
Simulación de eventos discretos para reducir el tiempo de espera en el área de consulta externa de un hospital público.**Simulation of discrete events to reduce waiting time in the external consultation area of a public hospital****Simulação de eventos discretos para reduzir o tempo de espera na área de consulta externa de um hospital público****Aldahir, Bautista Sena¹; Rony, Rosales Acosta¹, Víctor Fernando, Calla Delgado²**

Resumen

El objetivo general del trabajo de investigación fue desarrollar un modelo de simulación de eventos discretos para reducir el tiempo de espera en el área de consulta externa de un hospital público. El estudio fue del tipo descriptivo y consideró una muestra de 229 clientes de la población total conformada por los asegurados del hospital. Los instrumentos utilizados fueron una matriz de problemas, diagrama de Pareto, registro de tiempos y el uso del software Promodel. Como resultados, en el diagnóstico, se obtuvo que el principal problema era el elevado tiempo de espera con 21,53%; el tiempo promedio de espera en la cola del sistema 1, 2 y 3 fueron 24,43 minutos, 23,04 minutos y 29,22 minutos, respectivamente. Para validar el modelado de los sistemas, se hizo una prueba Chi cuadrado. En la aplicación se obtuvieron cuatro escenarios. A través de un análisis de costos se obtuvo que el escenario óptimo, para los 3 sistemas, era el tercero con 3 servidores incorporados. Para la evaluación se indicó que el tiempo promedio de espera en la cola se redujo en un 99 % en cada uno de los sistemas modelados. Se concluyó que mediante la aplicación del modelo simulado se logra reducir el tiempo promedio de espera en la cola pasando de 24,43 a 0,022 minutos para el sistema 1, de 23,04 a 0,1610 minutos para el 2 y de 29,22 a 0,0374 minutos para el 3.

Palabras clave: *Eventos discretos, simulación, tiempo de espera.*

Abstract

The general objective of the research work is to develop a simulation model of discrete events to reduce the waiting time in the external consultation area of the public hospital. The study was of the descriptive type and considered a sample of 229 patients of the total population formed by those insured by the Hospital. The instruments used were a matrix of problems, Pareto diagram, time recording and the use of the Promodel software. As a result, in the diagnosis it was obtained that the main problem was the high waiting time with 21.53%. On the other hand, the average waiting time in the queue of system 1, 2 and 3 was 24.43 minutes, 23.04 minutes and 29.22 minutes respectively. To validate the modeling of the systems, a Chi-square test was performed. In the application four scenarios were obtained. Through a cost analysis it was obtained that the optimal scenario for the 3 systems was the third with 3 servers. For the evaluation, it was indicated that the average waiting time in the queue was reduced by 99% in each of the modeled systems. It was concluded, through the application of the simulated model, the average waiting time in the queue was reduced from 24.43 to 0.022 minutes for system 1, from 23.04 to 0.1610 minutes for 2 and from 29.22 to 0.0374 minutes for 3.

Keywords: *Discrete event simulation, simulation, wait time.*

Resumo

O objetivo geral do trabalho de pesquisa foi desenvolver um modelo de simulação de eventos discretos para reduzir o tempo de espera na área de consulta externa do hospital público. O estudo foi do tipo descritivo e considerou uma amostra de 229 clientes da população total formada pelos segurados do hospital. Os instrumentos utilizados foram uma matriz de problemas, diagrama de Pareto, registro de horas e uso do software Promodel. Como resultado, no diagnóstico foi obtido que o principal problema era o alto tempo de espera com 21,53%, o tempo médio de espera na fila do sistema 1, 2 e 3 foi de 24,43 minutos, 23,04 minutos e 29,22 minutos, respectivamente. Para validar a modelagem dos sistemas, foi

¹ Escuela de Ingeniería Industrial. Estudiante. Universidad César Vallejo. Chimbote, Perú. aldahirbautistasena45@gmail.com <http://orcid.org/0000-0003-2430-8950>

² Escuela de Ingeniería Industrial. Maestro. Universidad César Vallejo. Chimbote, Perú. vfcalla@gmail.com <http://orcid.org/0000-0002-7502-5806>

Recibido: 10-10-2019 Aceptado: 20-05-2020

realizado um teste do qui-quadrado. Na aplicação foram obtidos quatro cenários. Através de uma análise de custos, obteve-se que o cenário óptimo, para os 3 sistemas, era o terceiro com 3 servidores. Para a avaliação, foi indicado que o tempo médio de espera na fila foi reduzido em 99% em cada um dos sistemas modelados. Concluiu-se que, com a aplicação do modelo simulado, o tempo médio de espera na fila foi reduzido de 24,43 para 0,022 minutos para o sistema 1, de 23,04 para 0,1610 minutos para 2 e de 29,22 para 0,0374 minutos para 3.

Introducción

Uno de los principales problemas de los hospitales públicos es la generación de colas extensas generando un bajo rendimiento de la atención. Reducir el tiempo de espera de la atención es necesario para lograr la satisfacción de los usuarios. Según Pandit (2018), “el largo tiempo de espera en los hospitales causa descontento entre los pacientes, el largo tiempo de espera de los pacientes en un OPD (out patient department) afecta negativamente la capacidad de los hospitales para atraer nuevos negocios en aumento”. De la misma manera, Córdova (2013) menciona que “el tiempo de espera para recibir una consulta constituye por sí solo una barrera para la calidad”.

El problema de la espera en los hospitales públicos es una generalidad de los sistemas de salud sudamericanos. De acuerdo a un estudio realizado en Chile, por parte de la retribución médica del departamento de salud realizada por Bedregal y otros (2017) se evidenció que en 2016 existieron 3.321791 sucesos o peticiones como resultado en el RNLE, donde 2.362.304 personas esperaban en la lista. Del grupo de personas, el 78 % esperaba por nueva especialidad a un tiempo promedio de 302 días, el 12 % por realización de un procedimiento con un tiempo de 526 días y el 10 % por intervención quirúrgica con un tiempo 381 días. A pesar de ello, solo se solucionó el 42 % del total de las peticiones mientras que el 51 % esperaba por el servicio y el otro 7 % sobrante salieron por motivos administrativos. Y un estudio realizado por Shimabuku y otros (2014) en los centros pediátricos, con cita territorial en Lima, mediante una recolección de 283 copias que incluían 358 por razones de pretensión, indicó que un 32,1 % era por trato inapropiado, 18,4 % por tiempos de espera prolongados, 14,5 % por asesorías imperfectas, 9,5 % por inconvenientes para el ingreso a la atención, 7,8 % por pérdida de registros, 7,5 % por problemas de comunicación, 5,9 % por privilegios y 4,2 % por disconformidad en aspectos evidentes, donde las áreas que tuvieron mayores peticiones fueron: consultorios externos con 41,7 % (tasa de 0,5 por mil pacientes).

El tiempo de espera, según Gutiérrez (2009) es la medida de tiempo, desde que el cliente ingresa hasta que recibe el producto. El tiempo de espera es uno de los problemas principales que las empresas prestadoras de servicios buscan resolver; según Llanos (2017), esto se puede resolver por cuatro caminos: Reduciendo el flujo de cliente, aumentando el número de servidores, reorganizando las líneas de espera y simplificando el servicio.

La simulación de eventos discretos, según Portilla, Arias y Fernández (2010), es una técnica que permite ejecutar estudios piloto, con resultados rápidos y a bajo costo, basándose en la modelación de escenarios por medio de la simulación.

El estudio de Ramírez, S., Zapata, M., Castro, S., y Ortiz, R. (2019), aplicó la simulación de eventos discretos para disminuir las colas del proceso de empaquetado y agrupado en una empresa de snacks. Con respecto a los resultados se tuvieron tres escenarios donde se observó que la producción de maní disminuyó en un 20,08 % en unidades de maní dulce y 43,54 % de maní. Concluyendo que, al comparar las productividades de cada escenario, el que dio más beneficio fue el escenario 3 donde se propuso automatizar el proceso de empaque. Sevilla y Poma (2016) con su estudio de una empresa de telecomunicaciones empleando simulación de eventos discretos, logró como objetivo mejorar el proceso de atención presencial por medio de la disminución de los tiempos de espera. Con un promedio inicial de arribos diarios de 537 y un tiempo de espera medio de 00:15:58 minutos, se concluyó que, con la propuesta obtenida, el tiempo de espera se reduce de 00:10:08 a 00:06:14 con un 00:03:54 minutos por cliente (38,47 %). Corcino y Ramos (2018) tuvo el objetivo de reducir el tiempo de espera del cliente de

servicios de taxi, concluyeron que el modelo M/M/S se logró evaluar con 8, 9 y 10 servidores indicando que con 9 servidores se alcanza el resultado óptimo logrando reducir en 88,24 % el tiempo de espera con respecto al de 7 servidores.

La búsqueda de la solución óptima en problema de colas considera verificar el comportamiento del sistema y responder a las siguientes preguntas: ¿Cuántos servidores realmente se deben tener en el sistema? y ¿Cuál es la capacidad del sistema? dichas incógnitas deben ser evaluadas para formular una estrategia y una correcta gestión de los recursos.

Uno de los softwares más utilizados para la simulación es el software ProModel, que de acuerdo con García, Cárdenas y García (2013) “tiene un grupo de módulos que ayudan al especialista a hacer un análisis más sólido sobre el modelo que desea simular”. Además, según Jiménez (2014), se puede utilizar el software ProModel para la simulación por su gran capacidad para representar sistemas discretos de fabricación y la flexibilidad para hacer experimentos sin usar sistemas reales. Otro de los softwares utilizados para la simulación es el software Arena, por el que Kelton, Sadowaki & Zupick (2015) “combina la facilidad de uso que se encuentra en simuladores de alto nivel con la flexibilidad de lenguajes de simulación e incluso lenguajes de uso general si lo desea”.

Entre las herramientas para validar el modelamiento, según Álvarez (2015) y Calero (2011) la prueba de Chi-cuadrado, permite analizar la relación entre las variables de interés encontrando las correlaciones de dependencias entre ellas, utilizando un nivel de significación. Y Sartori (2018) afirma que esta prueba es una de las más utilizadas para emitir conclusiones en las actividades de auditoría, especialmente cuando se aplican a un gran volumen de datos.

Las características más importantes de la simulación es la capacidad el comportamiento aleatorio que existe en los sistemas estocásticos, para Velásquez y Velásquez (2012), “Las variables aleatorias gobiernan ciertos comportamientos del sistema Procesos estocásticos para variación del modelo de insumos a lo largo del tiempo”. Por otro lado, existe la generación de números pseudoaleatorios, los cuales según García, Cárdenas y García (2013), “Sirve para desarrollar una simulación que tenga variabilidad en sus eventos, generando una serie de números que sean aleatorios por sí mismos, y que su aleatoriedad se extrapola al modelo de simulación que se está construyendo”. Por otro lado, Primorac, López y Mariño (2013), indican que “las formas útiles para la elevación de variables aleatorias son las muestras originadas de relevamientos estadísticos, tales como encuestas, censos o muestreos”.

Este estudio desarrolló el siguiente objetivo general: Desarrollar un modelo de simulación de eventos discretos para reducir el tiempo de espera en el área de consulta externa de un hospital público. Asimismo, los siguientes objetivos específicos: Realizar el diagnóstico situacional respecto a los problemas del área de consulta externa en el departamento de admisión del hospital público. Determinar el tiempo promedio de espera en la cola. Aplicar la simulación de eventos discretos y evaluar el tiempo de espera promedio antes y después de la aplicación de la simulación de eventos discretos del área de consulta externa en el departamento de admisión del hospital público en estudio.

Material y métodos

La investigación es aplicada, porque se hizo uso de las teóricas relacionadas con respecto a la simulación de eventos discretos para dar solución al problema principal del estudio que era el tiempo de espera en el área de consulta externa. El tipo de investigación es experimental con diseño pre experimental, con pre prueba y post prueba. Las variables de investigación: Variable independiente, la simulación de eventos discretos y como variable dependiente, tiempo de espera.

En este estudio, la población fue de 564 clientes, se delimitó la población considerándose el número de clientes que visitaron el área de consulta externa para recibir sus citas a los diversos departamentos en los primeros meses del año 2019 (enero, 543, febrero, 483, marzo, 661 y abril, 567, según el departamento de estadística del hospital público) con un promedio diario de 564. A

partir del cual se determinó una muestra de 229 clientes.

Como técnicas de análisis de datos, se utilizaron el diagrama de Pareto, estudio de tiempos y la simulación de eventos discretos. Y como herramientas relacionadas, la matriz de problemas, el diagrama de Pareto, registros de estudios de tiempos, el software ProModel. Para la evaluación de los datos, T-student.

Para el diagnóstico situacional, se recopiló información mediante una matriz de problemas y un diagrama de Pareto, el cual fue dirigido a una muestra de 229 clientes durante el mes de setiembre con la finalidad de demostrar el problema principal de la investigación.

Para la determinación del tiempo promedio de espera en la cola, se utilizó el formato de registro de tiempos, dividido en 3 sistemas de acuerdo a las actividades que se realizaban. Se realizó una prueba piloto de 20 observaciones para cada tipo de sistema. Para la aplicación de la simulación se utilizó el Software Promodel. Asimismo, se utilizaron los parámetros obtenidos en los registros de tiempos, principalmente, los tiempos entre llegadas y de servicio. Con ayuda de la herramienta Stat:fit se determinó el tipo de distribución que seguían cada uno de los parámetros en los diferentes sistemas. Luego, se modelaron los sistemas y se validaron con la Chi-Cuadrado.

Resultados

Diagnóstico situacional del área de consulta externa en el departamento de admisión

El uso de la matriz de problemas dio cuenta como resultados los siguientes problemas, Figura 1:

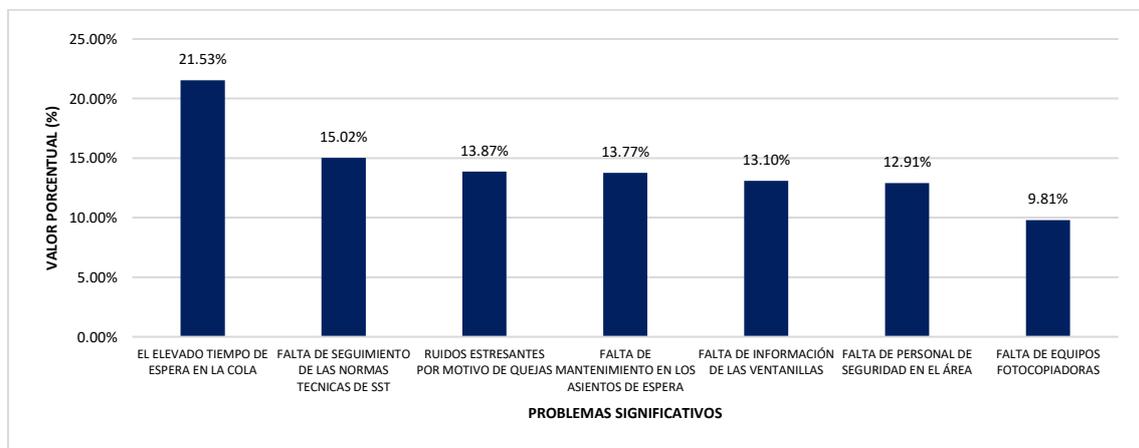


Figura 1. Resumen de los índices porcentuales de los problemas significativos del Hospital Regional público (2019)

Nota. Datos recopilados del Hospital Regional EGB – 2019

En la Figura 1, el porcentaje del problema más significativo, el elevado tiempo de espera en la cola, fue de 21,53 % en comparación a los demás problemas encontrados.

Tiempo promedio de espera en la cola del área de consulta externa en el departamento de admisión

Los tres sistemas sobre el cual se aplicaron los registros de tiempos fueron: Sistema 1, servicio preferencial (ventanillas 1 y 2) que se encargan del registro de citas al día y a futuro. Sistema 2, de servicio normal (ventanillas 3 y 6) donde se registran citas al día. Y el sistema 3, de registro de citas a futuro (ventanillas 7 y 8).

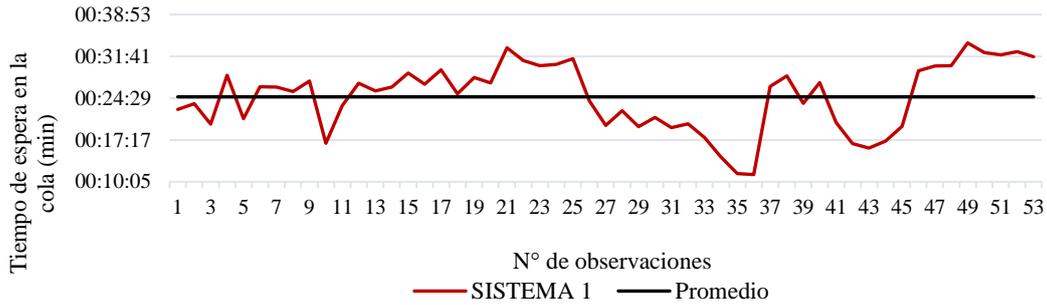


Figura 2. Tendencia del tiempo de espera en la cola, Sistema 1 – preferencial
Nota. Datos recopilados del Hospital Regional EGB – 2019.

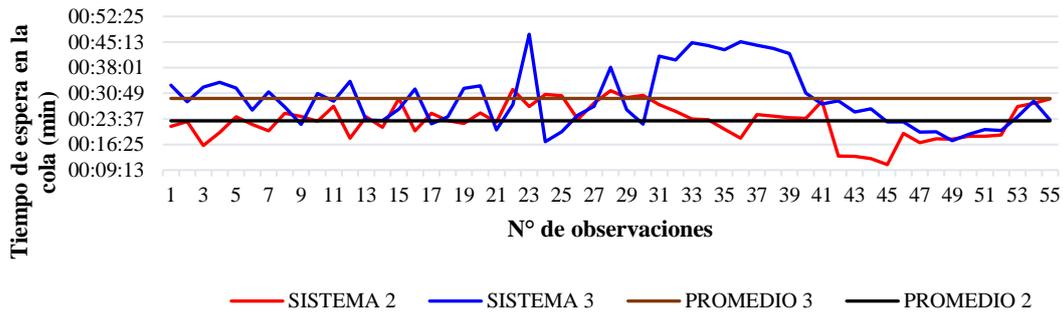


Figura 3. Tendencia del tiempo de espera en la cola, Sistema 2 y 3 – Normal
Nota. Datos recopilados del Hospital Regional EGB – 2019

En las figuras 2 y 3 se indica los comportamientos de los tiempos de espera en la cola en los diferentes sistemas. Asimismo, se muestra el tiempo promedio en cada uno: el sistema 1 tuvo un promedio de 24,43 minutos, el sistema 2 un tiempo de 23,04 minutos y el sistema 3 un tiempo de 29,22 minutos.

Simulación de eventos discretos del área de consulta externa en el departamento de admisión

Una vez realizado el análisis de las distribuciones de cada uno de los parámetros de los sistemas, se procedió a modelar los diferentes sistemas en el software ProModel, con un tiempo de corrida de 6 horas y un número de réplicas de 53 para el sistema 1 y 55 para el sistema 2 y 3. Luego se compararon los tiempos del sistema total modelados con los observados para cada sistema.

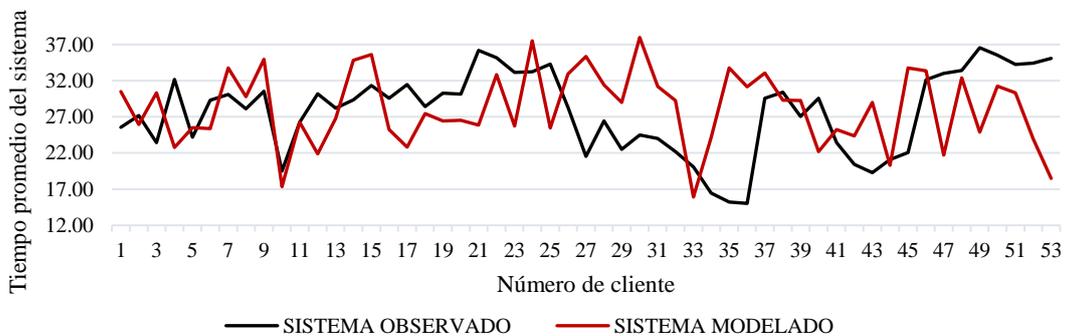


Figura 4. Tendencia de los tiempos del sistema total modelados con los observados – Sistema 1, Preferencial
Nota. Resultados de software Promodel.

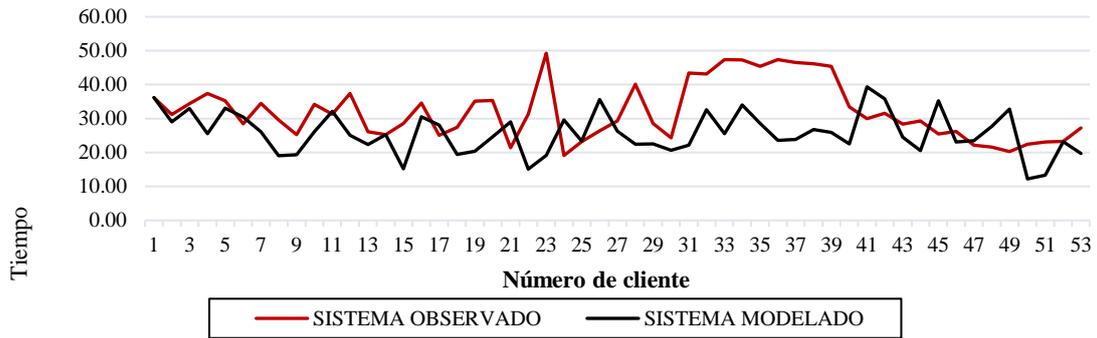


Figura 5. Tendencia de los tiempos del sistema total modelados con los observados – Sistema 2, Normal
Nota. Resultados de software Promodel.

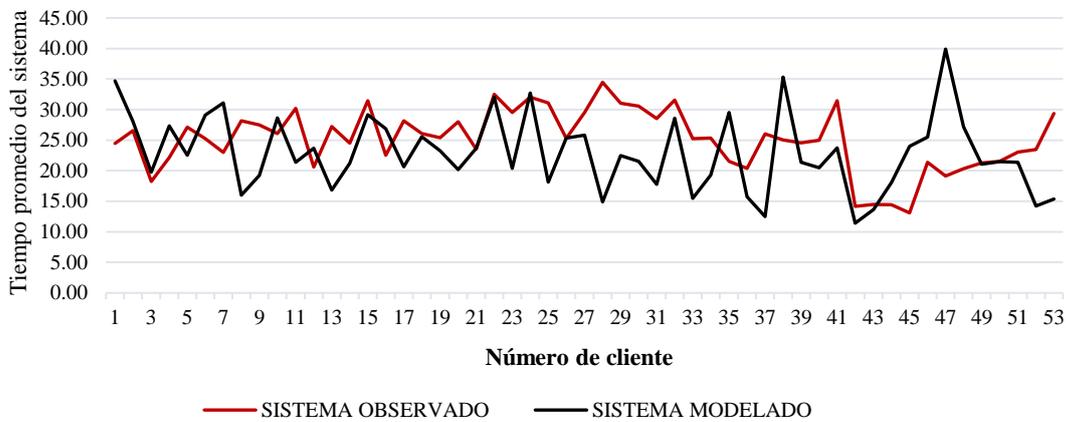


Figura 6. Tendencia de los tiempos del sistema total modelados con los observados – Sistema 3, Normal
Nota. Resultados de software Promodel.

Con los datos observados y modelados de los sistemas, se obtuvieron las frecuencias para la realización de un ajuste de bondad utilizando la prueba Chi cuadrado, con la finalidad de validar los sistemas actuales. Una vez validados los sistemas se pudieron realizar las corridas a futuro, en este caso se simuló 4 escenarios por cada sistema agregando 100 réplicas por cada escenario.

Tabla 1

Escenarios del Sistema 1, Preferencial

| Escenario | Servidores | Total de salidas | Cantidad actual en el sistema | Tiempo en sistema promedio | Tiempo en lógica de movimiento promedio | Tiempo esperand o promedio | Tiempo en operación promedio | Tiempo de bloqueo promedio |
|-----------|------------|------------------|-------------------------------|----------------------------|---|----------------------------|------------------------------|----------------------------|
| 1 | 1 | 118.993 | 100.693 | 104.641 | 0.000 | 98.283 | 3.381 | 2.976 |
| 2 | 2 | 237.314 | 40.379 | 28.405 | 0.000 | 23.563 | 3.379 | 1.463 |
| 3 | 3 | 275.484 | 2.810 | 3.609 | 0.000 | 0.022 | 3.381 | 0.207 |
| 4 | 4 | 275.660 | 2.739 | 3.383 | 0.000 | 0.000 | 3.379 | 0.004 |

Nota. Datos obtenidos de la modelación realizada en el Software Promodel 2016.

Tabla 2

Escenarios del Sistema 2, Normal

| Escenario | Servidores | Total de salidas | Cantidad actual en el sistema | Tiempo en sistema promedio | Tiempo en lógica de movimiento promedio | Tiempo esperando promedio | Tiempo en operación promedio | Tiempo de bloqueo promedio |
|-----------|------------|------------------|-------------------------------|----------------------------|---|---------------------------|------------------------------|----------------------------|
| 1 | 1 | 156.355 | 100.716 | 102.130 | 0.000 | 97.198 | 2.664 | 2.268 |
| 2 | 2 | 311.419 | 44.555 | 24.158 | 0.000 | 20.389 | 2.658 | 1.111 |
| 3 | 3 | 353.742 | 2.981 | 3.055 | 0.000 | 0.161 | 2.664 | 0.230 |
| 4 | 4 | 353.006 | 2.768 | 2.712 | 0.000 | 0.011 | 2.663 | 0.038 |

Nota. Datos obtenidos de la modelación realizada en el Software Promodel 2016.

Tabla 3

Escenario del Sistema 3, Normal

| Escenario | Servidores | Total de salidas | Cantidad actual en el sistema | Tiempo en sistema promedio | Tiempo en lógica de movimiento promedio | Tiempo esperando promedio | Tiempo en operación promedio | Tiempo de bloqueo promedio |
|-----------|------------|------------------|-------------------------------|----------------------------|---|---------------------------|------------------------------|----------------------------|
| 1 | 1 | 135.548 | 100.723 | 102.884 | 0.000 | 97.254 | 3.015 | 2.615 |
| 2 | 2 | 269.600 | 40.671 | 25.542 | 0.000 | 21.233 | 3.019 | 1.290 |
| 3 | 3 | 306.781 | 2.697 | 3.200 | 0.000 | 0.037 | 3.021 | 0.142 |
| 4 | 4 | 307.490 | 2.748 | 3.037 | 0.000 | 0.002 | 3.020 | 0.015 |

Nota. Datos obtenidos de la modelación realizada en el Software Promodel 2016.

Luego de haber realizado las corridas para los diferentes escenarios de los sistemas 1, 2 y 3 se procedió a realizar un análisis de los costos para cada sistema con los datos obtenidos del hospital, con la finalidad de elegir el escenario óptimo de cada uno. Dicho escenario fue de 3 servidores para cada sistema, donde el costo total para el sistema 1 fue de S/ 40.33, el sistema 2 de S/ 41.62 y el sistema 3 de S/ 39.48.

Tabla 6

Evaluación de los costos por cada sistema

| Sistemas | Costo total (S/) | Costo de espera de cliente por hora (S/) | Cantidad de cliente en espera | Ingresos por hora (S/) | Número de servidores |
|----------|------------------|--|-------------------------------|------------------------|----------------------|
| 1 | 765.69 | 7.54 | 100.6928105 | 6.38 | 1 |
| | 317.25 | 7.54 | 40.37908497 | 6.38 | 2 |
| | 40.33 | 7.54 | 2.810457516 | 6.38 | 3 |
| | 46.17 | 7.54 | 2.738562092 | 6.38 | 4 |
| 2 | 765.86 | 7.54 | 100.716129 | 6.38 | 1 |

| | | | | | |
|----------|--------|------|-------------|------|---|
| | 348.74 | 7.54 | 44.55483871 | 6.38 | 2 |
| | 41.62 | 7.54 | 2.980645161 | 6.38 | 3 |
| | 46.39 | 7.54 | 2.767741935 | 6.38 | 4 |
| 3 | 765.91 | 7.54 | 100.7225806 | 6.38 | 1 |
| | 319.45 | 7.54 | 40.67096774 | 6.38 | 2 |
| | 39.48 | 7.54 | 2.696774194 | 6.38 | 3 |
| | 46.25 | 7.54 | 2.748387097 | 6.38 | 4 |

Nota. Datos provenientes del área de costos del hospital público y el tratamiento de los autores

Evaluaciones del tiempo de espera promedio en la cola antes y después de la aplicación de la simulación de eventos discretos del área de consulta externa en el departamento de admisión.

Una vez ubicado los escenarios óptimos, se procedió a comparar los datos obtenidos con los actuales, los cuales dieron como resultado una reducción del 99.91 % del tiempo de espera en el sistema 1, 99.30 % del tiempo de espera en el sistema 2 y 99.87 % del tiempo de espera en el sistema 3. Por último, se hizo la prueba de hipótesis con los datos actuales y los simulados.

Discusión

En el diagnóstico situacional, la investigación de Alarcón y Díaz (2018) utiliza un diagrama de flujo, un cursograma analítico del operario, y matriz de identificación de problemas con el que se obtiene que el 59 % de los clientes sentía molestia por el tiempo prolongado de espera, principalmente, en la fila de usuarios. El presente estudio sigue un procedimiento similar para identificar el problema a estudiar utilizando una matriz de problemas frecuentes y un diagrama de Pareto, resultando como principal problema, el elevado tiempo de espera en la cola con un puntaje porcentual de 21.53 %. Para la identificación de las tasas de llegada y salida, Sevilla y Poma (2016) tuvieron en cuenta solo 30 datos, elegidos de manera aleatoria de cada agencia, parte de la empresa de telecomunicaciones. Para esta investigación, se obtuvieron 20 datos en cada sistema, de manera aleatoria y de observación directa, con el que se obtienen las variables aleatorias o parámetros (tiempo entre llegadas y de salida) y el tiempo de espera en la cola actual.

Según la investigación de Ramírez, S., Zapata, M., Castro, S., y Ortiz, R. (2019), utilizaron una herramienta llamada Statgraphics para determinar las distribuciones, a los parámetros por cada operación, en este caso, el tiempo entre llegadas del maní, recolección en recipientes, transporte mesa auxiliar, pesado, transporte, agrupamiento y salado, donde estos se ajustaban a una distribución promedio. La variable tiempo de cocción se ajustó a una distribución uniforme con un límite inferior de 25 minutos y superior de 30 minutos, por otro lado los tiempos de empaque y separado aplicaron una distribución empírica debido a que no se ajustaban a distribución definida; por último, la variable de selección seguía una distribución normal; este análisis, asimismo, se realizó con cada uno de las operaciones; de igual manera, en nuestra investigación, se utilizó una herramienta que nos ayudó a describir qué tipo de distribuciones seguían nuestros parámetros, Stat:fit, el cual es un software que, a diferencia del Statgraphics, trabaja con el método ChiCuadrado, lo que nos permitió una mejor comprensión de la distribución del sistema. En este caso, al ser un sistema de servicio de atención solo se componía de 2 parámetros, el tiempo entre llegadas de los clientes y tiempo de servicio, donde cada uno seguía una distribución normal, a diferencia de Ramírez, S., Zapata, M., Castro, S., y Ortiz, R. (2019) que fue un sistema productivo, en la investigación había 2 servidores en cada sistema, se definió el tamaño de la corrida el cual fue de 6 horas, de 6 am a 12pm, del mismo modo, se hizo 53 réplicas para el sistema 1 y 55 para el sistema 2 y 3. Una vez hecho las corridas, a diferencia del estudio a discutir, nuestra

investigación utilizó una prueba de ajuste de bondad chi cuadrado para validar el sistema actual, en comparación del método que usaron Ramírez, S., Zapata, M., Castro, S., y Ortiz, R. (2019), para validar, nuestro método genera mayor confianza ya que según Álvarez (2015), “la prueba de Chi-cuadrada, permite analizar su relación con variables como actividad física, tipo de dieta, antecedentes familiares, edad y género; aplicando parámetros estadísticos”.

Por último, el estudio de Ramírez, S., Zapata, M., Castro, S., y Ortiz, R. (2019), al obtener el modelado validado, simularon a futuro y crearon 3 escenarios, donde el parámetro principal a medir era la productividad. Al analizar cada escenario, indicaron que el escenario 3 era el óptimo, donde se propuso automatizar el proceso de empaque, debido a que la producción de maní dulce aumentó en un 39.03 % y 20.42 % en mano salado. En la presente investigación, a diferencia de medir la productividad, se analizó el costo total de los sistemas, el cual estaba relacionado con el costo por mantener a los clientes esperando y el costo por mantener a un servidor en ventanilla, en el estudio, se crearon 4 escenarios por cada sistema donde se hicieron 100 réplicas por cada sistema y por cada escenario, donde se indicó que los escenarios óptimos fueron el 3, donde estaban 3 servidores en cada sistema, dando así un equilibrio en el costo total del sistema.

Por las evaluaciones que se realizaron en los 3 sistemas modelados, se afirma que se redujo el tiempo de espera en la cola en un 99 % el cual fue propuesto por la simulación. En comparación la investigación de aplicación de teoría de colas de Corcino y Ramos (2018), permitió disminuir el tiempo de espera en la cola antes y después en 88.24 %, lo que confirma una ventaja en los resultados con el la aplicación de la simulación.

Conclusiones

En el diagnostico situacional, se encontró que el elevado tiempo de espera en la cola era el más frecuente, con un valor porcentual del 21.53 a comparación de los demás problemas.

Se determinó que en el sistema 1 (Sistema Preferencial) el tiempo de espera promedio en la cola era de 24.43 minutos, para el sistema 2 (Sistema Normal) de 23.04 minutos y para el sistema 3 (Sistema Normal) de 29.22 minutos.

El modelo de simulación tuvo una cantidad de 100 réplicas, con una corrida de 6 horas a futuro, dando como escenario óptimo el 3 en todos los sistemas, con 3 servidores con un costo óptimo de S/ 40.33 para el sistema 1, S/ 41.62 para el 2 y S/ 39.48 para el 3.

En la evaluación de los tiempos promedio de espera en la cola, se demostró que el sistema 1 (Servicio Preferencial) paso de 24.43 min a 0.022 min (99.91%), para el sistema 2 (Servicio Normal) de 23.04 min a 0.1610 (99.30%) y para el sistema 3 (Servicio Normal) de 29.22 min a 0.0374 (99.87%) min.

Referencias

- Alarcón Bozzo, G. C. A. y Díaz Aroco, T. (2018). *Diseño de un sistema de simulación para reducir el tiempo de espera en el área de operaciones de la empresa INTERBANK Agencia Cajamarca* [Tesis de Pregrado, Universidad Peruana del Norte]. <https://repositorio.upn.edu.pe/bitstream/handle/11537/13935/Alarc%C3%B3n%20Bozzo%20Gian%20Carlo%20Andre%C3%A9%20D%C3%ADaz%20Aroca%20Teresa%20de%20Jes%C3%89s.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Álvarez Franco, O.L. (2015). Endothelial dysfunction in naval personnel in military activity with obesity. *Horiz. Med, Lima, 15(4)*, 33-43.
http://www.scielo.org.pe/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1727-558X2015000400006

- Bedregal, P., Ferrer, J., Figueroa, B., Téllez, Á., Tello, C., Vera, J., y Zurob, C. (2017). La espera en el sistema de salud chileno: una oportunidad para poner a las personas al centro 2017. *Centro de Políticas Públicas UC*, 12(102), 5-11.
https://politicaspUBLICAS.uc.cl/wp-content/uploads/2017/12/propuestas_listas_espera.pdf
- Calero Morales, S.C. (2011). Variables significativamente influyentes en el rendimiento del pasador de voleibol. *Revista Internacional de Medicina y Ciencias de la Actividad Física y del Deporte*. 11(42). 347-361
<https://www.redalyc.org/pdf/542/54222171008.pdf>
- Córdova Hernández, J., Nanguce López, M., Priego Álvarez, Heberto., y Avalos García, M. (2013). Satisfacción del usuario en la clínica de medicina familiar de Casa Blanca ISSSTE. *Revista Salud Quintana Roo* 6, (25) 7-10
<https://salud.qroo.gob.mx/revista/revistas/25/2.pdf>
- Corcino, M., y Ramos, S. (2018). *Aplicación de la teoría de colas para disminuir el tiempo de espera del cliente en la empresa Super Taxi Elegant*. [Tesis de pregrado, Universidad César Vallejo]. <https://hdl.handle.net/20.500.12692/29070>
- García, E., García, H., y Cárdenas, L. (2013). *Simulación y análisis de sistemas con ProModel* [Archivo PDF].
<https://www.google.com/search?q=Garc%C3%ADa%2C+E.%2C+Garc%C3%ADa%2C+H.%2C+y+C%C3%A1rdenas%2C+L.+%282013%29.+Simulaci%C3%B3n+y+an%C3%A1lisis+de+sistemas+con+ProModel.+Guadalajara%2C+M%C3%A9xico%3A+Marisa+de+Anta.&oeq=Garc%C3%ADa%2C+E.%2C+Garc%C3%ADa%2C+H.%2C+y+C%C3%A1rdenas%2C+L.+%282013%29.+Simulaci%C3%B3n+y+an%C3%A1lisis+de+sistemas+con+ProModel.+Guadalajara%2C+M%C3%A9xico%3A+Marisa+de+Anta.&aqs=chrome.69i59j0j7&sourceid=chrome&ie=UTF-8>
- Gutiérrez, E. Ramos, W., Uribe, M., Ortega-Loayza, Alex., Torres, Ch., Montesinos, D., León, O (2009). Tiempo de espera y su relación con la satisfacción de los usuarios de la farmacia central de un hospital general de Lima. *Revista Peruana de Medicina Experimental y Salud Pública*, 26(1), 61-65.
http://www.scielo.org.pe/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1726-46342009000100013
- Kelton, D. W., Sadowski, R. P., y Zupick, N. (2015) *Simulation with Arena*. McGraw-Hill Education. <http://web.iitd.ac.in/~nomesh/MEL770/kelton.pdf>
- Llanos Reynoso, L. F. (2014). ¡Atiéndeme por favor! México: Contactforum. https://www.researchgate.net/publication/320677140_Los_Servicios_de_Atencion_a_Clientes/link/59f37b680f7e9b553eba70a6/download
- Pandit, A. (2018). Impact of OPD waiting time on patient satisfaction. *Health Science, Vol. 2*. https://www.researchgate.net/publication/324594239_5_OPD_Waiting_Time_on_Patient_Satisfaction/link/5c21d9d7458515a4c7f6feb3/download
- Portilla, L. M., Arias Montoya, L., y Fernández Henao, S. A. (2010). Análisis de líneas de espera a través de teoría de colas y simulación. *Scientia Et Technica*, 26(46), 56-61.
<https://www.redalyc.org/pdf/849/84920977012.pdf>
- Primorac, C. R., López, M. V. y Mariño, S. I. (2013). Generación de muestras artificiales de variables aleatorias continuas aplicando métodos especiales. *Unión. Revista Iberoamericana de educación de matemática*, N° 34, 97-112.
<http://www.fisem.org/www/union/revistas/2013/34/archivo10.pdf>

- Ramírez, S., Zapata, M., Castro, S., y Ortiz, R. (2019). Análisis de la producción de productos alimenticios tipo snacks mediante simulación de eventos discretos en una empresa de Medellín. *Prospectiva*, 17(1), 33-41.
<https://doi.org/10.15665/rp.v17i1.1794>
- Sartori Cella, R. (2018). Benford's Law and transparency: an analysis of municipal expenditure. *BBR. Brazilian Business Review*, 15(4), 331-347.
<https://doi.org/10.15728/bbr.2018.15.4.2>
- Sevilla Villegas, C. A., y Poma Luna, D. E. (2016). *Mejora del nivel de servicio en la atención presencial de una empresa de telecomunicaciones empleando simulación de eventos discretos* [Tesis de pregrado, Pontificia Universidad Católica del Perú].
<http://tesis.pucp.edu.pe/repositorio/handle/20.500.12404/6853>
- Shimabuku, R., Fernández, D., Carlos, G., Granados, K., Maldonado R., y Nakachi, G. (2014). Las reclamaciones de los usuarios externos en un centro pediátrico de referencia nacional en Lima, Perú. *Anales de la Facultad de Medicina*, 75(3), 245-250.
<http://www.scielo.org.pe/pdf/afm/v75n3/a06v75n3.pdf>
- Velásquez, S., Velásquez, R. (2012). Modeling with random variables in simulink using montecarlo simulations. *Universidad, Ciencia y Tecnología*, 16(64), 203-211.
http://ve.scielo.org/scielo.php?pid=S1316-48212012000300006&script=sci_abstract&tlng=en