision making processes. One of these tools is the simulation of productive processes, by definition, simulation is a group of techniques, methods and applications that want to simulate real systems with the support of computers and software designed with this purpose simulate a system within an organization.

The challenge for the SME's is the use of this kind of tools into their decision making process, it is an advantage for SME's this particular application of technology, In order to perform the implementation of its strategies within enterprises, the research about similar studies has been perform through data bases such as Scopus and Science Direct. The results of the research reveals that 74 documents where reviewed, documents between articles and book chapters, and its analysis lend systematize some findings related with processes simulation and optimization under the light of discrete events.

**Keywords— Discrete events, simulation, process, enterprises, optimization.**

## I. INTRODUCCIÓN

Una de las consecuencias de la globalización ha sido el desarrollo tecnológico, la tecnología ha llegado a nuestras vidas y se ha convertido en parte de ella, de la misma manera, nuestro día a día ha empezado a registrar el uso de diferentes y cada vez mejores desarrollos que han hecho nuestra cotidianidad más sencilla, nuevos y mejores desarrollos tecnológicos han hecho posible el desarrollo del concepto de innovación, de igual manera la industria ha desarrollado innovaciones para sus procesos productivos y en terrenos de la toma de decisiones y del diseño y desarrollo de procesos y productos se han conseguido importantes innovaciones [1]. En este sentido, la simulación se ha convertido en una de las herramientas de mayor impacto en los

procesos de toma de decisiones, en la actualidad encontramos una diversidad de plataformas que ofrecen diferentes posibilidades de toma de decisiones en diferentes áreas.

En cualquier organización, la toma de decisiones es un proceso de vital importancia, el resultado de estos procesos es determinante a cualquier nivel de cualquier empresa, sin importar el tamaño que esta tenga [2], por otra parte, en economías emergentes es también importante que las pequeñas y medianas empresas cuenten con sistemas que les permita desarrollar un adecuado proceso de toma de decisiones que no signifique una alta inversión en ensayos, pero que si le permitan a las empresas efectuar ensayos de sus procesos productivos y encontrar una respuesta a la, cada vez más creciente, competitividad en las industrias.

La llegada de la globalización, y con ella, la innovación, hizo posible que el sector productivo echara una mirada a la competitividad, “grado en el que una nación puede, bajo condiciones de mercado libres y justas, producir bienes y servicios que cumplan con las pruebas de mercado internacionales, y simultáneamente mantener o ampliar el ingreso real de sus ciudadanos” [3]. Una de las herramientas que con más frecuencia se utiliza en las empresas, para la toma de decisiones asertivas que contribuyan al incremento de la productividad de estas es la simulación.

Existen diferentes estudios y diferentes trabajos acerca de los diferentes simuladores que se encuentran actualmente; igualmente, existen diferentes técnicas de simulación discreta y diseño de experimentos en el estudio de sistemas productivos, es así como se ha logrado evaluar la interacción de las variables de diferentes procesos con el objeto de mejorar su eficiencia operativa [4]; Rivadeneira (2017), citado en Peña y Ariza [2], se realizó la simulación del proceso de recepción de materia prima de una empresa de curtiembre, y se desarrollaron dos modelos de simulación: el primero, del funcionamiento actual del proceso, y el segundo del proceso automatizado, con ello se obtendría un incremento en la productividad, principalmente en la reducción de tiempos en cada operación y

adicionalmente disminución en los costos de producción.

Recientemente se ha discutido acerca de la utilidad que brindan las técnicas de diseño de experimentos para el análisis de modelos de simulación, principalmente cuando se cuenta con muchos factores o se quiere analizar si existen iteraciones importantes entre ellos o alguna relación no lineal influyente

## II. Simulación

La ingeniería industrial se encuentra estrechamente relacionada con los procesos productivos, la optimización de los recursos, entre otros, es por ello hoy en día que las empresas buscan la manera de entender detalladamente sus procesos productivos, recurriendo así a la simulación o modelado a través de herramientas tecnológicas y software especializados que permiten dar solución a la toma de decisiones. Es aquí donde la computadora juega un papel muy importante dentro de una empresa, dependiendo de sus atributos y especificaciones contribuyen al auge de la simulación de los procesos productivos. Según Gottfried la simulación se considera como una actividad mediante la cual se pueden extraer conclusiones acerca del comportamiento de un sistema, estudiando el comportamiento de un modelo, cuyas relaciones de causa y efecto son las mismas (o similares) a las del sistema original [5], esta técnica se ha implementado en la combinación de la estrategia Lean & Green aplicada a un sistema de producción de piezas en el sector automotriz (Diaz et al., 2013), también para mejorar la productividad, logrando identificar y disminuir los cuellos de botella en las líneas de producción de una fábrica de pintura (Zahraee et al., 2014), entre otros.

Entre los distintos tipos de procesos de simulación, se encuentran los tipos basados en el uso de ecuaciones matemáticas y estadísticas, conocido como simulación de eventos discretos. Este proceso consiste en relacionar los diferentes eventos que pueden cambiar el estado de un sistema bajo estudio por medio de distribuciones de probabilidad y condiciones lógicas del problema que se esté analizando. Por ejemplo, un

proceso de inspección donde sabemos estadísticamente que 0.2% de los productos tiene algún tipo de defecto puede simularse con facilidad mediante una simple hoja de cálculo, considerando estadísticas de rechazos y productos conformes, y asignando una distribución de probabilidad con 0.2% de oportunidad de defecto para cada intento de inspección. [1]

## III. METODOLOGÍA

Esta investigación tiene un enfoque cuantitativo, el estudio que se realizará es de carácter exploratorio, debido a la escasez de este tipo de estudios en el municipio de Acacías, y servirá como insumo para el desarrollo de posteriores estudios correlacionales. [7]



Figura 2. Layout Factory Simulation [8]

El objetivo de esta propuesta de investigación es identificar y optimizar los factores de producción que influyen en el desempeño productivo de las empresas del municipio de Acacías Meta, así como la determinación del tiempo de flujo promedio de las unidades fabricadas en un sistema productivo mediante modelos de simulación discreta

En la actualidad existen diferentes modelos para representar las etapas de un proceso de simulación, entre los más conocidos se encuentran los pertenecientes a autores como Pegden, Shannon y Sadowski (1995), Law y Kelton (1991) y finalmente el modelo de Banks, Carson y Nelson (1996). [8] tomando como base el modelo propuesto por Banks, Carson y Nelson (1996), en la Figura 1. Se establecen las etapas del proceso de simulación a seguir en las diferentes empresas del municipio de Acacías.

En la Etapa 1, formulación del problema, se hará uso de estudios previos realizados a través

de los cuales se han caracterizado las empresas que realizan sus operaciones en el municipio de Acacías, dentro de estos estudios previamente se han identificado cuatro actividades con mayor número de empresas, estas actividades son: transporte de carga por carretera, bancos comerciales, transporte de pasajeros y cultivo de palma para aceite y otros frutos oleaginosos. Inicialmente, se deben realizar visitas a estas empresas con el fin de realizar el levantamiento de los procesos productivos, así como también, la definición de las variables que intervienen dentro del proceso productivo y de esta manera, definir el enunciado del problema; enunciado que es proporcionado por un cliente, también es importante que el cliente tenga una comprensión total y esté de acuerdo con el planteamiento inicial. Fundamentalmente se hará uso de la metodología de marco lógico para el planteamiento de árbol de problemas, herramienta que facilitará la siguiente etapa de planteamiento de los objetivos [8]

En esta etapa, mediante el uso de software de simulación FLEXSIM, se realizan sugerencias que se preparan par la aprobación del cliente. Incluso con todas estas precauciones, es posible que el enunciado del problema tenga que ser formulado nuevamente a medida que el proceso de simulación progresa.[8]

En la etapa 2 se desarrolla el planteamiento de los objetivos para cada caso de estudio, cada una de las empresas requerirá estudios diferentes, en esta etapa también se establecen los objetivos, los cuales deben indicar las preguntas que debe responder el estudio de simulación. Así como también, se deben contemplar los distintos escenarios que se deben estudiar. En esta etapa se hará uso del árbol de problemas, metodología desarrollada en la primera etapa.[8]

Una vez se han desarrollado los objetivos que se persiguen con la simulación, se desarrolla la etapa 3, el diseño del modelo conceptual, este diseño corresponde a una abstracción del proceso productivo real, se establecerán una serie de relaciones matemáticas y lógicas correspondientes a la estructura y los componentes de cada sistema a estudiar. [8]

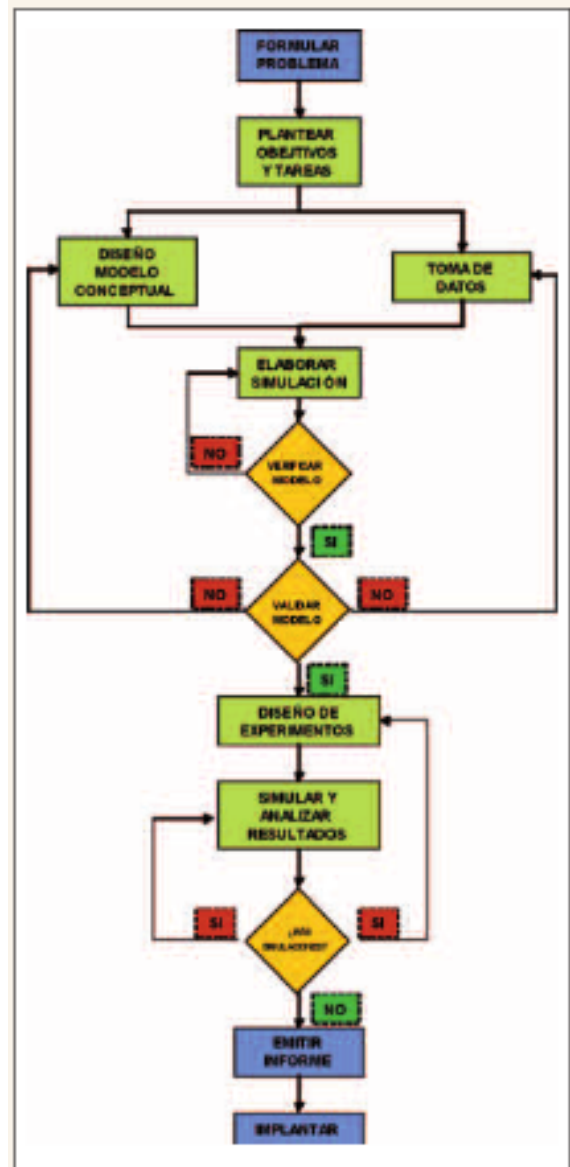


Figura 1. Etapas de un proceso de simulación [8]

En la etapa 4 se desarrolla la toma de datos que corresponde a la visita a las diferentes empresas que requieren el estudio, estas visitas tienen como propósito la recolección de datos esencialmente numéricos que detallan los diferentes pasos del proceso productivo, esto es importante de realizar debido a que el cliente no posee estos datos o los datos que si posee no son los requeridos. En estos casos, será necesario recoger los datos empleando las herramientas y manuales oportunos en cada caso.[8]

La etapa 5 corresponde al desarrollo de la simulación en el software FLEXSIM, esta simulación es el resultado del modelado de los datos recogidos en la etapa 4 del desarrollo de cada proyecto. La etapa 6 consiste en la validación del modelo, etapa en la cual se ajustan los datos obtenidos en la simulación a la realidad. La pregunta a realizarse es ¿puede el modelo conceptual sustituir al modelo real para los propósitos del proyecto? En el caso de tener un sistema real físico, se podría comparar resultados de la simulación con el valor real. [8]

En la etapa 7 se realiza un diseño de experimentos, el cual determina el número de repeticiones necesaria para cada escenario que se simula, su duración y los parámetros que se han de analizar, una gran cantidad de información un programa de simulación aporta mucha información, por tanto, es completamente necesario filtrar la misma, quedándose sólo con lo necesario.

A continuación, se desarrolla la etapa 8 que corresponde al análisis de la información recolectada a partir de las simulaciones o de los experimentos realizados, de las conclusiones extraídas de este análisis se desarrollan las propuestas de optimización de los procesos productivos, en esta etapa se desarrollan nuevas simulaciones con los ajustes o las mejoras propuestas para cada modelo simulado y se realizan nuevas simulaciones de estas propuestas; de esta manera se realizan correlaciones entre los datos recolectados de la simulación inicial y la simulación propuesta y así establecer la eficacia de la optimización propuesta. [9]

En la etapa 9 se realizan los informes y se reúne la información analizada con el fin de ser entregada de forma clara y concisa al cliente. Así, el cliente podrá realizar los análisis correspondientes, realizar toma de decisiones a partir de los datos de partida, los distintos escenarios planteados, y finalmente los resultados obtenidos de cada uno de las simulaciones.

Y por último, pero no menos importante, la etapa 10 que corresponde a la implementación de la optimización propuesta, esto como resultado del proceso de toma de decisiones de acuerdo a

los resultados exhibidos en la etapa 9, la documentación entregada constituye el insumo que ayudará a tomar una decisión, o simplemente será la base para implementar físicamente el escenario planteado mediante simulación.

## IV. CONCLUSIONES

La simulación de eventos discretos ofrece una gran herramienta que bien empleada es confiable para la optimización de los procesos productivos, así como para los procesos de toma de decisiones. Los procesos de toma de decisiones generalmente involucran cambios muy importantes en el sistema productivo, cambios que, a su vez, involucran importantes inversiones económicas.

La simulación constituye un “banco de pruebas” que nos permite gestionar el riesgo en la toma de decisiones.

Por otra parte, la simulación ayuda a mejorar los procesos y sus resultados: decidir correctamente, diagnosticar problemas, estudiar con facilidad diferentes posibilidades, visualizaciones 3D, conformación de equipos de trabajo, pronosticar nuevas situaciones ante cambios.

La simulación también permite la búsqueda de la Optimización del proceso, balanceo de líneas de producción, estudio y análisis de almacenes, diseño de sistemas de inventarios: necesidades, dimensionamiento de espacios; distribución de cargas de trabajo, identificación de cuellos de botella, dimensionamiento y ubicación de bandas transportadoras, planificación y gestión apoyadas en modelos predictivos, entre otras muchas bondades.

## REFERENCIAS

- [1] Garcia Dunna, E., Garcia Reyes, H. y Cárdenas Barrón, L. E. (2006) Simulación y análisis de sistemas con ProModel. (1ª. ed.) Pearson Educación.
- [2] Peña Ariza, L. V., & Felizzola Jimenez, H. A. (2020). Optimización de la capacidad de producción en una empresa de alimentos usando simulación de eventos discretos. *INGENIARE - Revista Chilena de Ingeniería*, 28(2), 277–292.
- [3] Sipper, D, Bulfin, R. L. (1998) Planeación y control de la producción. Mc Graw Hill. México D.F. : Mexico

- [4] Oviedo-Trespalcios, O., & Peñabaena, R. P. (2015). Optimización de sistemas simulados a través de técnicas de superficie de respuesta. *INGENIARE - Revista Chilena de Ingeniería*, 23(3), 421–428.
- [5] INZUNSA CAZARES, S., & JIMÉNEZ RAMÍREZ, J. V. (2013). Caracterización Del Razonamiento Estadístico De Estudiantes Universitarios Acerca De Las Pruebas De Hipótesis. *Revista Latinoamericana de Investigación En Matemática Educativa*, 16(2), 179–211. <https://doi-org.bibliotecavirtual.unad.edu.co/10.12802/relime.13.1622>
- [6] Oviedo-Trespalcios, O., & Peñabaena, R. P. (2015). Optimización de sistemas simulados a través de técnicas de superficie de respuesta. *INGENIARE - Revista Chilena de Ingeniería*, 23(3), 421–428.
- [7] Hernández Sampieri, R., Fernández Collado, C., & Baptista Lucio, P. (2014). *Metodología de la investigación*: Roberto Hernández Sampieri, Carlos Fernández Collado y Pilar Baptista Lucio (6a. ed. --). México D.F.: McGraw-Hill.
- [8] Castrillón, J. V. (2008). LA SIMULACIÓN DE PROCESOS, CLAVE EN LA TOMA DE DECISIONES. (Spanish). *DYNA - Ingeniería e Industria*, 83(4), 221–227.
- [9] Mesa-Fernández, J.-M. et al. (2020) ‘Los procesos productivos basados en impresión 3D frente a metodologías convencionales: un análisis comparativo en el sector de la construcción. (Spanish)’, *DYNA - Ingeniería e Industria*, 95(3), pp. 299–304. doi: 10.6036/9504.

## **Autores**

Ingeniero industrial de la Universidad Católica de Colombia, Magister en administración de negocios (MBA) de Central Queensland University of Australia, auditor líder certificado por Icontec y la Universidad de América; editor de revistas científicas de alto impacto, *Unversia – Scimago SJR*; coordinador de grupos de investigación, docente de cátedra en modalidades presencial y virtual, decano de facultad.