

Una Propuesta para mejorar el Proceso de Confección de Suéter Básico utilizando un Modelo Simulado

A Proposal to Improve the Basic Sweater Making Process Using a Simulated Model

DOI: <https://doi.org/10.17981/ijmsor.06.01.01>

Article - Reception Date: February 2, 2021 - Acceptance Date: June 30, 2021. Publication Date: August 1, 2021.

**Laura-Vanessa Bravo-Barraza¹, Andrés-Felipe Domínguez-Gutiérrez¹,
Valentina Gerónimo-Rodríguez¹, Valentina-Yulieth Ortiz-Camelo¹,
Eduardo Rincón-Ibarra¹ y Alexander Troncoso-Palacio²**

Universidad de la Costa CUC. Barranquilla (Colombia)¹ y Departamento de Productividad e Innovación.
Universidad de la Costa CUC. Barranquilla (Colombia)²

lbravo7@cuc.edu.co, adomingu20@cuc.edu.co, vgeronim@cuc.edu.co, vortiz9@cuc.edu.co,
erincon@cuc.edu.co, atroncos1@cuc.edu.co

To reference this paper:

L.-V. Bravo-Barraza, A.-F. Domínguez-Gutiérrez, V. Gerónimo-Rodríguez, V.-Y. Ortiz-Camelo, E. Rincón-Ibarra & A. Troncoso-Palacio, “Una Propuesta para mejorar el Proceso de Confección de Suéter Básico utilizando un Modelo Simulado”, IJMSOR, vol. 6, no. 1, pp. 1–10, 2021. <https://doi.org/10.17981/ijmsor.05.01.01>

Resumen— Hablar de simulación en una empresa se refiere al uso de técnicas de modelado para imitar el funcionamiento de la empresa en diferentes escenarios y situaciones. El objetivo de la simulación es predecir el comportamiento del sistema en el mundo real y mejorar su rendimiento. Este proyecto se llevó a cabo en una empresa de confecciones perteneciente al sector textil de la ciudad de Barranquilla. Mediante el uso del software Arena se identificaron las restricciones presentes en el proceso de elaboración del Suéter Básico y se observó cada uno de los procedimientos de recopilación de información para la elaboración y análisis del modelo simulado. Los resultados del modelo inicial permiten construir una propuesta en la que se sugiere que la empresa capacite al operario encargado de encolar el cuello con el despuntador para que desarrolle esta actividad con mayor rapidez (tiempo constante de 1.6 minutos), eliminando así la restricción en esta área. del proceso, lo que ayuda a mejorar el rendimiento del proceso de fabricación. Con esta propuesta se logró reducir la cola al 0% y el número de productos defectuosos al 1.76%, permitiendo un aumento de la productividad.

Palabras clave— Análisis de Proceso; Simulación de eventos discretos; Mejora continua; Restricciones en elaboración de Suéter básico

Abstract— “Simulation” in a company refers to the use of modeling techniques to imitate the operation of the company in different scenarios and situations. The objective of the simulation is to predict the behavior of the system in the real world and improve its performance. This project was carried out by a clothing company belonging to the textile sector of Barranquilla city. Through the use of Arena software, the restrictions present in the Basic Sweater elaboration process were identified, and each of the procedures to compile information for the elaboration and analysis of the simulated model was observed. The results of the initial model allow the construction of a proposal in which it is suggested that the company train the operator in charge of gluing the neck with the blunting to develop this activity more quickly (a constant time of 1.6 minutes), thus eliminating the restriction in this area of the process, which helps to improve the performance of the manufacturing process. With this proposal, it was possible to reduce the queue to 0% and the number of defective products to 1.76%, allowing an increase in productivity.

Keywords— Continuous improvement; Process Analysis; Restrictions in the elaboration of Basic Sweater; Simulation of discrete events

I. INTRODUCCIÓN

Los recursos cada vez son más limitados para las organizaciones hoy en día y en un panorama de crecimiento poblacional, que, a su vez, se muestra cada vez más demandante y exigente. Las empresas del sector textil son conscientes de que son uno de los sectores más dinámicos en escala global, tanto en demanda como en oferta.

Bajo este contexto, es imprescindible ser cada vez más productivos con la menor cantidad de recursos humanos y materiales. Por lo anterior, las empresas buscan ser más eficientes y eficaces en el desarrollo de sus operaciones y mantener un flujo de producción óptimo; para ello, se han desarrollado un conjunto de herramientas que permiten analizar y mejorar los procesos enfocándolos hacia una mejora continua, tal como es la aplicación de sistemas de simulación a un proceso.

La empresa objeto de estudio no se escapa de este escenario. Es así como el enfoque del presente proyecto estará basado en una microempresa del sector textil: Blessed, y la aplicación de su proceso de producción de camisetas a un sistema de simulación. Blessed es una empresa dedicada a procesos de confección, ubicada en Santo Tomás, Atlántico. Actualmente, está en búsqueda de un crecimiento de la productividad de sus operaciones; sin embargo, según, lo analizado, presenta cuellos de botella. En consecuencia, se pretende diseñar un modelo de simulación que permita evaluar y validar el comportamiento del sistema en el mundo real, para luego presentar una propuesta de mejora en el que se identifiquen las respectivas colas del proceso de producción en cuestión.

II. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

En investigaciones como la realizada por la UVA [1], indican que, en los últimos años la tecnología de simulación ha evolucionado con un nivel de madurez que conduce a su uso extendido a muchas áreas diferentes. Sin embargo, la simulación continúa es una herramienta poco utilizada en el sector manufacturero.

Una simulación es una imitación del funcionamiento de un proceso o sistema del mundo real a lo largo del tiempo. La simulación es la vista dinámica de los sistemas complejos que deben analizarse antes de la implementación real del sistema. Cualquier entorno se puede visualizar a través de un modelo de simulación antes de correr el riesgo de una implementación real. Desarrollar una simula-

ción ayuda a comprender el sistema. Además, para los sistemas antes de la implementación o el cambio, la simulación ayuda a las partes interesadas del negocio a verificar si el cambio o el nuevo procedimiento en el negocio es útil o no. La simulación ahorra costos y tiempo al identificar cualquier brecha en el proceso [2], [3].

Las simulaciones pueden ser clasificadas según su estrategia de implementación [3], estas simulaciones pueden ser continuas, simulación Monte Carlo, Simulación de Eventos Discretos (DES), simulación híbrida y simulación basada en agentes los cuales tienen diferentes estrategias de implementación [4]-[11].

Todo proyecto de simulación debe de tener unos objetivos los cuales determinan los requerimientos de las herramientas de desarrollo, para así poder seleccionar la herramienta adecuada [12]-[14].

En base a esto, la opción que aparece como más adecuada es la de utilizar un entorno de modelado gráfico y simulación basado en un lenguaje de modelado orientado a objetos basado en ecuaciones [15], frente a otras alternativas, quizás más establecidas [16], como son los entornos orientados a bloques, bien sean basados en bloques elementales (SIMULINK, VISIM) o sentencias (ACSL) o los bond-graph [17], [18].

La simulación se implementa en diferentes áreas, como puede ser el diseño, operación de sistemas de colas, sistemas de inventarios, entre otros escenarios. En base a esto, la simulación de telas ha sido un tema desafiante en los gráficos por computadora durante mucho tiempo. Hoy en día, existe una creciente demanda de la participación de gráficos por computadora en la industria textil y del entretenimiento. Un paso más en simulación de tela es la simulación de prendas, que son básicamente ensamblajes de diferentes partes de tela. Recientemente, ha habido una gran cantidad de investigación sobre el diseño de prendas en 3D [19]-[21].

Cuando se simula para conocer los procesos productivos de una empresa, en este se logra identificar cuáles son los procesos que generan los cuellos de botella. Para toda organización es fundamental que dentro de las operaciones no existan atrasos. Una vez que se identifican estos cuellos de botella, la empresa fundamenta sus decisiones de producción y con esto se evidencia un incremento en la productividad. Para esto se realizan diferentes trabajos con el objetivo de integrar estrategias computacionales que permitan analizar y optimizar los procesos de producción en las industrias [22].

El enfoque de diagramas de flujo para la construcción de modelos tiene más sentido para los ingenieros que deben documentar un proceso para modelarlo y analizarlo con precisión, por lo que esto lleva a que la metodología de diagramas de flujo de Arena sea más fácil de aprender que otras herramientas de simulación [23].

III. METODOLOGÍA

La presente investigación es aplicada en la empresa BLESSED con el fin de resolver la problemática presentada, a continuación, se mostrará detalladamente el paso a paso que se llevó, en donde se realizó la visita a la empresa y se logró conversar con el dueño ya que es la persona que conoce todos los procesos detallados (Fig. 1).

En la *fase 1* del proyecto se empezó con la descripción de la empresa, explicando su actividad que es la confección y diseño de ropa de dama, esta se encarga de confeccionar y vender en su punto físico, debido a que tiene una alta demanda de producción, el estudio se enfocó en el proceso de fabricación de suéteres, siguiendo el paso a paso que lleva y los tiempos empleados.

Durante la *fase 2* se analizó y registró el proceso detallado de la elaboración de suéteres, en donde se encontraron los distintos procesos que requiere la elaboración realizando una medición del trabajo en la empresa objeto de estudio, esto, con el propósito de determinar los tiempos estándar, la capacidad de producción y el flujo de cada uno de los procesos de la producción.

En la *fase 3* se detectó el problema llegando a identificar cada uno de los procesos que se realizan en todas las áreas de producción, tanto de entrada como de salidas de materias primas y producto, esto, para localizar los momentos críticos durante el proceso.

En la *fase 4* se realizó la recolección de datos del proceso donde se procedió a crear un modelo conceptual que sirva como base para crear el modelo en el software Arena®, en este modelo digital, se podrá visualizar el comportamiento del proceso donde finalmente se analizarán los resultados, con base en los cuales se inferirán las pertinentes conclusiones para hacer una propuesta integrada de mejora que pueda generar un impacto positivo.

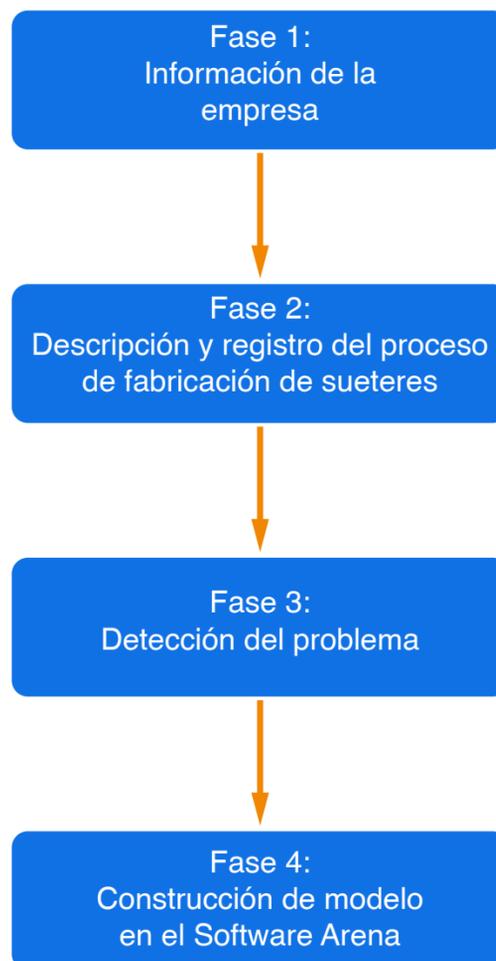


Fig. 1. Metodología para el desarrollo del proyecto.

III. DESARROLLO

Las empresas de textiles y demás aportan al crecimiento económico del país, también aportan trabajo para las personas que lo necesiten, pero se presenta que en muchos lugares la mano de obra es barata, las empresas que se dedican a la confección y textiles buscan que su organización sea más competitiva, tengan un buen puesto en el mercado y que sea altamente reconocida. Con una buena distribución en planta se logra el incremento de la productividad y la eliminación de recorridos innecesarios. Es importante dar a conocer a las empresas lo valioso que es esta metodología ya que se elimina la pérdida de tiempo, los tiempos innecesarios en maquinaria y desperdicios en la mano de obra. Blessed es una empresa la cual se centra en una línea de producción de ropa para mujer, para la producción de esta ropa, se necesita materia prima, mano de obra, maquinaria y otros elementos. Dentro de la empresa se evidenció que muchas veces tienen retrasos en la producción. Los retrasos en la producción se basan más que todo en la falta de organización de las operaciones, también en las distancias que tienen que recorrer el operario, ya que luego que termina una etapa del proceso, debe de pasar a otra y esto implica el cambio de maquinaria, también se logró evidenciar que muchas veces hay cuellos de botella en los operarios ya que no se organizan y se presenta mucho tiempo ocioso lo cual es pérdida para la empresa. Es por esto por lo que se formula el interrogante de:

¿Cómo se puede aumentar la productividad de una empresa analizando sus procesos creando un modelo en el software Arena?

Partiendo de la problemática a resolver, se realiza la siguiente simulación del proceso para la fabricación de una camisa básica, en la cual se presenta el respectivo diagrama de flujo del proceso en mención (Fig. 2):

A. Conceptualización del modelo y análisis de entrada

Para el análisis de entrada, obtenido el diagrama de flujo se procede con la toma de tiempos de cada uno de los procesos presentes. De lo cual obtenemos la siguiente tabla de tiempos (Tabla 1).

Por medio de 'Input Analyzer', procedemos a obtener el tipo de distribución que sigue nuestros datos, con esto así tener la fórmula matemática que será ingresada en el modelo en cada proceso (Fig. 3; Fig. 4).

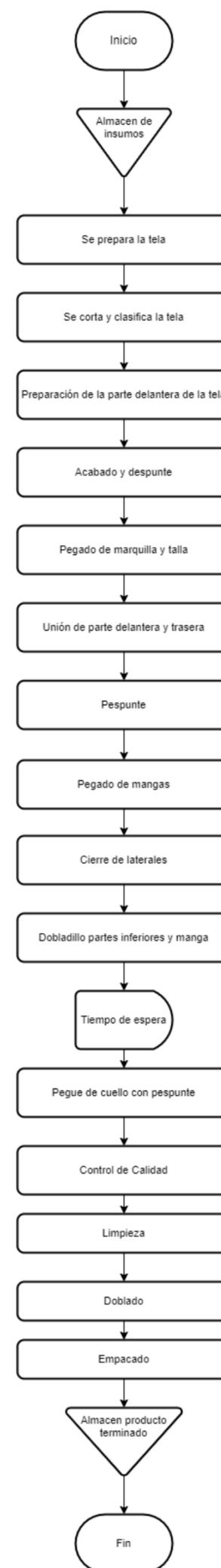


Fig. 2. Diagrama de flujo proceso de fabricación de camisa básica.

TABLA 1. TABLA DE TIEMPOS DE PROCESOS PARA LA CONFECCIÓN DE CAMISA BÁSICA.

Tiempos en minutos																		
No muestras	Almacen de insumos	Preparación de tela	Corte y Clasificación	Preparación parte delantera	Acallado y despuste	Pegado de marquilla y talla	Unión de parte delantera y trasera	Pespunte	Pegado de mangas	Cierre de laterales	Dobladillo de partes inferiores y mangas	Tiempo de espera	Pegue de cuello con pespunte	Control de Calidad	Probabilidad control calidad	Limpieza	Doblado	Empacado
1	4.0	0.46	6.5	1.77	0.51	0.73	0.84	1.12	3.01	2.32	3.12	0.28	5.12	7.57	87.00	2.77	1.01	0.60
2	3.7	2.30	8.3	1.91	0.09	0.89	1.23	1.09	2.67	2.34	3.13	0.28	4.88	1.95	89.00	2.70	0.44	0.95
3	4.3	1/97	6.3	2.77	0.69	0.42	0.77	0.53	3.09	2.87	3.42	0.34	5.61	1.27	89.00	2.60	0.72	0.47
4	1.7	1.17	7.5	0.90	2.39	1.00	0.84	1.30	3.01	2.72	3.07	0.37	5.58	1.71	91.00	2.42	0.70	0.43
5	3.0	0.51	8.9	2/29	0.68	0.57	1.33	1.33	3.07	2.21	3.09	0.28	5.29	1.43	92.00	2.86	0.94	1.03
6	1.1	1.92	9.2	0.47	0.44	0.94	1.73	0.95	2.91	2.44	3.50	0.14	5.46	2.63	91.00	2.49	1.07	0^4
7	3.9	1.73	6.0	2.90	0.15	1.00	1.46	0.21	2.54	2.56	3.56	0.12	5.03	1.83	92.00	2.84	0.55	0^0
8	5.0	2.24	6.0	1.58	0.24	0.63	1.59	1.22	2.97	2.25	3.20	0.39	5.63	2.10	86.00	2.88	1.07	0.43
9	3.8	1/57	6.8	0.88	0.02	0.90	0.95	0.23	2.80	2.36	3.24	0.14	5.70	1.62	90.00	2.66	1.29	0^8
10	3.0	1.96	8.1	1.43	0.63	0.38	1.56	1.24	2.22	2.33	3.42	0.18	4.93	2.31	94.00	2.61	0.88	1.03
11	2.9	1.95	8.7	1/34	1.69	1.20	0.99	0.77	2.82	2.03	3.39	0.13	5.28	2.70	87.00	2.84	1.18	0.71
12	2.1	0.63	6.0	2.33	1.06	1.26	1.34	0.26	3.06	2.14	3.45	0.39	5.48	1.30	95.00	2.16	1.13	0.44
13	4.9	1.20	8.0	2.55	0.35	1.16	Mi	0.49	2.87	2.60	3.47	0.21	5.50	1.03	87.00	2.08	1.25	0.76
14	3.8	1.00	9.0	0.49	0.71	0.66	0.95	0.26	2.39	2.30	3.37	0.32	4.86	2.59	90.00	2.81	1.18	0.91
15	1.4	2.06	8.0	2.92	1.38	0.70	1.30	0.87	2.91	2.59	3.53	0.49	5.23	2.18	90.00	2.77	1.29	0.60
16	2.8	1.44	7.0	1.42	0.14	1.00	1.62	0.76	2/92	2.29	3.34	0.34	5.31	2.53	92.00	2.09	1.14	0.85
17	3.2	0.77	8.3	0.99	0.04	1.03	0.38	0.64	2/25	2.88	3.25	0.33	5.31	1.36	89.00	2.70	1.07	0.47
18	2.8	1.85	6.3	1.50	0.16	1.17	0.65	0.80	2.38	2.01	3.32	0.10	5.51	2.46	94.00	2.89	0.66	0.95
19	3.3	1/91	7.5	1/91	0.27	0.65	1.39	1.33	2.72	2.54	3.20	0.31	5.14	1.92	92.00	2.83	0.90	0.64
20	1.6	1.36	8.9	2.47	0.17	0.30	0.90	0.87	2.85	2.14	3.26	0.32	5.63	2/54	92.00	2.05	0.57	1.03
21	3.5	0.68	9.2	187	1.67	1.11	1.30	0.21	2.44	2.66	3.34	0.27	5.26	1.40	94.00	2.37	0.41	0^3
22	3.7	1.14	6.0	2.87	0.92	0.79	1.20	1.30	2.82	2.17	3.36	0.33	4.91	M7	98.00	2.67	0.99	0.77
23	1.3	1.20	9.0	1.40	0.77	0.79	0.46	0.65	2.32	2.08	3.27	0.24	5.18	2.30	91.00	2.86	1.28	0^8
24	4.6	1.46	8.7	2.49	1.18	1.08	1.48	0.30	2/22	2.58	3.53	0.45	5.76	2.14	88.00	2.04	0.46	0^3
25	1.5	1.99	7.6	1.67	1.03	0.61	1/57	0.61	2/99	2.42	3.27	0.23	5.30	2.31	91.00	2.03	0.99	0.76
26	4.4	1/59	8.3	2.81	0.60	0.46	0.54	1.31	2.72	2/21	3.08	0.34	5.08	1.15	89.00	2.60	1.10	0^4
27	2.3	0.95	6.4	1.73	1.04	1.09	1.38	0.27	2.42	2.19	3.33	0.21	5.23	1.66	91.00	2/29	1^2	0.64
28	3.4	2.22	7.9	1.36	0.03	0.56	0.70	0.93	2.26	2.72	3.40	0.32	5.66	1.92	88.00	2.13	1^0	0.77
29	2.1	1/87	8.0	1.72	0.88	1.02	1.44	1.09	2.68	2.63	3.22	0.16	5.22	2.63	89.00	2.31	1.07	1.10
30	3.3	1.03	6.0	0.83	0.40	0.83	0.85	1.05	2.85	2.45	3.12	0.21	5.03	1.14	96.00	2.14	1.05	0.74

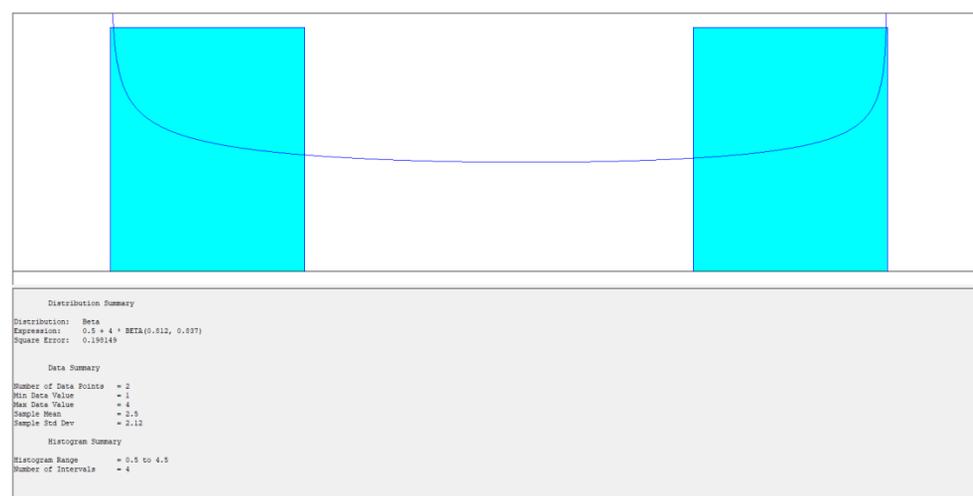


Fig. 3. Representación de la entrada de los datos de tiempo del proceso almacén de insumos a Input analyzer.

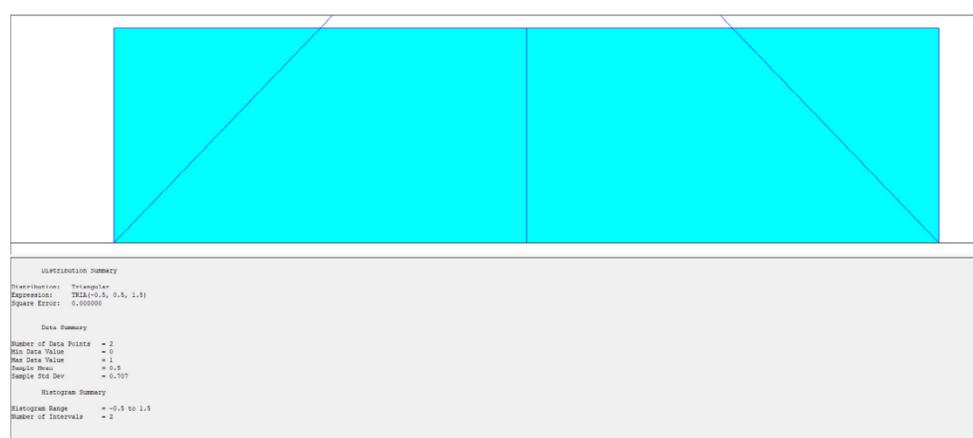


Fig. 4. Representación de la entrada de los datos de tiempo del proceso preparación de tela a Input analyzer.

Y con las fórmulas del tipo de distribución obtenidas para cada proceso, se elabora la siguiente tabla, donde se consolida la información de entrada en la conceptualización del correspondiente modelo (Tabla 2).

B. Construcción del modelo en el software Arena®

Con base en el modelo conceptual, se procede a crear el modelo, como se muestra a continuación en la siguiente Fig. 5.

Dentro del modelo podemos observar los distintos procesos que llevan la fabricación de una camisa. En el modelo se analizaron 18 procesos a los cuales se les midió el tiempo, también encontramos una demora y una inspección, esta inspección hace referencia a una política que maneja la empresa la cual establece que, si una camisa no pasa el control de calidad, ellos la envían a productos defectuosos. Para las restricciones del modelo, se tomó como tiempo 8 horas diarias.

TABLA 2. TABLA DE FÓRMULAS DE DISTRIBUCIONES DE LOS TIEMPOS DEL PROCESO DE FABRICACIÓN DE CAMISA BÁSICA.

Proceso	Formula
Almacén de insumos	$0.5 + 4 * \text{BETA}(0.812, 0.837)$
Preparación de tela	$\text{TRIA}(-0.5, 0.5, 1.5)$
Corte y Clasificación	$0.5 + 6 * \text{BETA}(0.596, 0.618)$
Preparación parte delantera	$0.22 + 2.78 * \text{BETA}(1.55, 1.16)$
Acabado y despunte	$\text{TRIA}(-0.5, 0.5, 1.5)$
Pegado de marquilla y talla	$\text{TRIA}(-0.5, 0.5, 1.5)$
Unión de parte delantera y trasera	$\text{TRIA}(0.24, 1.38, 1.87)$
Despunte	$0.09 + 1.36 * \text{BETA}(1.04, 0.955)$
Pegado de mangas	$\text{UNIF}(0.5, 3.5)$
Cierre de laterales	$\text{TRIA}(0.5, 1.5, 2.5)$
Doblado de partes inferiores y mangas	$\text{UNIF}(0.5, 3.5)$
Tiempo de espera	$\text{NORM}(0.274, 0.0981)$
Pegue de cuello con pespunte	$0.5 + 5 * \text{BETA}(0.647, 0.647)$
Control de Calidad	$\text{TRIA}(0.5, 1.5, 2.5)$
Probabilidad control calidad	91%
Limpieza	$\text{TRIA}(0.5, 1.5, 2.5)$
Doblado	$0.32 + 1.06 * \text{BETA}(1.6, 1.05)$
Empacado	$\text{TRIA}(-0.5, 0.5, 1.5)$

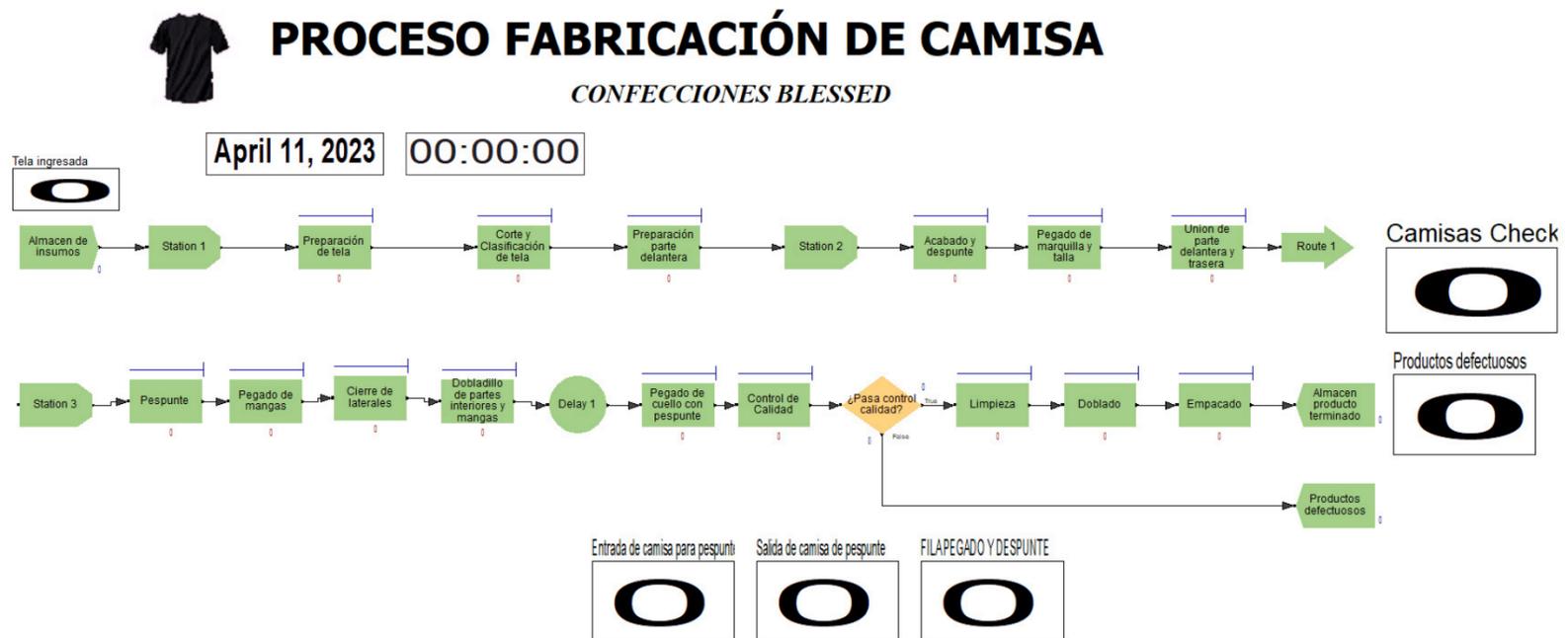


Fig. 5. Modelo de simulación inicial en el programa de Arena® versión 16.1.

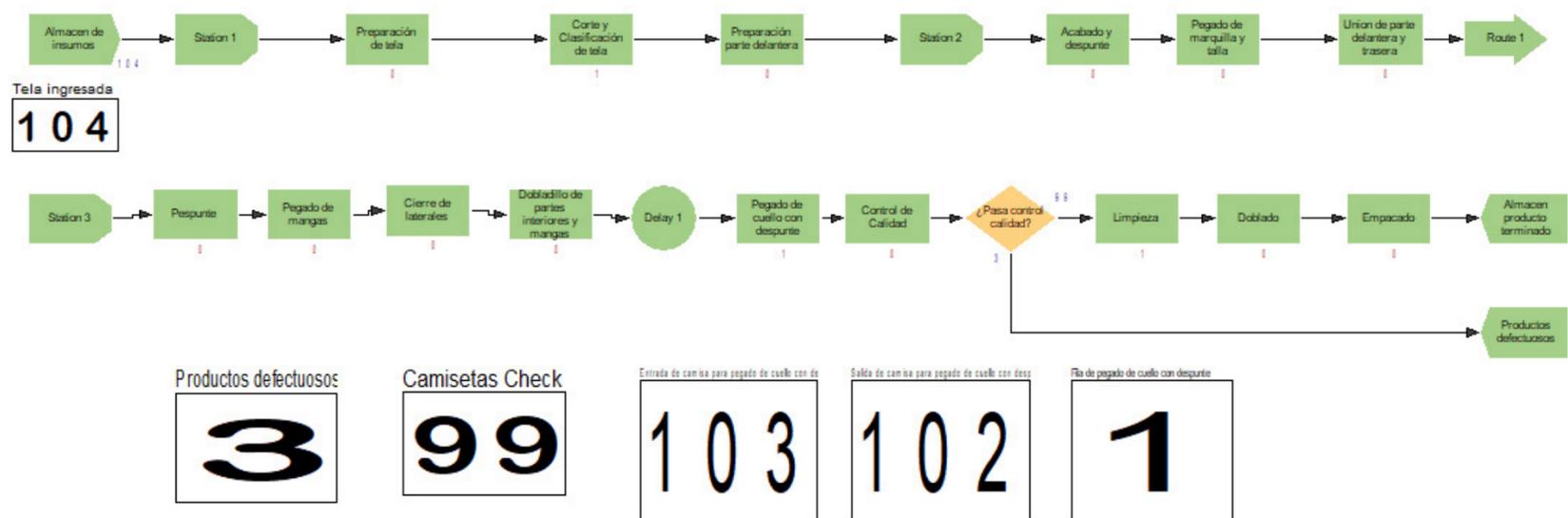


Fig. 6. Modelo de simulación inicial con resultados en el programa de Arena® versión 16.1.

V. RESULTADOS

Realizado el modelo de simulación del proceso de fabricación de camisa se logra identificar que el proceso que tiene más demora por lo tanto presenta la cola más larga es el proceso de Pegado de cuello, de aquí se procedió a implementar una mejora para este proceso logrando así un modelo más eficaz mejorando la productividad de este (Fig. 6).

A. Análisis Diagrama circular inicial

En el presente diagrama se logra identificar que el proceso de confección llamado pegado de cuello es el proceso que presenta mayor porcentaje de filas con un valor total del 18% siendo este proceso el elegido para su posterior mejora de proceso (Fig. 7).

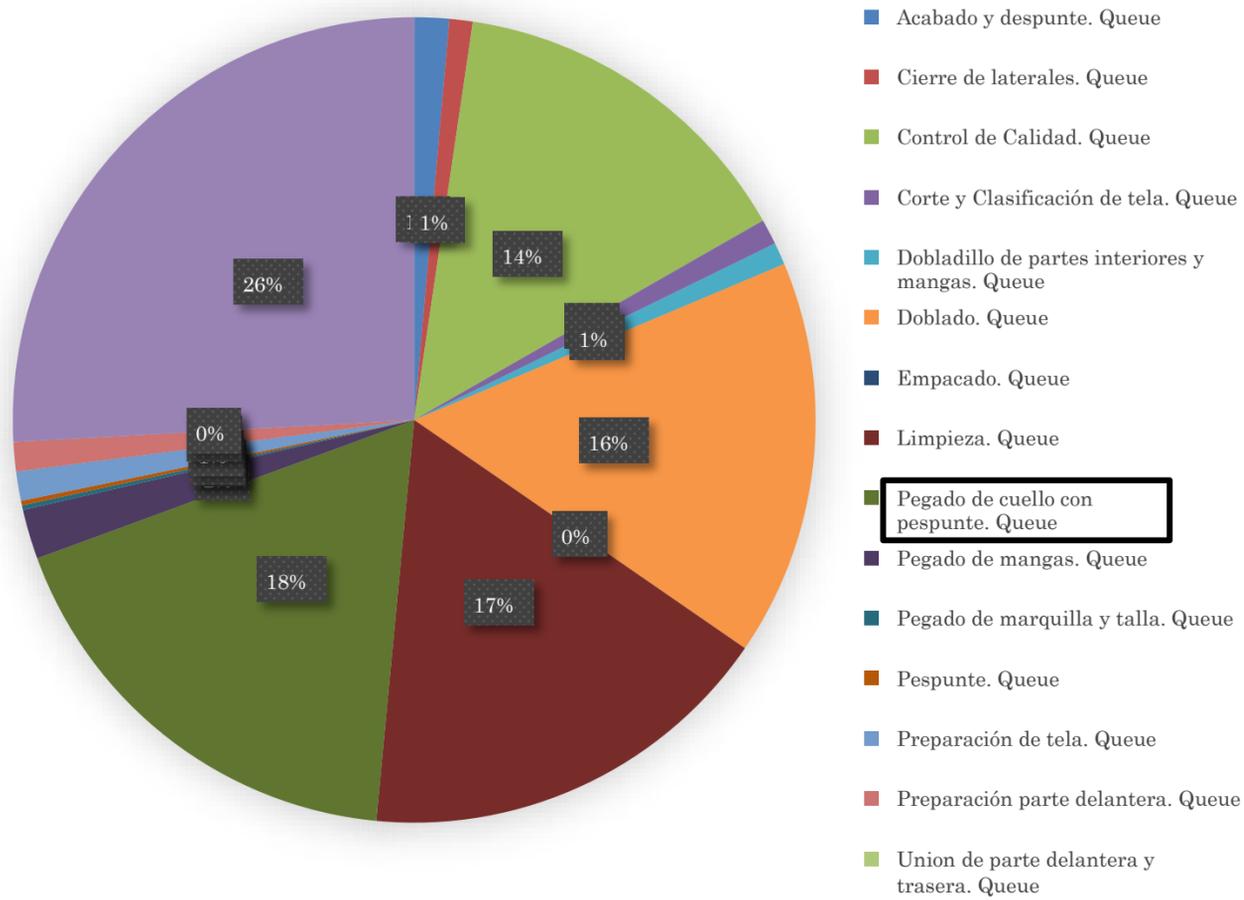


Fig. 7. Diagrama circular inicial de los procesos de confección en proporción a las filas.

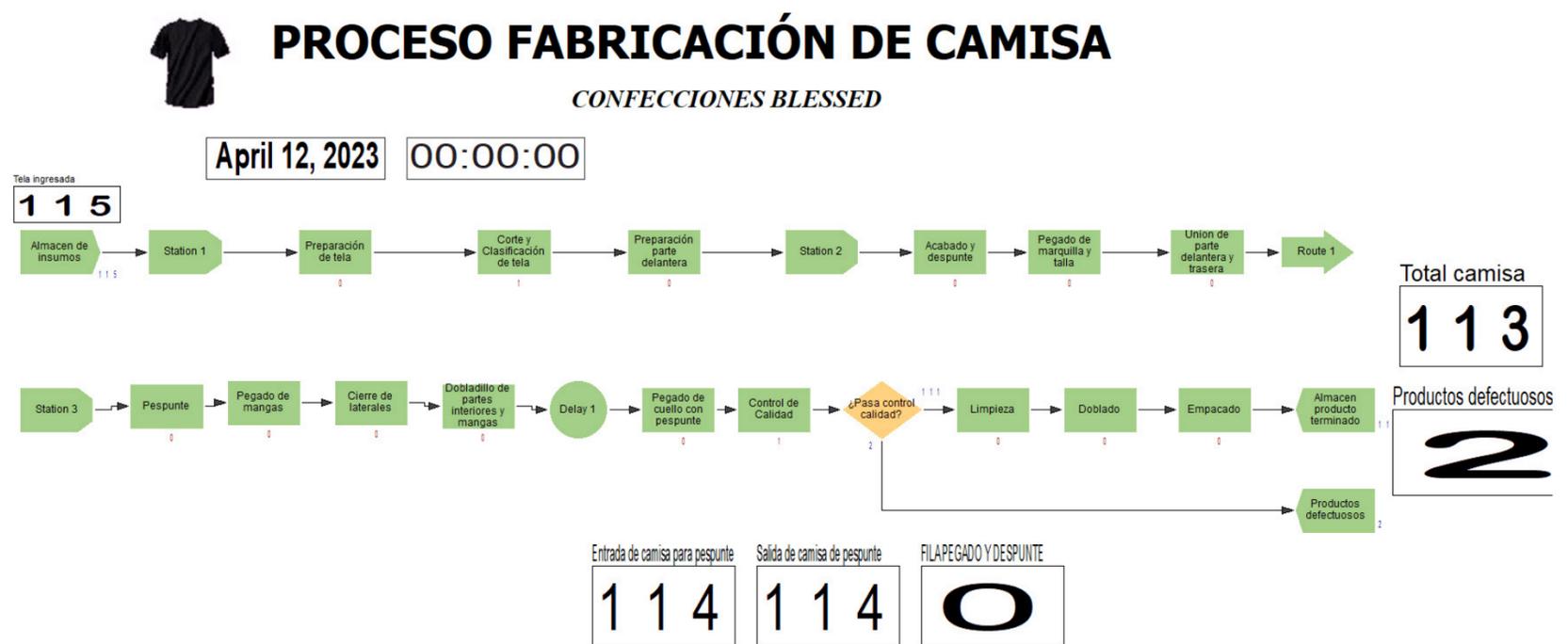


Fig. 8. Modelo de simulación propuesto en el programa de Arena® versión 16.1

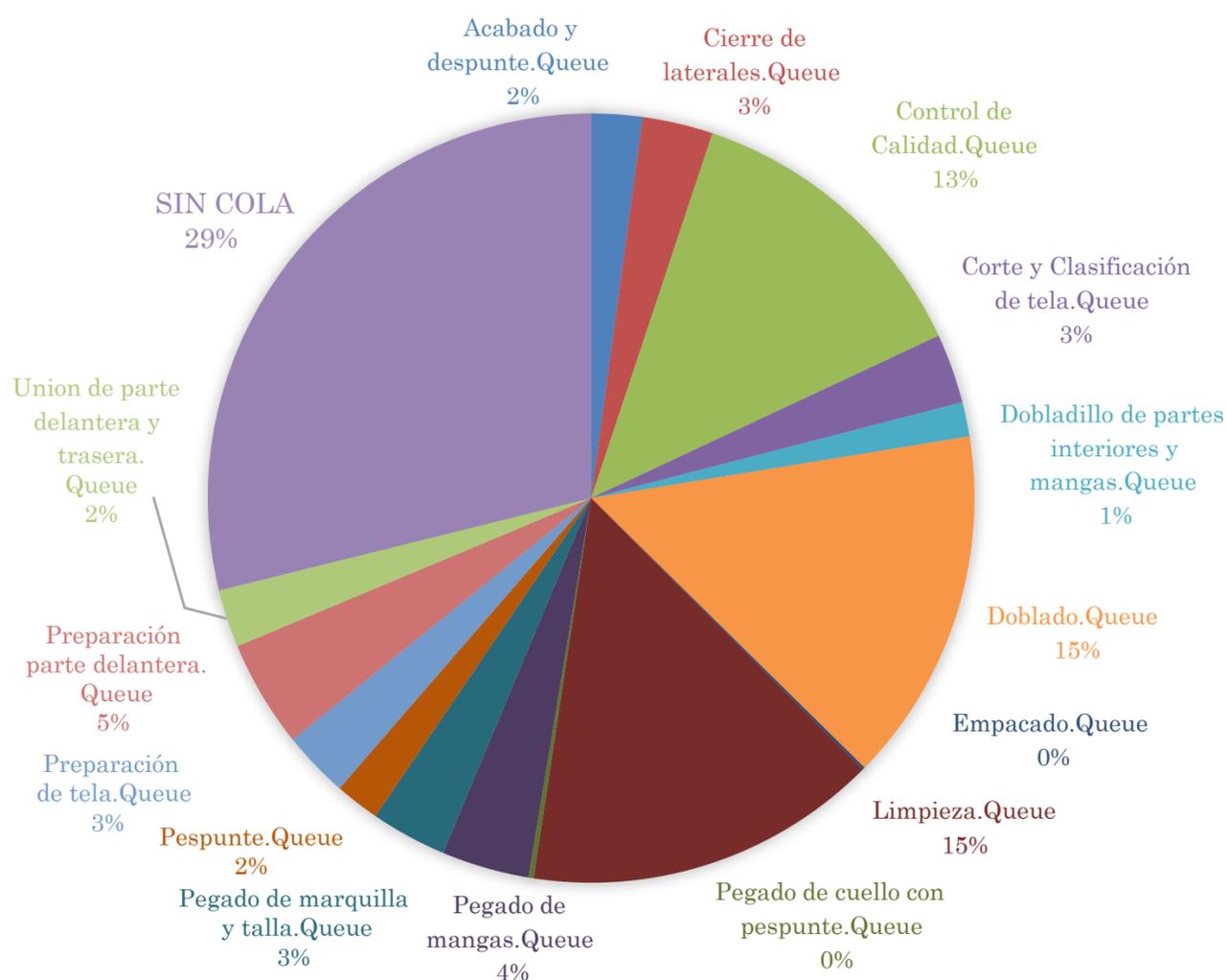


Fig. 9. Diagrama circular final de los procesos de confección en proporción a las filas.

B. Simulación propuesta de Mejora Aplicada

Identificado el proceso el cual se le realizó la propuesta de mejora, se estableció que el proceso de pegado de cuello debe tener una distribución constante de 1.6 minutos, por lo tanto, se procede a hacerle la sugerencia a la empresa de capacitar a la persona encargada de esa área para que desarrolle esta actividad con más rapidez eliminando el cuello de botella, finalizado la realización del modelo con la propuesta de mejora aplicada se logran observar los siguientes resultados (Fig. 8).

C. Análisis Diagrama circular final

En el presente diagrama se logra identificar que el proceso de confección llamado pegado de cuello logró una notable disminución en el porcentaje de filas con un valor total del 0% obteniendo una eficaz mejora del proceso logrando la mejor productividad de esta (Fig. 9).

VI. CONCLUSIONES

Con la realización de este proyecto se logró aplicar los conocimientos adquiridos relacionados a modelos de simulación mediante el software Arena®, lo que permitió concluir que la simulación de sistemas permite recrear procesos dentro una computadora, en la cual es posible analizar a detalle su comportamiento haciendo fácil la identificación de oportunidades de mejora. En el modelo inicial se pudo observar y analizar las colas y los productos defectuosos del proceso de confección de una camiseta de Blessed Confecciones, todo esto con el fin de evaluar la posibilidad de mejorar el proceso de la empresa. En este sentido, la propuesta consistió en sugerir a la empresa capacitar al operario encargado de Pegado de cuello con despunte para que desarrolle esta actividad con más rapidez (tiempo constante de 1.6 minutos), eliminando así el cuello de botella, y, en consecuencia, mejorar el rendimiento del proceso de confección de camisetas.

Con esta propuesta se logró reducir la fila a un 0% y la cantidad de productos defectuosos a 1.76%, permitiendo que la productividad aumente y, por ende, se logre más beneficios e ingresos. Para la empresa es recomendable que aplique el modelo propuesto, pues al obtener los resultados tanto del modelo inicial como del propuesto, se compararon, y se pudo determinar que es viable aplicar la propuesta en términos de costo-beneficio.

REFERENCIAS

- [1] A. Merino, L. F. Acebes, R. Mazaeda y C. d. Prada, "Modelado y Simulación del Proceso de Producción del Azúcar", *RIAI*, vol. 6, no. 3, pp. 21–31, Jul. 2009. [https://doi.org/10.1016/S1697-7912\(09\)70261-4](https://doi.org/10.1016/S1697-7912(09)70261-4)
- [2] R. Choudhary & N. Riaz, "A business process re-engineering approach to transform business process simulation to BPMN model," *Plos One*, pp. 1–25, 15 Mar. 2023. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0277217>
- [3] R. G. Ingalls, "Introduction to simulation," presented at *Winter Simulation Conference*, WSC, PHX, AZ, USA, 11–14 Dec. 2011. <https://doi.org/10.1109/WSC.2011.6147858>
- [4] R. E. Shannon, *Systems Simulation*. Hoboken, NJ, USA: Prentice-Hall, 1975.
- [5] R. G. Ingalls y C. Eckersley, "Simulation Issues in Electronics Manufacturing," *ACM*, pp. 861–864, Dec. 1992. <https://doi.org/10.1145/167293.167752>
- [6] R. G. Ingalls y C. Kasales, "CSCAT: Compaq Supply Chain Analysis Tool," presented at *Winter Simulation Conference Proceedings*, WSC'99, PHX, AZ, USA, 5–8 Dec. 1999. <https://doi.org/10.1109/WSC.1999.816841>
- [7] R. G. Ingalls, "The Value of Simulation in Modeling Supply Chains," presented at *Winter Simulation Conference Proceedings*, WSC'99, PHX, AZ, USA, 5–8 Dec. 1999. <https://doi.ieeecomputersociety.org/10.1109/WSC.1999.816799>
- [8] K. P. White, *Modeling and Simulation*, vol. 2. New York, USA: Encyclopedia of Electrical Engineering and Electronics, 2007. <https://doi.org/10.1002/047134608X.W7108.pub2>
- [9] P. White & R. G. Ingalls, "Introduction to simulation," presented at *Winter Simulation Conference*, WSC 2009, Austin, TX, USA, 13–16 Dec. 2009. <http://dx.doi.org/10.1109/WSC.2009.5429315>
- [10] J. Banks, J. Carson, B. Nelson & D. Nicol, *Discrete-Event System Simulation*, 5th ed. SGP: Prentice-Hall, 2010.
- [11] A. M. Law, *Simulation Modeling and Analysis*, 5th ed. Tucson, AZ, USA: McGraw-Hill, 2015.
- [12] F. Laganier, "Dynamic process simulation trends and perspectives in an industrial context," *Comput Chem Eng*, vol. 20, pp. 1595–1600, 1996. [https://doi.org/10.1016/0098-1354\(96\)00271-2](https://doi.org/10.1016/0098-1354(96)00271-2)
- [13] E. F. Cellier & E. Kofman, *Continuous System Simulation*. NY, USA: Springer, 1996. <https://doi.org/10.1007/0-387-30260-3>
- [14] D. M. Himmelblau y K. B. Bischoff, *Análisis y Simulación de Procesos*. Vall, Esp: Editorial Reverté, 1976.
- [15] H. Elmqvist, "A Structured Model Language for Large Continuous Systems," *Doctoral Thesis (monograph)*, Dept Automatic Control, LTH, Lund, Sweden, 1978. <https://lup.lub.lu.se/search/files/4602422/8570492.pdf>
- [16] R. Alves, J. E. Normey, A. Merino, L. F. Acebes & C. Prada, "OPC based distributed real time simulation of complex continuous processes," *Simul Model Pract Th*, vol. 13, pp. 525–549, Oct. 2005. <http://dx.doi.org/10.1016/j.simpat.2005.01.005>
- [17] M. Rimwall & F. Cellier, "Evolution and perspectives of simulation languages following the CSSL Standards," *Model Identif Control*, vol. 6, no. 4, pp. 181–199, Jun. 1985. <http://doi.org/10.4173/mic.1985.4.1>
- [18] H. M. Paynter, *Analysis and Design of Engineering Systems*. CAMB, USA: Hathitrust, 1923.
- [19] P. Volino & N. Magnenat-Thalmann, *Virtual Clothing: Theory and Practice*. Springer, BER, Heidelberg, 2000. <https://doi.org/10.1007/978-3-642-57278-4>
- [20] F. Cordier, H. Seo y N. Magnenat-Thalmann, "Made-to-measure technologies for an online clothing store," *IEEE Comput Graph Appl*, vol. 23, no. 1, pp. 38–48, Jan. 2003. <https://doi.org/10.1109/MCG.2003.1159612>
- [21] Y. Yang, N. Magnenat-Thalmann y D. Thalmann, "A 3D garment desing and animation- a new design tool for the garment industry," *Comput Ind*, vol. 19, pp. 185–191, 1992.
- [22] P. A. Sánchez, F. Ceballos y G. Sánchez, "Análisis del proceso productivo de una empresa de confecciones: modelación y simulación", *Cienc Ing Neogranadina*, vol. 25, no. 2, pp. 137–150, Dic. 2015. <https://doi.org/10.18359/rcin.1436>
- [23] J. Jaraba, J. De Avila, L. Reino, J. Salcedo y A. Troncoso-Palacio, "Un Modelo digital para la identificación de restricciones en el proceso de ensamblaje de motocicletas," *BILO*, vol. 3, no. 1, pp. 1–8, Jul. 2021. <https://doi.org/10.17981/bilo.3.1.2021.06>