

Propuesta para Mejorar el Servicio de Dispensación de Medicamentos Utilizando Simulación de Eventos Discretos

A Proposal to Improve Medication Dispensing Service Using Discrete Event Simulation

DOI: <https://doi.org/10.17981/bilo.7.1.2025.10>

Fecha de recepción: 20/05/2025. Fecha de publicación: 31/05/2025

Ney Herrera-Frutos

Universidad de la Costa, Barranquilla, Colombia
nherrera14@cuc.edu.co

Rafael Díaz Infante

Universidad de la Costa, Barranquilla, Colombia
rdiaz29@cuc.edu.co

Yarleis Díaz-Cárdenas

Universidad de la Costa, Barranquilla, Colombia
ydiaz42@cuc.edu.co

Zharick Pacheco-Plaza

Universidad de la Costa, Barranquilla, Colombia
zpacheco1@cuc.edu.co

Alexander Troncoso-Palacio

Universidad de la Costa, Barranquilla, Colombia
atroncos1cuc.edu.co

Como citar en IEEE este artículo: Herrera-Frutos y Otros, «Propuesta para Mejorar el Servicio de Dispensación de Medicamentos Utilizando Simulación de Eventos Discretos», *Boletín de Innovación, Logística y operaciones*, vol. 7. No. 1, pp. 105-121, 2025. Online. <https://revistascientificas.cuc.edu.co/bilo/article/view/6477>

Resumen

Este proyecto se desarrolló en el contexto de una entidad farmacéutica dedicada a la prestación de servicios, con el objetivo de analizar y mejorar su proceso de atención al cliente. Para ello, se empleó la simulación de eventos discretos utilizando el software Arena, lo que permitió representar el comportamiento del sistema en distintos escenarios y evaluar su desempeño operativo. A partir del análisis del modelo base, se evidenciaron problemáticas relacionadas con la alta ocupación del personal y una notable discrepancia entre los clientes que ingresaban al sistema y los que efectivamente recibían su medicamento. Como estrategia de mejora, se propuso la implementación de una herramienta tecnológica que permite a los usuarios verificar, antes de acudir presencialmente, si su medicamento se encuentra disponible en inventario. Esta solución busca reducir el ingreso innecesario de clientes al sistema, optimizar el uso del recurso humano y disminuir los tiempos de espera. La propuesta se integró al modelo simulado, mostrando impactos positivos como menor congestión, mejora en la eficiencia del servicio y mayor satisfacción del usuario, todo ello bajo un enfoque de mejora continua.

Keywords: Atención a Clientes, Satisfacción de Usuarios

Abstract

This project was developed in the context of a pharmaceutical company dedicated to the provision of services, with the objective of analyzing and improving its customer service process. For this purpose, discrete event simulation using Arena software was used to represent the behavior of the system in different scenarios and evaluate its operational performance. From the analysis of the base model, problems related to high staff occupancy and a notable discrepancy between customers entering the system and those who actually received their medication became evident. As an improvement strategy, we proposed the implementation of a technological tool that allows users to verify, before visiting the facility in person, whether their medication is available in stock. This solution seeks to reduce the unnecessary entry of clients into the system, optimize the use of human resources and reduce waiting times. The proposal was integrated into the simulated model, showing positive impacts such as less congestion, improved service efficiency and greater user satisfaction, all under a continuous improvement and resource optimization approach.

Keywords: Simulation, Arena, Improvement, Pharmaceutical entity and KPIs.

Introducción

En el ámbito de los servicios de salud, la eficiencia y rapidez en la atención al cliente son factores esenciales para garantizar una experiencia satisfactoria y una adecuada prestación del servicio. Dentro de estos, el trabajo farmacéutico comprende dos (2) enfoques principales: el *flujo logístico*, encargado de suministrar y distribuir productos sanitarios, y el *flujo de farmacia*, que como su nombre lo indica, se centra en la dispensación y la prestación de servicios de atención farmacéutica [1], donde la mejora de estos procesos es fundamental, ya que una gestión ineficiente puede derivar en demoras significativas en la entrega de medicamentos, largas filas en los puntos de atención y *tiempos de espera excesivos*, lo que genera insatisfacción en los pacientes y afecta la calidad del servicio, además, las quejas recurrentes sobre retrasos en la dispensación de fármacos reflejan la necesidad de mejorar la asignación de recursos y agilizar la operatividad de los establecimientos de este tipo. En este contexto, la *Simulación de Eventos Discretos (SED)* se ha consolidado como una herramienta eficaz para analizar y mejorar sistemas complejos en distintos sectores, incluyendo la salud [2].

En este sentido, la *SED* permite modelar procesos en los que los eventos ocurren en puntos específicos en el tiempo, facilitando la identificación de restricciones en la capacidad del sistema y, a su vez, permite evaluar estrategias para mejorar su rendimiento. Además, su aplicación en el ámbito sanitario ha demostrado ser efectiva no solo para la toma de decisiones informadas, sino también para la mejora de la atención a los pacientes [2]. Por ejemplo, el uso de modelos de simulación en el sector educativo ha permitido la mejora de la gestión operativa, demostrando la versatilidad de esta metodología en diferentes contextos [2]. De igual forma, la simulación basada en modelos ha sido utilizada para analizar la transición fetal-neonatal en procedimientos clínicos, lo que refuerza su potencial en la mejora de procesos médicos [3].

Ahora bien, dentro de las diversas herramientas disponibles para la implementación de esta técnica, el software Arena se ha consolidado como una de las más utilizadas, ya que permite modelar detalladamente los procesos, analizar su comportamiento y evaluar escenarios alternativos sin afectar la operación real del sistema, razón por la cual ha sido aplicado en múltiples sectores, destacándose especialmente en el ámbito farmacéutico, donde su uso ha facilitado la mejora de la gestión de inventarios, la mejora en los tiempos de atención y el aumento de la eficiencia operativa [4]. Además, su capacidad para simular distintos ajustes del sistema permite a los responsables de la toma de decisiones anticiparse a posibles problemas antes de su implementación en un entorno real, lo que lo convierte en una herramienta clave para la planificación y gestión eficiente de los recursos en las entidades farmacéuticas.

El presente estudio tiene como objetivo aplicar la *Simulación de Eventos Discretos*, utilizando el software Arena, para analizar y mejorar el proceso de atención en una entidad farmacéutica dedicada a la dispensación de medicamentos. La entidad en cuestión es una organización sin ánimo de lucro que ofrece diversos servicios de

bienestar a sus afiliados y a la comunidad en general, destacándose en el ámbito de la salud. Para este estudio, el análisis se enfocará en una de sus droguerías, la cual, además de la venta de productos farmacéuticos, permite a los afiliados a una prestadora de salud reclamar sus medicamentos, convirtiéndose en un punto clave dentro de su red de atención debido al alto volumen de usuarios y a la importancia de los tratamientos que allí se dispensan. Por ello, se desarrollará un modelo computacional que represente el flujo actual de pacientes y permita evaluar distintas estrategias para mejorar el servicio, analizando y considerando aspectos como la asignación de personal y la distribución de tareas, con el fin de identificar oportunidades de mejora. A partir de los resultados obtenidos, se espera proporcionar información valiosa que facilite la toma de decisiones estratégicas dentro de la entidad y que, además, sirva como referencia para futuras investigaciones orientadas a la mejora de sistemas de salud.

Estado del arte

La simulación es una herramienta que permite diseñar y modificar sistemas sociotécnicos complejos, mediante pruebas rigurosas para validar el sistema antes de su lanzamiento o mejoras. La simulación de Eventos Discretos se ha adoptado como medio para evaluar la gestión del flujo de usuarios, de modo que se pueda predecir las restricciones del sistema. El ámbito sanitario ha sido escenario de numerosos proyectos de simulación. El modelado de simulación se ha empleado dentro del sector de la salud para diversos fines, entre sus objetivos principales se encuentra el esfuerzo por mejorar el servicio de atención al cliente enfocado en la reducción de los tiempos de espera promedio [5]. Por ejemplo, en un estudio reciente en un hospital se utiliza simulación de eventos discretos para identificar y disminuir las colas, a través del entorno Arena, proponiendo soluciones que abordan problemáticas como tareas que no representan valor añadido y mala asignación de recursos [6]. De manera similar, una investigación realizada en un departamento de radiología empleó la simulación de eventos discretos para hallar los desperdicios y las restricciones con base al tiempo de espera sin necesidad de emplear nuevos equipos, por medio del software Arena se modeló 7 escenarios, la cual redujo el tiempo de espera asignando correctamente las tareas al personal disponible [7]. Asimismo, en una clínica de diagnóstico local que ofrece servicios como análisis de laboratorio y radiografías, se desarrolló un estudio con base a las restricciones de largos tiempos de espera. La cual, a través de la teoría de colas y simulaciones realizadas con el software Arena, se evaluó el sistema para identificar los factores que generan demoras, como la falta de estaciones de atención y personal suficiente. Con base en estos hallazgos, se proponen mejoras para optimizar los recursos disponibles y reducir el tiempo de espera de los pacientes ambulatorios [8].

Por otra parte, en el área de dispensación de medicamentos se realizó un estudio en la farmacia de un hospital se enfoca sobre cómo mejorar la eficiencia y calidad del servicio farmacéutico hospitalario aplicando simulación para tomar decisiones basadas en datos y probar escenarios sin alterar el entorno real. El estudio utiliza el software de simulación Arena para modelar y analizar el proceso de dispensación de medicamentos en la farmacia del hospital. La cual, permite representar el flujo de actividades, probar distintos escenarios y evaluar el impacto de cambios en tiempo de espera, uso de recursos y calidad del servicio [9]. También se ha aplicado la simulación para fortalecer la respuesta del sistema de salud ante desastres, por ejemplo, un estudio utilizó un enfoque combinado de simulación, integrando SIG, modelado basado en agentes y simulación de eventos discretos, para evaluar políticas de distribución de pacientes tras un terremoto. La simulación permitió comparar seis estrategias, mostrando que aquellas basadas en tiempos de espera hospitalarios redujeron y mejoraron la atención frente a métodos que solo consideran cercanía geográfica. La clave para modelar la capacidad hospitalaria y prever las restricciones en atención durante emergencias [10]. Ahora bien, en un hospital especializado en Zahedán, se utilizó simulación de eventos discretos con Arena para analizar y optimizar el flujo de pacientes en urgencias. El estudio identificó restricciones en la etapa de exploración médica y pruebas. La simulación probó varias soluciones, y la más efectiva es agregar personal en enfermería y radiología, redujo tiempo de flujo. El modelo permitió evaluar mejoras sin intervenir básicamente en el sistema [11]. Este estudio trata sobre cómo mejorar la satisfacción del cliente en sistemas de colas dentro del sector servicios mediante la implementación de servicios personalizados. Utilizando el software de simulación Arena, se construyó un modelo que analiza cómo variables como el costo del servicio adicional, la experiencia durante la espera y la utilidad percibida después del servicio influyen en la satisfacción del cliente. El estudio muestra que ofrecer opciones personalizadas, la disposición del cliente a recibir servicios extra y su posición en la cola son factores clave para aumentar la proporción de clientes satisfechos. Los resultados pueden aplicarse en centros de contacto y otros entornos de atención al cliente [12].

Continuando con estudios de situaciones críticas tales como epidemias, la simulación también ha demostrado ser una herramienta eficaz para rediseñar procesos hospitalarios y reducir riesgos. Dentro de este estudio se mostró una mejora en cuanto a eficiencia y una reducción significativa en el tiempo de espera, minimizando el contacto

entre pacientes y personal, lo que reduce el riesgo de infección durante brotes como el de COVID-19 [13]. Además, otro estudio evaluó el sistema médico de emergencias en China, durante la pandemia del COVID-19 mediante simulación de eventos discretos. Al comparar este modelo con el sistema tradicional de admisión hospitalaria, se demuestra que el sistema jerárquico era más eficiente en contextos de alta carga de pacientes, reduciendo los costos de espera y mejorando la asignación de recursos entre hospitales, incluso ante tasas elevadas de infección cruzada [14]. En el ámbito de las emergencias médicas, un estudio realizó un modelo de decisión basado en redes, el cual simula la selección de hospitales según criterios de tiempo de traslado y congestión hospitalaria. La propuesta política asignó de forma más eficiente a los pacientes, reduciendo los tiempos de espera entre un 26 % y 71 % según la gravedad y mejorando la distribución de recursos médicos en los departamentos de emergencia [15].

Por otro lado, fuera del sector salud, la simulación de eventos discretos también puede ser aplicada en otros entornos complejos como el aeroportuario, en este estudio se evaluaron indicadores clave como el tiempo de espera promedio, la longitud de las colas y la tasa de utilización. Los resultados mostraron que el segundo escenario ofrecía mejoras significativas en eficiencia y sostenibilidad operativa. Esta aplicación refuerza la utilidad de la simulación para anticipar restricciones del sistema y mejorar la asignación de recursos [16]. En el sector portuario, un estudio en el Puerto de Tianjin utilizó Arena para simular el tráfico de buques de gas natural licuado (GNL) y su impacto sobre otras embarcaciones. El modelo analizó distintos escenarios bajo distintas regulaciones marítimas, demostrando cómo el aumento del tráfico de GNL influye en la fluidez del tránsito y en la gestión de las vías navegables. Los resultados ofrecen una base útil para mejorar la planificación portuaria [17]. En el ámbito universitario, se aplicó simulación con Arena para evaluar un sistema de estacionamiento saturado por el crecimiento de vehículos. Utilizando un modelo de colas con Múltiples servidores, se identifican mejoras en el tiempo de espera y en el uso del espacio disponible, evidenciando el potencial de la simulación para optimizar sistemas de servicios en entornos con capacidad limitada [18].

Metodología

Para el desarrollo del modelo de simulación, cuyo propósito es mejorar el servicio de atención, se ejecutaron las siguientes etapas:

Etapas 1. Contextualización del proceso y definición de la problemática

Como inicio del proyecto, se llevó a cabo una detallada descripción del proceso para establecer las necesidades, objetivos, amplitud y restricciones del sistema a analizar. En relación con su clasificación, se determinó que el modelo es tipo dinámico, ya que presenta los elementos presentan una transformación a lo largo del tiempo; por otra parte, con base a la aleatoriedad, es determinístico, dado que no presenta variables al azar; y discreto, puesto que sus variables de estado se modifican en instantes específicos del tiempo.

Etapas 2. Recolección de datos

Para la recopilación de los datos, se utilizó una hoja de cálculo en Excel en la que se registraron tres (3) variables clave: la hora de entrada de los clientes al sistema, la hora de inicio del proceso de atención y la hora de salida del sistema. La observación se llevó a cabo durante un período específico del día, en una franja horaria representativa de la operación habitual del sistema, logrando así capturar un comportamiento característico del flujo de clientes.

Etapas 3. Análisis de la distribución de los datos de entrada y diseño del modelo conceptual

En tercera instancia, se identificó la distribución de los datos de entrada por medio de una prueba de ajuste de bondad. Para ello, se utilizó la función *Input Analyzer* del simulador Arena, la cual ayuda a seleccionar y ajustar las distribuciones de probabilidad a dichos datos.

Etapas 4. Desarrollo y validación del modelo

En esta fase, se llevó a cabo la formulación y el diseño del modelo que representa la estructura del sistema, definiendo las variables, los elementos del sistema y la forma en la que opera el sistema actual. Adicionalmente, se realizó la validación, cuyo propósito fue verificar la concordancia entre el desempeño del modelo y el desempeño del sistema real. Todo esto elaborado en el software Arena.

Etapas 5. Interpretación de los resultados y formulación de mejoras

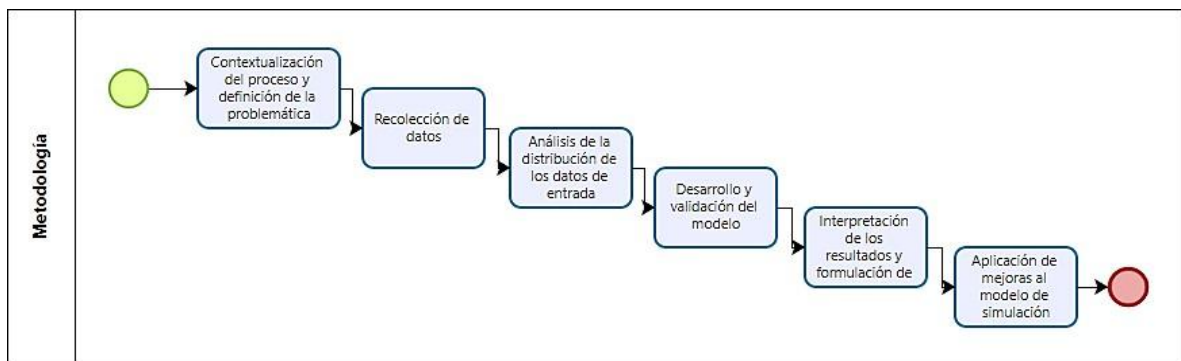
Una vez obtenidos los datos de salida generados por el software, se llevó a cabo un análisis detallado con el fin

de evaluar el desempeño del sistema a través una herramienta de control de calidad que permitió organizar y visualizar de manera estructurada las posibles causas de las ineficiencias detectadas, facilitando la identificación de factores críticos que afectan el rendimiento del proceso, y así establecer estrategias orientadas a la mejora.

Etapa 6. Aplicación de mejoras al modelo de simulación

Finalmente, y a partir de las estrategias definidas en la etapa anterior, se implementaron las correcciones y se realizó los ajustes correspondientes en el modelo de simulación con el fin de aproximarlos a un escenario ideal. A continuación, se presenta un diagrama que sintetiza las etapas del proceso descritas anteriormente, facilitando su comprensión visual:

Ilustración 1. Etapas para el desarrollo de la simulación.



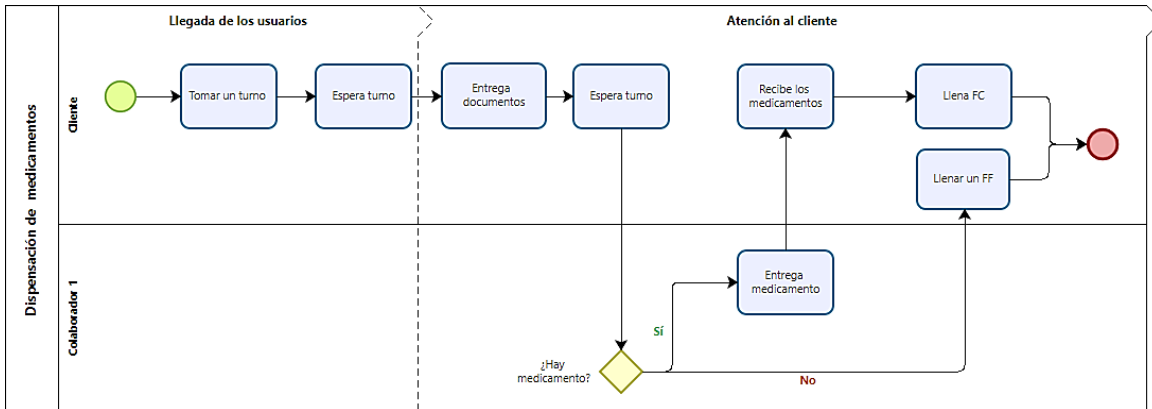
Desarrollo

En esta sección se describe la aplicación de la metodología definida para el proyecto, detallando cada una de las etapas que guiaron la ejecución del trabajo.

Etapa 1. Contextualización del proceso y definición de la problemática

Como punto de partida, se realizó una descripción detallada del proceso, identificando las necesidades o deficiencias que presenta el sistema. Las condiciones iniciales de un proceso son críticas para asegurar que la simulación refleje realidad dentro de las operaciones y muestre el desempeño de las diferentes asignaciones [19]. Como se evidencia que la demora en la atención de los pacientes, tiempos de espera y entrega de fármacos son problemas por solucionar. En otro caso sería los constantes reclamos que se realizan los clientes sobre los retrasos en la entrega y se muestra las diferentes necesidades, por lo tanto, se busca agilizar la operación en este tipo de empresas. Con base en lo anterior, en esta fase se delimitaron los objetivos del proyecto, el alcance y las restricciones particulares del caso a evaluar. Además, se indicó la clasificación particular del sistema, en primer lugar, se observa que según los tipos de evolución del tiempo este caso presenta que el modelo es tipo dinámico, ya que los elementos presentan una transformación a lo largo del sistema; por otra parte, en función de su aleatoriedad, es determinístico, dado que no presenta variables al azar, sino datos de entrada con única salida; en estos procesos, una gestión ineficiente puede generar demoras en la entrega de medicamentos, se necesitan mejorar la asignación de recursos, para esto la simulación de eventos discretos ayudará en este problema puesto que se modela la situación, se analiza y se optimiza sistemas que no afecten su rendimiento. ya para finalizar con la clasificación se definió que este sistema es de tipo discreto según las variables de estado.

Ilustración 2. Flujograma Actual del proceso. Elaboración en Bizagi.



Etapa 2. Recolección de datos

Para la recopilación de los datos, se utilizó una hoja de cálculo en Excel en la que se registraron tres (3) variables clave: la hora de entrada de los clientes al sistema, la hora de inicio del proceso de atención y la hora de salida del sistema. Además de esas tres (3) variables claves, se tuvo en cuenta seis (6) variables más que se utilizaron en la obtención de toda la información por los módulos que se utilizaban: toma de turno, entrega de documentos, verificación de sistema, entrega de medicamentos, diligenciamiento de constancia y formulario de confirmación, ayudando con la formulación del modelo debido al comportamiento de estas. La observación se llevó a cabo durante un período específico del día, en una franja horaria representativa de la operación habitual del sistema, logrando así capturar un comportamiento característico del flujo de clientes.

Etapa 3. Análisis de la distribución de los datos de entrada y diseño del modelo conceptual

Una vez recopilada la información correspondiente a los tiempos de las actividades asociadas al proceso, se realizó un análisis estadístico de los datos utilizando la herramienta *Input Analyzer* del *Software Arena*, permitiendo determinar la distribución de probabilidad que mejor se ajuste a cada una de las tareas, facilitando la representación realista del comportamiento del sistema en la simulación.

A continuación, se presenta un collage con los gráficos y una tabla con la distribución de tiempos de llegada y de duración y número de recursos de los procesos:

Collage 1. Gráficas y distribuciones de los procesos

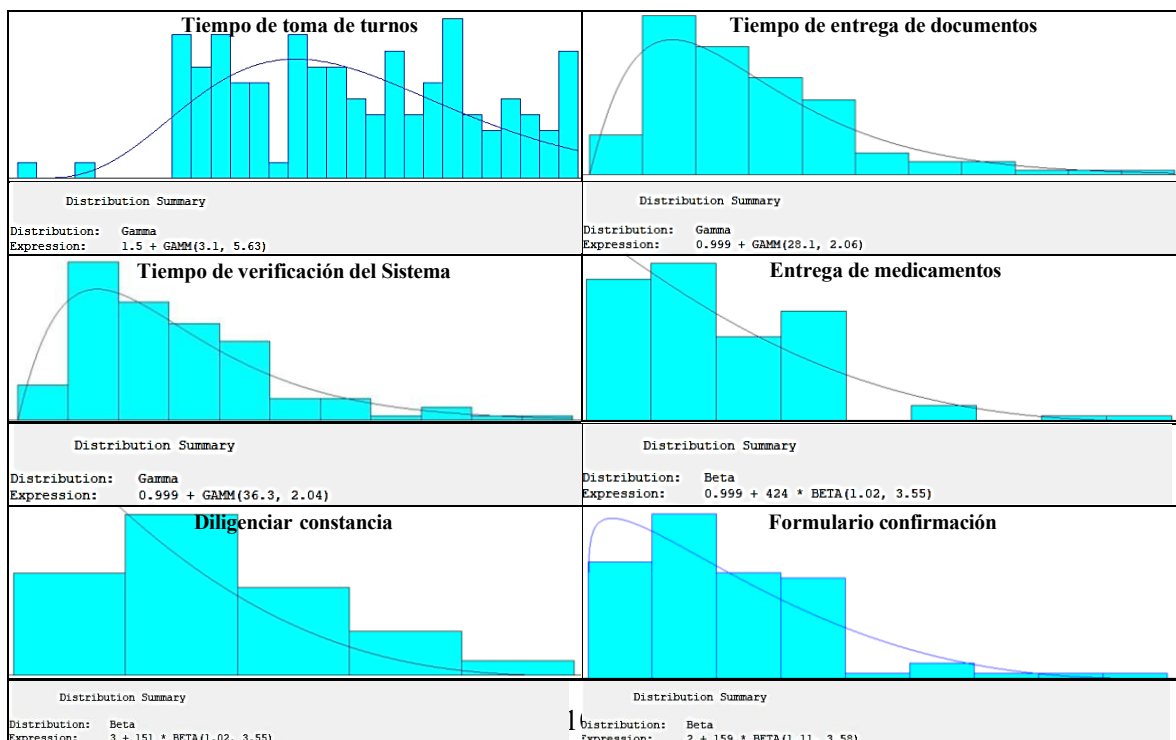


Tabla 1. Distribución de los tiempos del proceso.

Proceso	Distribución de tiempo	Recursos
Llegada de los usuarios	$(-0.001 + 299 * \text{BETA}(0.578, 2.98))$	N/A
Tomar turno en la máquina dispensadora	$1.5 + \text{GAMM}(3.1, 5.63)$	Máquina dispensadora: 1
Entregar documentos	$0.999 + \text{GAMM}(28.1, 2.06)$	Colaboradores: 1
Digitación y verificación de inventario	$0.999 + \text{GAMM}(36.3, 2.04)$	Colaboradores: 1
Entrega del medicamento	$0.999 + 424 * \text{BETA}(1.02, 3.55)$	Colaboradores: 1
Diligenciar formulario de confirmación	$2 + 159 * \text{BETA}(1.11, 3.58)$	Colaboradores: 1
Diligenciar formulario de constancia	$3 + 151 * \text{BETA}(1.02, 3.55)$	Colaboradores: 1

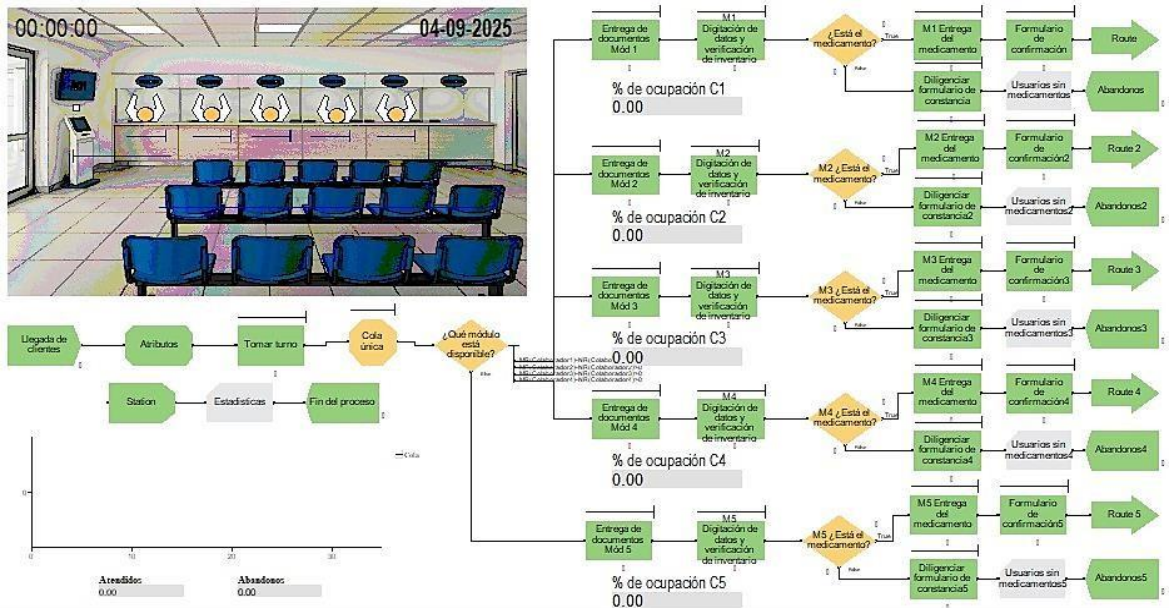
A partir de lo anterior, se diseñó el modelo conceptual basado también en la secuencia lógica del proceso observado, representando de manera esquemática y simplificada las actividades principales que realiza un usuario desde que ingresa al sistema hasta que finaliza su atención, ya sea recibiendo o no su medicamento:

Los usuarios llegan a la entidad farmacéutica con un tiempo entre llegadas que sigue una distribución BETA $(-0.001 + 299 * \text{BETA}(0.578, 2.98))$ segundos. Al llegar, cada cliente se dirige a una máquina dispensadora de turnos, cuyo tiempo de atención responde a una distribución $1.5 + \text{GAMM}(3.1, 5.63)$ segundos. Luego esperan a que su turno sea asignado a uno de los cinco asesores disponibles, quienes comparten una sola cola. Una vez asignado, el cliente entrega sus documentos al asesor con un tiempo de atención de $0.999 + \text{GAMM}(28.1, 2.06)$ segundos. Posteriormente, el asesor digita los datos y verifica la existencia del medicamento, proceso que toma $0.999 + \text{GAMM}(36.3, 2.04)$ segundos. Si el medicamento no se encuentra disponible (probabilidad del 20%), el cliente diligencia un formulario de constancia de que fue a reclamar el medicamento y no estaba disponible y se lo puedan mandar por domicilio con una distribución $3 + 151 * \text{BETA}(1.02, 3.55)$ segundos y se retira. Si el medicamento está disponible (probabilidad del 80%), se le entrega con un tiempo de $0.999 + 424 * \text{BETA}(1.02, 3.55)$ segundos, y luego se diligencia un formulario de confirmación con una distribución $2 + 159 * \text{BETA}(1.11, 3.58)$ segundos, completando así el proceso.

Etapa 4. Desarrollo y validación del modelo

El estudio de simulación requiere la determinación de un número adecuado de réplicas para garantizar la exactitud y precisión de los resultados de la simulación [20]. Ahora bien, el modelo desarrollado en Arena, se simuló el proceso de atención de usuarios que llegan a reclamar medicamentos. Inicialmente, los clientes llegan mediante un bloque *Create*, luego se les asignan atributos con *Assign* y toman un turno con *Process*. A continuación, se forma una cola única con *Queue*, y mediante un *Hold* se retiene al usuario hasta que algún módulo esté disponible. Posteriormente, a través de un *Decide*, se direcciona al cliente hacia uno de los cinco módulos (C2 a C5), donde cada colaborador verifica la disponibilidad del medicamento utilizando un bloque *Process*. Si el medicamento está disponible, el colaborador lo entrega (*Process*) y el cliente llena un formulario de confirmación (*Station, Route, Process*), finalizando con un *Dispose*. En cambio, si no está disponible, se direcciona al usuario a diligenciar una constancia de no entrega (*Station, Route, Process*) y luego abandona el sistema (*Dispose*). Se emplearon herramientas como *Station* y *Route* para unificar procesos repetitivos, y *Record* para recopilar estadísticas de entregas y abandonos, permitiendo así un análisis eficiente del rendimiento de los colaboradores y del sistema en general.

Ilustración 3. Modelo Actual en Arena. Elaboración propia



Resultados

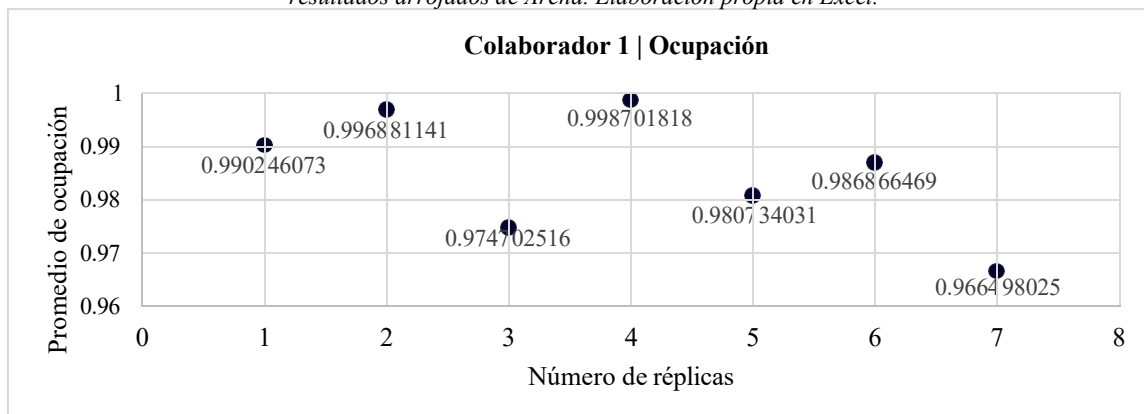
A partir del modelo desarrollado y validado en la etapa anterior, se presentan los hallazgos obtenidos.

Etapa 5. Interpretación de los resultados y formulación de mejoras

A partir de los resultados obtenidos en la simulación realizada en Arena, se identifican aspectos clave que reflejan el desempeño general del sistema de dispensación de medicamentos. Estos hallazgos permiten no solo evaluar los indicadores globales del proceso, sino también profundizar en el análisis individual de los recursos humanos involucrados. En este contexto, resulta fundamental examinar detalladamente el nivel de ocupación de cada colaborador, ya que su desempeño incide directamente en la eficiencia del sistema, la continuidad operativa y la experiencia del usuario. A continuación, se presenta un análisis específico de cada colaborador, con base en su comportamiento durante las réplicas simuladas.

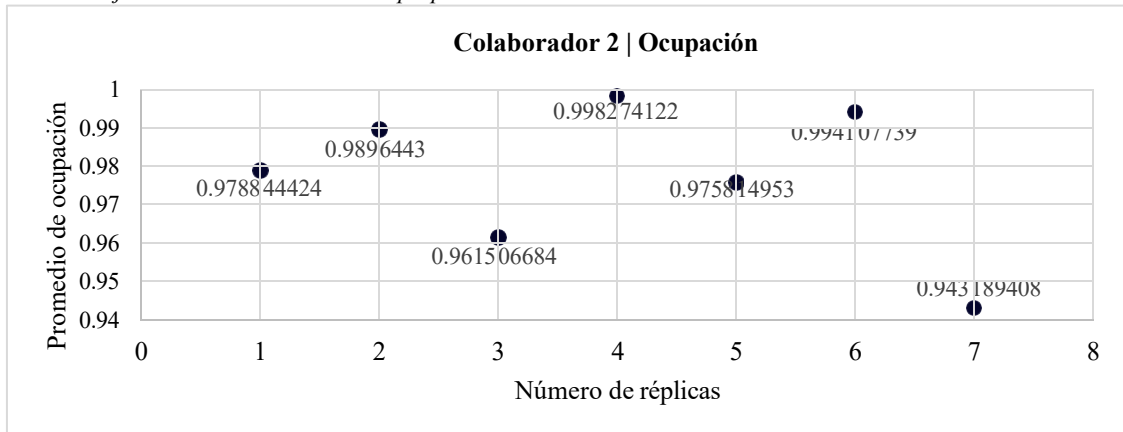
El colaborador uno (1) muestra una ocupación constantemente alta, con valores siempre por encima del 96%. Aunque esto puede interpretarse inicialmente como eficiencia, en términos prácticos refleja una posible sobrecarga laboral. El hecho de que en varias réplicas la ocupación esté por encima del 99% sugiere que este trabajador no tiene prácticamente margen para pausas, imprevistos o tareas adicionales. Esto no solo aumenta el riesgo de fatiga o errores, sino que también deja a la operación vulnerable ante cualquier ausencia o necesidad de aumento de demanda. Se recomienda redistribuir parte de su carga a otros colaboradores menos ocupados.

Gráfica 1. Comportamiento del nivel de ocupación del Colaborador uno (1) del modelo actual. Datos extraídos de los resultados arrojados de Arena. Elaboración propia en Excel.



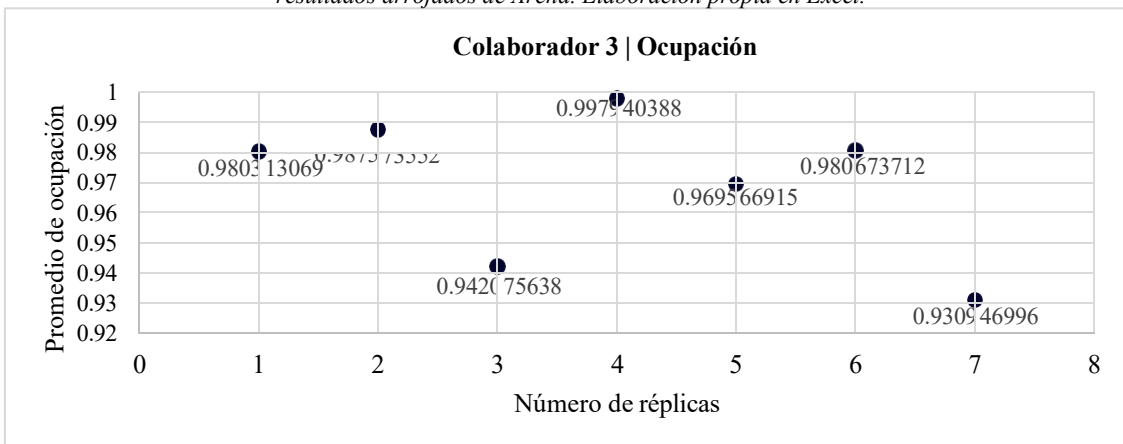
En el caso del colaborador dos (2), también se observa una ocupación alta, con picos de hasta 99.8%. La réplica 7 baja a 94.3%, sin embargo, sigue siendo alto, esta variabilidad sugiere que, a pesar de estar sobrecargado, hay momentos en los que se le asigna menos carga, todo esto puede generar fatiga constante, dificultad para concentrarse, problemas de sueño y pérdida de interés en actividades.

Gráfica 2. Comportamiento del nivel de ocupación del Colaborador dos (2) del modelo actual. Datos extraídos de los resultados arrojados de Arena. Elaboración propia en Excel.



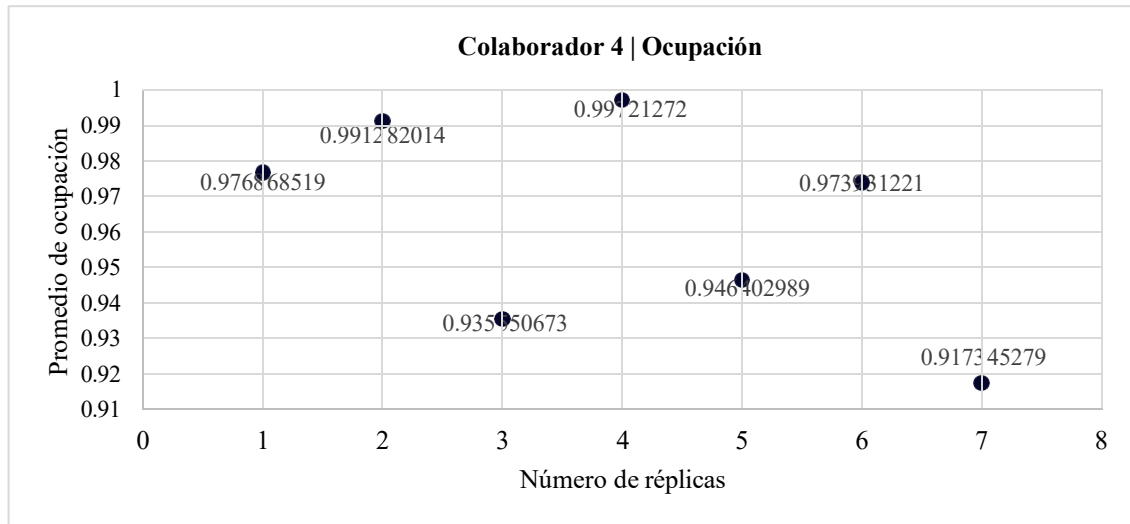
En cuanto al tercer colaborador se evidencia una tendencia similar al anterior, con altos y ciertos bajos a lo largo de las réplicas. En la réplica 4 llega a 0.9979. Esta situación puede reflejar una asignación sobrecargada donde el trabajador corre riesgo biomecánico por movimiento repetitivo de actividades y riesgos psicosocial, ya sea por estrés, debido al exceso de asignaciones.

Gráfica 3. Comportamiento del nivel de ocupación del Colaborador tres (3) del modelo actual. Datos extraídos de los resultados arrojados de Arena. Elaboración propia en Excel.



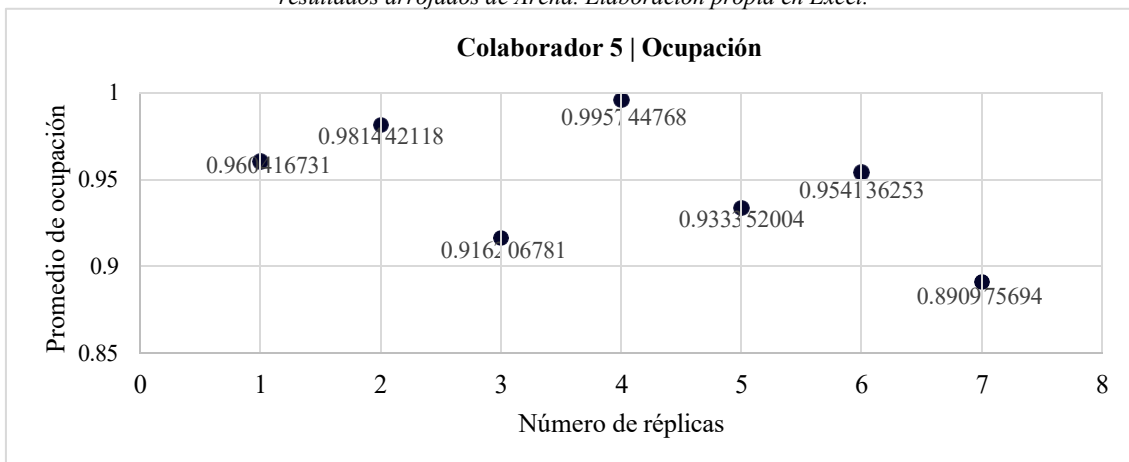
Continuando con el colaborador cuatro (4), muestra un patrón similar de sobreutilización constante. La cual alcanza un pico de 99.72% y su nivel de utilización menor cae a 91.73% en la réplica 7. Aunque sigue por encima del umbral óptimo, esta caída progresiva es una alerta de que la carga no se está distribuyendo de manera eficiente. En términos prácticos, significa que este colaborador podría estar siendo sobrecargado, lo cual no solo afecta su rendimiento, sino que también genera inconsistencias en la atención farmacéutica.

Gráfica 4. Comportamiento del nivel de ocupación del Colaborador cuatro (4) del modelo actual. Datos extraídos de los resultados arrojados de Arena. Elaboración propia en Excel.



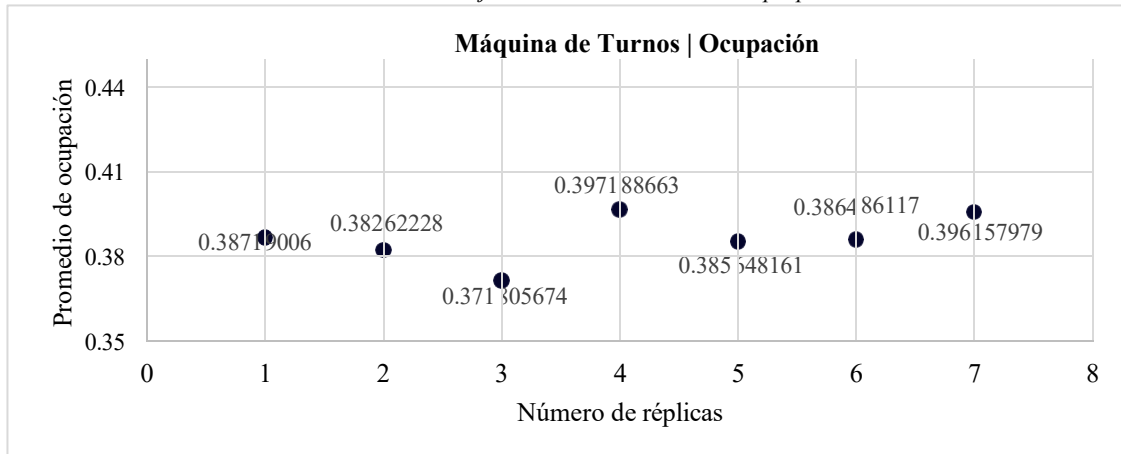
Finalmente, el colaborador 5 Aunque presenta un punto máximo de 99.57%, su ocupación cae drásticamente hasta 89.09% en la réplica 7, y ya en la réplica 3 había descendido a 91.62%. Esta tendencia revela una clara sobrecarga sostenida, pero con una marcada pérdida de eficiencia operativa. No hay evidencia de alivio real en la carga de trabajo, lo que puede significar que el colaborador ha alcanzado un punto de saturación crónica. En la práctica, esto representa un riesgo significativo tanto para la salud del trabajador como para la calidad del servicio, lo cual exige acciones inmediatas como apoyo adicional o reestructuración de turnos.

Gráfica 5. Comportamiento del nivel de ocupación del Colaborador cinco (5) del modelo actual. Datos extraídos de los resultados arrojados de Arena. Elaboración propia en Excel.



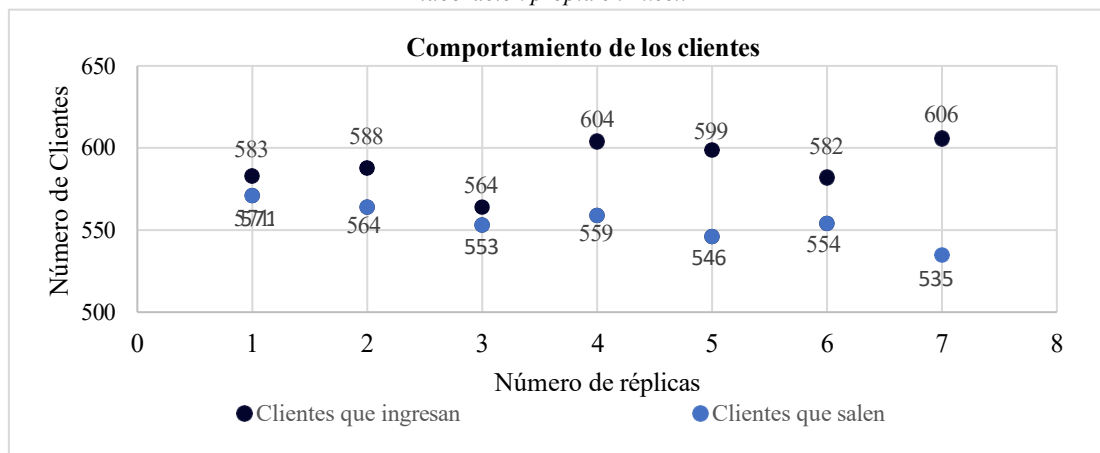
Ahora bien, la ocupación de la máquina de turnos refleja un comportamiento bastante constante en las diferentes réplicas, con valores que oscilan entre 0.3718 y 0.3971, lo cual indica que la máquina está siendo utilizada aproximadamente entre un 37 % y un 40 % del tiempo disponible. Este nivel de ocupación sugiere que el recurso no representa una restricción dentro del proceso general de dispensación, lo cual es positivo en términos operativos, esto quiere decir que, aunque el sistema funciona adecuadamente y no se generan colas o demoras significativas en esta etapa, existe margen para aumentar la demanda o redistribuir cargas sin comprometer la eficiencia del servicio. Además, este comportamiento estable da señales de que la máquina responde bien frente a la variabilidad del sistema, garantizando disponibilidad constante para atender a los usuarios sin necesidad de intervención adicional.

Gráfica 6. Comportamiento del nivel de ocupación de la máquina dispensadora de turnos del modelo actual. Datos extraídos de los resultados arrojados de Arena. Elaboración propia en Excel.



En cuanto al comportamiento de los clientes, se evidencia una problemática significativa en la gestión del sistema de dispensación de medicamentos dentro de la entidad farmacéutica, ya que en cada una de las réplicas simuladas se observa una diferencia clara entre los clientes que ingresan al sistema y los que efectivamente reciben el medicamento. Por ejemplo, en la réplica 7 ingresaron 606 clientes, pero solo 535 salieron, lo que indica que 71 personas no recibieron la medicina y en casos similares ocurren en las réplicas 4 y 5 con diferencias de 45 y 53 clientes respectivamente. Esta brecha entre la demanda y la atención efectiva pone en evidencia un problema crítico en el suministro y la disponibilidad de medicamentos, posiblemente por desabastecimiento, lo que genera restricciones en el servicio. Este tipo de fallas no solo compromete la eficiencia interna del sistema, sino que tiene una consecuencia aún más preocupante: la pérdida de credibilidad por parte de los usuarios.

Gráfica 7. Comportamiento de la entrada y salida de los clientes. Datos extraídos de los resultados arrojados de Arena. Elaboración propia en Excel.



Etapa 6. Aplicación de mejoras al modelo de simulación

Con base en los resultados obtenidos durante la simulación del proceso actual, se identificó que aproximadamente el 12% de los usuarios que ingresan al sistema no reciben el medicamento, debido a que este no se encuentra disponible en el momento de la consulta. Esta situación genera una carga innecesaria sobre el sistema, ya que estos usuarios realizan todo el proceso presencial incluyendo la toma de turno, entrega de documentos y verificación solo para retirarse tras diligenciar la constancia de no entrega. Este flujo no solo incrementa los tiempos de espera para el resto de los usuarios, sino que también eleva la utilización de recursos y afecta negativamente la percepción del servicio.

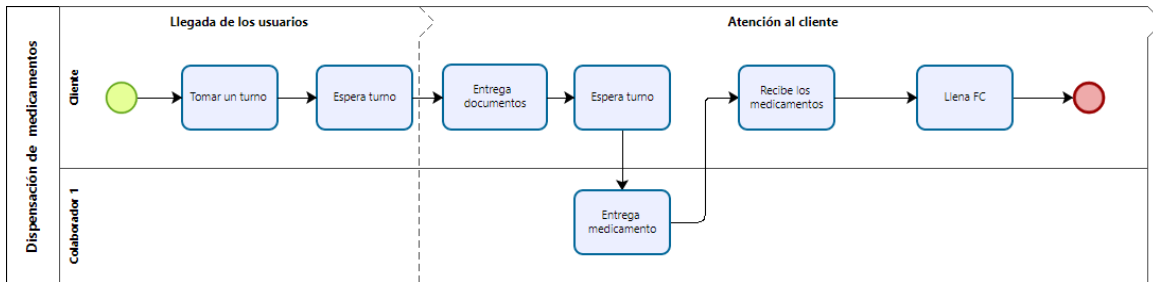
En respuesta a esto, se propone una mejora en el sistema de atención que consiste en permitir a los usuarios verificar previamente, a través de una plataforma en línea (página web o aplicación móvil), la disponibilidad del medicamento antes de ingresar físicamente al centro farmacéutico. De esta forma, ahorrando tiempo y reduciendo

la carga operativa del sistema.

Descripción del nuevo flujo

En el modelo mejorado, por medio de la herramienta tecnológica empleada por los usuarios podrán verificar si el medicamento se encuentra en inventario, de modo que, el ajuste implica la eliminación de la tarea de “diligenciamiento de Formulario de Faltantes” dentro del modelo, así como una reducción directa en el volumen de usuarios que avanzan en el sistema, haciendo que se reduzcan los tiempos de atención y la utilización de recursos humanos y tecnológicos.

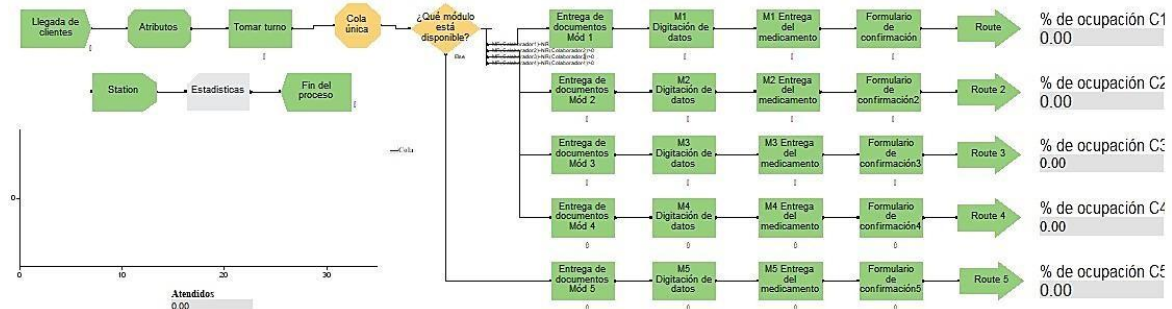
Ilustración 4. Flujo del proceso con la Mejora. Elaboración en Bizagi.



Desarrollo del modelo corregido

El modelo simula el flujo de atención desde el momento en que los clientes ingresan al sistema mediante el bloque *Create*, donde se generan las entidades. Luego, con *Assign*, se les asignan atributos, y posteriormente pasan por un *Process* para tomar turno. Todos se dirigen a una *Queue* centralizada (cola única), seguida de una decisión (*Decide*) que evalúa qué módulo está disponible. A partir de ahí, los clientes ingresan a uno de los cinco módulos paralelos, cada uno con procesos secuenciales: entrega de documentos, digitación de datos, entrega del medicamento y confirmación, todos modelados con bloques *Process*. Se utilizaron herramientas como *Station* y *Route* para facilitar la transición entre procesos repetitivos y modularizados, manteniendo una estructura ordenada. Además, se empleó *Record* para recopilar estadísticas clave, como cantidad de entregas y posibles abandonos, lo cual permite evaluar el rendimiento tanto del sistema como del personal. Como propuesta de mejora, se integró una herramienta tecnológica previa al ingreso, que permite a los usuarios verificar en línea si su medicamento está disponible, evitando así la entrada innecesaria al sistema y mejorando la eficiencia general.

Ilustración 5. Modelo Mejorado en Arena. Elaboración propia.

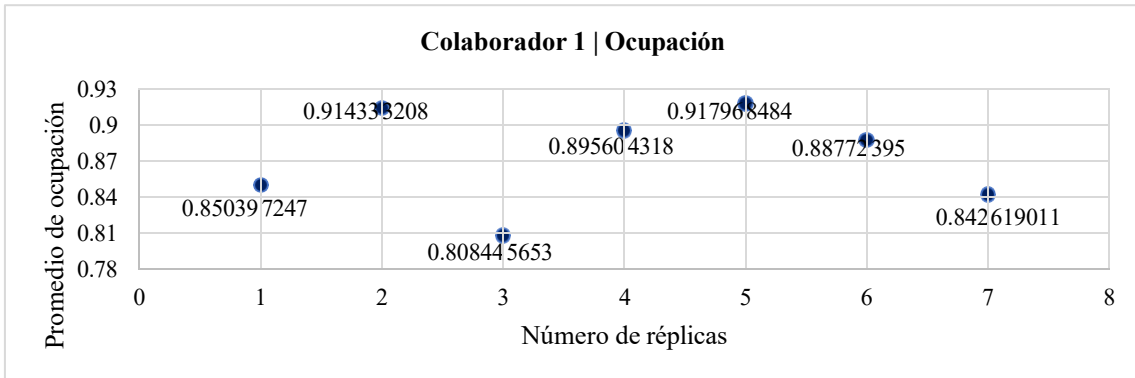


Interpretación de los resultados obtenidos en el modelo corregido

En esta sección se interpretan los resultados obtenidos tras la simulación del modelo mejorado, en el cual se aplicaron ajustes clave a partir del diagnóstico inicial del sistema. Entre las mejoras propuestas se incorporó una herramienta tecnológica que permite a los usuarios consultar previamente la disponibilidad de medicamentos, lo cual reduce la cantidad de entradas innecesarias al sistema. Con base en estas modificaciones, se evaluó el rendimiento de cinco colaboradores distribuidos en módulos paralelos de atención. El análisis se centró en sus porcentajes de ocupación a lo largo de siete réplicas, considerando como umbral ideal un rango de entre 70 % y 85 %, aunque también se reconoce que ocupaciones cercanas al 91 % pueden ser óptimas si se administran con pausas adecuadas que permitan recuperar al personal. A continuación, se presenta un análisis individual de cada colaborador, destacando tanto las implicaciones positivas como las oportunidades de mejora observadas.

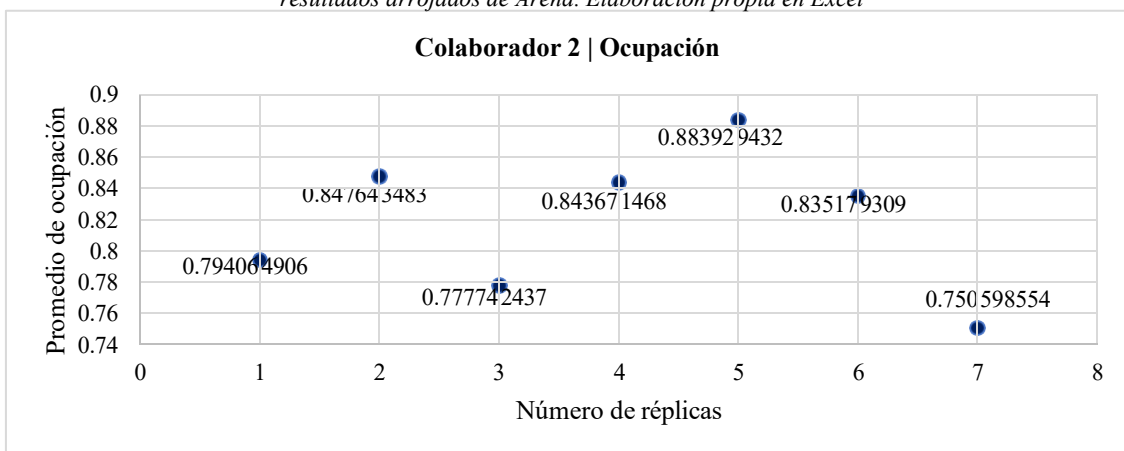
El primer colaborador, mostró un desempeño destacable, con niveles de ocupación que se mantuvieron en su mayoría por encima del 85 %, alcanzando incluso un máximo de 91.8 %. Aunque supera ligeramente el umbral ideal, esto refleja una alta productividad y un aprovechamiento eficiente del recurso humano, lo que es positivo siempre que se asegure un balance adecuado con espacios de descanso. La consistencia en su rendimiento sugiere que puede asumir una carga considerable sin comprometer la calidad, siendo un buen ejemplo de estabilidad operativa. Se recomienda mantener su ritmo actual, asegurando monitoreo para evitar fatiga acumulada.

Gráfica 8. Comportamiento del nivel de ocupación del Colaborador uno (1) del modelo mejorado. Datos extraídos de los resultados arrojados de Arena. Elaboración propia en Excel



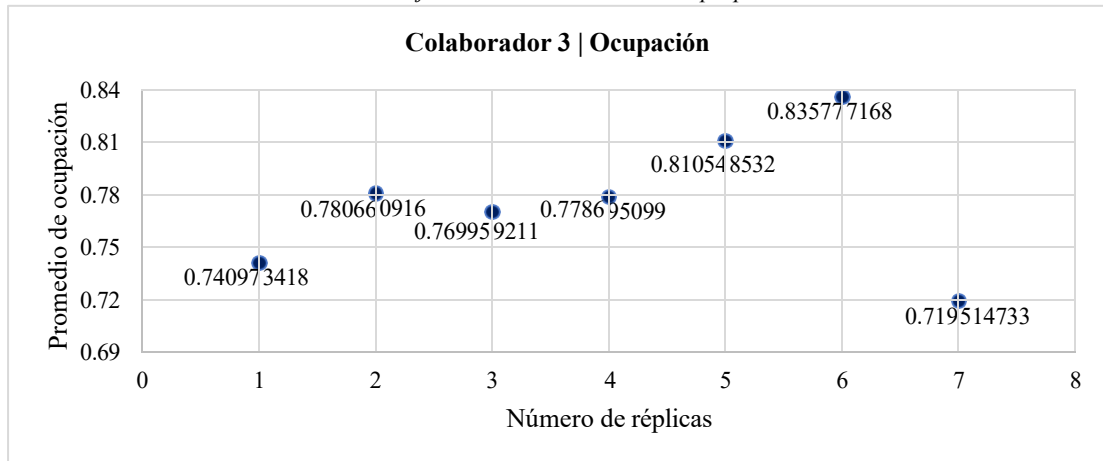
En el caso del colaborador 2, se observa una distribución más equilibrada, con valores que oscilan entre el 75 % y el 88 %. La mayoría de las réplicas están dentro del umbral deseado, lo cual indica un uso eficiente de su capacidad de trabajo. El rendimiento constante y su cercanía al rango ideal representan una buena alineación con los objetivos del sistema, y aunque en una réplica cae ligeramente por debajo, no representa una preocupación significativa. Este colaborador mantiene un buen ritmo de atención, con margen suficiente para pausas operativas que fortalecen la sostenibilidad del proceso.

Gráfica 9. Comportamiento del nivel de ocupación del Colaborador dos (2) del modelo mejorado. Datos extraídos de los resultados arrojados de Arena. Elaboración propia en Excel



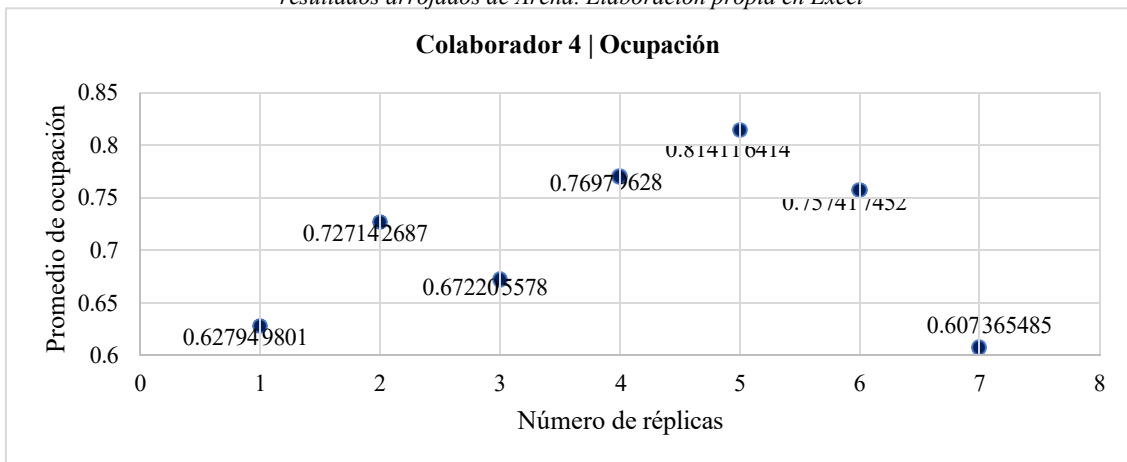
Este colaborador evidencia una ocupación más moderada, fluctuando entre el 71.9 % y el 83.5 %, situándose completamente dentro del rango esperado. Este comportamiento demuestra una excelente adaptación al flujo de trabajo, con niveles de actividad que permiten mantener la atención con eficiencia sin llegar a una sobrecarga. Además, su desempeño estable brinda una oportunidad para reforzar su rol o apoyarlo con tareas adicionales en momentos de menor demanda. Se puede considerar como un perfil balanceado que fortalece la continuidad del proceso sin riesgos operativos.

Gráfica 10. Comportamiento del nivel de ocupación del Colaborador tres (3) del modelo mejorado. Datos extraídos de los resultados arrojados de Arena. Elaboración propia en Excel



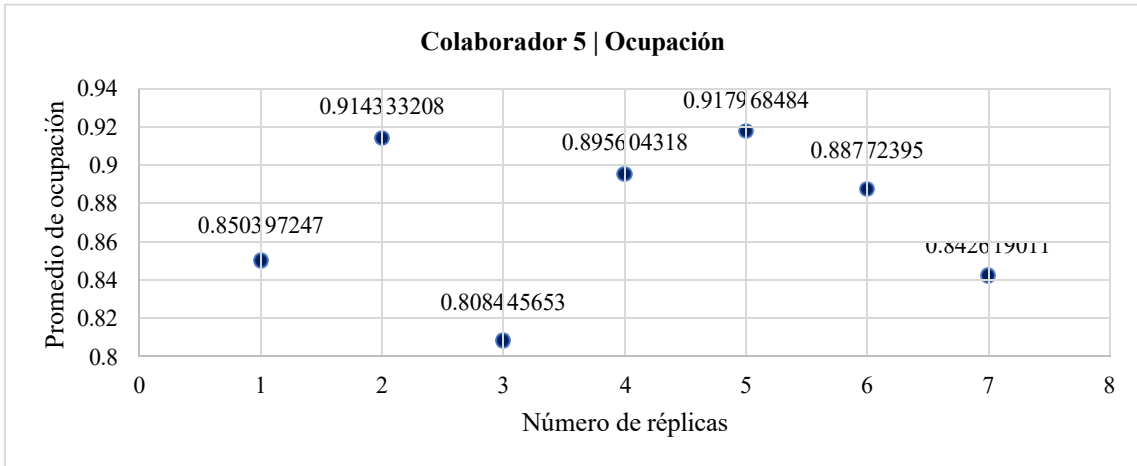
El desempeño del colaborador 4 presenta mayor variabilidad, con valores que van desde el 60.7 % hasta 81.4 %. Aunque en algunas réplicas está por debajo del umbral, hay una mejora visible en otras ejecuciones, lo que sugiere un potencial de optimización con mejor distribución de carga. Esto puede deberse a asignación desigual o tiempos de espera excesivos. Sin embargo, es destacable que ha alcanzado niveles óptimos en ciertas ocasiones, lo cual muestra que existe posibilidad de mejora. Se recomienda revisar su flujo de tareas y estudiar posibilidades de reentrenamiento o reasignación de actividades para elevar su desempeño general.

Gráfica 11. Comportamiento del nivel de ocupación del Colaborador cuatro (4) del modelo mejorado. Datos extraídos de los resultados arrojados de Arena. Elaboración propia en Excel



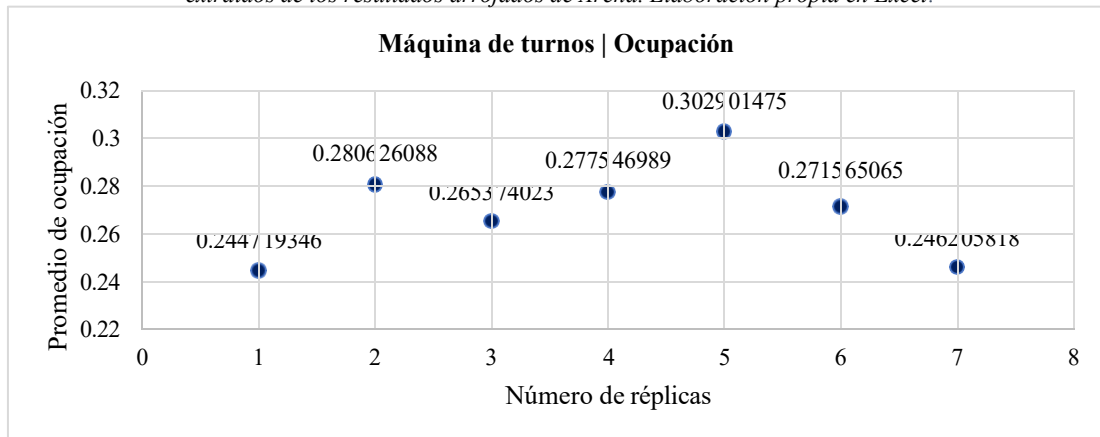
En cuanto al colaborador 5, presentó un comportamiento bastante estable, con un nivel de ocupación que osciló entre el 75 % y el 88 %. Aunque en algunas réplicas superó ligeramente el umbral superior recomendado, esto puede interpretarse como una señal de alto rendimiento y compromiso con el flujo de atención, especialmente si se garantiza que existen pausas apropiadas para evitar el agotamiento. Por otro lado, no se detectaron caídas preocupantes, ya que el nivel mínimo fue del 75 %, lo cual sigue estando dentro de la zona segura de operación. Esta regularidad sugiere que se trata de un colaborador que mantiene la estabilidad operativa sin riesgos de subutilización. Se recomienda continuar con esta distribución de carga y si es posible, ofrecer apoyo a otros módulos durante picos de demanda.

Gráfica 12. Comportamiento del nivel de ocupación del Colaborador quinto (5) del modelo mejorado. Datos extraídos de los resultados arrojados de Arena. Elaboración propia en Excel



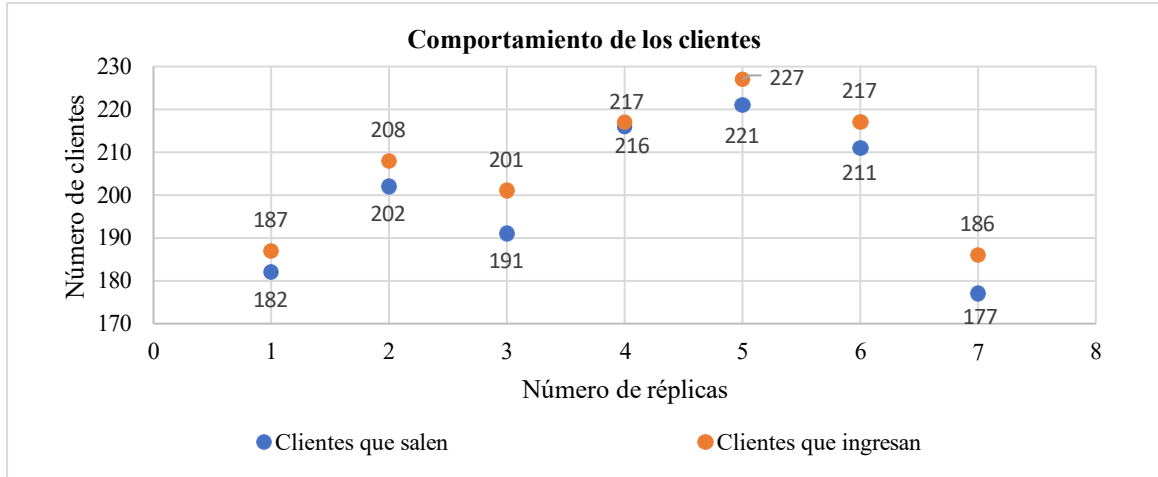
Respecto al uso de la máquina de turnos, el promedio de ocupación en las distintas réplicas oscila entre aproximadamente el 24% y el 30%. Aunque este valor es bajo comparado con otros recursos del sistema, no representa una debilidad, sino que sugiere que la máquina no genera cuellos de botella ni ralentiza el flujo del proceso. Esta baja ocupación implica que el recurso está disponible cuando se necesita, permitiendo a los usuarios acceder a él sin demoras. Desde una perspectiva positiva, esto asegura agilidad en la gestión del ingreso de clientes y permite que los colaboradores enfoquen su tiempo en la atención directa, mientras el sistema automatizado organiza el orden. No obstante, si se busca optimizar el uso del recurso, podrían evaluarse otras funcionalidades o cargas que este equipo podría asumir para mejorar aún más su aprovechamiento.

Gráfica 13. Comportamiento del nivel de ocupación de la máquina dispensadora de turnos del modelo mejorado. Datos extraídos de los resultados arrojados de Arena. Elaboración propia en Excel.



En esta simulación se evidencia una mejora significativa en el comportamiento del sistema, ya que el número de clientes que salen. Es decir, los que efectivamente recibieron su medicamento, es muy cercano al número de los que ingresan en cada réplica. Esta cercanía indica que el sistema logró atender de forma eficiente a casi la totalidad de los usuarios, reduciendo al mínimo las pérdidas por falta de atención. A diferencia del análisis anterior, donde se notaban mayores discrepancias, estos resultados reflejan una mayor estabilidad operativa y una optimización del recurso humano, lo que se traduce en mayor satisfacción del cliente, mejor aprovechamiento del tiempo del personal y una atención más continua y fluida.

Gráfica 14. Comportamiento de los clientes Mejorado. Datos extraídos de Arena. Elaboración propia



Resultados

Dentro de este apartado se busca contrastar la respuesta del modelo actual con el modelo corregido. Donde existe una reducción en el número de usuarios que presentes en el sistema, disminuyendo la congestión en horas pico. Disminución en los tiempos promedio de atención y espera. Mayor disponibilidad del personal para atender casos efectivos. Incremento en la satisfacción del usuario, al evitarle desplazamientos innecesarios. Mejora en el uso de recursos administrativos asociados al registro de constancias. Esta mejora, además de contribuir al objetivo general de mejorar la atención en la entidad farmacéutica, representa una solución de bajo costo que puede ser implementada rápidamente mediante una integración básica del inventario con la plataforma digital de la institución. Su inclusión en el modelo de simulación permitió evaluar el impacto positivo de su aplicación, generando un escenario más eficiente y dirigido a la mejora continua del servicio.

Es fundamental reconocer que la innovación y la capacidad resolutoria en los servicios de salud no solo impactan la eficiencia operativa, sino también la calidad clínica de la atención [22-25]. En particular, optimizar los procesos de dispensación mediante herramientas de simulación permite identificar cuellos de botella, reducir tiempos de espera y mejorar la seguridad del paciente, aspectos críticos en entornos asistenciales complejos.

Desde una perspectiva neurocientífica, estas mejoras adquieren un valor adicional. Los retrasos en la dispensación, los errores en la entrega de medicamentos o la fragmentación del proceso asistencial pueden influir negativamente en la adherencia terapéutica y en la estabilidad clínica de pacientes con trastornos neurológicos y cognitivos. Por el contrario, sistemas más eficientes, precisos y oportunos favorecen la continuidad del tratamiento, la regulación sintomática y, en última instancia, mejores desenlaces cognitivo-funcionales.

Conclusiones

El desarrollo del proyecto permitió identificar y corregir deficiencias en el proceso de dispensación de medicamento, en cuando a la fase de atención al cliente en una entidad farmacéutica mediante la simulación de eventos discretos. Uno de los principales aportes fue la implementación de una herramienta tecnológica que brinda a los usuarios la posibilidad de consultar, antes de ingresar físicamente al sistema, si el medicamento que requieren se encuentra disponible en inventario. Si bien esta funcionalidad no garantiza en todos los casos la disponibilidad total del medicamento, debido a factores como la actualización en tiempo real del stock o la alta rotación de ciertos fármacos, sí permite reducir significativamente el riesgo de que el cliente se desplace sin necesidad y que ocupe recursos humanos del sistema de forma poco productiva. Como resultado, se observó una disminución importante en la cantidad de usuarios presentes en el sistema durante las horas de mayor congestión, lo que llevó a una reducción en los tiempos promedio de espera y atención, así como a una mayor disponibilidad del personal para enfocarse en casos efectivos. Esto no solo mejora la gestión del talento humano y los recursos administrativos, sino que también incide positivamente en la percepción de calidad del servicio, elevando los niveles de satisfacción del usuario.

Referencias

- [1] J.-D. Bardet, J. Combre, A. Tanty, P. Louvier, M. Grajon y B. Allenet, «Optimizing work in community pharmacy: What preferences do community pharmacists and pharmacy technicians have for a better allocation of daily activities?», *Exploratory Research in Clinical and Social Pharmacy*, vol. 17, Marzo 2025.
- [2] R. Al-Therwah, M. Heshmat, M. El-Sharief y I. Hassab -Allah, «Simulation modeling of student enrolment to solve operations problems: A case of the Saad Al- Abdullah Academy in Kuwait», *Alexandria Engineering Journal*, vol. 119, pp. 413-424, 2025.
- [3] E. Sepúlveda, L. Bermeo y L. Méndez, «Effect of timing of umbilical cord clamping and birth on fetal to neonatal transition: OpenModelica-based virtual simulator-based approach», *Biocybernetics and Biomedical Engineering*, vol. 44, n° 3, pp. 716-730, 1 Julio 2024.
- [4] H. Nabayiga, R. Der-Meer y M. Ali-Agha, «A systematic review of simulation models in medicine supply chain management: Current state and emerging trends», *Decision Analytics Journal*, vol. 14, Marzo 2025.
- [5] M. Naybour, R. Remenyte y M. Boyd, «Ant colony optimisation of a community pharmacy dispensing process using Coloured Petri-Net simulation and UK pharmacy in-field data», Febrero 2024.
- [6] N. Rasoli y M. Sheikhalishahi, «Modeling and simulation to improve patient admission process: a case study in an educational and treatment hospital», vol. 101, n° 2, 3 Agosto 2024.
- [7] S. Hassan, A. Amjad, S. Anwar, M. U. Farooq y A. i. Muhammad, «Applying lean production system philosophy to reduce patient waiting time in healthcare services: Simulation-based optimization and validations through experiment», 16 Septiembre 2024.
- [8] Institute of Industrial and Systems Engineers, «Reducing Waiting Time in Local Diagnostic Clinic: An Application of Queueing Theory», 2024.
- [9] M. R. Gutierrez, A. B. Sánchez, E. C. Paricahua y P. Soto, «Reducción del Tiempo de Dispensación en Farmacia de Consulta Externa 1 para el 2024: Un Modelo de Simulación en el Hospital Nacional Edgardo Rebagliati Martins», 2024.
- [10] A. AminShokravi y G. Heravi, «Event-independent resilience assessment of the access to care network at the pre-disaster stage using a spatio-temporal analysis», vol. 104, Mayo 2024.
- [11] M. Asgharian y F. Jahantigh, «Presenting a Simulation Model to Optimize the Patient's Movement Flow and Length of Stay (Study Case: In the Emergency Department of a Selected Specialized Hospital in Zahedan City)», vol. 18, n° 4, pp. 331-346, 2024.
- [12] J. Li, X. Goa, C. Li y X. Ma, «Improving satisfaction of waiting customers by personalised service», vol. 49, n° 3, 2025.
- [13] H. Liu, Y. Liu y X. Liu, «Research on contactless intelligent medication pickup mode selection based on a hospital in China under COVID-19», vol. 32, n° 2, pp. 675-693, Marzo 2024.
- [14] A. Caicedo Rolon, L. Rivera Cadavid y D. Claudio, «Decision-making model for hospital selection in the emergency medical system», vol. 14, n° 3, pp. 232-248, 2024.
- [15] X. Xu, L. Luo y Y. Fang, «The emergency hierarchical medical system in China: Improving patient waiting times and operation management», vol. 17, n° 4, pp. 660-670, 2024.
- [16] C. Oprea, E. Rosca, I. Costea, A. Ilie, O. Dinu y A. Ruscă, «Analyzing Passenger Flows in an Airport Terminal: A Discrete Simulation Model», vol. 12, n° 11, 5 Noviembre 2024.
- [17] Y. Li, W. Tian, B. Meng, J. Zang y R. Zhou, «A Simulation Model of the Influence of LNG Ships on Traffic Efficiency at Tianjin Port», vol. 12, n° 3, 2024.
- [18] A. Shahriar, U. Abu y F. Azrin, «Assessment of University Parking Management System: A Simulation- Based Study», vol. 16, n° 3, pp. 486-503, 2024.
- [19] H. el Baz, . Y. Wang, Y. Jin y S. Won Yoon, «Optimization of AGV sorting systems in pharmaceutical distribution: a two-stage package assignment and simulation approach», *Int J Adv Manuf Technol*, vol. 134, p. 2439–2457, 2024.
- [20] D. Kritchanchai, . R. Srinon, . P. Kietdumrongwong, J. Jansuwan, N. Phanuphak y W. Chanpuypetch, «Enhancing home delivery of emergency medicine and medical supplies through clustering and simulation techniques: A case study of COVID-19 home isolation in Bangkok», *Helvion*, vol. 10, n° 12, 2024.
- [21] R. Al-Therwah, M. Heshmat, M. El-Sharief y I. Hassab-Allah, «Simulation modeling of student enrolment to solve operations problems: A case of the Saad Al- Abdullah Academy in Kuwait», vol. 119, pp. 413- 424, Abril 2025.
- [22] P. Chaverri-Chaves, L. D. Conejo, S. P. León-González y L. A. Arrieta-Ávila, «Delay of Gratification in Costa Rican Preschoolers: Effect of Trust in the Experimenter and the Socio-Economic Status», *J. Appl. Cogn. Neurosci.*, vol. 3, no. 1, e00224586, 2022.
- [23] R. F. Allegri, «Creative minds and neurosciences...», *J. Appl. Cogn. Neurosci.*, vol. 2, no. 1, e00173806, 2021.
- [24] B. Maciejewicz, «Neuroscience of consciousness: cognition, physics and philosophy of decoding the human brain», *J. Appl. Cogn. Neurosci.*, vol. 3, no. 2, e00274600, 2022.
- [25] G. A. Arista, L. E. Fonseca y A. Calzolari, «Rdislex: rapid test for the risk of dyslexia in pre-readers and beginning readers. Pilot test», *J. Appl. Cogn. Neurosci.*, vol. 4, no. 1, e00354813, 2023.