



Ciencias Holguín
ISSN: 1027-2127
revista@cigetholguin.cu
Centro de Información y Gestión Tecnológica de
Holguín
Cuba

Técnicas de investigación operativa aplicadas al trabajo por cuenta propia

Pérez-Roche, Ronald; Márquez-Fuentes, Guillermo Alfonso; Rosales-Marrero, Floro Antonio

Técnicas de investigación operativa aplicadas al trabajo por cuenta propia

Ciencias Holguín, vol. 25, núm. 4, 2019

Centro de Información y Gestión Tecnológica de Holguín, Cuba

Disponible en: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=181562362005>

Esta licencia permite a otros entremezclar, ajustar y construir a partir de su obra con fines no comerciales, y aunque en sus nuevas creaciones deban reconocerle su autoría y no puedan ser utilizadas de manera comercial, no tienen que estar bajo una licencia con los mismos términos.



Esta obra está bajo una Licencia Creative Commons Atribución-NoComercial 4.0 Internacional.

Técnicas de investigación operativa aplicadas al trabajo por cuenta propia

Operational research techniques applied to self-employment

Ronald Pérez-Roche 1
Universidad de Holguín, Cuba
rperezr@uho.edu.cu

Redalyc: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=181562362005>

Guillermo Alfonso Márquez-Fuentes 2
Universidad de Holguín, Cuba
gmarquez@uho.edu.cu

Floro Antonio Rosales-Marrero 3
Universidad de Holguín, Cuba
arosalesm@uho.edu.cu

Recepción: 11 Enero 2019
Aprobación: 18 Abril 2019
Publicación: 31 Octubre 2019

RESUMEN:

La aplicación de los métodos cuantitativos de investigación de operaciones, entre ellos, la teoría de colas, resultan prácticas muy ventajosas en la toma de decisiones empresariales. Numeroso son los autores y trabajos que se enfocan en el uso de estos métodos en la gestión del conocimiento empresarial. Sin embargo, estas herramientas cuantitativas pasan de ser percibidas en el modelo empresarial del ejercicio del trabajo por cuenta propia en Cuba. El objetivo de este trabajo consistió en realizar el análisis económico de un sistema de servicio de este sector laboral, apoyándose en el empleo de la teoría de colas y la simulación. Una vez que concluyó el experimento, se comprobó la efectividad de estas técnicas en la gestión del servicio en este tipo de sistemas.

PALABRAS CLAVE: Investigación de Operaciones, Teoría de Colas, Simulación, Trabajo por cuenta propia.

ABSTRACT:

The application of quantitative methods of operations research, including queuing theory, are very advantageous practices in business decision making. Numerous are the authors and works that focus on the use of these methods in the management of business knowledge. However, these quantitative tools sometimes go unnoticed in the business model of self-employment in Cuba. The objective of this work was to carry out the economic analysis of a service system of this labor sector, based on the use of queuing theory and simulation. Once the experiment was completed, the effectiveness of these techniques in the management of the service in this type of systems was verified.

KEYWORDS: Operations Research, Queuing Theory, Simulation, self-employment.

INTRODUCCIÓN

El tener que esperar en una cola para recibir un servicio determinado, es una experiencia cotidiana que normalmente se considera desagradable. Por ejemplo: esperar por ser servido en una cafetería o restaurante,

NOTAS DE AUTOR

- 1 MS.c. Ronald Pérez-Roche rperezr@uho.edu.cu Licenciado en Ciencias de la Computación, Master en Educación Matemática Universitaria, Profesor Auxiliar, Profesor a tiempo completo en el Departamento de Matemática, Facultad de Informática y Matemática, Universidad de Holguín
- 2 Lic. Guillermo Alfonso Márquez-Fuentes gmarquez@uho.edu.cu
- 3 MS.c. Floro Antonio Rosales-Marrero arosalesm@uho.edu.cu

esperar en la cola de un banco, etc. Estos “fenómenos de espera”, son sinónimo de pérdida de tiempo, lo cual ciertamente, conlleva costos asociados a esta espera. Este costo de espera, a veces es cuantificable, si tiene la idea de cuánto deja de producir un obrero por estar en una cola, pero en ocasiones posee un carácter de sensibilidad social, en cuyo caso no es tan sencillo cuantificar, por ejemplo: que un paciente tenga que esperar en una sala de urgencias para recibir atención médica. ¿Cómo se evitarían las colas? Una opción fácil sería el proporcionar suficiente capacidad de servicio para reducir o incluso eliminar la espera. Sin embargo, mantener una alta disponibilidad de servicio también genera gastos, los cuales pueden llegar a ser considerables. Por tanto, herramientas cuantitativas como las que ofrece la teoría de colas, apoyan la toma de decisiones en este sentido.

La teoría de colas incluye el estudio matemático de las colas o líneas de espera. La formación de líneas de espera es, por supuesto, un fenómeno común que ocurre siempre que la demanda actual de un servicio excede a la capacidad actual de proporcionarlo.

La teoría de colas es un estudio dentro del campo de la investigación de operaciones, que se utiliza para analizar los sistemas de las líneas de espera, principalmente empresariales, y así obtener sustanciales mejoras en ellos. (Maldonado Salazar, 2015)

El problema del administrador del negocio (es decir, el decisor), es determinar qué capacidad o “tasa de servicio” proporciona el “balance apropiado”. Este sería un problema sencillo, si el arribo de los clientes que demandan el servicio fuera de carácter fijo y el tiempo demandado para ser servido también fuera fijo. Sin embargo, en sistemas de servicio reales, estos datos suelen ser aleatorios. Por tal motivo, la teoría de colas no ofrece resultados exactos, pues toma como punto de partida datos con aleatorios que siguen algún tipo de distribución probabilística y mediante métodos estocásticos ofrece condiciones cercanas a la realidad. El prescindir de la tradicional exactitud de métodos analíticos suele tener ventajas, en cuanto a la flexibilidad, rapidez, sencillez y que posibilitan una mayor experimentación y análisis de sensibilidad.

El análisis del sistema comienza por la determinación de la distribución de los tiempos de llegadas de los pacientes, junto a la duración de la atención. (Velázquez Martí & Vinuesa Villares, 2017)

Los primeros estudios realizados con vista a la formulación matemática de la teoría de colas para formular y modelar estos fenómenos de espera, fueron realizados a principios del siglo XX por el ingeniero danés A. K. Erlang. Esta teoría fue evolucionando y tomó especial auge con el surgimiento de la ciencia de la computación y el desarrollo de potentes estaciones de cómputo. Hoy en día, constituyen técnicas muy usadas en todo el mundo y poderosas herramientas para el análisis y la toma de decisiones empresariales.

Numerosos son los trabajos que enmarcan y fundamentan el uso de la investigación de operaciones, particularmente la teoría de colas en el análisis económico de sistemas de servicio: Atoche et al (2014), Bautista & Carvajal (2014), Miranda (2014), Velázquez & Vinuesa (2017), Grandío (2017) y muchos otros. En la mayoría de ellos muestran como con la aplicación de estas técnicas se favorece la toma de decisiones desde un punto de vista de gestión de conocimiento Gallagher & Watson (2005), García et al (2014), Rodríguez et al (2017) y otros. Si bien, todos estos trabajos se enfocan en el uso de la teoría de colas en empresas estatales y de servicios, aportan elementos representativos que marcan el punto de partida de este trabajo, en cuanto a cómo aplicar estas técnicas al modelo de empresa no estatal en sistemas de servicio ofrecidos por el sector laboral de trabajo por cuenta propia.

La aplicación de las herramientas de investigación de operaciones, la simulación y particularmente, la teoría de colas, aportan gran cantidad de elementos para el análisis económico del modelo empresarial en el trabajo por cuenta propia. Sin embargo, estas importantes técnicas cuantitativas a menudo pasan de ser percibidas en el sector cuentapropista, muchas veces por factores subjetivos o por desconocimiento.

La meta fundamental de este trabajo es mostrar como las técnicas de la investigación de operaciones pueden influir de forma positiva en el proceso de gestión y planeamiento del modelo empresarial del trabajo por cuenta propia, asumiéndolo como objeto de estudio. Tras el análisis de un caso particular de un sistema de servicio de este sector, se identifican oportunidades de mejoras en la gestión del conocimiento empresarial en la modalidad del trabajo por cuenta propia. Lo cual conlleva al siguiente problema ¿cómo favorecer la gestión

empresarial del modelo de trabajo por cuenta propia mediante la aplicación de técnicas de investigación de operaciones? Para resolver la problemática anterior; este trabajo se plantea como objetivo: Analizar económicamente un sistema de servicio del sector no estatal usando modelos matemáticos de la teoría de colas. De este modo, con la información proporcionada por estos métodos cuantitativos motivar la polémica y proporcionar la adopción de estas prácticas en este sector laboral.

MATERIALES Y MÉTODOS

La metodología adoptada en este trabajo se basó en los lineamientos de trabajo abordados por Barreto et al (2014); en el cual se establecen un conjunto de pasos para la modelación, simulación y análisis económico de sistemas de servicio. Para la realización de este documento, algunos de estos pasos se fusionaron y se reajustaron para adaptar esta metodología al sistema de servicio objeto de estudio y se muestran a continuación:

Definición del problema y planificación del proyecto

En este punto se estimó pertinente definir el contexto del problema, esclarecer aspectos puntuales sobre el sistema de servicio analizado, así como el aparato legal concerniente al tipo de actividad y servicio que se presta en el sistema. Se seleccionó el software a utilizar durante el experimento de simulación.

Descripción del sistema de servicio

En este trabajo, se tomó como objeto de estudio, un sistema de servicio del sector laboral del trabajo por cuenta propia. El servicio brindado se denomina “Copiador y vendedor de discos”. El sistema de servicio consiste en un puesto ubicado en la “Calle 10 de octubre” No.22c, entre las calles 10 y 12, en el reparto Harlem, de la ciudad de Holguín, Cuba. Los clientes arriban a este puesto de forma aleatoria, con la finalidad de copiar y comprar discos con información variada; allí son atendidos por el operario Yandris Rodríguez Sillero, con número de licencia: TPCP B-117262. Para el ejercicio de este tipo de servicio, se dispone de una computadora con una de las más avanzadas configuraciones de hardware y software; en la cual se dispone de 16 000 gigas bytes de información para ofrecer a los clientes, distribuida en 4 discos duros de 4 000 gigas cada uno. El administrador del negocio, desea tener una medida cuantitativa del desempeño de su sistema de servicio, con la configuración actual y si saber si es económicamente factible incorporar otra estación de servicio, es decir, otra computadora con igual rendimiento y capacidad de almacenaje que la que se dispone actualmente.

Acerca del trabajo por cuenta propia

El trabajo por cuenta propia es una modalidad de empleo, que incrementa la oferta de bienes y servicios con niveles de calidad aceptables para la población nacional y extranjera. Esta modalidad de empleo, es una de las decisiones que ratifica el perfeccionamiento del sistema económico-social cubano, a la vez que, con sus normativas tributarias constituyen una fuente de ingreso para los presupuestos municipales.

El consejo de estado y de ministros, los ministerios: de Justicia, Economía y Planificación, Finanzas y Precios, Trabajo y Seguridad Social y otros ministerios e instituciones del país, son las encargadas de la planificación, regulación y control del ejercicio del trabajo por cuenta propia, distribuidas en 123 actividades autorizadas. (Ministerio de Justicia, 2018)

El sistema de servicio seleccionado como objeto de análisis, se fundamenta en el ejercicio de una de las 123 actividades autorizadas para el trabajo por cuenta propia. La cual se denomina “Comprador vendedor de discos”; para el cual se estipula un régimen simplificado de tributación, con cuotas consolidadas mínimas mensuales de \$60.00. El organismo rector de esta actividad es el Ministerio de Cultura.

El Comprador vendedor de discos; reproduce y comercializa discos con contenidos no lesivos a los valores éticos y culturales, cumple las regulaciones en materia de derecho de autor. Incluye el alquiler de discos y la reproducción en cualquier soporte. Cumple las normas sobre la protección de las creaciones intelectuales. Está obligado a formalizar previamente relaciones contractuales con la Agencia Cubana de Derecho de Autor

Musical (ACDAM), la Agencia de Autores Visuales (ADAVIS) y con productoras nacionales. (Ministerio de Justicia, 2018).

A partir del 1 de Agosto de 2017, esta actividad y otras pocas se encuentran suspendidas, es decir, no se emitirán nuevas licencias para el ejercicio de la actividad, pero, aquellas personas que tengan esta licencia podrán seguir ejerciendo la actividad.(...) No otorgar nuevas autorizaciones para las actividades “vendedor mayorista de productos agropecuarios”; “vendedor minorista de productos agropecuarios”; “carretilero o vendedor de productos agrícolas en forma ambulatoria”; “comprador vendedor de discos” (...) (Ministerio de Justicia, 2017)

Selección del software para llevar a cabo el experimento de simulación

El software seleccionado para llevar a cabo el experimento de simulación del sistema de servicio estudiado, es Arena de Rockwell Software. Los criterios utilizados para esta selección son: facilita una modelación intuitiva y de fácil identificación de sus módulos operativos, posibilita el análisis minucioso del tipo de sistema simulado y predicciones de rendimiento, ofrece facilidades para la realización de análisis de sensibilidad en el proceso de simulación, a la vez que ofrece el resumen estadístico de los indicadores a simular.

Definición del sistema y formulación conceptual del modelo

Este paso consistió en definir qué acción se va a ejercer sobre el modelo y cómo se va a medir su comportamiento. Se trata, por tanto, de definir qué variables son las entradas y cuáles las salidas, cómo va a modificarse el valor de las entradas y cómo van a recogerse los datos de salida.

Para la formulación del modelo de este sistema de servicio, se adoptó la notación propuesta por (Álvarez-Buylla Valle, 1987), siendo la que se muestra a continuación:

L : Valor esperado del número de clientes en el sistema de servicio.

L_q : Valor esperado del número de clientes que esperan para recibir el servicio.

P_n : Probabilidad de que haya n clientes en el sistema de servicio, cuando arriba un nuevo cliente. Teniendo en cuenta que .

$P_n(t)$: Probabilidad de que exactamente n clientes estén en el sistema de servicio en el instante t .

W : Valor esperado del tiempo de estancia de un cliente en el sistema.

W_q : Valor esperado del tiempo de estancia de un cliente en la cola $W > W_q$.

S : Número de canales o estaciones de servicio (en paralelo).

λ_n : Razón media de arribos (número esperado de arribos de los clientes por unidad de tiempo) de nuevos clientes cuando hay n clientes en el sistema.

μ_n : Razón media de servicio (número esperado de clientes que completa su servicio por unidad de tiempo) cuando hay n clientes en el sistema.

Cuando λ_n es una constante para todos los valores de n , es decir, no depende de n , se denota por λ . De igual modo, cuando la razón media de servicios por estación ocupada es una constante para todo $n \geq 1$ se denota por μ , en este caso $\mu_n = \mu$ cuando $n \geq S$, de forma tal que las S estaciones están ocupadas.

Bajo estas condiciones, se define entonces:

ρ : Factor de utilización para el servicio conjunto, o sea, fracción del tiempo que las estaciones se encuentran ocupadas, donde: $\rho = \frac{\lambda}{S\mu}$. Esto significa que ρ representa la fracción de capacidad de servicio conjunto del sistema ($S\mu$), que está siendo utilizada, como promedio, por las clientes que arriban (λ).

Diseño preliminar del experimento y preparación de los datos de entrada

Para determinar los valores de las medias de arribos de los clientes λ y del tiempo de servicio μ ; se recolectaron las observaciones históricas ofrecidas por el administrador del negocio, datos recolectados de los tiempos de arribo y servicio entre clientes correspondiente a 17 jornadas de trabajo de 10 horas. El levantamiento de los datos, fue totalmente aleatorio, según iban llegando los clientes, se contabilizaron los tiempos entre arribos consecutivos y por cada cliente, el tiempo de servicio, ambos en minutos; Posteriormente esta muestra fue sometida al análisis en el software Statgraphic, con lo cual se pudo constatar que ambas variables seguían una distribución exponencial. En total se procesaron 312 arribos de clientes, con

sus respectivos tiempos de servicio, ambos medidos en minutos. El resultado de aplicar estadística descriptiva al levantamiento de la información se muestra en la tabla.

TABLA 1.
Estadística del levantamiento de los arribos de los clientes y el tiempo siendo servido.

Parámetros	Arribos de los clientes (en minutos)	Tiempo de servicio (en minutos)
Media	31,57692308	12,21474359
Error típico	0,321735651	0,189884891
Mediana	32	12
Moda	34	10
Desviación estándar	5,682984658	3,354035904
Varianza de la muestra	32,29631462	11,24955685
Curtosis	0,099253589	-0,023980559
Coefficiente de asimetría	0,19938292	0,197611057
Rango	33	18
Mínimo	18	4
Máximo	51	22
Suma	9852	3811
Cuenta	312	312

Traducción del modelo.

Previamente comprobado que tanto los arribos como los tiempos de servicio siguen una distribución probabilística Exponencial y se asumen por tanto como datos iniciales:

$$\frac{1}{\lambda} = 31.58 \text{ minutos}$$

$$\frac{1}{\mu} = 12.21 \text{ minutos}$$

De modo que:

$$\lambda = (1/31.58) \cdot (60 \text{ minutos por hora}) = 1.90 \text{ clientes/hora}$$

$$\mu = (1/12.21) \cdot (60 \text{ minutos por hora}) = 4.91 \text{ clientes/hora}$$

$$S=1$$

$C_s=30$ \$/día; como las jornadas son de 10 horas cada una, es decir que:

$$C_s=3 \text{ $/hora}$$

$C_e=15$ \$/día; igualmente, asumiendo que las jornadas son de 10 horas:

$$C_e=1.5 \text{ $/hora}$$

La población de clientes que pueden acceder al sistema de servicio es infinita.

No se restringe el área de espera, por tanto, puede considerarse cola de longitud infinita.

La disciplina de atención a la cola es por orden de llegada, o FIFO (first in first out).

En la mayoría de los textos que estudian los fenómenos de espera, se utiliza una notación típica conocida como notación Kendall, donde cada modelo se identifica por tres símbolos: el primero se refiere al tipo de distribución que siguen los tiempos entre arribos; el segundo a la distribución que siguen los tiempos de servicio y el tercero, al número de canales o estaciones de servicio. (Álvarez-Buylla Valle, 1987)

Considerando la variante actual:

El modelo que describe este sistema de servicio es $M/M/1 : \infty$, **FIFO** a tono con la notación Kendall. Pues se asume la existencia de una sola estación de servicio.

Primeramente a de comprobarse como condición inicial que el factor de utilización del sistema $\rho < 1$, puesto que de no ser así, esto implicaría que el sistema no es estable, es decir, que la demanda del servicio es mayor que la capacidad de atención, conllevando a que al cabo de un tiempo hallan clientes que nunca puedan ser atendidos.

Para este caso $\rho = \frac{\lambda}{\mu} = \frac{1.90}{4.91} \approx 0.39$ $\rho < 1$, con lo cual se demuestra que el sistema es estable. En este caso, el valor de también representa la probabilidad de que al arribar un cliente tenga que esperar por ser atendido.

El indicador P_0 denota la probabilidad de que no halla clientes en el sistema y el operario de la estación de servicio pueda descansar. Puesto que la estación de servicio no podrá parar mientras haya al menos un cliente por ser atendido, sin dudas el cálculo de este indicador es importante para el administrador del negocio, pues determina la fracción del tiempo que no tiene clientes para atender y así poder planificar para este margen realizar otras acciones productivas para el negocio o estrategias de marketing para la búsqueda de nuevos clientes potenciales.

Al calcular P_0 mediante la fórmula: $P_0 = 1 - \rho \approx 0.39$ demuestra que el operario o estación de servicio, tendrá cerca de un 40% de probabilidad de estar desocupado, es decir, aproximadamente 4 de las 10 horas de la jornada de trabajo, no tendrá clientes que atender. El valor esperado del número de clientes en el sistema de servicio es de aproximadamente clientes, al ser determinado por la expresión $L = \frac{\rho}{1 - \rho}$.

Otros indicadores de desempeño decisivos en el análisis de este tipo de modelos, sin lugar a dudas lo constituyen:

El valor esperado de clientes que están en la cola $L_q = \frac{\lambda^2}{\mu(\mu - \lambda)}$

El tiempo medio de estancia de un cliente en el sistema de servicio $W = \frac{L}{\lambda}$

El tiempo medio de espera de los clientes en la cola

Los cuales para este caso de uso son clientes; minutos y minutos, respectivamente.

Considerando la variante de incorporar una segunda estación de servicio ($S=2$):

El modelo que describe este sistema de servicio es $M/M/2: \infty$, **FIFO**. Para el cual, calculando el factor de utilización del sistema como $\rho = \frac{\lambda}{S \cdot \mu}$; tenemos que $\rho = \frac{1.90}{2 \cdot 4.91} \approx 0.19$ siendo $\rho < 1$; es evidente que al incrementarse el número de estaciones de servicio, este indicador decrece, corroborando que al igual que el caso anterior, el sistema sea considerado estable.

A continuación, se ofrecen las fórmulas y los resultados del cálculo de los otros indicadores:

$$P_0 = \frac{1}{\left\{ \sum_{n=0}^{S-1} \frac{(\lambda/\mu)^n}{n!} \right\} + \left\{ \frac{(\lambda/\mu)^S}{S!} \cdot \frac{1}{1-\rho} \right\}} \approx 0.68$$

$$L_q = \frac{P_0 \left(\frac{\lambda}{\mu} \right)^2 \rho}{S!(1-\rho)^2} \approx 0.12 \text{ clientes}$$

$$L = \lambda W = \lambda \left(W_q + \frac{1}{\mu} \right) = L_q + \frac{\lambda}{\mu} \approx 0.51 \text{ clientes}$$

$$W = \frac{L}{\lambda} \approx 0.27 \text{ minutos}$$

$$W_q = \frac{L_q}{\lambda} \approx 0.06 \text{ minutos}$$

Aunque estos datos ya proporcionan una medida cuantitativa del desempeño, en este trabajo se aboga por el uso de otra de las técnicas de la investigación de operaciones; la simulación. Para lo cual, previamente ha de describirse las partes del modelo del sistema a ser simulado.

La simulación es una de las técnicas más potentes en el estudio de los sistemas, se puede definir brevemente como una técnica que trata de imitar el comportamiento de los diferentes fenómenos en una realidad artificial; es aplicable a una gran cantidad de situaciones, aunque como no tiene criterio de optimización, en ningún caso garantiza la obtención de una solución óptima, sino de una buena solución. (Álvarez-Buylla Valle, 1987)

Diseño y puesta a punto del experimento de simulación, verificación y validación

Típicamente el experimento consistió en repetir un cierto número de réplicas de la simulación. Para el experimento se realizaron un total de 20 réplicas en condiciones establecidas que guardaran similitud con el modelo del problema actual y el levantamiento previo de las observaciones históricas, predefiniendo un total de 312 arribos de clientes por cada una de las 20 réplicas del experimento.

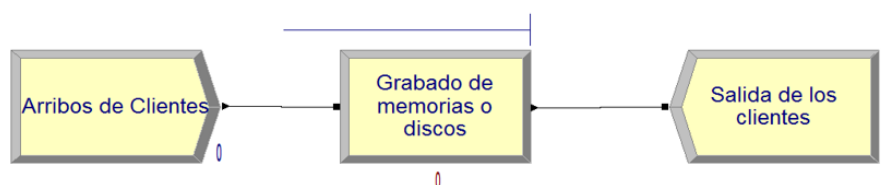


FIGURA 1.

Modelo del experimento de Simulación en el software Rockwell Arena.

Luego de realizar la experimentación diseñada anteriormente. (ver Figura 2) Se procedió al estudio de los resultados para comprobar la credibilidad de los mismos. Se corroboró, además, que el modelo funcionara correctamente y fuera lo suficientemente representativo del comportamiento real del sistema de servicio en estudio.

Category Overview							Category Overview						
Grabado de Discos y Memorias							Grabado de Discos y Memorias						
Replications: 20 Time Units: Hours							Replications: 20 Time Units: Hours						
Process							Process						
Time per Entity							Time per Entity						
VA Time Per Entity							VA Time Per Entity						
Grabado de Discos y Memorias	Average	Half Width	Minimum Average	Maximum Average	Minimum Value	Maxims. Val	Grabado de Discos y Memorias	Average	Half Width	Minimum Average	Maximum Average	Minimum Value	Maxims. Val
	0.2127	0.01	0.1700	0.2450	0.05000000	0.38	Grabado de Discos y Memorias	0.2127	0.01	0.1700	0.2450	0.05000000	0.38
Wait Time Per Entity							Wait Time Per Entity						
Grabado de Discos y Memorias	Average	Half Width	Minimum Average	Maximum Average	Minimum Value	Maxims. Val	Grabado de Discos y Memorias	Average	Half Width	Minimum Average	Maximum Average	Minimum Value	Maxims. Val
	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.	Grabado de Discos y Memorias	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.
Total Time Per Entity							Total Time Per Entity						
Grabado de Discos y Memorias	Average	Half Width	Minimum Average	Maximum Average	Minimum Value	Maxims. Val	Grabado de Discos y Memorias	Average	Half Width	Minimum Average	Maximum Average	Minimum Value	Maxims. Val
	0.2127	0.01	0.1700	0.2450	0.05000000	0.38	Grabado de Discos y Memorias	0.2127	0.01	0.1700	0.2450	0.05000000	0.38
Accumulated Time							Accumulated Time						
Accum VA Time							Accum VA Time						
Grabado de Discos y Memorias	Average	Half Width	Minimum Average	Maximum Average	Minimum Value	Maxims. Val	Grabado de Discos y Memorias	Average	Half Width	Minimum Average	Maximum Average	Minimum Value	Maxims. Val
	2.1483	0.10	1.7000	2.5167			Grabado de Discos y Memorias	2.1483	0.10	1.7000	2.5167		
Accum Wait Time							Accum Wait Time						
Grabado de Discos y Memorias	Average	Half Width	Minimum Average	Maximum Average	Minimum Value	Maxims. Val	Grabado de Discos y Memorias	Average	Half Width	Minimum Average	Maximum Average	Minimum Value	Maxims. Val
	0.00	0.00	0.00	0.00			Grabado de Discos y Memorias	0.00	0.00	0.00	0.00		

FIGURA 2 .

Resultados estadísticos ofrecidos por Arena en cuanto al proceso, la cola y la usabilidad de la estación de servicio.

RESULTADOS

Al analizar e interpretar de los datos obtenidos, en primer lugar, con el cálculo manual de los indicadores de desempeño como: factor de utilización del sistema, tiempo promedio de un cliente en el sistema y en la cola, valores esperados del total de clientes en el sistema y esperando a ser servido, entre otros. Así como, en segundo lugar, los elementos aportados por el software Arena en la realización del experimento de simulación. Se llegan a medidas cuantitativas de desempeño que reafirman las suposiciones observadas por el administrador del negocio. Con la configuración actual existe un equilibrio en cuanto a la demanda y la capacidad del servicio.

No obstante, la teoría de colas, pudiera brindar otro elemento a considerar. El dueño de este servicio de ejercicio por cuenta propia, tiene una interrogante. ¿Será económicamente factible ubicar otra estación de servicio (es decir, otra computadora) para incrementar la capacidad de servicio?

En función de los datos obtenidos anteriormente, este análisis económico es fácil de determinar. Basta con comparar los valores esperados de los costos totales para ambas situaciones, es decir, mantener como hasta ahora una sola estación de servicio o incorporar otra computadora. Teniendo en cuenta que en ambos casos, el valor esperado del costo total del sistema es igual al valor esperado del costo del servicio más el valor esperado del costo de espera, es decir: $E(CT) = E(CS) + E(CE)$, donde: $E(CS) = C_s \cdot S$; y a su vez $E(CE) = C_e \cdot L$.

Realizando los cálculos correspondientes tenemos:

TABLA 2 .

Resultados de los valores esperados del costo total del sistema de servicio con una y dos estaciones

Cantidad de estaciones de servicio (computadoras)	Valor esperado del costo total del sistema $E(CT) = C_s \cdot S + C_e \cdot L$
1*	$E(CT) = 3.9 \text{ \$/hora}$
2	$E(CT) = 6.765 \text{ \$/hora}$

Como puede observarse en la Tabla 2, la variante que hace mínimo los valores esperados del costo total del sistema de servicio es mantener solo una estación de servicio, por tanto; esta medida cuantitativa derivada de este análisis, ayudó al dueño del negocio en la toma de decisiones con respecto a la cantidad de estaciones que debía tener en su sistema de servicio. Con vista a estudios futuros el modelo formulado, los resultados

y análisis derivados, se documentaron de forma adecuada para su reutilización y aplicación a problemas similares.

CONCLUSIONES

Las conclusiones que se derivan de esta investigación son las siguientes:

En este trabajo se tomó como objeto de estudio, el uso de métodos cuantitativos de la investigación de operaciones como herramienta de apoyo en la toma de decisiones en la modalidad del trabajo por cuenta propia. Particularizando en el análisis de un sistema de servicio de este sector laboral cuya actividad es denominada “Copiador y vendedor de discos”.

Los resultados obtenidos y el análisis derivado de este estudio evidenciaron como mediante el empleo de métodos cuantitativos de la investigación de operaciones se puede analizar el desempeño de estos sistemas de servicio.

El principal resultado de esta investigación es mostrar como las técnicas de la investigación de operaciones puede influir de forma positiva en el proceso de gestión y planeamiento del modelo empresarial del trabajo por cuenta propia.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Álvarez-Buylla Valle, M. (1987). *Modelos económico-matemáticos II* (Vol. I). (F. Cepero Tejera, Ed.) Ciudad de La Habana: ISPJAE.
- Atoche, W., Arevalo, E., & Valverde, R. (2014). Simulación de una línea de ensamble de bolígrafos usando teoría de colas. *12th Latin American and Caribbean Conference for Engineering and Technology*, (págs. 1-8). Guayaquil, Ecuador.
- Barreto, S. E., López, M. V., & Mariño, S. I. (2014). Problemas de colas con arena. Modelización y simulación de la llegada de clientes. *INVESTIGACION OPERATIVA*, 22(35), 186-198.
- Bautista Díaz, J. D., & Carvajal Verano, J. S. (2014). *Diseño de la estrategia operativa para la implementación de un nuevo sistema de filas para las oficinas del Banco Davivienda y de un sistema de evaluación y control de la operación de sus subdirectores y cajeros*. Tesis de Grado, Pontificia Universidad Javeriana, Facultad de Ingeniería Industrial, Bogotá, Colombia.
- Gallagher, C., & Watson, H. (2005). *Métodos cuantitativos para la toma de decisiones en Administración* (Vol. II). La Habana: Felix Varela.
- García Ruiz, R. S., Cruz Aké, S., & Venegas Martínez, F. (2014). Una medida de eficiencia de mercado. Un enfoque de teoría de la información. *Contaduría y Administración*, 59(4), 137-166.
- Grandío, F. B. (2017). *Simulación de redes de colas para la validación de sistemas de procesado en tiempo real*. UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE CATALUÑA, Escola d'Enginyeria de Telecomunicació i Aeroespacial de Castelldefels, Cataluña.
- Maldonado Salazar, F. (2015). La teoría de colas y su uso en la gestión administrativa. *Gaceta Sansana*, 6-15.
- Ministerio de Justicia. (1 de Agosto de 2017). RESOLUCIÓN No. 22/2017 del Ministerio de Trabajo y Seguridad Social. *Gaceta Oficial de la República de Cuba*.
- Ministerio de Justicia. (10 de Julio de 2018). Reglamento del ejercicio del trabajo por cuenta propia. *Gaceta Oficial de la República de Cuba*(35).
- Miranda, M. (2014). Sistemas de colas con intermisión de servicios y clientes sin tolerancia. *INVESTIGACION OPERATIVA*, 22(35), 37-55.
- Rodríguez Jáuregui, G. R., González Pérez, A. K., Hernández González, S., & Hernández Ripalda, M. D. (2017). Análisis del servicio de Urgencias aplicando teoría de líneas de espera. *Contaduría y Administración*, 62, 719-732.

Velázquez Martí, B., & Vinueza Villares, V. V. (2017). Aplicación de modelos de teorías de colas a la gestión asistencial en los centros de salud. *Enfermería Investiga, Investigación, Vinculación, Docencia y Gestión*, 2(1), 28-33.