

## Simulación de eventos discretos como estrategia para la optimización de procesos en la industria textil: Una propuesta metodológica

### Discrete event simulation as a strategy for process optimization in the textile industry: A methodological proposal

Rogelio Zarza Díaz <sup>a</sup>

---

#### Abstract:

The article explores the implementation of Discrete Event Simulation (DES) as an optimization strategy within the textile industry, with a focus on its application in manufacturing companies located in northern Mexico State. In an industry facing challenges such as foreign competition, high production costs, and stringent government regulations, DES emerges as a critical tool for enhancing operational efficiency and enabling data-driven decision-making. The study examines current trends, emphasizing the role of digitalization and Industry 4.0 integration as key factors in strengthening the sector's competitiveness. A review of prior research highlights the advantages of DES, including process optimization, waste reduction, and improved production planning. The paper presents a strategic framework for implementing DES in textile manufacturing, covering key aspects such as initial diagnostics, selection of simulation tools, data collection, model development, and scenario evaluation. It also underscores the need to overcome barriers such as the initial investment in technology, workforce training, and resistance to change. The findings conclude that DES not only enhances operational efficiency but also empowers companies to better adapt to market fluctuations and improve long-term sustainability. Despite its challenges, adopting this methodology represents a significant opportunity to modernize Mexico's textile sector and strengthen its competitive positioning in international markets.

#### Keywords:

Discrete Event Simulation, Process Optimization, Textile Industry

---

#### Resumen:

El artículo aborda la implementación de la Simulación de Eventos Discretos (SED) como una estrategia de optimización en la industria textil, enfocándose en su aplicación en empresas del norte del Estado de México. En un contexto donde la industria textil mexicana enfrenta retos como la competencia extranjera, altos costos de producción y regulaciones gubernamentales, la SED se presenta como una herramienta clave para mejorar la eficiencia operativa y la toma de decisiones basada en datos. Se analizan tendencias actuales, destacando la digitalización y la integración de la Industria 4.0 como elementos clave para fortalecer la competitividad del sector. Se revisan estudios previos que evidencian los beneficios de la SED en la optimización de procesos, reducción de desperdicios y mejora en la planificación de la producción. El documento desarrolla un marco estratégico para la implementación de SED en la industria de confección textil, abordando diagnóstico inicial, selección de herramientas de simulación, recolección de datos, construcción de modelos y evaluación de escenarios. Se enfatiza la necesidad de superar barreras como la inversión inicial en tecnología, la capacitación del personal y la resistencia al cambio. Las conclusiones resaltan que la SED mejora la eficiencia operativa, facilita la adaptación a fluctuaciones del mercado y contribuye a la sostenibilidad empresarial. A pesar de los desafíos, su adopción representa una oportunidad significativa para la modernización del sector textil mexicano y su posicionamiento competitivo en mercados internacionales.

#### Palabras Clave:

Simulación de Eventos Discretos, Optimización de procesos, Industria Textil

---

#### Introducción

#### Contexto general de la industria textil en México

La industria textil mexicana atraviesa un proceso de transformación impulsado por nuevas políticas

---

<sup>a</sup> Autor de Correspondencia, Tecnológico de Estudios Superiores de Jilotepec | Ingeniería Industrial | Jilotepec-Estado de México | México, <https://orcid.org/0000-0003-2320-5570>, Email: ronilo\_zd@hotmail.com

gubernamentales que buscan fortalecer la producción nacional, protegerla de la competencia desleal y mejorar su competitividad a nivel global. Entre las medidas implementadas se encuentra la imposición de aranceles estratégicos para frenar la subvaluación de mercancías y combatir el contrabando, factores que han afectado al sector en los últimos años (Marcial Pérez, 2024). En este sentido, la Secretaría de Economía ha elevado los aranceles entre un 5% y un 50% en 544 fracciones arancelarias, abarcando productos textiles, confección, calzado, acero y aluminio.

Estas acciones no solo buscan equilibrar el mercado interno, sino también fortalecer diversas industrias nacionales frente a la importación de productos a precios desleales (Romero L., 2024). Como resultado, se proyecta un crecimiento significativo en las exportaciones de textiles, especialmente hacia Estados Unidos. La Cámara Nacional de la Industria del Vestido (CANAVE) prevé un incremento del 20% en las exportaciones y un aumento del 15% en la producción nacional, impulsando el desarrollo del sector, fortaleciendo el mercado interno y generando nuevas oportunidades de empleo. En este contexto, resaltó que las medidas arancelarias permitirán recuperar la competitividad de las empresas mexicanas y potenciar su acceso a nuevos mercados internacionales. Asimismo, la industria del vestido proyectó un cierre del 2024 con exportaciones superiores a los 7 mil millones de dólares, un crecimiento que refuerza el papel de México como un importante proveedor de productos textiles en el mundo (Esquivel, 2024).

La industria de la confección ha sido tradicionalmente el primer paso hacia la industrialización en cualquier país en desarrollo. La industria de la confección ha experimentado un crecimiento masivo en las últimas cuatro décadas y sigue siendo el subsector manufacturero más fuerte en los países en desarrollo. La industria textil y de la confección es una de las más grandes del mundo y tiene un papel importante en la economía de cualquier país (Manaye, 2019). En las industrias de la confección, los sistemas de producción se clasifican en sistemas de producción en masa y sistemas de producción por lotes. En el sistema de producción en masa, la instalación de fabricación está preparada para fabricar los productos de interés en grandes volúmenes mucho más pequeños. Se puede utilizar una línea de flujo para el sistema de producción en masa, que produce el mismo producto durante largo periodo de tiempo. La producción por lotes se realiza mediante la implementación por lo regular de un taller de trabajo (Mallikharjuna Kishan Ivantury y Bobe Bonsa, 2022).

La competitividad de la industria textil mexicana resalta que el 99.5% de la infraestructura está compuesta por

MIPYMES, enfrentando problemas como desintegración entre actores, desconfianza y falta de innovación (Rodríguez Monroy y Fernández Chalé, 2006). Los autores destacan los retos económicos derivados de la competencia internacional, particularmente con China, y la insuficiente integración de clústeres en este sector. Las estrategias propuestas incluyen fomentar las cadenas productivas y mejorar la colaboración público-privada (Esser et al., 1994).

A pesar de las proyecciones optimistas, la industria textil mexicana enfrenta desafíos significativos, como la competencia de productos extranjeros, el contrabando y la presión comercial derivada de las relaciones internacionales. Especialistas señalan que las recientes políticas arancelarias también pueden influir en la dinámica comercial con socios estratégicos, especialmente en un contexto donde se han planteado posibles ajustes en los aranceles a nivel global (Castillo Jiménez, 2024). Estas medidas buscan fortalecer la industria nacional y garantizar condiciones más equitativas en el comercio internacional, aunque su efectividad dependerá de factores como la evolución de las relaciones diplomáticas y el entorno económico global. En este sentido, la implementación de regulaciones más estrictas y una mayor colaboración entre el sector público y privado serán clave para consolidar el crecimiento proyectado y afrontar los retos que puedan surgir en los próximos años.

### **Importancia de la simulación en la toma de decisiones industriales**

En muchos casos, el análisis de procesos industriales mediante métodos matemáticos resulta demasiado complejo e impracticable. La simulación de eventos discretos permite resolver estos problemas mediante la construcción de modelos simulados. En tales circunstancias, la alternativa más eficaz para afrontar este tipo de estudios consiste en construir modelos lógicos – matemáticos de forma que permitan imitar o simular el comportamiento del mundo real. Como resultado de repetir dicha simulación un número suficiente de veces se obtendrá un histórico artificial de observaciones sobre el comportamiento del sistema o proceso. A partir de dichas observaciones, y utilizando técnicas de análisis estadístico, será posible extraer conclusiones sobre el funcionamiento de dicho sistema (Rodríguez et al., 2008).

La industria textil es un sector clave en la economía global, caracterizado por su alto uso de mano de obra, su variabilidad en la demanda y la presión constante para reducir costos y tiempos de producción (Pérez Nieto & Hernández Madrigal, 2024). Sin embargo, muchas

empresas textiles, especialmente las pequeñas y medianas, enfrentan dificultades para implementar estrategias de optimización debido a limitaciones económicas, tecnológicas y de conocimiento en herramientas avanzadas de análisis de procesos.

En este contexto, la simulación de eventos discretos (SED) se ha convertido en una metodología valiosa para el estudio y mejora de procesos industriales. A través de modelos computacionales, esta técnica permite representar las operaciones de un sistema en puntos específicos del tiempo, evaluar diferentes escenarios operativos y optimizar la asignación de recursos (Law & Kelton, 1991).

A nivel mundial, la industria textil, de confección y moda ha evolucionado en un entorno altamente competitivo. Esto ha llevado a los fabricantes a buscar nuevas estrategias que les permitan mejorar su eficiencia operativa (Kincade et al., 2013). Como resultado, han tenido que rediseñar sus estructuras organizativas y productivas para ser más competitivos y ofrecer productos más personalizados. Actualmente, los productos tienen ciclos de vida más cortos, una gran variedad de diseños y se producen en pequeñas cantidades (Ramdass y Pretorius, 2011).

Para adaptarse a estas exigencias, las fábricas deben trabajar con lotes de producción más pequeños y tiempos de entrega más rápidos. Esto también ha generado cambios en la estructura de las cadenas de suministro globales del sector textil y de confección, ya que es necesario reducir los costos generados por la constante actualización de referencias y responder más rápido a la demanda del mercado (Cooper, 2010).

En respuesta a estos desafíos, han surgido los sistemas de producción modular, también llamados módulos de confección, como una alternativa innovadora en la industria de la confección (Bonsignorio y Molfino, 2006). Estos sistemas han demostrado ser más eficientes que los métodos tradicionales de producción en línea, ya que permiten aplicar estrategias como la producción justo a tiempo y los sistemas Pull (Black y Schroer, 1993).

Los sistemas modulares de confección están organizados en estaciones de trabajo que manejan lotes pequeños (de una a seis piezas). Esto permite reducir la cantidad de trabajadores en relación con las máquinas, eliminar inventarios de seguridad, equilibrar la carga de trabajo y aumentar la capacidad de producción (Buzacott, 2004).

Para mejorar la eficiencia de un sistema de producción modular, es importante analizar y experimentar con diferentes alternativas. Esto implica modificar variables

clave como el número y tamaño de los lotes, el personal de producción disponible y los tiempos de montaje y alistamiento para cada modelo (Cano et al., 2018).

Debido a que los sistemas de confección modular presentan características dinámicas y estocásticas (es decir, que varían con el tiempo y dependen de factores inciertos), su diseño puede abordarse mediante programación matemática y simulación de eventos discretos (Hillier y Lieberman, 2010). Sin embargo, los problemas de producción en estos sistemas, especialmente los relacionados con los tiempos de montaje y alistamiento, son considerados complejos, lo que significa que no tienen una solución óptima sencilla. Para resolverlos, se utilizan métodos de optimización (Allahverdi et al., 2008).

El objetivo de este artículo es analizar el papel de la Simulación de Eventos Discretos (SED) en la optimización de procesos dentro de la industria textil, con un enfoque en su implementación en empresas de confección al norte del Estado de México. Se revisará la literatura existente sobre simulación en este sector y se planteará una estrategia para su adopción como herramienta de mejora continua.

## Estado del arte

### Revisión de estudios previos sobre simulación en manufactura

En el trabajo de (Quillupangui y Arroyo, 2021) se analizó la reducción de los tiempos de preparación de la máquina estuchadora basada en la simulación de eventos discretos, el cual puso en evidencia los cuellos de botella que tienen los procesos de calibración o setup; la cuantificación del indicador OEE mostró el impacto que tienen los paros de las máquinas sobre el tiempo total productivo. La realización de un modelo de simulación permitió identificar diferentes escenarios de mejora, como lo fue la reducción en las entradas de los procesos más influyentes o la eliminación de uno de ellos. Dentro de estos escenarios se pudo identificar que el mejor desempeño se tiene sobre los tiempos planificados y cuáles son los procesos que mayor incidencia tienen sobre el indicador de disponibilidad.

(Pirola et al., 2021) propone un enfoque basado en simulación para la planificación sostenible en la industria textil. La metodología incluye la recopilación de datos en tiempo real mediante tecnologías del internet de las cosas (IoT) y su integración con simulaciones para optimizar recursos y reducir desperdicios. Según los autores, la implementación de esta estrategia permitió disminuir

tiempos de configuración y mejorar la productividad, contribuyendo a la sostenibilidad del proceso productivo.

Es crucial que la digitalización en la industria textil se adapte a la variabilidad del mercado. La combinación de simulaciones y análisis en tiempo real facilita la toma de decisiones y mejora la resiliencia del sector ante cambios en la demanda (Ferro et al., 2021). Aunque existen desafíos, como el costo inicial y la curva de aprendizaje, los beneficios a largo plazo justifican la inversión en herramientas de simulación y optimización.

Por otro lado, (Cano et al., 2018) en su trabajo, formulan un problema de optimización matemática y desarrollan un modelo de simulación con el objetivo de minimizar el costo de producción por lote. Para ello, consideran diversas variables como el tiempo disponible, la cantidad de módulos de confección, el personal de montaje y alistamiento, y los operarios de producción, entre otros. A partir de las simulaciones y la optimización de los modelos propuestos, evalúan los resultados obtenidos y, finalmente, presentan las conclusiones derivadas de estos análisis para respaldar la toma de decisiones empresariales.

En conclusión, el uso de modelos de simulación y optimización en la industria textil y de confección ha demostrado ser una estrategia clave para mejorar la eficiencia operativa, reducir tiempos improductivos y optimizar recursos. La identificación de cuellos de botella, la reducción de tiempos de configuración y la mejora en la planificación de la producción son algunos de los beneficios que estas herramientas han aportado a las empresas del sector. Además, la digitalización y el análisis en tiempo real se han convertido en factores determinantes para la toma de decisiones estratégicas, permitiendo a las compañías adaptarse con mayor rapidez a la variabilidad del mercado. A pesar de los desafíos que implica su implementación, como la inversión inicial y la curva de aprendizaje, los resultados obtenidos evidencian que estas metodologías son fundamentales para fortalecer la competitividad y la sostenibilidad de la industria.

### **Breve análisis de tendencias en digitalización y optimización textil**

Las tecnologías de la información y comunicaciones (TICs) realizan la tarea de procesar información de manera rápida y confiable para la toma de decisiones. Dentro de las TICs se encuentra la Simulación de Eventos Discretos (SED). Esta técnica es reconocida como una herramienta de investigación de operaciones más

frecuentemente utilizada en industrias de manufactura, finanzas, salud entre otras (Hollocks B. , 2006).

La SED representa cuantitativamente sistemas del mundo real, simula sus dinámicas sobre una base de evento por evento y genera información detallada sobre su desempeño. Utilizándola se busca mejorar la productividad a través de los rendimientos más altos, leads times más cortos, trabajos de proceso bajos y alta utilización de recursos. La SED evalúa, sin experimentar con el sistema real, el comportamiento de un proceso de manufactura bajo diferentes grupos de condiciones analiza escenarios para identificar mejores condiciones físicas y políticas operacionales (Aragón Guía et al., 2020).

La industria 4.0 emplea al menos la robótica industrial y la simulación de procesos tanto industriales como logísticos, por lo que la automatización de la producción es una tendencia creciente a nivel mundial demandando de manera creciente la dotación de robots industriales (Vega et al., 2020). La aplicación de la simulación de procesos podría facilitar el análisis de la implementación de tecnologías de la Industria 4.0 y por ende reducir la incertidumbre respecto a las inversiones de las empresas. La industria textil, caracterizada por el uso intensivo de recursos naturales, enfrenta desafíos en la adopción de tecnologías de la Industria 4.0 debido a limitaciones estructurales y de infraestructura. Las herramientas de simulación combinadas con datos en tiempo real pueden minimizar el consumo de agua y energía, según (Shen et al., 2017), y mejorar la toma de decisiones en escenarios inciertos (Ahmad et al., 2020).

Investigaciones previas, como la de (Yumi et al., 2018), sugieren que la integración de herramientas digitales ha sido lenta debido a barreras económicas y culturales. La metodología empleada incluyó la simulación de eventos discretos (SED) para modelar y optimizar los procesos de acabado textil, identificando escenarios más sostenibles. Se observó que la reducción de configuraciones en los procesos contribuye a la eficiencia operativa y la generación de productos más ecológicos, lo cual responde a las crecientes demandas de consumidores conscientes del medio ambiente (Gunasekaran y Spalanzani , 2012). En este estudio se reafirma la importancia de las tecnologías digitales en la transición hacia operaciones sostenibles en la industria textil. Aunque existen desafíos en términos de implementación, el uso de simulaciones basadas en datos demuestra ser una herramienta clave para abordar problemas estructurales y mejorar la competitividad global del sector.

## Marco Teórico

### Definición y fundamentos de la Simulación de Eventos Discretos (SED).

Los sistemas discretos hacen referencia a los elementos del modelo que presentan variaciones en puntos discretos en el tiempo, permitiendo analizar situaciones con elementos estocásticos mediante software elaborando modelos que representen dichas situaciones fielmente con sus respectivos comportamientos para de esta manera realizar la respectiva experimentación con el fin de llegar a una posible toma de decisiones (Osorio Gutierrez et al., 2021).

La simulación de eventos discretos (SED) es una técnica computacional que modela sistemas dinámicos donde los cambios de estado ocurren en puntos específicos del tiempo. Esta metodología se emplea para analizar sistemas complejos con interacciones múltiples, como líneas de producción y redes logísticas. Según (Banks et al., 2020) la SED permite explorar alternativas de mejora bajo distintas configuraciones y condiciones operativas, reduciendo riesgos asociados a la implementación directa en la planta productiva.

El uso de SED es particularmente relevante en sectores que presentan variabilidad en la demanda y procesos dependientes de múltiples recursos, como la industria textil. La representación precisa de flujos de trabajo, tiempos de procesamiento y eventos aleatorios posibilita una toma de decisiones informada y basada en datos reales (Peña Ariza y Felizzola Jimenez , 2020).

### Simulación de Eventos Discretos: Definición y Aplicaciones

La simulación de eventos discretos es una técnica de modelado utilizada para representar sistemas donde los cambios de estado ocurren en momentos específicos del tiempo. En un entorno de producción, esta metodología permite analizar variables como tiempos de ciclo, uso de recursos y eficiencia operativa sin afectar el proceso real (Banks et al., 2020).

Aplicaciones comunes de la SED en la industria incluyen:

- Optimización de líneas de producción, reduciendo tiempos de espera y aumentando la eficiencia
- Análisis de cuellos de botella, identificando puntos críticos que limitan la capacidad productiva
- Evaluación de escenarios operativos, permitiendo a las empresas probar estrategias antes de implementarlas

### Retos y Beneficios de la SED en la Industria Textil

#### Retos en la Implementación de la SED

La implementación de la simulación enfrenta desafíos como:

- Inversión en tecnología, ya que algunos softwares requieren licencias costosas
- Capacitación del personal, para garantizar el uso adecuado de las herramientas de simulación
- Resistencia al cambio, especialmente en empresas con métodos tradicionales de producción

Orozco Crespo et al. (2019) señalan que la adopción de la SED en pequeñas empresas textiles requiere una estrategia de integración progresiva para evitar interrupciones en la operación.

El uso de la simulación en el sector textil ofrece ventajas como:

- Mejor planificación de la producción, permitiendo ajustes dinámicos en función de la demanda
- Reducción de desperdicios, optimizando el uso de materiales y minimizando defectos en la producción
- Mayor eficiencia en la asignación de recursos humanos, asegurando que la mano de obra se distribuya de manera efectiva

## Propuesta Estratégica

Los problemas con los que se enfrenta la industria, el comercio, la administración pública y la sociedad en general continúan creciendo en tamaño y complejidad. El tamaño viene determinado por el número de alternativas de diseño o de gestión distintas que se quieren evaluar y comparar. La complejidad viene por el nivel de detalle que se quiere incluir en el análisis, la incertidumbre de los datos y el número de criterios que se utilizan en la comparación de alternativas.

El proceso de análisis de un modelo de simulación toma en primer lugar, la formulación del problema y se constituye el modelo que representa el sistema. La simulación permite incluir simultáneamente relaciones matemáticas y lógicas, así como variables aleatorias que representen los datos, como puede ser la demanda. El modelo ha de ser verificado para demostrar que se comporta como el modelador quiere. Una vez representada la realidad, se realizan pruebas mediante la repetición sucesiva del modelo.

En cada repetición se tomará una muestra de las variables aleatorias correspondientes a los datos de entrada, lo que

proporcionará una muestra de las variables de salida, que son las que el decisor quiere estimar. Una vez que se dispone de esta estimación es necesario validar el modelo, es decir, comprobar que el modelo es representativo de la realidad. La simulación es una de las herramientas de modelización que permite conseguir una representación muy fiel, si se aporta un nivel de detalle apropiado.

Con el sistema validado, se pueden estudiar distintas alternativas como si se tratara de un sistema real y estudiar su comportamiento. De esta forma, se pueden determinar las variables principales del sistema y elegir sus valores óptimos conociendo de antemano su influencia en el comportamiento del sistema real (Otamendi, 2002).

Se presenta un marco estratégico para implementar la SED en la industria textil del norte del Estado de México, siguiendo estos pasos:

1. Identificación del problema:
  - ✓ Diagnosticar el proceso actual utilizando herramientas básicas de calidad como hoja de verificación, diagrama de Pareto y diagrama de flujo
2. Construcción del diagrama de flujo:
  - ✓ Descripción del proceso actual mediante el diagrama de flujo de proceso para identificar operaciones que agregan valor y cuales no
3. Recolección de datos mediante estudio de tiempos y movimientos
  - ✓ Construcción de gráficas de balance para identificar fuentes de variación
4. Ajuste de tiempos a distribuciones de probabilidad:
  - ✓ Ajuste de los tiempos ciclo a distribuciones de probabilidad mediante software estadístico especializado
5. Construcción del modelo computarizado:
  - ✓ Simulación del modelo lo más cercano a la realidad posible
6. Verificación y validación del modelo computarizado:
  - ✓ Verificación de que el modelo simulado se apegue al modelo real
  - ✓ Validar el sistema mediante la comparación del modelo computarizado generado y las estadísticas de las condiciones del sistema real
7. Diseño de experimentos
  - ✓ Formulación y evaluación de alternativas que pueden ser las posibles soluciones al

problema planteado obteniendo estadísticas para tomar decisiones

8. Interpretación de resultados
  - ✓ Presentación de resultados e interpretación puntual para la toma de decisiones fundamentada
9. Conclusiones y recomendaciones
  - ✓ Presentación del informe final para su validación e implementación de la mejora ideal

Este enfoque podrá mejorar la competitividad de las micro y pequeñas empresas de confección textil al norte del Estado de México, facilitando la toma de decisiones basadas en datos y optimizando la asignación de recursos ya que, en las organizaciones es fundamental la toma de decisiones, puesto que se generan distintos impactos en los procesos productivos. Por ende, las empresas pequeñas y medianas se basan en técnicas de toma de decisiones fundamentadas en el conocimiento adquirido por la experiencia, sin la posibilidad de verificar la efectividad de sus decisiones (Gereffi, 1999). Es importante que las empresas pequeñas y medianas incluyan dentro de sus herramientas básicas una que sea útil para la toma de decisiones, que no represente una inversión significativa, y que permita desarrollar experimentos en el proceso de una organización (Gilbert, 2007).

## Discusión y expectativas

La toma de decisiones es un proceso que puede generar diferentes impactos en los procesos productivos. Dichas decisiones se pueden realizar empleando técnicas de investigación de operaciones en función del nivel de complejidad de los problemas, del costo que acarrea dicha decisión y de la información conocida al momento de tomar la decisión. Por tanto, en las micro y pequeñas empresas utilizan técnicas de toma de decisiones basadas en la experiencia de los actores de los procesos o con experiencias exitosas en otras empresas, pero sin la posibilidad de validar la eficiencia de las decisiones (De Toni y Meneghetti, 2000).

La implementación de la Simulación de Eventos Discretos (SED) en micro y pequeñas empresas de confección textil puede generar múltiples beneficios al optimizar la toma de decisiones y mejorar la eficiencia operativa. Esta herramienta permite analizar diferentes escenarios antes de realizar cambios en la producción, reduciendo el riesgo de errores y minimizando costos innecesarios. Además, facilita la identificación de cuellos de botella, mejora la asignación de recursos y optimiza los tiempos de respuesta ante variaciones en la demanda. A diferencia

de las decisiones basadas únicamente en la experiencia, la SED proporciona datos precisos y medibles que permiten validar la efectividad de las estrategias antes de su aplicación.

Sin embargo, su implementación también presenta desafíos. Entre los principales retos se encuentran la inversión inicial en software y capacitación, la resistencia al cambio por parte del personal y la necesidad de contar con datos precisos y actualizados para obtener simulaciones confiables. Además, las micro y pequeñas empresas pueden enfrentar limitaciones en cuanto a infraestructura tecnológica y acceso a expertos en modelado y análisis de simulaciones. A pesar de estos desafíos, los beneficios a largo plazo justifican la adopción de la SED, ya que permite a las empresas mejorar su competitividad, optimizar procesos y adaptarse con mayor agilidad a las exigencias del mercado.

En la actualidad, se requiere ser cada día más competitivos mediante la optimización de los procesos, esto implica mejorar la utilización y asignación de los recursos que intervienen en la producción (Navarro Mancilla y Paz Cisneros , 2016). La competitividad, en este caso, se define como la capacidad de una empresa para optimizar el uso de sus recursos y mejorar su eficiencia productiva; ya que al optimizar la capacidad de producción se puede hacer más, empleando los mismos recursos (Labarca , 2007).

### **Desafíos en la implementación de simulaciones en empresas textiles**

La globalización exige a la industria textil optimizar el manejo de sus recursos para fortalecer su competitividad tanto en el mercado nacional como internacional (Labarca , 2007). Para que la industria textil sea sostenible en un entorno globalizado, es clave administrar de manera eficiente sus procesos productivos y recursos estratégicos (Sánchez et al., 2015).

Este estudio presenta ciertas limitaciones que deben ser consideradas al interpretar sus resultados. En primer lugar, la implementación de la Simulación de Eventos Discretos (SED) en micro y pequeñas empresas de confección textil enfrenta restricciones asociadas a la disponibilidad de datos confiables, ya que muchas de estas empresas carecen de registros históricos detallados sobre tiempos de producción, eficiencia operativa y uso de recursos. Asimismo, la resistencia al cambio y la falta de capacitación en herramientas de simulación pueden dificultar la adopción efectiva de esta metodología. Además, la infraestructura tecnológica limitada en algunas organizaciones representa un obstáculo para la

implementación de modelos avanzados de simulación y análisis en tiempo real.

En cuanto a futuras investigaciones, sería relevante desarrollar metodologías que faciliten la recolección y estandarización de datos en micro y pequeñas empresas para mejorar la precisión de los modelos de simulación. También se sugiere explorar la integración de tecnologías emergentes, como la inteligencia artificial y el Internet de las Cosas (IoT), para optimizar la toma de decisiones en tiempo real y mejorar la capacidad de adaptación a cambios en la demanda. Otra línea de estudio podría centrarse en evaluar estrategias para reducir la inversión inicial y los costos de implementación de la SED, permitiendo su accesibilidad a un mayor número de empresas. Finalmente, investigaciones futuras podrían analizar el impacto a largo plazo de la simulación en la productividad y sostenibilidad del sector textil, proporcionando un marco de referencia para la toma de decisiones estratégicas en un entorno altamente competitivo y globalizado.

## **Conclusiones**

Este estudio presenta un marco metodológico para implementar simulación de eventos discretos en la industria de la confección textil, facilitando su adopción en procesos productivos, lo que puede servir como punto de partida para investigaciones futuras sobre optimización de procesos en sectores similares. A partir de estos resultados, se pueden desarrollar estudios comparativos entre distintas industrias manufactureras para evaluar la eficacia de la SED en la reducción de costos, mejora en tiempos de producción y sostenibilidad de la cadena de suministro. Además, la combinación de SED con tecnologías emergentes, como el Internet de las Cosas (IoT) y la inteligencia artificial, puede abrir nuevas líneas de investigación orientadas a la automatización y toma de decisiones en tiempo real.

La metodología propuesta en este estudio puede adaptarse a otros sectores de manufactura más allá de la industria textil. Para ello, se recomienda realizar un diagnóstico inicial que identifique cuellos de botella y áreas de mejora en el proceso productivo, seleccionar software de simulación accesible y capacitar al personal en su uso, recopilar datos operativos de manera estructurada para garantizar la precisión del modelo de simulación, implementar modelos de SED en pequeñas escalas antes de una adopción a gran escala permitiendo ajustes y validaciones, e integrar la SED con herramientas de análisis en tiempo real para mejorar la toma de decisiones basada en datos. Estas estrategias facilitarán

la implementación de la SED en sectores como la industria automotriz, la logística y la producción de alimentos, optimizando la eficiencia operativa y la asignación de recursos.

La simulación de eventos discretos se presenta como una solución efectiva para la optimización de procesos en la industria de confección textil, permitiendo mejorar la eficiencia operativa sin afectar la producción real.

## Referencias

- Ahmad, S., Miskon, S., Alabdan, R., y Tlili, I. (2020). Towards Sustainable Textile and Apparel Industry: Exploring the Role of Business Intelligence Systems in the Era of Industry 4.0. *Sustainability*, 12(7). <https://doi.org/https://doi.org/10.3390/su12072632>
- Allahverdi, A., Ng, C., Cheng, T., y Kovalyov, M. (2008). A survey of scheduling problems with setup times or costs. *European journal of Operational Research*, 187(3), 985-1032.
- Aragón Guía, L., Díaz Callo, Y., y Juárez Flores, M. (2020). Optimización de los procesos de producción en la industria de la confección de prendas de vestir utilizando simulación de eventos discretos. *Innovación y Software*, 1(1), 6-10. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=673870834001>
- Banks, J., Carson II, J., Nelson, B., y Nicol, D. (2020). *Discrete event system simulation*. Pearson.
- Black, J., y Schroer, B. (1993). Simulation of an apparel assembly cell with walking workers and decouplers. *Journal of manufacturing systems*, 12(2), 170-180.
- Bonsignorio, F., y Molfino, R. (2006). An object based virtual reality simulation tool for design validation of a new paradigm manufacturing facility. *IFIP International Federation for Information Processing*, 220(1), 301-308.
- Buzacott, J. (2004). Modeling teams and workgroups in manufacturing. *Annals of operations research*, 126(1), 215-230.
- Cano, J., Campo, E., y Gómez, R. (2018). Simulación de eventos discretos en la planificación de producción para sistemas de confección modular. *Rev. Téc. Ing. Zulia*, 41(1), 50-58.
- Castillo Jiménez, E. (19 de diciembre de 2024). México impone un arancel de 35% a mercancías confeccionadas para proteger la industria textil nacional. *El País*. <https://elpais.com/mexico/2024-12-19/mexico-impone-un-arancel-de-35-a-mercancias-confeccionadas-para-protger-la-industria-textil-nacional.html>
- Cooper, W. (2010). Textile and apparel supply chains for the 21st century. *Journal of textile and Apparel, Technology and Management*, 6(4), 1-10.
- De Toni, A., y Meneghetti, A. (2000). The production planning process for a network of rms in the textile apparel industry. *Int. J. Prod.*, 65(2).
- Esquivel, G. (27 de diciembre de 2024). Industria textil en México prevé cerrar el 2024 con 7 mil 500 mdd en exportaciones, asegura Canaive. *Milenio*. <https://www.milenio.com/politica/comunidad/mexico-prever-cerrar-2024-millones-dolares-exportacion-textil>
- Esser, K., Hillebrand, W., Messner, D., y Meyer, S. (1994). Competitividad sistémica. Competitividad internacional de las empresas y políticas requeridas. Instituto Alemán de desarrollo.
- Ferro, R., Cordeiro, G., Ordóñez, R., Beydoun, G., y Shukla, N. (2021). An optimization tool for production planning: a case study in textile industry. *Applied Sciences*, 11, 1-15. <https://doi.org/https://doi.org/10.3390/app11188312>
- Gereffi, G. (1999). International trade and industrial upgrading in the apparel commodity chain. *Journal of International Economics*, 1(48), 37-70.
- Gilbert, N. (2007). Computational social science: Agent-based social simulation. *Comput. Soc.*, 115-134.
- Gunasekaran, A., y Spalanzani, A. (2012). Sustainability of manufacturing and services: investigations for research and applications. *Int. J. Production Economics*, 1(40), 35-47. <https://doi.org/doi:10.1016/j.ijpe.2011.05.011>
- Hillier, F., y Lieberman, G. (2010). *Introducción a la investigación de operaciones*. Mc Graw Hill.
- Hollocks, B. (2006). Forty years of discrete-event simulation a personal reflection. *Journal of the Operational Research Society*, 57(12), 1399-1399. <https://doi.org/10.1057/palgrave.jors.2602128>
- Kincade, D., Kim, J., y Kanakadurga, K. (2013). An empirical investigation of apparel production systems and product line groups through the use of collar designs. *Journal of textile and apparel, Technology and Management*, 8(1), 1-15.
- Labarca, N. (2007). Consideraciones teóricas de la competitividad empresarial. *Revista Omnia*, 13(2), 158-184. <https://www.redalyc.org/pdf/737/73713208.pdf>
- Mallikharjuna Kishan Ivantury, V., y Bobe Bansa, K. (2022). Productivity improvement of a garment assembly line using simulation and model driven decision support system. *ARPN Journal Engineering and Applied Sciences*, 17(4), 407-415.
- Manaye, M. (2019). Técnicas de balanceo de línea para mejorar la productividad. *Revista internacional de tecnología mecánica e industrial*, 7(1), 84-109.
- Marcial Pérez, D. (20 de diciembre de 2024). Las claves del arancel mexicano a las importaciones textiles: presión a China y un mensaje para Trump. *El País*. <https://elpais.com/mexico/2024-12-21/las-claves-del-arancel-mexicano-a-las-importaciones-textiles-presion-a-china-y-un-mensaje-para-trump.html>
- Navarro Mancilla, C., y Paz Cisneros, I. (2016). Optimización en la capacidad de producción de un horno de curvado continuo, para aumentar la productividad en la empresa AGP Perú SAC. *Universidad Privada del Norte*.
- Osorio Gutierrez, C., Ortiz García, R., y Cardenas, L. (2021). Evaluación de los procesos de siembra y corte de flores mediante simulación de eventos discretos. *Prospectiva*, 19(2), 1-16. <https://doi.org/https://doi.org/10.15665/rp.v19i2.2645>
- Otamendi, J. (enero de 2002). *Research Gate*. Retrieved 18 de julio de 2022, from <https://www.researchgate.net/publication/28311566>

- Peña Ariza, L., y Felizzola Jimenez, H. (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.
- Pirola, F., Zambetti, M., y Cimini, C. (2021). Applying simulation for sustainable production scheduling: a case study in the textile industry. *IFAC Conference paper archive*, 54(1), 373-378. <https://doi.org/10.1016/j.ifacol.2021.08.041>
- Quillupangui, L., y Arroyo, F. (2021). Mejoramiento de la eficiencia general del equipo mediante la simulación de eventos discretos. Estudio de caso en la industria cosmética. *Revista Espacios*, 42(14), 18-28. <https://doi.org/DOI:10.48082/espacios-a21v42n14p02>
- Ramdass, K., y Pretorius, L. (2011). Implementation of modular manufacturing in the clothing industry in Kwazulu-Natal: A case study. *South African Journal of Industrial Engineering*, 22(1), 167-181.
- Rodríguez Monroy, C., y Fernández Chale, L. (2006). Manufactura textil en México: un enfoque sistémico. *Revista Venezolana de Gerencia*, 11(35), 335-351. <https://doi.org/http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=29003502>
- Rodríguez, J., Serrano, D., Monleón, T., y Caro, J. (2008). Los modelos de simulación de eventos discretos en la evaluación económica de tecnologías y productos sanitarios. *Gac Sanit*, 22(2), 151-161.
- Romero, L. (30 de diciembre de 2024). Aranceles a textiles elevarán exportaciones hacia EU. *El Sol de México*. <https://oem.com.mx/elsoldemexico/finanzas/aranceles-a-textiles-elevaran-exportaciones-hacia-eu-20910083>
- Sánchez, P., Ceballos, F., y Sánchez Torres, G. (2015). Análisis del proceso productivo de una empresa de confecciones: modelación y simulación. *Ciencia e Ingeniería. Neogranadina*, 25(2), 137-150. <https://doi.org/http://dx.doi>
- Shen, B., Li, Q., Dong, C., y Perry, P. (2017). Sustainability issues in textile and apparel supply chains. *Sustainability*, 9(9), 1-6. <https://doi.org/https://doi.org/10.3390/su9091592>
- Vega, G., Mansilla, E., Conte, D., y Martínez Ch, J. (2020). Simulación por eventos discretos: Aplicación en un proyecto de automatización industrial. *SIIO. Simposio Argentino de Informatica Industrial e Investigación Operativa*.
- Yumi, A., Duarte, S., Sanches, R., y Dedini, F. (2018). Assessment and technological forecasting in the textile industry: From first industrial revolution to the industry 4.0. *Strategic design research journal*, 1(11), 193-202.