

Evaluación de Métodos de Producción de Abrazaderas Metálicas Mediante Simulaciones

Assessment of Metal Clamp Manufacturing Methods Using Simulations

DOI: <https://doi.org/10.17981/bilo.7.1.2025.02>

Fecha de recepción: 19/11/2024. Fecha de Publicación: 7/01/2025

Juan Altamar-Olave

Universidad de la Costa, Barranquilla, Colombia
jaltamar16@cuc.edu.co

Jorge García-Reyes

Universidad de la Costa, Barranquilla, Colombia
jgarcia123@cuc.edu.co

Wendy Pacheco-Martínez

Universidad de la Costa, Barranquilla, Colombia
wpacheco8@cuc.edu.co

Darling Marenco-Beleño

Universidad de la Costa, Barranquilla, Colombia
dmarenco1@cuc.edu.co

Alexander Troncoso-Palacio

Universidad de la Costa, Barranquilla, Colombia
atroncos1@cuc.edu.co

Como citar en *IEEE* este artículo: Altamar-Olave, J. y Otros, «Evaluación de Métodos de Producción de Abrazaderas Metálicas Mediante Simulaciones» Boletín de Innovación, Logística y Operaciones, vol. 7. No. 1. pp. 13-19, 2025. Online. <https://revistascientificascuc.edu.co/bilo/article/view/6119>

Resumen

Este proyecto presenta un análisis comparativo de dos métodos de fabricación de abrazaderas: una sin troqueles progresivos y otra con troqueles progresivos. La simulación se llevó a cabo utilizando software especializado para evaluar la eficiencia, costos y tiempos de producción de ambos enfoques. Este estudio proporciona una base sólida para la toma de decisiones en la industria de fabricación de abrazaderas, destacando la importancia de la innovación tecnológica en la mejora de procesos productivos. El propósito de este proyecto es, mediante el análisis detallado de simulaciones, identificar en qué etapas del proceso ocurren demoras excesivas y qué ajustes son necesarios para mejorar el rendimiento general. La empresa Herrajes Andina S.A. es una destacada organización colombiana, reconocida por su liderazgo en el sector metalmecánico y su capacidad exportadora. Se propone una metodología que involucra la observación detallada de ambas técnicas, con y sin troquel. A través de un registro minucioso de los tiempos y recursos empleados en cada etapa, se modelarán estos procesos en el software de simulación Arena.

Palabras claves: Software de Simulación Arena, Abrazaderas Metálicas, Comparativo entre Troqueles.

Abstract

This project presents a comparative analysis of two clamp manufacturing methods: one without progressive dies and one with progressive dies. The simulation was carried out using specialized software to evaluate the efficiency, costs and production times of both approaches. This study provides a solid basis for decision making in the clamp manufacturing industry, highlighting the importance of technological innovation in the improvement of production processes. The purpose of this project is through the detailed analysis of simulations to identify at which stages of the process excessive delays occur and what adjustments are necessary to improve the overall performance. The company Herrajes Andina S.A. is an outstanding Colombian organization, recognized for its leadership in the metalworking sector and its export capacity. A methodology is proposed that involves the detailed observation of both techniques, with and without die. Through a meticulous record of the time and resources used in each stage, these processes will be modeled in the Arena simulation software.

Keywords: Arena Simulation Software, Metal Clamps, Die Comparison.

Introducción

La simulación de sistemas es aplicada en las industrias, lo cual permite el estudio detallado de procesos para luego poner a prueba de cambios. En un entorno altamente competitivo como el de la metalmecánica, la mejora de procesos productivos es clave para mantener la eficiencia operativa y reducir costos. La simulación de procesos es una herramienta que permite analizar el flujo de trabajo y detectar posibles cuellos de botella, los cuales pueden ralentizar la producción. Mediante el análisis detallado de estas simulaciones, es posible identificar en qué etapas del proceso ocurren demoras excesivas y qué ajustes son necesarios para mejorar el rendimiento general.

Este proyecto se centra en la simulación de dos métodos de fabricación de abrazaderas: una sin troqueles progresivos y otra con troqueles progresivos. A través de la comparación de ambos enfoques, se espera optimizar el tiempo de fabricación de las abrazaderas, logrando una reducción significativa en los tiempos de producción. Esto no solo mejorará la productividad de la planta, sino que también puede aumentar la capacidad de respuesta ante las demandas del mercado, consolidando la posición de Herrajes Andina en la industria.

Estado del arte

La simulación de sistemas se refiere a un gran conjunto de métodos y aplicaciones que buscan imitar el comportamiento de sistemas reales, generalmente en una computadora con un software apropiado. De hecho, la “simulación” puede ser un término extremadamente general dado que se utiliza en muchos campos, industrias y aplicaciones [1]

A continuación, se presenta una revisión bibliográfica que resalta las aplicaciones de la simulación en distintos procesos industriales. En el artículo titulado “Comparativo entre un modelo real y un modelo digital del proceso de corte de láminas de acero frío”, se evidencia una comparación de los procesos mediante simulación, concluyendo que los resultados reales mostraron un 94,46% de cumplimiento, lo que indica que el proceso simulado se asemeja al real [2]. Se implementó la simulación de sistemas en el área de almacenamiento de una empresa del sector del acero, donde el 40% de los clientes se quejaban de un mal servicio y una distribución deficiente de materiales. Se aplicó la simulación para evaluar [3].

En el artículo titulado “Análisis de los procesos de optimización del servicio al cliente para el sector salud en Colombia utilizando herramientas de simulación” donde consiste en situar a un estudiante en un contexto que imite algún aspecto de la realidad estableciendo en ese ambiente, situaciones o problemas similares a los que deberá enfrentar con individuos sanos o enfermos, en especial en áreas críticas como la zona de urgencias, donde las principales causas de saturación son el ingreso y la priorización de pacientes, el flujo de pacientes por las fases de atención y los tiempos de estancia, así como el personal requerido y las operaciones asociadas. Entre las tres herramientas de simulación más difundidas, están Arena, ProModel y Simul8, y busca optimizar la atención médica y lograr satisfacción del usuario o paciente. [4]. En un artículo se realizó el diseño y simulación de un sistema mecánico para optimizar el proceso en la fabricación de accesorios de fibra de carbono en la industria automotriz [5]. El artículo titulado “Aplicación de teoría de colas utilizando software Arena para la mejora de productividad en la atención de clientes en un hipermercado” se aplicó un registro de tiempos para ambas variables, esto con el objetivo de mejorar la productividad en la atención de clientes en el proceso de las cajas registradoras y aplicando la teoría de colas [6]. De igual manera se realizó una mejora en la atención del servicio

al cliente mediante teoría de colas en un caso de estudio de una agencia bancaria, en el cual se realiza un análisis en las líneas de espera y modelar el sistema con la ayuda del software Arena con el objetivo de analizar su comportamiento e identificar las posibles mejoras y lograr una mayor calidad de servicio al cliente [7, 8, 9].

En una investigación centrada en aplicar el método Lean Six Sigma (LSS) para optimizar los tiempos de atención al cliente de un departamento de gestión comercial se aplicó una simulación con el software Arena y se analizan las variables de tiempo de atención, tiempo de espera y tiempo total de usuario en el sistema, los resultados demostraron que la implementación de estrategias (LSS) puede mejorar en gran manera la gestión del tiempo y aumentar el nivel de calidad del servicio de atención al cliente [10]. En un artículo titulado “Análisis para Reducir los Tiempos de Espera en un Centro de Diagnóstico Automotor” se busca reducir los tiempos de espera de un diagnóstico automotor mediante el análisis y la optimización de su modelo de operación, se identifican los puntos críticos y posibles mejoras, luego se construye un modelo de simulación que representa de manera precisa el flujo de clientes, considerando variables como la llegada de vehículos, la asignación de recursos y la duración de cada etapa del proceso de diagnóstico. El objetivo de este artículo consiste en reducir los tiempos de espera mediante el análisis y la optimización del modelo de operación del centro [11].

Los autores [12] del artículo citado realizaron un estudio en una empresa manufacturera de jabón, en el cual se realizó un proceso de simulación de los procesos de mezcla de productos, triturado, extruido, cortado, troquelado, calidad, empaque y embalaje, con el objetivo de identificar cuellos de botella y mejorar los procesos. En “Modelo sistémico de Kanban del área de acabados en la industria metalmecánica”, se desarrolló un sistema que controla el flujo de materiales utilizando Kanban, programado con Arena, con el fin de eliminar cuellos de botella [13]. En un artículo se evalúa un sistema de colas donde los clientes llegan demandando un servicio a un servidor, el cual tiene una cierta capacidad de atención. En el caso de que el servicio no sea inmediato, deben esperar su turno para después ser atendidos, según una regla de prioridad, y abandonar el sistema cuando ya son atendidos. Existen muchos sistemas de colas distintos que se ajustan a modelos generales representando situaciones reales. El artículo fue realizado con el objetivo de analizar alternativas de los modelos generales de líneas de espera para estimar medidas de desempeño cuando existe más de un servidor [14]. Los autores del artículo “Simulación discreta aplicada a la mejora de los flujos de pacientes en instituciones hospitalarias” se enfocan en optimizar recursos hospitalarios y mejorar la seguridad del paciente mediante la gestión de flujos de pacientes, aplicando simulación discreta [15].

En una investigación se adaptó la metodología experimental de Ben-Gal y Bukchin para rediseñar una estación de prueba eléctrica, reduciendo el riesgo ergonómico para los trabajadores de una empresa mexicana y aumentando el producto [16].

El tiempo de espera que tardan los clientes en ser atendidos En cualquier empresa que vende productos, es un problema porque puede provocar pérdidas o no ganancias por ventas no realizadas. Un grupo de estudiantes propuso analizar las líneas de espera de un proceso de ventas de teléfonos inteligentes en la ciudad de Barranquilla. El diseño del modelo, se realizó un estudio dividido en 3 fases: La primera consistió en recoger información relacionada con los tiempos de llegada y atención de los usuarios haciendo una caracterización del sistema de colas. En la fase 2 se realizaron los cálculos de los indicadores de desempeño operativo del sistema mediante el uso de un modelo matemático de distribución de datos. En la fase 3 se analizaron los resultados obtenidos y se hicieron recomendaciones teniendo en cuenta los costos asociados al sistema de servicio para encontrar el equilibrio entre el costo de espera y el costo del servicio [17].

En el artículo titulado “Propuesta de un Modelo de simulación de un Planeamiento Agregado y un Plan Maestro de Producción para el aumento de la productividad en talleres de calzado de cuero del Perú” los estudiantes tienen el propósito fundamental de evaluar los escenarios mediante la implementación de modelos de simulación de producción, desarrollando el MPS y el PA. Este análisis se basa en los resultados obtenidos por diversas empresas que han aplicado estas herramientas, combinándolas con metodologías de mejora continua como Lean Manufacturing o Just inTime. Los resultados permitirán evaluar la eficiencia de la aplicación de estas metodologías y técnicas, con un enfoque particular en la reducción de costos [18].

En un artículo se analiza el comportamiento de los caudales regulados en el embalse Gallito Ciego mediante la Simulación de Eventos Discretos. Se desarrolló un modelo estocástico que permite predecir variaciones en la oferta hídrica, la demanda, las pérdidas por evaporación y el volumen útil del embalse. Los objetivos específicos incluyeron la representación precisa de las fluctuaciones mensuales del volumen del embalse y la cuantificación de los impactos de déficits y superávits de agua en la producción de energía. Los resultados mostraron que el modelo estocástico es capaz de replicar con alta precisión los datos reales de caudales regulados, mejorando significativamente las proyecciones iniciales. Se observó que el horizonte de tiempo de 15 años ofrece una tendencia más ajustada y precisa en comparación con los periodos más cortos. Las hipótesis fueron contrastadas positivamente, confirmando la efectividad del modelo estocástico para la gestión y optimización de la producción de energía eléctrica [19].

Finalmente, se presenta un trabajo de Integración Curricular que modela y simula los componentes de un sistema de vapor en una planta de producción de alimentos, utilizando Wolfram System Modeler para comparar los datos obtenidos con un sistema real [20]. También se realizó una simulación en una empresa de triturado y mezclado en la fabricación de vidrio, facilitando la identificación de áreas de mejora [21]. Por último, en el artículo “Diseño y simulación de una mesa giratoria 360° con transfer de banda modular para el transporte de láminas y cajas de cartón”, un grupo de estudiantes diseñó esta mesa mediante una investigación de campo y aplicación de simulación. [22].

Metodología

La empresa Herrajes Andina S.A. es una destacada organización colombiana, reconocida por su liderazgo en el sector metalmecánico y su capacidad exportadora. Con una vasta experiencia, se especializa en la fabricación de herrajes eléctricos que cumplen con las normas técnicas colombianas y el Reglamento Técnico de Instalaciones Eléctricas (RETIE). Además de su enfoque en productos eléctricos, Herrajes Andina fabrica estructuras industriales, torres eléctricas, rejillas para pisos y herrajes telefónicos, posicionándose como una compañía integral en el mercado de soluciones industriales y de infraestructura. El proyecto está enfocado hacia el proceso productivo de abrazaderas del sector metalmecánico y se desarrolla la siguiente metodología:

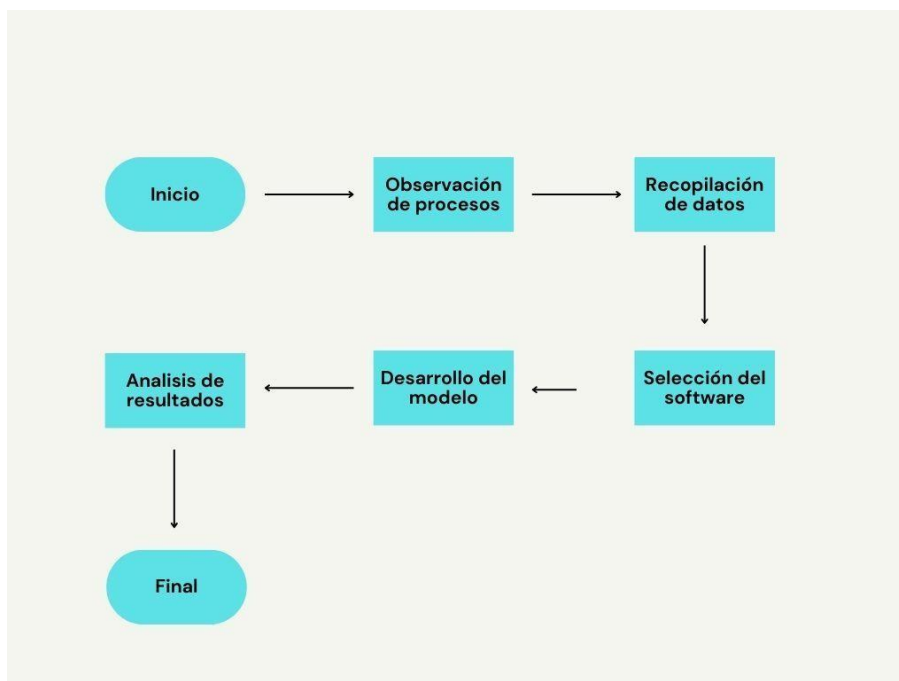


Fig. 1. Proceso metodológico de la investigación

Con el objetivo de optimizar los procesos de producción de abrazaderas, se propone una metodología que involucra la observación detallada de ambas técnicas, con y sin troquel. A través de un registro minucioso de los tiempos y recursos empleados en cada etapa, se modelarán estos procesos en el software de simulación Arena. Este enfoque permitirá evaluar el comportamiento y eficiencia de cada método, identificando diferencias clave y cuantificando los recursos involucrados. Al comparar los resultados de las simulaciones con los datos reales, se podrá realizar un análisis que muestre las posibles mejoras en términos de eficiencia, costos y tiempos de producción, sentando las bases para una toma de decisiones informada y orientada a la optimización de los procesos productivos.



Fig. 2. Abrazadera

Procesos y tasas sin troquel progresivo

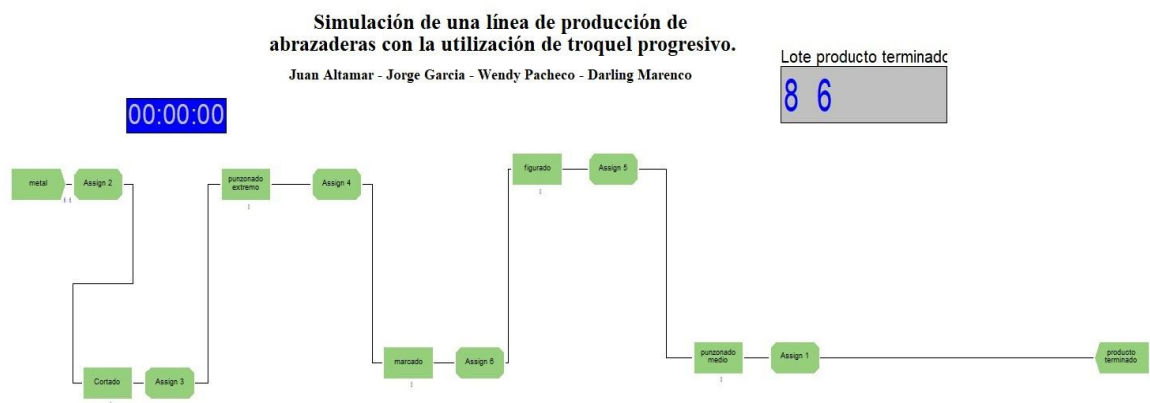
			0,0374
Corte platina	1260	2	0,0127
Punzonados extremos	1200	1	0,0067
Marcado	1300	1	0,0062
Figurado	1400	1	0,0057
Punzonado medio	1300	1	0,0062

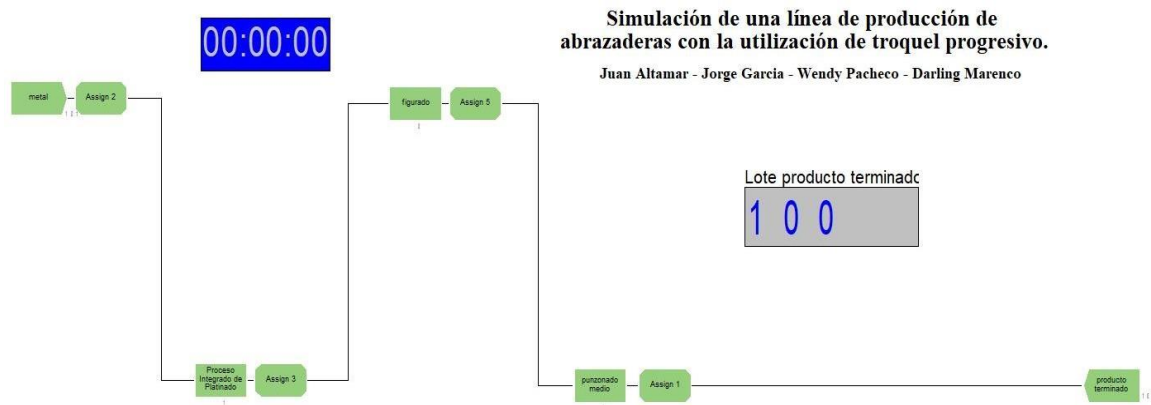
Procesos y tasas con troquel progresivo.

			0,0166
Corte, marcado, punzonado	1700	1	0,0047
Figurado	1400	1	0,0057
Punzonado medio	1300	1	0,0062

Desarrollo

Para esta simulación se utilizó el software arenas, se utilizaron datos reales generados por la compañía en estudio, en las imágenes presentadas a continuación se puede evidenciar la gráfica del desarrollo de la simulación de 2 procesos de abrazaderas, tanto con troquel progresivo como sin troquel progresivo.





Resultados

Por medio de esta simulación se puede tener el panorama de las 2 rutas de producción de abrazaderas, con troquel progresivo como sin troquel progresivo, de los cuales se puede evidenciar una mejora significativa en las cantidades de producto terminado que se van a entregar al final de cada turno. En el proceso sin troquel progresivo al realizarse con lámina el tiempo de alistamiento es mayor (15 minutos) en comparación con el troquel progresivo (12 minutos) ya que se realiza con platina y el peso es menor y es más fácil la manipulación. Adicional a esto con la implementación del troquel progresivo se reducen la cantidad de procesos de 5 a 3 procesos para cada abrazadera, por esta razón se ve la diferencia en la fabricación según el software de 86 lotes sin troquel progresivo a 100 lotes con troquel progresivo.

Conclusiones

La simulación en el software arenas es una herramienta muy importante, y en este proyecto se logró apreciar la utilidad que brinda para realizar análisis; tanto así que gracias a simular los 2 procesos con troquel progresivo como sin troquel progresivo se evidencia la mejora que representa el troquel en costos y en la velocidad en la que tenemos un primer lote de producción. Esto permitió tomar la decisión en la compañía de optar por fabricar las abrazaderas de todas las referencias con el método en el que se utiliza el troquel progresivo, se pronostica un alza en las ventas, ya que al poder entregar más lotes por semanas se pueden ofrecer mejores tiempos a bajos costos que permite ser más competitivo en el mercado.

Referencias

- [1] D. Kelton, R. Sadoswski y D. Sturrock, Simulación con software Arena, Mc Graw Hill, 2008.
- [2] A. Bejarano Diaz, J. Aladande Acuña, H. Molinares Torres, O. Sandoval Sánchez y A. Troncoso Palacio, «Comparativo entre un Modelo Real vs un Modelo Digital del Proceso de Corte de Láminas de Acero Frío,» *Boletín de Innovación, Logística y Operaciones*, vol. 4, n° 1, p. 7, 2022.
- [3] E. Gomez-Rada y A. Troncoso-Palacio, «Análisis del Área de Almacenamiento Siderúrgico Mediante un Modelo Simulado,» *Boletín de Innovación, Logística y Operaciones*, vol. 6, n° 1, p. 7, 2024.
- [4] A. Marquez Sanchez y L. Rosas Solano, «Análisis de los procesos de optimización del servicio al cliente para el sector salud en Colombia utilizando herramientas de simulación,» *repository unilibre*, p. 16, 2024.
- [5] H. Quispe Palacin, J. Conga Orejon y E. Paiva Peredo, «Diseño y simulación de un sistema mecánico para optimizar el proceso VARTM en la fabricación de accesorios de fibra de carbono en la industria automotriz,» *Repositorio académico UPC*, vol. 2, p. 74, 2024.
- [6] J. Odar Alcantara y F. Silva Mori, «Aplicación de teoría de colas utilizando software Arena para la mejora de productividad en la atención de clientes en un hipermercado, Chiclayo 2024,» *Universidad Señor de*

Sipán, p. 66, 2024.

- [7] L. S. L. León Lazo y L. Vivanco Vivanco, «Modelo para la mejora del servicio de atención al cliente mediante la teoría de colas: caso de estudio de una agencia bancaria,» *Revista de la carrera de Ingeniería de Sistemas*, n° 17, p. 23, 2024.
- [8] H. Corrotea, H. Portales, L. Amigo, G. Gatica, A. Troncoso-Palacio, D. Mondragón y M. Ramos, «Maintenance Process Analysis in a Port Cargo Company through Discrete Event Simulation,» *Procedia Computer Science*, vol. 231, pp. 415-420, 2024.
- [9] G. País-Cerna, J. Cornejo-Gonzalez, A. Troncoso-Palacio y J. Coronado-Hernandez, «Using Discrete Event Simulation to Muck Development Planning in Underground Mining,» *Procedia Computer Science*, vol. 220, pp. 916-921, 2023.
- [10] M. Callao Flores y Á. Blancas Castro, «Simulación del modelo Lean Six Sigma (LSS) para la optimización de los tiempos en el proceso de atención a los usuarios de la Empresa Prestadora de Servicios de Saneamiento de Agua Potable y Alcantarillado de Lambayeque – EPSEL S.A, Filial Chiclayo, 2023,» *Universidad Tecnológica del Perú*, n° 1, 2024.
- [11] D. Navarro Alcendra, K. Regino Mancera, J. Zota Rada y A. Troncoso Palacio, «Análisis para Reducir los Tiempos de Espera en un Centro de Diagnóstico Automotor,» *Bilo*, vol. 6, n° 1, p. 9, 2024.
- [12] M. Grau Ahumada, E. Pérez Hamburger, N. Villalobos Rueda y A. Troncoso Palacio, «Simulación de una Línea de Producción de Jabones en Barra para Disminuir Defectuoso en el Área de Troquelado,» *Bilo*, vol. 6, n° 1, p. 9, 2024.
- [13] F. Dorantes Benavidez, M. Martínez Cruz, H. Dorantes Benavidez, M. Chávez Pichardo y M. Acosta Mendizabal, «Modelo sistémico de kanban del área de acabados en la industria metal-mecánica,» *Amazonia investiga*, vol. 13, n° 76, p. 11, 2024.
- [14] A. Aguila Fleites, M. Hernández Ripalda y S. Hernández González, «Simulación de líneas de espera con distribución generalizada,» *Pistas educativas*, vol. 45, n° 147, p. 15, 2024.
- [15] Y. Sánchez Suárez, A. Hernández Nariño, M. Marqués León, O. Santos Pérez y S. Leyva Ricardo, «Simulación discreta aplicada a la mejora de los flujos de pacientes en instituciones hospitalarias,» *Revista Chilena de ingeniería*, vol. 32, p. 14, 2024.
- [16] J. Aguirre Solís, R. Chávez Portillo, M. Gutiérrez Hernández, P. Gutiérrez Hernández, G. Ibarra Mejía y L. Gillén Anaya, «Rediseño de estación de trabajo mediante simulación,» *Investigaciones y Soluciones en Ergonomía Ocupacional*, vol. 21, n° 1, 2024.
- [17] E. Nieto Blanco, L. Roncallo Fernández, D. Arias Jiménez y A. Troncoso Palacio, «Un Análisis de Líneas de Espera en una Comercializadora de Teléfonos Inteligentes Mediante Simulación,» *Bilo*, vol. 6, n° 1, p. 11, 2024.
- [18] F. Flores Rivas y J. Peña La Rosa, «Propuesta de un Modelo de simulación de un Planeamiento Agregado y un Plan Maestro de Producción para el aumento de la productividad en talleres de calzado de cuero del Perú, Caso de estudio LOANÁ'S SHOES del 2021 al 2022,» *Universidad Tecnológica del Perú*, 2024.
- [19] C. Sailer Diaz, «Análisis estocástico de los caudales regulados para la producción de energía eléctrica del embalse gallito ciego por medio de simulación de eventos discretos,» *Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo*, 2024.
- [20] M. Paredes Chasi y J. Palacios Encalada, «Modelado y simulación de un sistema de generación de vapor de una planta de alimentos : Análisis en estado estable.,» *Bibdigital*, p. 61, 2024.
- [21] M. Tomalá Rodríguez, «Desarrollo de la simulación de un sistema automatizado para los subprocesos de triturado y mezclado en la fabricación de vidrio.,» *Repositorio Dspace*, p. 64, 2024.
- [22] R. Guiracocha Guiracocha y L. Toapanta Ramos, «Diseño y simulación, mediante software especializado, de una mesa giratoria 360° con transfer de banda modular para transporte de láminas y cajas de cartón,» *Universidad politécnica salesiana Ecuador*, 2024.