DOI: https://doi.org/10.26911/issn.2602-8077vol3iss1.2019pp15-22p.

Aplicación de un modelo híbrido de Teoría de Colas y Algoritmo Evolutivo para medir la optimización en el servicio de atención al cliente en un local de comida rápida

Application of a hybrid model of Theory of Tails and Evolutionary Algorithm to measure the optimization in the service of attention to the client in a place of fast food

Ricardo Cárdenas Estrada[1], Michael Pérez Pin[2], Anthony Tejada Solórzano[3], y Lorenzo Cevallos-Torres[4]

RESUMEN

En este estudio se propone la mejora de un sistema de inventarios, con el objetivo de reducir el costo y maximizar las ventas en la farmacia "La Voluntad de Dios", debido a que existe manejo empírico del inventario por parte de los bodegueros, a consecuencia de esto, no se logra satisfacer correctamente a los clientes y en ocasiones se generan pérdidas por falta de espacio en la bodega o expiración de productos. Por este motivo se decidió optimizar la gestión inventario aplicando el algoritmo de búsqueda tabú obteniendo una función objetivo basada en distribuciones de probabilidad normal de 3 productos, para esto se toma muestra del histórico de inventario del año 2017 al 2019, se realizó una proyección de ventas para el año 2020; el dando como resultado un 14% más de ganancia con respecto al año 2019 y un sistema de inventario que proyecta el uso aproximado del 95% de los productos en stock, obteniendo valores óptimos para satisfacer la alta demanda y mantener control del inventario.

Palabras clave: Distribución Normal, VBA, Simulación, Inventario, Búsqueda Tabú.

ABSTRACT

In this paper, the analysis of the queue study is presented in order to optimize the customer service, because people wait too long to receive the service, which is likely to make the client impatient and choose to go to competition generating economic losses and bad reputation of the establishment. For the study, the problem of the “Burger Ranch” premises was taken into account in order to develop a model whose implementation includes the Evolutionary Algorithm in which it is based on the methodology of data collection in a time range of 11 a.m. at 13 p.m. to perform the respective processing and analysis of these; and in turn the simulation is developed in Excel, to estimate the use of the service, according to the amount of customers that it receives daily. For the simulation, the information collected was taken into account based on the attention that was made within the service during the days of the working week, imitating the behavior observed in real life together with the hand of Artificial Intelligence, giving As a result, it is necessary to acquire two new servers to optimize 33.84% in the service system.

Keywords: Normal Distribution, VBA, Simulation, Inventory, Taboo Search.

Fecha de recepción: Mayo 20, 2019.
Fecha de aceptación: Septiembre 5, 2019.

Introducción

La Teoría de colas o líneas de espera se presenta, cuando los clientes llegan a un lugar demandando un servicio, pero este se encuentra ocupado en el cual se decide esperar por recibir el servicio. De manera que si la espera se prolonga demasiado los clientes podrían optar por retirarse, lo que reflejaría perdidas para la empresa. Este modelo busca determinar cómo funciona la cola analizando los diferentes escenarios para diseñar estrategias que permitan alcanzar la capacidad idónea para prestar un buen servicio.

Para este estudio se tomó como referencia el servicio de comida rápida “Burger Ranch” en el que la problemática radica que en ciertas horas del día la afluencia de clientes sobre pasan la

[1] Estudiante de Ingeniería en Sistemas Computacionales. Universidad de Guayaquil, Ecuador. E-mail: ricardo.cardenase@ug.edu.ec
[2] Estudiante de Ingeniería en Sistemas Computacionales. Universidad de Guayaquil, Ecuador. E-mail: michael.perezpi@ug.edu.ec
[3] Estudiante de Ingeniería en Sistemas Computacionales. Universidad de Guayaquil, Ecuador. E-mail: anthony.tejadas@ug.edu.ec
[4] Ing. en Estadística Informática, MSc. en Modelado Computacional en Ingeniería. Universidad de Guayaquil, Ecuador. E-mail: lorenzo.cevallost@ug.edu.ec

Como citar: Cárdenas Estrada, R., Perez Pin, M., Tejada Solórzano, A., & Cevallos-Torres, L. (2019). Aplicacion de un modelo híbrido de teoria de colas y algoritmo evolutivo para medir la optimizacion en el servicio de atencion al cliente en un local de comidas rápidas. Ecuadorian Science, 3(1), 15-22.
DOI: https://doi.org/10.26911/issn.2602-8077vol3iss1.2019pp15-22p.

capacidad de atención generando impaciencia al cliente optando por retirarse o buscar a la competencia.

Según López y Triay en [1] su trabajo se basa en analizar el número de personas que llegan a la farmacia H.P. de tal manera que se genera una línea de espera, para solucionar este problema se procedió a la recolección de datos reales a 100 personas, la cual se hizo toma del tiempo de entrada y salida del sistema. La solución que brindó el autor es de forma empírica, es decir que no se basa en un modelo matemático ni un algoritmo metaheurístico para brindar una solución óptima, como lo generaría el algoritmo evolutivo.

Como lo expresa Riaño y Pérez en [2] su trabajo soluciona el tiempo de espera en las cafeterías universitarias, ya que al aplicar una función discreta para representar la recolección de datos reales a más de 100 personas con lo cual simuló 3000 datos con la finalidad de reducir el tiempo de espera en la cola, por otra parte si se implementa en los resultados establecidos por dicho autor se optimizaría el tiempo de atención dado que el algoritmo evolutivo optimiza resultados con el mismo por su reproducción asexual.

Petrev manifiesta en [3] que en los escenarios de brindar los servicios al paciente en un hospital tienen mucha demanda por lo cual generan líneas de esperar, por lo tanto solucionó el problema mediante el algoritmo genético el cual se basa en una reproducción sexual, considerando dos variables X y Y para buscar el más óptimo, no obstante dicho algoritmo compara dos variables y no es especifico, el algoritmo propuesto por nosotros tiene una reproducción asexual dado que una variable X buscan ser el más óptimo entre el mismo brindando una optimización más específica.

Según María Chávez en [4] un escenario común en donde el colapso de la línea de espera es el proceso de inscripción de los alumnos del tecnológico Aguas Calientes, por lo cual dio como solución el uso del lenguaje de programación llamado GPSS, con el cual se obtiene una función discreta que permite simular y optimizar el tiempo de espera, sin embargo, el uso de la función discreta en un lenguaje de programación no garantiza la optimización como lo haría el algoritmo metaheurístico evolutivo.

Como lo indica Nicho Barrera en [5] el escenario de los comedores de las empresas financieras presentan un colapso en su servicio de despacho de comida, el autor brinda una solución mediante una herramienta tecnológica llama SIMIO, en la cual se basa en el uso de la metodología de combinación de mesas desarrollado por Thompson para optimizar el tiempo y la capacidad de espera, no obstante el uso de esa metodología es muy básica y es necesario el uso de un algoritmo que nos garantice una optimización especifica mediante su metodología.

Según los autores Correa, Rodríguez y castillo en [6] [7] [8] se enfoca en solucionar el colapso de tiempo de espera en las agencias financieras que prestan el servicio de atención al cliente, [6] [7] proponen una solución empírica para la optimización y [8] complementa sus trabajados empleando lógica difusa para identificar puntos críticos que ayudan a optimizar el tiempo de espera, por lo tanto, carecen del uso de una metodología basados en algoritmos metaheurísticos haciendo más fiables los resultados.

Materiales y métodos

La simulación de sistemas es la representación analítica apoyada en herramientas matemáticas y computacionales que permite evaluar el impacto que producen cambios en las distintas variables, así mismo la elección de recursos óptimos para el proceso analizando [9]. Las colas o líneas de espera son parte de la vida diaria. En esta sección se detallan los puntos a trata, En el apartado 2.1 comenzamos con la definición de Distribución Poisson, Exponencial y Montecarlo sobre las cuales se trabajará; en el 2.2 trataremos sobre la teoría de cola: definición y parámetros a usar en este tema; en el punto 2.3 abordamos el tema del modelo matemático de teoría de colas y para finaliza el algoritmo aplicado que es el Evolutivo.

Distribución de Probabilidad

Distribución de Poisson

La distribución de Poisson es una distribución de probabilidad discreta que expresa, a partir de una frecuencia de ocurrencia media, la probabilidad de que ocurra un determinado número de eventos durante cierto período de tiempo [9]. Esta distribución es muy frecuente en los problemas relacionados sobre la gestión de colas. Suele describir, por ejemplo, la llegada a la compra de boletos de un cine, las compras hechas en un supermercado, ingresar algún centro de diversión como estadio etc. Todos estos casos pueden ser descritos por una variable aleatoria discreta que tiene valores no-negativos enteros. La distribución de Poisson se obtiene como límite de la binomial cuando el número de veces que se realiza un experimento, n, tiene a infinito, la probabilidad de éxito, p, tiende a cero y el número medio de éxitos, np, se estabiliza alrededor de un número, λ, que será la media y el valor que caracteriza a la distribución [10]. Calculando dicho limite se obtiene

$$P(X=x)=\frac{e^{-\lambda}\,\lambda^{x}}{x!} \quad (1)$$

Una vez definida la fórmula matemática para Poisson, utilizaremos el lenguaje de programación, Python, para realizar la simulación de la gráfica que posee dicha distribución.

```
import scipy.stats as ss
import numpy as np
import matplotlib.pyplot as plt

mu = 3.6 # parametro de forma
poisson = ss.poisson(mu) # Distribución
x = np.arange(poisson.ppf(0.01),
              poisson.ppf(0.99))
fmp = poisson.pmf(x) # Función de Masa de Probabilidad
 plt.plot(x, fmp, '--')
 plt.vlines(x, 0, fmp, colors='b', lw=5, alpha=0.5)
 plt.title('Distribución Poisson')
 plt.ylabel('probabilidad')
 plt.xlabel('valores')
 plt.show()
```

Figura 1. Bloque de Código para graficar

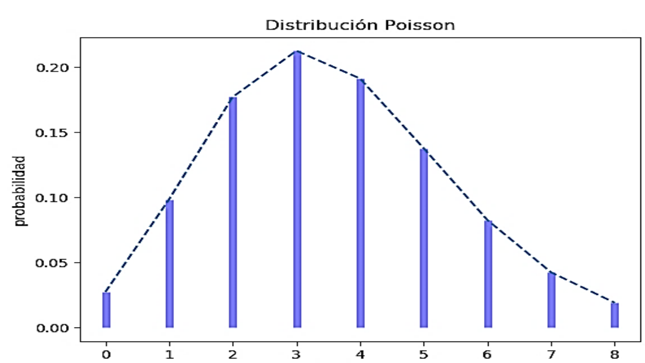

Figura 2. Gráfica de la Distribución de Poisson.

Distribución Exponencial

La distribución exponencial, es una distribución de probabilidad que trata de determinar el tiempo que transcurre entre dos o más eventos consecutivos en un tiempo determinado [11] [12]. Esta distribución se usa mucho para describir el tiempo entre eventos, específicamente, la variable aleatoria que representa el tiempo necesario para servir a la llegada. Se dice que una variable aleatoria continua X tiene una distribución exponencial con parámetros $\beta>0$, donde β es un valor numérico, entonces su función de densidad está dada de la siguiente manera:

$$f(x)=\begin{cases}\frac{1}{\beta}\ e^{-x/\beta} & ;x\geq 0\\ 0 & ;\ \text{si no}\end{cases} \quad (2)$$

Una vez definida la fórmula matemática para la Distribución. Exponencial, utilizaremos el lenguaje de programación, Python, para realizar la simulación de la gráfica que posee dicha distribución.

```
import scipy.stats as ss
import numpy as np
import matplotlib.pyplot as plt

exponencial = ss.expon()
x = np.linspace(exponencial.ppf(0.01),
                exponencial.ppf(0.99), 100)
fp = exponencial.pdf(x) # Función de Probabilidad
 plt.plot(x, fp)
 plt.title('Distribución Exponencial')
 plt.ylabel('probabilidad')
 plt.xlabel('valores')
 plt.show()
```

Figura 3. Bloque de Código para graficar la distribución Exponencial

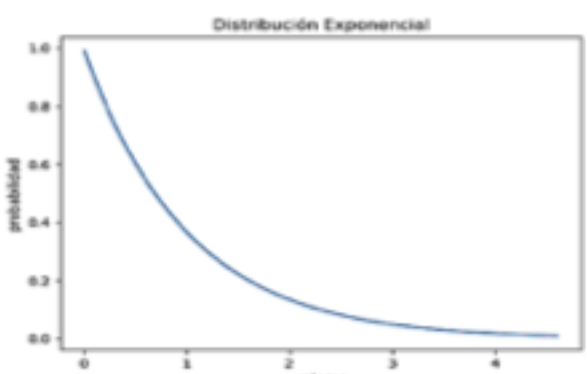

Figura 4. Gráfica de la Distribución Exponencial.

Simulación de Montecarlo

La simulación Monte Carlo realiza el análisis de riesgo con la creación de modelos de posibles resultados mediante la sustitución de un rango de valores —una distribución de probabilidad— para cualquier factor con incertidumbre inherente. Luego, calcula los resultados una y otra vez, cada vez usando un grupo diferente de valores aleatorios de las funciones de probabilidad [13]. Dependiendo del número de incertidumbres y de los rangos especificados, para completar una simulación Monte Carlo puede ser necesario realizar miles o decenas de miles de recálculos. La simulación Monte Carlo produce distribuciones de valores de los resultados posibles.

El análisis de riesgo se puede realizar cualitativa y cuantitativamente. El análisis de riesgo cualitativo generalmente incluye la evaluación instintiva o "por corazonada" de una situación, y se caracteriza por afirmaciones como "Eso parece muy arriesgado" o "Probablemente obtendremos buenos resultados". El análisis de riesgo cuantitativo trata de asignar valores numéricos a los riesgos, utilizando datos empíricos o cuantificando evaluaciones cualitativas. Vamos a concentrarnos en el análisis de riesgo cuantitativo.

```
func = stats.norm(0.4, 2)
samples = metropolis(func=func)
x = np.linspace(-6, 10, 100)
y = func.pdf(x)
plt.figure(figsize=(8,8))
plt.xlim(-6, 6)
plt.plot(x, y, 'r-', lw=3, label='Distribución verdadera')
plt.hist(samples, bins=30, normed=True, label='Distribución
plt.xlabel('$x$', fontsize=14)
plt.ylabel('$pdf(x)$', fontsize=14)
plt.legend(fontsize=14)
plt.show()
```

Figura 5. Bloque de Código para graficar la Simulación de Montecarlo.

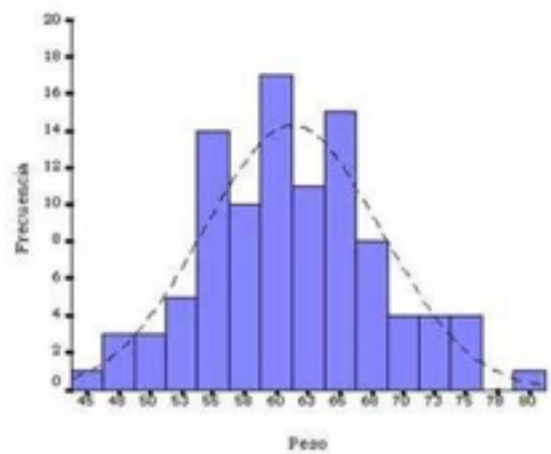

Figura 6. Gráfica de la Simulación Montecarlo.

Teoría de Colas o Líneas de Espera

Las colas son modelos de sistemas reales que pueden representar a clientes, maquinaria, sistemas logísticos, o flujos de trabajo donde se espera que estas reciban un servicio y cambien del mismo una vez se ha recibido [14] [15]. Las fórmulas de cada modelo indican cual debe ser el desempeño del sistema correspondiente y señalan la cantidad promedio de espera que ocurrirá en diversas circunstancias [9].

Dentro de las matemáticas, la teoría de colas se engloba en la investigación de operaciones y es un complemento muy importante a la teoría de sistemas y la teoría de control. Se trata así de una teoría que encuentra aplicación en una amplia variedad de situaciones como negocios, comercio, industria, ingenierías, transporte y logística o telecomunicaciones.

El estudio aporta estrategias para manejar líneas de esperas. Se conoce como línea de espera a una hilera formada por uno o varios clientes que aguardan para recibir un servicio, los cuales pueden ser personas, objetos o máquinas que requieren mantenimiento, contenedores con mercaderías en espera de ser embarcados o elementos de inventario a punto de ser utilizados [16].

Variables de Entrada

1. Total de clientes que llegan al servidor.
2. Promedio de llegada de los clientes al servidor.
3. Tiempo de espera en la cola de los clientes.
4. Cantidad de servidores que operan.

Variables de Salida

1. Tiempo promedio que el cliente es atendido por el servidor
2. Tiempo de servicio del cliente al recibir su comida

Definición de parámetros dentro de la Teoría de Colas

La teoría de colas es el estudio matemático de las colas o líneas de espera dentro de un sistema. Esta teoría estudia factores como el tiempo de espera medio en las colas o la capacidad de trabajo del sistema sin que llegue a colapsarse. Dentro de la misma, se engloba una serie de parámetros que usamos para obtener los valores de cómo se comporta el sistema, de acuerdo con la cantidad de clientes y de servidores [17].

Tabla 1. Parámetros de Cola.

Parámetros de Teoría de Cola
λ = Lambda. Tasa Promedio de Llegada (Distribución de Poisson).
μ = Mu o Miu. Tasa Promedio de Servicio (Distribución Exponencial).
Lq = Número Esperado de Clientes en la Cola. (Pertenece al cliente)
Ls = Número Esperado de Clientes en el Sistema. (Pertenece a todo el sistema)
Wq = Tiempo de Espera Promedio en la Cola para cada Cliente. (Pertenece al cliente)
Ws = Tiempo de Espera en el Sistema para cada Cliente. (Pertenece a todo el sistema)
S = Número de Servidores Hábiles, en paralelo en el Sistema de Colas.
N = Número de Clientes en el Sistema.
ρ= Rho. Factor de Utilización del Sistema. Representa la proporción de los recursos del sistema que son utilizados por los clientes, es decir, la Estabilidad de la Cola,
Pn = Probabilidad de que hayan exactamente n clientes en el Sistema.
λn = Tasa de Llegada de los clientes, cuando hay n clientes en el Sistema.
Mn = Tasa de Servicio de los clientes cuando hay n clientes en el Sistema.

Notación de Kendall

David Kendall introdujo una notación que permite describir las colas y mostrar las características de estas, más que nada clasificar los diferentes tipos de colas. La notación de Kendall sirve para caracterizar un sistema de líneas de espera en el cual todas las llegadas esperan en una sola cola hasta que está libre uno de los s servidores paralelos idénticos. Luego el primer cliente en la cola entra al servicio, y así sucesivamente [18].

Tabla 2. Notación de Kendall para el Tipo de Sistema.

Notación Kendall: Se utiliza para describir un sistema de cola.		
Representación	**Un servidor**	**Varios servidores**
A:Distr. Probabilidad Tasa de Llegada	Poisson	Poisson
B: Distr. Probabilidad Tasa de servicio	Exponencial	Exponencial
C: Numero de servidores activos	Servidor	Servidores
D:Tipo de cola finita o infinita	Infinita	Infinita

Modelo Matemático de Teoría de Colas

Sistema de un servidor

Las fórmulas que se describen a continuación son empleadas para un sistema de cola de un solo servidor.

$$Ls= \sum_{-\alpha}^{+\alpha} n(1-\rho)\rho^n \qquad Ls= \frac{\rho}{1-\rho} = \frac{\lambda}{\mu-\lambda}$$

$$Ls= \frac{\lambda}{\mu-\lambda} \quad (3)$$

$$Lq= \frac{\lambda^2}{\mu(\mu-\lambda)} \quad (4)$$

$$Ws= \frac{1}{\mu-\lambda} \quad (5)$$

$$Wq= \frac{\lambda}{\mu(\mu-\lambda)} \quad (6)$$

$$P_0 = 1- \rho \quad (7)$$

$$P_n= P_0\, \rho^n \quad (8)$$

Sistema con varios servidores

Las fórmulas que se describen a continuación son empleadas para un sistema de cola de varios servidores:

$$Ls= Lq+ \frac{\lambda}{\mu} \quad (9)$$

$$Lq= \frac{P_0 \left(\frac{\lambda}{\mu}\right)^2 \rho}{S!(1-\rho)} \quad (10)$$

$$Ws= Wq+ \frac{1}{\mu} \quad (11)$$

$$Wq= \frac{Lq}{\lambda} \quad (12)$$

$$P_0= \frac{1}{\sum_{n-0}^{s-1}\left[\frac{\left(\frac{\lambda}{\mu}\right)^n}{n!}\right] + \left[\frac{\left(\frac{\lambda}{\mu}\right)^s}{S} * \frac{1}{1-\left(\frac{\lambda}{\mu}\right)}\right]} \quad (15)$$

$$\rho= \frac{\lambda}{S.\mu} \quad (13)$$

Algoritmo Evolutivo

Modelo Matemático

Los Algoritmos Evolutivos constituyen algoritmos estocásticos cuyos métodos de búsqueda simulan el proceso evolutivo de una población dada, durante un período de tiempo prefijado, modelando fenómenos naturales tales como la herencia genética y la competencia Darwiniana por la supervivencia dentro de un hábitat determinado [21]. La idea detrás de estos algoritmos es imitar lo que la naturaleza hace, incluyendo los cambios que a nadie mediante las mutaciones. En vistas de que nuestro objetivo es minimizar una suma de funciones residuales adoptamos el criterio siguiente: La mejor solución es aquella que tiene asociado el menor valor de fitness, y la peor, la que corresponde al mayor.

El algoritmo mantiene una población $P(t)=\{x_1^t,x_2^t,x_3^t\ldots\ldots x_m^t\}$ de m cromosomas en cada iteración t y x, i = 1, 2, . . . ,m, es cada individuo en ella. Una nueva población (iteración t + 1) se forma por la selección de los cromosomas con mejor fitness. A partir de aquí sigue la siguiente estrategia.

“Para cualquier iteración del algoritmo, se denota por x*t al individuo mejor adaptado de P(t), definido tal que "f" ("xt")"=min – f" ("xti") : i = 1, . . . ,m. Se considera la población de tamaño m + 1, de manera que un individuo particular, por ejemplo, el primero, siempre sea xt−1 de la iteración anterior, y a este no se le harán mutaciones ni rozamientos, aunque en la iteración t + 1 podría ser sustituido por otro mejor adaptado”.

Modelo Computacional

Los algoritmos evolutivos son métodos de optimización y búsqueda de soluciones basados en los postulados de la evolución biológica. En ellos se mantiene un conjunto de entidades que representan posibles soluciones, las cuales se mezclan, y compiten entre sí, de tal manera que las más aptas son capaces de prevalecer a lo largo del tiempo, evolucionando hacia mejores soluciones cada vez [15].

Los algoritmos evolutivos, y la computación evolutiva, son una rama de la inteligencia artificial. Son utilizados principalmente en problemas con espacios de búsqueda extensos y no lineales, en donde otros métodos no son capaces de encontrar soluciones en un tiempo razonable. Dado que los individuos que representan las soluciones más adecuadas problema tienen más posibilidades de sobrevivir, la población va mejorando gradualmente.

Finalmente se propone la siguiente estructura para el algoritmo:

T=>0

Generar P(0) (población Inicial)

Generar x0 y ubicarlos de primero en P(0).Para t=1,2…,Last Gener –

1. Hacer cruces entre individuos de P(t), excepto el primero Hacer cruces entre individuos de P(t), excepto el primero.
2. Hacer mutaciones en P(t), excepto el primero,
3. Evaluar f en P(t),
4. Calcular x*t
5. Ubicar x*t como primer individuo de P(t + 1),
6. Seleccionar de P(t) los m individuos restantes para completar la población P(t +1).

Figura 7. Diagrama de flujo del algoritmo Evolutivo.

Algoritmo. 1 Pseudocódigo del algoritmo evolutivo.

```
BEGIN/*Algoritmo Evolutivo */Generar una población inicial. Computar la
función de evaluación de cada individuo.
WHILE NOT Terminado DO
 BEGIN /*Producir nueva generación*/
     FOR Tamaño población/2 DO
     BEGIN/*Ciclo Reproductivo*/
              Seleccionar dos individuos de la anterior generación,
              para el cruce(probabilidad de selección proporcional
              a la función de evaluación del individuo).
              Cruzar concierta probabilidad los dos individuos obteniendo dos
              descendientes. Mutar los dos descendientes concierta probabilidad.
              Computarla función de evaluación de los dos
              descendientes mutados.
              Insertar los dos descendientes mutados en la nueva generación.
      END
      IF      la población ha convergido THEN
              Terminado:=TRUE
 END
END
```

Caso de Estudio

Problema

Según Cevallos y Botto [19] expresan para determinar soluciones a los modelos de teoría de colas se implementan el uso de la simulación con el objetivo principal de evaluar el número de personas que llegan a una estación de servicio para poder minimizar las pérdidas monetarias, producto de la deserción de las personas de la línea de espera de esta estación.

Para obtener la población (n) que actúa como cola en la aplicación de la teoría, será simulada usando un algoritmo metaheurístico como es el Algoritmo Evolutivo (AE), el cual deriva del Algoritmo Genético por su reproducción asexual, lo que permite ver la evolución de la llegada de más clientes al negocio, y ver en promedio si se necesita más servidores o no.

En la observación de los datos reales se usó una libreta con la cual se anotaba por día los servidores que atendían en local, y la cantidad de personas que iban en un determinado momento del día (10 horas).

Según Cevallos y Botto [20] para simular datos de una muestra real, debe determinar el comportamiento que sigue estos datos. Para esto, debe saber qué tipo de distribución de probabilidad es la más adecuada. Luego usamos, la transformación inversa para poder determinar una formula que genere tanto valores como sea posible.

Metodología

La metodología general se basó en un principio, en la recolección de datos, relacionado con los tiempos de llegada (λ), y los tiempos de servicio (μ), Posteriormente se determinaron los parámetros necesarios para la utilización de un modelo de teoría de colas.

Según Cevallos y Botto [21] manifiestan que las Distribuciones de probabilidad y la teoría de la simulación de sistemas aplicada a problemas de la vida real, proporcionan a los investigadores y estudiantes una guía para facilitar el aprendizaje basado a través de un proyecto en el aula para ayudar a los estudiantes a reconocer, desarrollar y aplicar de manera factible los diferentes tipos de distribuciones de probabilidad en problemas de la vida real.

Se realizaron numerosas observaciones sistemáticas en dicha farmacia en el período comprendido de 5 días en el mes de Agosto del presente año. Esta cuenta normalmente con dos dependientes para la venta de comida rápida, y además para un mayor detalle, se determinaron intervalos para afluencia de clientes durante las 8 horas.

Tabla 3. Intervalos de tiempo.

INTERVALO DE TIEMPO	INICIO	FIN
I	11:00	13:00
II	13:00	15:00
III	15:00	17:00
IV	17:00	19:00

Descripción: En la Tabla 3, se puede apreciar los rangos de tiempos usados en la recolección de datos para facilitar la obtención de diferentes valores a la hora de trabajar con el modelo matemático.

Tabla 4. Número de clientes promedio que arribaron.

DIAS	INTERVALO I	INTERVALO II	INTERVALO III	INTERVALO IV	PROMEDIO
JUEVES	16	40	52,5	68,5	44,25
VIERNES	14	34,5	45,5	58	38
SÁBADO	12	30,5	40,5	51	33,5
LUNES	14	31	38,5	44,5	32
MARTES	15,5	35	43,5	48,5	35,625

Descripción: La Tabla 4, permite apreciar el número promedio de clientes que arribaron al local de comida en el periodo de una semana que se realizó la investigación, así como los intervalos de tiempo de la muestra.

Tabla 5. Número promedio de servicio de clientes.

DIAS	INTERVALO I	INTERVALO II	INTERVALO III	INTERVALO IV	PROMEDIO
JUEVES	15,5	39,5	52,5	67,5	43,75
VIERNES	13	33,5	45,5	57,5	37,375
SÁBADO	11,5	30,5	41	50,5	33,375
LUNES	13,5	30,5	38,5	43,5	31,5
MARTES	15	34,5	42	47	34,625

Descripción: En la Tabla 5, se muestra el número promedio de clientes que se les brindo el servicio de entrega de paquetes. Con los datos en la tabla adjunta, se interpreta que los clientes despachados a partir del jueves hasta el sábado son muchos, y que no todos los despachos se realizan con rapidez que es lo que se busca en un local de comida rápida.

Tabla 6. Tiempo promedio de servicio de los clientes para diferente hora-día.

	JUEVES	VIERNES	SABADO	LUNES	MARTES
λ	44,25	38	33,5	32	35,625
μ	43,75	37,375	33,375	31,5	34,625
ρ	1,0114285 71	1,016722 41	1,003745 32	1,0158730 16	1,028880 87

Descripción: La Tabla 6, presenta los tiempos promedio de llegada de los clientes para diferentes horas-días de la semana, correspondientes a las muestras recolectas de la información

Analizando la tabla anterior, se observa que en promedio el servicio de despacho de comida en la empresa presenta problemas de estabilización para atender a su clientela, lo que representa una pérdida al no atender a sus clientes con eficiencia.

Tabla. 7 Promedio de horas de arribo y servicio

DIAS	INTERVALO I	INTERVALO II	INTERVALO III	INTERVALO IV
JUEVES	01,0847	02,7342	05,1506	07,0922
VIERNES	01,0803	02,9244	05,1506	07,0231
SÁBADO	01,0844	03,0222	05,3883	07,1825
LUNES	01,0578	02,7675	05,6908	07,0003
MARTES	01,0619	02,4133	05,6408	06,9958

Descripción: La Tabla 9, evidencia posible colapso por el acumulado de tiempos de servicio, que no tendrán la capacidad para seguir despachando comida debido a la mayor cantidad de personas que se acercan a retíralo

La tabla adjunta presenta el promedio de clientes que esperan a ser atendidos especificados por día e intervalos de tiempo, presenta una afluencia normal en el servicio de pago por lo que no hay novedades o problemas en él.

Tabla 7. Tiempo promedio de arribo de los clientes para diferente hora-día.

DIAS	INTERVALO I	INTERVALO II	INTERVALO III	INTERVALO IV
JUEVES	01,0753	02,7322	05,1933	07,0661
VIERNES	01,0397	02,8439	05,1736	07,0053
SÁBADO	01,0147	02,9908	05,5114	07,0169
LUNES	01,0575	02,7042	05,7192	06,7603
MARTES	01,0625	02,4086	05,6058	06,8397

Descripción: La Tabla 7, tiene el promedio de servicio de los clientes que son atendidos y salen del sistema de colas de manera simultánea.

En esta tabla se interpreta los promedios de atención del servicio de despacho, los cuales evidencia un gran contratiempo que no permite satisfacer la rapidez de la entrega de comida al no haber suficientes servidores para contener la clientela en estos tiempos

Resultados y Discusión

Como se ha mencionado anteriormente, la teoría de colas describe un modelo matemático para el análisis de atención y servicio a los clientes en un determinado trabajo y selección de la respuesta óptima. A través de una recolección de datos realizada durante una semana y 10 horas por cada día laborable, se logró obtener un promedio de clientes que arriban al local de comida y por medio de una tabla se expresan los valores obtenidos.

Tabla 8. Resultados de la investigación.

PARÁMETROS	M/M/1	M/M/2	M/M/3
λ	36,675	36,675	36,675
μ	36,125	36,125	36,125
ρ	1,015224913	0,507612	0,3384083
$1-\rho$	-0,01522491	0,32669	0,35798
Lq	-20,4783555	0,80073	04872
Ls	-35,1399966	1,81596	1,502358
Ws	-36,6473183	0,04951503	0,040964
Wq	-0,5583737	0,021833	0,013228

Descripción: La Tabla 8, muestra los resultados de los diferentes parámetros matemáticos aplicados de la investigación.

Interpretando los datos de la tabla anterior, se observa que existe una ineficiencia en el servicio de despacho que supera el 100% de razón de atención en el sistema y con una probabilidad de ociosidad casi imperceptible. Por otra parte, la implementación de 3 servidores optimiza el servicio en un 33.84% y una probabilidad de ocio del 35.79% brindando una estabilidad muy significante a la atención del cliente como en la generación de ingresos para recuperar su inversión a mediano plazo.

Conclusiones

La conclusión de este caso de estudio permite demostrar que existe un problema en el proceso de atención de la cola, ya que existen personas que se dirigen a otro local de comida rápida por motivo que "Burger Ranch" no se abastece para satisfacer la necesidad de los clientes por lo que se recomienda de carácter importante la apertura de dos nuevo servidores para que los clientes no esperen un largo tiempo excesivo para ser atendido, lo que significaría para la empresa obtener mayores ganancias debido a que se pueden brindar un mejor servicio de cálida y eficacia.

Referencias bibliográficas

[1] E. López Hung y L. G. Joa Triay, «Teoría De Colas Aplicada Al Estudio Del Sistema De Servicio De Una Farmacia,» Revista Cubana de Informática Médica, pp. 1-13, 2018.

[2] J. F. Pérez y G. Riaño, «Análisis De Colas Para El Diseño De Una Cafetería Mediante Simulación De Eventos Discretos.,» Scielo, pp. 1-10, 2010.

[3] C. Petrev, «Algoritmos Genéticos Aplicados A Soluciones Logísticas De Sanidad: Simulación De Un Modelo De Evacuación De Heridos Del Teatro De Operaciones,» Escuela Superior de Guerra Conjuntade las Fuerzas Armadas, pp. 1-74, 2012.

[4] M. E. Chávez López y A. Espinoza Guzmán, «Minimizar El Tiempo De Reinscripción Mediante Un Sistema De Simulación De Modelo De Líneas De Espera,» Redalyc, pp. 1-9, 2015.

[5] O. J. Nicho Barrera, «Rediseño De Procesos Para La Disminución De Tiempos De Espera En El Servicio De Un Comedor Administrado Por Un Concesionario Dentro De Una Empresa Del Sector Financiero,» Universidad Nacional Mayor de San Marcos, pp. 1-92, 2017.

[6] F. G. Correa Navarrete, «Análisis Y Propuesta De Simulación De Sistema De Colas En La Institución Financiera JEP Para Reducir Tiempos De Espera.,» UTMATCH, pp. 1-23, 2018.

[7] M. E. Rodríguez Lino, «Plataforma Tecnológica Para Contribuir La Planeación Urbana En La Ciudad De Guayaquil Dirigido A La Transportación, Enfocado Al Uso De Algoritmos Recomendadores Que Brinden Alternativas De Solución En Proyectos Viales,» Universidad de Guayaquil, pp. 1-132, 2018.

[8] K. H. Solis Castillo y j. F. Granoble Ramirez, «Propuesta Tecnológica Para El Retiro Y Depósito De Dinero En Cajeros Automáticos Mediante Código QR En La Ciudad Guayaquil,» Universidad de Guayaquil, pp. 1-117, 2019.

[9] G. G. C, «Naps Tecnología y educación,» 07 junio 2018. [En línea]. Available: http://naps.com.mx/blog/simulacion-en-python-usando-simpy/.

[10] J. M. I. Landeta, Fundamentos de Sistemas para Administración, primera ed., San Luis Potosi: Universitaria Potosina, 1996, p. 257.

[11] L. Hillier, « Introducción a la investigación de operaciones,» 1999.

[12] P. C. CARGILL, «SISTEMA PARA MEDIR TIEMPOS DE ESPERA EN COLAS DE SUPERMERCADO USANDO VISIÓN POR COMPUTADOR Y MÉTODOS ESTADÍSTICOS.,» Santiago de Chile, Enero, 2011, p. 61.

[13] M.Sc. Ing. Eduardo López Hung, M.Sc. Lic. Lai Gen Joa Triay, «Teoría de colas aplicada al estudio del sistema de servicio de una farmacia,» Revista Cubana de Informática Médica, vol. 10, nº 1, pp. 3-15, 2018.

[14] V. M. Alvarado Verdín, Probabilidad y estadística, 2014.

[15] CARLOS LUIS FLORES GARCÍA, CAROLINA LISSETTE LINARES ALVARENGA, JUAN MIGUEL BONILLA IRAHETA., «TEORÍA DE COLAS Y SU APLICACIÓN AL SISTEMA BANCARIO.,» Ciudad Universitaria, Salvador, 2009, p. 150.

[16] H. &. Lieberman, «Problema de teoria de colas,» Cali, 2012.

[17] W. WL., «Aplicaciones y Algoritmos.,» de Investigación de Operaciones. , 4ta Edición ed., Stamford, Thomson Internacional, 2004.

[18] R. Terrazas Pastor, «APLICACIÓN DE LA SIMULACIÓN A UN SISTEMA DE COLAS DE CANAL SIMPLE,» Redalyc, nº 26, pp. 91-112, julio-diciembre 2010.

[19] L. Cevallos-Torres y M. Botto-Tobar, «Case study: Logistical behavior in the use of urban transport using the monte carlo simulation method. In Problem-Based Learning: A Didactic Strategy in the Teaching of System Simulation,» Springer, pp. 97-110., 2019.

[20] L. Cevallos-Torres y M. Botto-Tobar, «Case study: Probabilistic estimates in the application of inventory models for perishable products in SMEs. In Problem-Based Learning: A Didactic Strategy in the Teaching of System Simulatio,» Springer, pp. 123-132, 2019.

[21] L. Cevallos-Torres y M. Botto-Tobar, «Monte carlo simulation method. In Problem-Based Learning: A Didactic Strategy in the Teaching of System Simulation,» Springer, pp. (pp. 87-96)., 2019.

[22] J. M. I. Landeta, Fundamentos de Investigación de Operaciones para Administración, primera ed., San Luis Potosi: Universitaria Potosina, 1996, p. 257.

[23] J. Cardona, «teoría de colas,» Huancayo, 2014.

[24] R. C. P. -. D. G. Gómez, «Modelo de lineas de espera,» Mar del Plata , 2015.

[25] Á. D. B. Castillo, «Gestión de las líneas de espera en el caso real de un centro óptico en Cartagena,» 2013.

[26] L. Cevallos-Torres y M. Botto-Tobar, «seudo-random numbers and congruential methods. In Problem-Based Learning: A Didactic Strategy in the Teaching of System Simulation,» Springer, pp. (pp. 33-58), 2019.

[27] L. Cevallos-Torres y M. Botto-Tobar, «Random variable generation methods. In Problem-Based Learning: A Didactic Strategy in the Teaching of System Simulation,» Springer, pp. (pp. 59-86), 2019.

[28] L. Cevallos-Torres y M. Botto-Tobar, «Case study: Project-based learning to evaluate probability distributions in medical area. In Problem-Based Learning: A Didactic Strategy in the Teaching of System Simulation,» Springer, pp. 111-122, 2019.