

Un Análisis de Líneas de Espera en una Comercializadora de Teléfonos Inteligentes Mediante Simulación

Using Simulation for the Analysis of Waiting Lines in a Smartphone Sales Company

DOI: <https://doi.org/10.17981/bilo.6.1.2024.01>

Fecha de recepción: 18/12/2023. Fecha de Publicación: 30/01/2024

Eva Nieto-Blanco

Universidad de la costa CUC, Barranquilla, (Colombia)
enieto@cuc.edu.co

Luzbleidy Roncallo-Fernández

Universidad de la costa CUC, Barranquilla, (Colombia)
lroncall@cuc.edu.co

Daniel Arias-Jiménez

Universidad de la costa CUC, Barranquilla, (Colombia)
darias11@cuc.edu.co

Alexander Troncoso-Palacio

Universidad de la costa CUC, Barranquilla, (Colombia)
atroncos1@cuc.edu.co

Como citar en IEEE este artículo: E. Nieto-Blanco y Otros, «Un Análisis de Líneas de Espera en una Comercializadora de Teléfonos Inteligentes Mediante Simulación» *Boletín de Innovación, Logística y Operaciones*, vol. 6. No. 1. pp. 1-11. 2024. Online. <https://revistascientificas.cuc.edu.co/bilo/article/view/5675>

Resumen

El tiempo de espera que tardan los clientes en ser atendidos En cualquier empresa que vende productos, es un problema porque puede provocar pérdidas o no ganancias por ventas no realizadas. Debido a esto, se propone analizar las líneas de espera en el proceso de ventas de teléfonos inteligentes en una empresa de la ciudad de Barranquilla. Para el diseño del modelo, se realizó un estudio dividido en 3 fases: La primera consistió en recoger información relacionada con los tiempos de llegada y atención de los usuarios haciendo una caracterización del sistema de colas. En la fase 2 se realizaron los cálculos de los indicadores de desempeño operativo del sistema mediante el uso de un modelo matemático de distribución de datos. En la fase 3 se analizaron los resultados

obtenidos y se hicieron recomendaciones teniendo en cuenta los costos asociados al sistema de servicio para encontrar el equilibrio entre el costo de espera y el costo del servicio

Palabras claves: Sistema de Colas, Comercializadora de teléfonos inteligentes, Tiempos de espera.

Abstract

The waiting time it takes for customers to be served. In any company that sells products, it is a problem because it can cause losses or no profit due to unrealized sales. Due to this, it is proposed to analyze the waiting lines in the smartphone sales process at a company in the city of Barranquilla. To design the model, a study divided into three phases was carried out: The first consisted of collecting information related to the arrival and service times of users by characterizing the queuing system. In phase 2, calculations of the system's operational performance indicators were carried out using a mathematical data distribution model. In phase 3, the results obtained were analyzed, and recommendations were made considering the costs associated with the service system to find the balance between the waiting cost and the cost of the service.

Keywords: Queuing System, Smartphone Marketer, Waiting Times.

Introducción

La teoría de colas tiene su origen el año 1909 cuando el matemático Agner Krarup Erlang quien trabajaba para una compañía de telecomunicaciones, analiza las conversaciones telefónicas para realizar el cálculo de la cantidad mínima de teléfonos requeridos para atender las llamadas dando inicio así a una nueva rama de estudio [1]. Hoy en día la teoría de colas es aplicada para resolver diversos problemas de la vida real y puede ser utilizada en el ámbito cotidiano o a nivel industrial. El principal objetivo de esta teoría es evaluar de forma científica las esperas de los usuarios al momento de recibir un servicio lo que implica un determinado tiempo de espera; al aplicarla es posible la resolución de problemas mediante el diseño de un sistema de atención y la determinación del número de servidores necesarios para brindar el servicio que ofrece el sistema. En el presente estudio se evalúan los tiempos de esperas generados en los cubículos de atención que tiene designado la empresa en estudio para la venta al público que realiza las compras de celulares, accesorios y demás artículos tecnológicos de manera presencial en sus instalaciones, de esta forma se desarrolla un modelo matemático que permite encontrar un balance adecuado entre el costo de servicio y la cantidad de espera. Actualmente la empresa en estudio cuenta con un sistema de cola de mínimo 2 servidores máximo 3 los cuales están dispuestos según los requerimientos del día y la hora, la disciplina de colas se basa en primeros en entrar primeros en salir (fifo). Mediante la cuantificación de los tiempos de colas y de atención en el sistema es posible reconocer si los tiempos de permanencia de los clientes en la tienda son excesivos o por el contrario el tiempo es el suficiente para mantener un alto nivel de servicio a un costo óptimo y así brinda una solución adecuada al problema de colas que se presenta en donde se realizó este estudio sin perder clientes y manteniendo bajos costos

Estado del arte

Una situación en la que los clientes esperan en fila para ser atendidos por una empresa se conoce como cola [2]. Una cola puede aplicarse como inventarios en el sector manufacturero o cualquier servicio que tenga que ver con interacciones con humanos [3]. Por lo que hacer cola es un fenómeno común en la vida diaria. Por ejemplo, las personas a menudo tienen que hacer cola para comprar productos en las tiendas o para ver a un médico en el hospital. En este momento, la cantidad de servicios requeridos supera la capacidad de las instituciones de servicio (mesas de servicio, meseros, etc.). Este fenómeno es común en sistemas de comunicación, en sus diferentes presentaciones. En este caso el canal de control de acceso es un mostrador de atención a los clientes y en un sentido más amplio, cada sistema tecnológico puede verse como un “servicio de atención” para los usuarios.

La teoría de colas es un método matemático para estudiar el fenómeno de la dispersión aleatoria de sistemas y el proceso de funcionamiento de los sistemas de servicio aleatorio. Es una rama de la investigación operativa. A través de la investigación estadística sobre el tiempo de llegada y servicio de los objetos de servicio, podemos obtener las leyes estadísticas de estos indicadores cuantitativos (tiempo de espera, longitud de la cola, periodo de ocupación, etc.) [4]. Y entonces la estructura del sistema de servicio de servicio se mejora o se reorganiza el objeto de acuerdo con estas leyes, de modo que el sistema de servicio no sólo puede satisfacer las necesidades de los objetos de servicio, sino también hacer que el coste de la organización sea el más económico o que algunos indicadores sean óptimos. Sus estudios incluyen las tres partes siguientes:

- Problema de comportamiento, es decir, estudiar la regularidad probabilística de varios sistemas de colas, principalmente para estudiar distribución de la longitud de las colas, la distribución del tiempo de espera y la distribución del periodo de ocupación, incluidos los estados transitorios y estables.
- El problema de optimización. Se divide en optimización estática y optimización dinámica. La primera se refiere al diseño óptimo, y la segunda al funcionamiento óptimo del sistema de colas.
- La inferencia estadística del sistema de colas. Se trata de juzgar qué tipo de sistema de colas se ajusta a los modelos de análisis e investigación basados en la teoría de cola.

La simulación de modelos de colas puede permitir un rápido desarrollo del sistema y a menudo es capaz de producir una representación más precisa de la situación y de las entradas implicadas [5]. El sistema de colas se refiere al proceso por el que un cliente entra en la cola, espera el servicio y sale del sistema tras recibirlo. Cabe señalar que los elementos del sistema de colas han sido clasificados de forma diferente por distintas fuentes. Sin embargo, los elementos básicos del sistema de colas están contemplados en la categorización de Bhat, a saber, el Proceso de Llegada, el Mecanismo de Servicio, la Capacidad del Sistema y las Disciplinas de Cola [6].

El proceso de llegada o de entrada es el primer elemento del sistema de colas. A la hora de diseñar la estructura de colas de cualquier sistema, es esencial tener en cuenta toda la información relacionada con el número de clientes que llegan a dicho sistema en distintos intervalos de tiempo, también conocida como tasa de llegada. Esta información se puede clasificar en tres categorías: origen, tiempo y número de clientes. La fuente decide si los clientes proceden de poblaciones finitas o infinitas. El tiempo define los intervalos conocidos o aleatorios entre el tráfico entrante. Los intervalos conocidos se clasifican como modelos deterministas y se describen como probabilidad o distribución de Poisson. Mientras que la última categoría, el número de clientes, determina si los clientes llegan individual o colectivamente como grupo [7].

Otro elemento del sistema de colas es el mecanismo o proceso de procesamiento. Incluye dos aspectos: la estructura del sistema de servicio y la velocidad del servicio. La disposición de los objetos de servicio se denomina estructura del sistema de servicio, que puede aplicar cualquiera de las siguientes cuatro estructuras del sistema de servicio. En primer lugar, una instalación de servicio único es un modelo donde los clientes son atendidos por un solo servidor. En segundo lugar, las Instalaciones Múltiples y Paralelas con Cola Única es un modelo que emplea varios servidores que proporciona el mismo tipo de servicio, pero utiliza una estructura paralela. En tercer lugar, las Instalaciones Múltiples Paralelas con Colas Múltiples, indican que hay más de un servidor, cada uno con su propia cola que realiza tareas del mismo tipo y que tiene varios flujos de clientes a pesar de tener una sola línea. La estructura de servicio es el Servicio Serial. En este sistema, el cliente ingresa a la primera estación de servicio, allí recibe parte del servicio, luego pasa a la segunda estación para recibir otra parte del servicio, y así sucesivamente. Una vez finalizado el servicio, el cliente se desconecta del sistema.

La velocidad de servicio se refiere a la rapidez con la que se presta el servicio al cliente cuando entra en el sistema de colas. Se puede expresar de dos maneras, es decir, la tasa de servicio y el tiempo de servicio. La tasa de servicio es el número de clientes atendidos en un periodo de tiempo determinado. El tiempo de servicio, por su parte, se refiere a la cantidad de tiempo necesaria para servir a un cliente. El tiempo de servicio y la tasa de servicio son recíprocos entre sí [8, 9, 10, 11].

El rendimiento del sistema se refiere a la cantidad máxima de clientes que pueden estar en cola en un momento dado. Dicha capacidad suele estar limitada porque el servicio se niega a los clientes cuando se alcanza la capacidad máxima. Dado que los aumentos de capacidad no siempre tienen sentido desde un punto de vista económico o espacial, la planificación eficaz es esencial para garantizar que los clientes reciban el servicio con el nivel de rendimiento deseado. Sin embargo, la predicción precisa del rendimiento no es posible sin amplios datos históricos de rendimiento y análisis de tendencias mediante regresión lineal [12]. La capacidad también puede ser infinita, lo que se supone en modelos donde no hay cola física, por ejemplo, en un centro de llamadas (Green, 2011).

La disciplina de la cola es un elemento del sistema de colas que se refiere al orden en el que los clientes son seleccionados de la cola para ser atendidos [13]. El sistema más utilizado es el del orden de llegada (FIFO), por el que los clientes son procesados por orden de llegada. El FIFO se considera el sistema que se realiza con el mayor nivel de equidad [14]. Sin embargo, un fallo en la evaluación del tiempo de servicio y la importancia de los consumidores suele provocar que los clientes de alta prioridad sean dejados de lado cuando se alcanza la capacidad. Por ello, el sistema de colas prioritarias (PQ) resuelve este problema clasificando a los clientes en función de su nivel de importancia.

Dependiendo de las experiencias del cliente en la cola, se pueden promover tres tipos de comportamiento en la cola. En primer lugar, el Balkin, el cual se produce cuando la cola es demasiado larga y el cliente no puede o no quiere incorporarse a la cola a su llegada. En segundo lugar, el renegado se refiere al comportamiento de los clientes que se impacientan y finalmente optan por abandonar la cola. Por último, la provisión de múltiples canales

puede fomentar el comportamiento Jockeying, que se produce cuando los clientes se mueven de una cola a otra en un intento de recibir un servicio más rápido [15]. Por lo tanto, el propósito de estudiar el Modelo del sistema de colas en la empresa en estudio es poder decidir entre las necesidades de tiempo de servicio de los usuarios y el tiempo adecuado del servicio para lograr el equilibrio adecuado, como: La escala del control de acceso, el número de clientes en servicio técnico, la cantidad de clientes por garantías y los que desean adquirir un dispositivo tecnológico etc. Mediante la presente investigación se pretende evaluar el desempeño de las líneas de espera en la empresa en estudio mediante el uso de metodologías, con el propósito de descubrir si se satisfacen los requerimientos del cliente, ya que se han generado quejas sobre el servicio brindado en las horas donde el local presenta mayor cantidad de usuarios. A pesar de que el local está diseñado para que funcionen tres servidores solo se habilitan dos. El proceso de atención se brinda de la siguiente manera: La persona ingresa al local, puede requerir el servicio de compra, servicio técnico o garantía, después de acordar con el servidor su propósito, este procede a llenar un formulario para realizar las respectivas facturas. En este caso no se tomó como un sistema en serie debido a que el estudio se realizó con fallas en el fluido eléctrico

Metodología

El tipo de proyecto realizado es de carácter cuantitativo según [16]. El contraste de teorías ya existentes a partir de una serie de hipótesis surgidas de la misma, siendo necesario obtener una muestra, ya sea en forma aleatoria o discriminada, pero representativa de una población o fenómeno objeto de estudio. En otras palabras, se busca verificar el fundamento de una hipótesis que en este caso sería la teoría de colas mediante un procedimiento metódico [17]. Permitiendo evaluar la veracidad entre el enunciado y los hechos, teniendo en cuenta que de aceptar la hipótesis tan solo significa que en un caso concreto las muestras analizadas no contradicen la hipótesis, no obstante, si se presenta una discrepancia entre los datos empíricos y la propuesta hipotética. Se da prioridad a los datos, se rechaza la hipótesis planteada y se procede a sugerir una nueva que cumpla con las características del sistema.

En vista de cómo la tecnología impacta en nuestras vidas, convirtiéndose en parte integral de esta debido a la cantidad de actividades que realizamos a través de ella, desde pagos bancarios hasta comunicarnos con personas que se encuentran a miles de distancia, por lo que es correcto afirmar que el mercado de las aplicaciones y accesorios sigue creciendo debido a la demanda de las personas por adquirir dispositivos compatibles con su teléfono inteligente y/o el sistema operativo del mismo. [18] Por lo que las empresas que se dedican a la distribución de este tipo de servicio presentan una alta demanda de clientes.

Colombia tiene 34,73 millones de internautas, lo que representa un aumento de 1,3 millones de nuevos usuarios, los cuales dedican aproximadamente 10 horas y 7 minutos al día a navegar por Internet desde cualquier dispositivo (smartphone, Tablet, portátil, videoconsola, TV, etc.), aunque el 94% de ellos accede a este servicio, principalmente desde smartphones. Convirtiéndolo en un mercado llamativo para el negocio de telefonía móvil.

Al ser un sector que cambia constantemente, el mercado se debe reinventar o innovar en igual medida, gracias a ello surgió una empresa de la ciudad de Barranquilla en respuesta a una necesidad de los clientes en adquirir un dispositivo tecnológico que cumpliera con las expectativas de diseño, cámara, procesador entre otras y además fuera accesible, por lo que hoy presenta más de 437.195.122 de ventas mensuales con más de 30 clientes diarios.

Población y muestra

La investigación se llevó a cabo en una empresa en el barrio la victoria. La población estuvo compuesta por la cantidad de clientes que ingresaban al local de 10:00Am a 7:00 Pm, sin embargo, se decidió dividir la zona horaria de manera sistemática para poder evaluar el comportamiento del sistema en cada una de ellas, de manera que se estableció un rango de hora con una diferencia de dos horas entre el, el Horario escogido se comenzó a ejecutar en las horas de 10:00 am- 12:00 Pm, durante las observaciones se tuvieron en cuenta las normas y procedimientos que regulan el desarrollo de las actividades en la tienda, que en este caso fue un sistema First In First Out (Primero en Entrar Primero en Salir). El horario observado, es en el que los clientes presentan mayor asistencia, los motivos se deben a que los usuarios consideran que es un rango de hora poco transitado, por lo que crea la necesidad de que los asesores realicen una rápida atención.

Materiales Y métodos

- Software Excel, reloj, cronometro, servidores, clientes.

Se realizan numerosas observaciones durante los dos intervalos de tiempo establecidos para analizar el comportamiento de un sistema de colas en la empresa en estudio un día concurrido de mayo, correspondiente a la celebración del día de la madre. Esta cuenta con dos servidores para la venta de tecnologías, servicios técnicos o garantías.

Con el fin de cumplir con los objetivos del proyecto, en primer lugar, se tomaron los datos del tiempo de entrada del cliente, el tiempo de atención y la hora de salida de este, de manera que pudiéramos establecer:

- La probabilidad de que exista una línea de espera.
- La probabilidad de que no se genere una línea de espera.
- La probabilidad de que un cliente permanezca en cola por más de 5 minutos.
- Medidas de rendimiento del sistema en estado estacionario

En segundo lugar, se identificó el sistema de servicio a modelar, especificando: la distribución de probabilidad del tiempo entre llegadas, distribución de probabilidad del tiempo de servicio, número de servidores, número máximo de usuarios simultáneos permitidos en el sistema de colas y reglas.

De manera que el sistema de servicio bajo prueba se modela como un sistema de colas de tipo: M/M/C, porque:

- El proceso de llegada es un proceso de Márkov exponencial de Poisson, por lo tanto, M, es decir, el primer receptor sigue la distribución de Poisson y el intervalo de tiempo entre ellos se distribuye exponencialmente. En este caso las llegadas al sistema son aleatorias y el tamaño de la fuente de entrada es infinito.
- La segunda M significa proceso de servicio y describe la distribución del tiempo de servicio y, por lo tanto, las salidas del sistema. Esta distribución no depende de la distribución temporal entre llegadas sucesivas, sino que es del mismo tipo
- C es el número de servidores o canales de servicio e indica que puede haber más de un servidor o canal de servicio.

Teniendo en cuenta estos elementos, se definieron los siguientes parámetros:

- λ tasa de llegadas, parámetro de *Poisson*, o número medio de llegadas por unidad de tiempo.
- μ tasa de servicio, o número medio de clientes servidos por unidad de tiempo.
- C cantidad de servidores o canales de servicio.

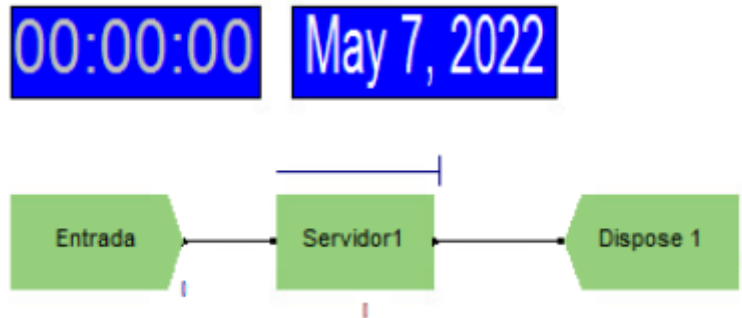
Lo anterior se realizó para el intervalo de tiempo en el que se realizó la observación del comportamiento del sistema, con el propósito de brindarle a la empresa una propuesta de mejora en sus medidas de desempeño, aumentando el nivel de servicio y a su vez impactando en la satisfacción del cliente y el personal administrativo. Los datos obtenidos fueron registrados en una tabla de Excel, a lo que posteriormente se analizaron mediante el software arena para corroborar la distribución de los datos. Luego de ello se procedió a calcular las medidas de desempeño.

Consideraciones éticas

Para el desarrollo del proyecto se pidió el consentimiento del director administrativo de la empresa, mediante las solicitudes pertinentes, en las cuales se especifica el tema a desarrollar para con ellos, mediante el análisis y medición los procesos que fueron objetos de estudio de manera que se puedan identificar los diferentes fallos presentados en el sistema, al mismo tiempo que se generen propuestas que ayuden a resolver la situación de este.

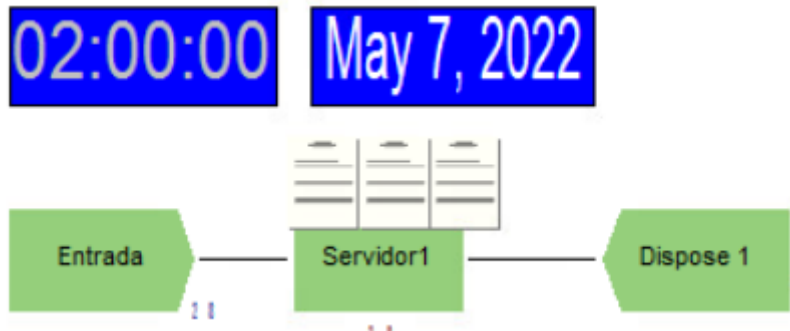
Desarrollo

En la ciudad de Barranquilla, Colombia, se encuentra la compañía Comercializadora de Smartphone donde se realizó este estudio, la cual cuenta con un sistema de cola de tres servidores para atender a sus clientes. La llegada de los clientes se presenta de forma exponencial cada 5 minutos con un flujo infinito. En el sistema, se presenta un tiempo de espera de tres minutos por persona en la cola antes de ser atendido por uno de los tres servidores disponibles. Una vez el cliente es atendido, el servicio tiene una duración de nueve minutos antes de que este salga del sistema. Se realizó un estudio de la muestra de clientes que llegaron a la compañía entre las 10 a.m. y las 12 p.m., en el cual se analizaron diversos parámetros del sistema de cola, como el tiempo medio de espera en la cola, el tiempo medio de servicio, la tasa de utilización de los servidores y la tasa de abandono del sistema. Este estudio permitió identificar posibles áreas de mejora en el sistema y tomar decisiones para optimizar la eficiencia y calidad del servicio ofrecido por la Comercializadora de Smartphone.



Resultados

Resultados de la simulación



Recolección de datos

Se observó un aforo del ingreso de los clientes al local en estudio durante el día sábado 07 de mayo del 2022, entre las 10:00 Am y 12:00 Pm, presentándose a continuación los siguientes datos recopilados:

Tabla1. Sistema de atención de 10:00Am -12:00 Pm

Fecha	Usuario N°	Hora de entrada al sistema	Tiempo entre llegadas	Tiempo de espera	Hora de inicio de atención	Tiempo de servicio	Hora de salida del sistema
05/07/2022	1	10:17:00	0	0:01:00	10:18:00	0:10:00	10:28:00
05/07/2022	2	10:17:00	0:00:00	0:03:00	10:20:00	0:02:00	10:22:00
05/07/2022	3	10:20:00	0:03:00	0:02:00	10:22:00	0:05:00	10:27:00
05/07/2022	4	10:25:00	0:05:00	0:03:00	10:28:00	0:22:00	10:50:00
05/07/2022	5	10:50:00	0:25:00	0:01:00	10:51:00	0:04:00	10:55:00
05/07/2022	6	11:05:00	0:15:00	0:02:00	11:07:00	0:02:00	11:09:00
05/07/2022	7	11:17:00	0:12:00	0:01:00	11:18:00	0:38:00	11:56:00
05/07/2022	8	11:29:00	0:12:00	0:01:00	11:30:00	0:06:00	11:36:00
05/07/2022	9	11:35:00	0:06:00	0:00:00	11:35:00	0:09:00	11:44:00
05/07/2022	10	11:45:00	0:10:00	0:04:00	11:49:00	0:06:00	11:55:00
05/07/2022	11	11:47:00	0:02:00	0:08:00	11:55:00	0:02:00	11:57:00

Análisis de los datos

Con los datos Obtenidos en la tabla 1. Se procedió a calcular la tasa de llegada y de servicio, teniendo en cuenta que dichos datos se tomaron como si siguieran una distribución exponencial por lo que se obtuvo lo siguiente:

La tasa de flujo promedio (λ) y la capacidad promedio del servidor (μ):

Pasaron 11 clientes por el servicio en 120 minutos, luego la tasa de flujo promedio es $\lambda=0,092$ [clientes/minuto]=5,5[clientes/hora].

El tiempo de servicio promedio es 9[**min**] (corresponde al promedio de los valores de la columna tiempo de servicio), luego la capacidad promedio es $\mu=1$ [clientes]/9[**min**]=0,11[clientes/**min**]=6,66[clientes/hora].

$$\begin{aligned}\lambda &= 6 \text{ clientes/hora} \\ \mu &= 7 \text{ clientes/hora} \\ \lambda &< \mu, \text{ el sistema es estable y la cola no se llenará.}\end{aligned}$$

$$\rho = \frac{\lambda}{S \cdot \mu} = \frac{6 \text{ clientes/hora}}{2 * 7 \text{ clientes/hora}} = 0,43 < 1 \text{ (condicion de estabilidad del sistema).}$$

Inicialmente calculamos el porcentaje que no se encuentren clientes en el sistema con dos servidores, el cual corresponde a:

$$P_0 = \frac{1}{\sum_{n=0}^{k-1} \frac{(\frac{\lambda}{\mu})^n}{n!} + \frac{(\frac{\lambda}{\mu})^c}{c!} (\frac{c\mu}{c\mu - \lambda})}$$

$$P_0 = \frac{1}{\frac{(\frac{6}{7})^0}{0!} + \frac{(\frac{6}{7})^1}{1!} + \frac{(\frac{6}{7})^2}{2!} (\frac{2 * 7}{2 * 7 - 6})} = 0,4$$

Número de clientes esperando en la cola

$$L_q = \frac{(\frac{\lambda}{\mu})^c \rho}{c!(1-\rho)^2} P_0$$

$$L_q = \frac{(\frac{6}{7})^2 * 0,43}{2! (1 - 0,43)^2} * 0,4 = 0,19$$

Número de clientes en el sistema

$$L = L_q + \frac{\lambda}{\mu}$$

$$L = 0,19 * \frac{6}{7} = 1,05$$

Tiempo promedio de los Clientes en la cola

$$W_q = \frac{L_q}{\lambda}$$

$$W_q = \frac{0,19}{6} = 0,03$$

Tiempo promedio de los Clientes en el sistema

$$W_s = W_q + \frac{1}{\mu}$$

$$W_s = 0,03 + \frac{1}{7} = 0,18$$

Para resumir lo anterior se presenta la siguiente tabla con los valores correspondientes a cada medida calculada.

Tabla2. Cálculos obtenidos mediante el sistema de colas evaluado

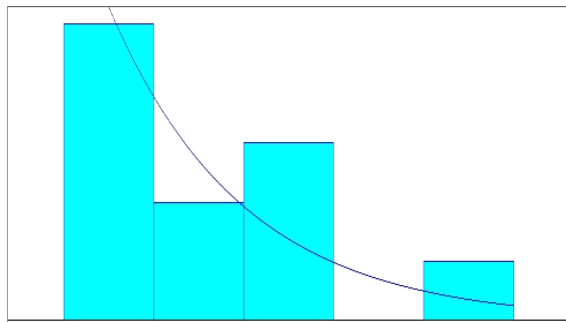
ENTRADA DE DATOS			
$\lambda =$	6	$\mu =$	7
$S =$	2	$\rho =$	0.43
SALIDA DE RESULTADOS			
$Po =$	0.4		
$Ls =$	1.05	$Lq =$	0.19
$Ws =$	0.18	$Wq =$	0.03

Los resultados de la investigación una simulación que es un proceso de llevar el modelo que obtuvimos gracias a la aplicación de nuestro y métodos estadísticos. Obteniendo un numero promedio de personas en el sistema de 1 cliente, con un tiempo promedio de 0.18h (10,5 min) que el cliente permanece en el sistema, un numero promedio de personas en espera en el sistema de 0.19 clientes hora, y un tiempo promedio de espera en el sistema de alrededor de 0.03 horas (1,93min). En vista de que el promedio que el cliente permanece en el sistema es elevado, se evidencia la queja de los clientes respecto a la atención que reciben las personas que van a la tienda servicio técnico y garantía es mayor. Por lo que se le propone a la empresa que el servidor más ágil se encargue de servicio técnico y garantía, y el otro solo a las compras. Obteniendo lo siguiente: Se totalizo la cantidad de clientes que ingresaron mediante el rango de hora, donde se dividieron a los servidores teniendo en cuenta su tiempo de atención. Estos datos se presentan a continuación:

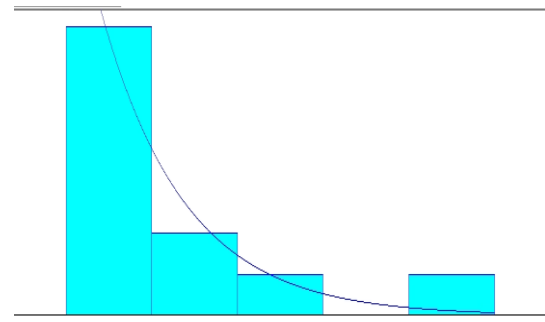
Tabla 3. Tiempo entre llegadas y servicio

Clientes	Tiempo entre llegadas (m)	Tiempo servicio (m)
1	0	0.416667
2	0	0.083333
3	0.125	0.208333
4	0.208333	0.916667
5	1.041667	0.166667
6	0.625	0.083333
7	0.5	1.583333
8	0.5	0.25
9	0.25	0.375
10	0.416667	0.25
11	0.083333	0.083333

Dichos datos se evaluaron mediante el software arena con el fin de conocer la distribución de los mismos. de donde se obtuvo que la tasa media de llegada por unidad de tiempo (λ) para el día de mayor demanda fue de $0.34091/m$ es decir que un cliente llega cada 128 segundos Mientras que la tasa de servicio fue de (μ) $0.4015/m$, entendiéndose como el promedio en que se atiende un cliente es de 120 segundos. Dichos tiempos se ajustan a una distribución exponencial.

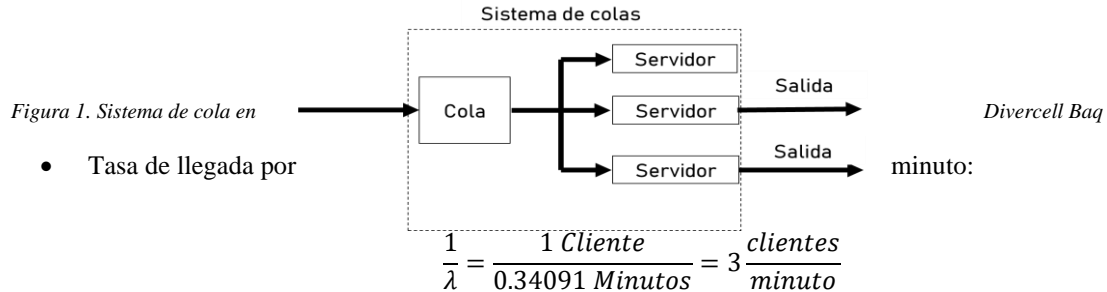


Grafica 1. Tasa entre llegadas en Minutos



Grafica 2. Tasa de servicio en Minutos

Para el análisis del sistema se utilizarán las fórmulas del modelo M/M/C de teoría de colas, ya que no se presentan límites de cantidad en el sistema y dichos servidores trabajan de manera independiente. Una ejemplificación grafica del sistema, es el siguiente:



- Tasa de llegada por

- Tasa de servicio por minuto:

$$\frac{1}{\mu} = \frac{1 \text{ Cliente}}{0.4015 \text{ Minutos}} = 2 \frac{\text{clientes}}{\text{minuto}}$$

Con los datos anteriores se procede a calcular las medidas de desempeño del sistema en cuestión.

Medidas de desempeño

- Condición de estado:

$$\rho = \frac{\lambda}{\mu} = \frac{3}{2} = 1.5$$

- Factor de uso:

$$\frac{\rho}{c} = \frac{1.5}{2} = 0.75$$

Por lo que el sistema se puede operar ya que cumple con la condición de $\frac{\rho}{c} < 1$

- Probabilidades de Inactividad:

$$\sum_{n=0}^{c-1} \frac{p^n}{n!} + \frac{p^c}{c!} \left(\frac{1}{1 - \frac{p}{c}} \right) = 0.083$$

$$P_0 = 0.083$$

- Cantidad esperada de clientes en la fila

$$L_q = \frac{\rho^{c+1}}{(c-1)! (C-\rho)^2} P_0$$

$$L_q = \frac{1.5^{2+1}}{(2-1)! (2-1.5)^2} (0.083) = 1.13 \text{ clientes}$$

- Cantidad esperada de clientes en el sistema

$$L_s = L_q + \rho = 1.13 + 1.5 = 2.63 \text{ clientes}$$

- Tiempo estimado de espera en la fila

$$W_q = \frac{L_q}{\lambda} = \frac{1.1377}{3} = 0.3792 \text{ minutos}$$

- Tiempo estimado de espera en el sistema

$$W_s = \frac{L_s}{\lambda} = \frac{2.6377}{3} = 0.8792 \text{ minutos}$$

- Probabilidad de que por lo menos 20 clientes sean atendidos

$$P_{n \geq 20} \Sigma \frac{\rho^n}{c^{n-c} c_1} = \frac{1.5^{20}}{2^{20-2} 2_1} = 0.006345$$

Según los datos obtenidos como promedio habrá en la línea de espera un cliente en la fila permanecerán en ella poco menos de un segundo. En el caso del sistema, como promedio en cada minuto habrá aproximadamente 2 clientes, permaneciendo en el mismo poco más de un segundo.

Teniendo en cuenta los resultados obtenidos anteriormente, y en función de la toma de decisiones a corto y mediano plazo, se sugirió a la empresa en estudio que habilite a un mostrador para la atención de servicio técnico y garantías, permitiendo agilizar los procesos de compra de los otros clientes en cola y, además, de darle al cliente la seguridad de que sus solicitudes son escuchadas y atendidas con prontitud. Y en dado caso no se presente solicitudes de servicio técnico o garantías en el día, el servidor pueda ser partícipe de los procesos de compra también.

Conclusiones

El estudio bibliográfico de la teoría de colas nos permitió identificar y conocer cada una de ellas elementos de cola y aplicaciones implementadas tanto a nivel teórico como práctico y nos sirvieron como base para el desarrollo de la metodología en la investigación. La cola es un sistema donde no puede controlar factores importantes relacionados con estos, como el horario y la cantidad clientes que necesitan un servicio. Este estudio está abierto a aquellos interesados, deberían investigar una mejor manera de controlar factores de intervención y, por lo tanto, ayudan a cuantificar obtener resultados más precisos. Finalmente, podemos concluir atreves La distribución exponencial analizada por el modelo matemático visto y aplicando el M/M/C de las teorías de las colas que el sistema usado de la empresa en estudio presenta un estado estable y que los tiempos de servicio que ofrecen son adecuados debido a que tienen la capacidad de cubrir la demanda de los clientes. Otro aspecto a tener en cuenta es la capacitación de los empleados, empresa debe asegurar que todos sus servidores cuenten con las mismas habilidades para brindar un servicio preventiva, venta y postventa

Referencias

- [1] Atila-lovas y Miklos-Rasonyi, «Ergodic theorems for queuing systems with dependent inter-arrival times,» *Operations Research Letters*, vol. 49, n° 5, pp. 682-687, 2021.
- [2] Attahiru-Sule-Alfa, *Queueing Theory for Telecommunications Discrete Time Modelling of a Single Node System*, Springer ISBN: 978-1-4419-7313-9, 2010.
- [3] S. Afolalu, K. Babaremu, S. Ongbali, A. Abioye, a. Abdulkareem y S. Adejuyibe, «Overview Impact Of Application Of Queuing Theory Model On Productivity Performance In A Banking Sector,» *Journal of Physics: Conference Series*, vol. 1378, n° 3, 2019.
- [4] N. Thomopoulos, *Fundamentals of Queuing Systems*, Springer, 2012.
- [5] M.-A. Cariño-Bouzada, «Dimensioning a Call Center: Simulation or Queue Theory?,» *Journal of Operations and Supply Chain Management*, vol. 2, n° 2, 2009.
- [6] H. Mehri, D. Taoufik y H. Kammoun, «Solving of Waiting Lines Models in The Airport Using Queuing Theory Model and Linear Programming The Practice Case,» 2008.
- [7] www.businessjargons.com, «Bussiness Jargons,» [En línea]. Available: <https://businessjargons.com/arrival-process.html>. [Último acceso: 2022].
- [8] www.businessjargons.com, «Bussiness Jargons,» [En línea]. Available: <https://businessjargons.com/service-system.html>. [Último acceso: 2023].
- [9] A. Candama-Sandoval, S. Mulford-Cerpa, B. Mendoza-Carrillo, C. Gómez-Ramírez y A. Troncoso-Palacio, «Propuesta para mejorar el tiempo de permanencia de maquinaria pesada en talleres de mantenimiento,» *Boletín de Innovación, Logística y Operaciones*, vol. 2, n° 1, pp. 66-72, 2020.
- [10] V. De-La-Hoz-Montes, S. Chacon-Moscote, M. Caro-Melgarejo, I. Stevenson-Quiroz, Y. Peralta-Jiménez,

- A. Munoz-Camargo y A. Huyke-Taboada, «Aplicación de Técnicas y Examen Sistemático de Métodos de los Servicios y Operaciones Realizadas por una Microempresa de Transporte Nacional e Internacional,» *Boletín De Innovación, Logística Y Operaciones*, vol. 4, n° 1, 2022.
- [11] S. Morales-Mejía, A. Goethe-Flores, A. Niebles-Soto, J. Villareal-Escorcia, C. Navarro-García, J. Coba-Gamero y A. Huyke-Taboada, «Mejoramiento del proceso de producción de chicharrón de cerdo en una empresa de alimentos de la ciudad de Barranquilla,» *Boletín De Innovación, Logística Y Operaciones*, vol. 4, n° 1, 2022.
- [12] www.fortra.com, «FORTRA,» [En línea]. Available: <https://www.fortra.com/blog/why-you-need-queuing-theory-models-capacity-planning>. [Último acceso: 2023].
- [13] www.oreilly.com, «O.REILLY,» [En línea]. Available: <https://www.oreilly.com/library/view/quantitative-techniques-theory/9789332512085/xhtml/ch9sec9.xhtml>. [Último acceso: 2023].
- [14] W. Rogiest, K. Laevens, J. Walraevens y H. Bruneel, «When Random-Order-of-Service outperforms First-Come-First-Served,» *Operations Research Letters*, vol. 43, n° 5, pp. 504-506, 2015.
- [15] K. Sankaranarayanan, «Study on behavioral patterns in queuing : Agent based modeling and experimental approach,» Thèse de doctorat: Università della Svizzera italiana, 2011.
- [16] P. Martínez-Carazo, «El método de estudio de caso Estrategia metodológica de la investigación científica,» *Revista Pensamiento y Gestión*, n° 20, 2006.
- [17] F. Sarabia-Sánchez, *Metodología para la investigación en marketing y dirección de empresas*, Ediciones Pirámide, 1999.
- [18] Deloitte.com, «Estudio de Consumo Móvil Colombia 2020,» 2020.