

TEORÍA DE COLAS: APORTES A LA ADMINISTRACIÓN

QUEUING THEORY: CONTRIBUTIONS TO THE ADMINISTRATION

Cadevilla Soto, Alberto José¹ y Mora Guerrero, Amaire Josefina²

RESUMEN

Se explican los aportes básicos de la teoría de colas a la administración y la gerencia, siendo una investigación documental monográfica para ampliar la perspectiva teórica de la ciencia sobre la incidencia de las colas en las organizaciones y los márgenes de certidumbres de los decisores en los ámbitos organizacionales. Las unidades de estudio son documentos con información epistemológica y fundamento científico para la construcción de la teorización, cimiento a los aportes básicos de la teoría de colas a la administración y la gerencia. La técnica es la revisión documental, siguiendo un muestreo teórico intencional, los instrumentos son fichas bibliográficas, textuales y mixtas; procurando hacer un inventario de investigaciones que muestran particulares enfoques sobre la teoría de colas. Se establecen las categorías: eficiencia del servicio, satisfacción del consumidor/cliente, asertividad/oportunidad de la toma de decisiones, engagement de los empleados, fidelización de los usuarios, sostenibilidad de la organización. Concluye en la importancia de establecer mecanismos de gestión de las colas, que generan retrasos en la satisfacción de los clientes e incremento de los costos de la organización.

Palabras clave: modelos de sistema de cola; gestión de tiempos espera; calidad del servicio; costos de espera.

ABSTRACT

The basic contributions of queuing theory to administration and management are explained, being a monographic documentary research to broaden the theoretical perspective of science on the incidence of queues in organizations and the margins of certainty of decision makers in the areas organizational. The study units are documents with epistemological information and scientific foundation for the construction of the theory, foundation for the basic contributions of queuing theory to administration and management. The technique is documentary review, following an intentional theoretical sampling, the instruments are bibliographic, textual and mixed files; trying to make an inventory of research that shows particular approaches to queuing theory. The categories are established: service efficiency, consumer/customer satisfaction, assertiveness/timeliness of decision-making, employee engagement, user loyalty, organization sustainability. It concludes on the importance of establishing queue management mechanisms, which generate delays in customer satisfaction and increase the costs of the organization.

Keywords: queuing system models, waiting time management, quality of service, waiting costs.

JEL: O310, M140

Recibido: 20 de febrero de 2022 **Aceptado:** 20 de abril de 2022

¹ Profesor – Investigador de la Universidad Nacional Experimental de los Llanos Occidentales Ezequiel Zamora (UNELLEZ), adscrito al Programa de Ciencias Sociales y Económicas (PCSE) del Vicerrectorado de Producción Agrícola (VPA), Portuguesa – Venezuela. Investigador del Centro de Investigación y Desarrollo de la Pequeña, la Mediana y la Microempresa del Estado Carabobo (CIDPyMESMicro) de la Facultad de Ciencias Económicas y Sociales (FaCES) de la Universidad de Carabobo (UC), Carabobo – Venezuela. Adscrito a la Red de Investigadores Latinoamericanos en Administración y Gerencia (RILAYG). Dr. en Ciencias Administrativas y Gerenciales (UC). <https://orcid.org/0000-0002-5008-8245>, Correo Electrónico: albertocadevillasoto@gmail.com / cadevilla@unellez.edu.ve.

² Profesora – Investigadora de la Universidad Nacional Experimental de los Llanos Occidentales Ezequiel Zamora (UNELLEZ), adscrita al Programa de Ciencias Sociales y Económicas (PCSE) del Vicerrectorado de Producción Agrícola (VPA) Portuguesa – Venezuela. Investigadora del Centro de Investigación y Desarrollo de la Pequeña, la Mediana y la Microempresa del Estado Carabobo (CIDPyMESMicro) de la Facultad de Ciencias Económicas y Sociales (FaCES) de la Universidad de Carabobo (UC), Carabobo – Venezuela. Adscrita a la Red de Investigadores Latinoamericanos en Administración y Gerencia (RILAYG). Dra. en Ciencias Administrativas y Gerenciales (UC). <https://orcid.org/0000-0003-1988-5892>. Correo Electrónico: amairemora@gmail.com / amaire@unellez.edu.ve.

INTRODUCCIÓN

La espera para la adquisición de un bien, la obtención de un servicio, satisfacer una necesidad, cumplir con un requerimiento es una situación recurrente en la vida moderna; incluso, el acceso a la información, la llegada de correos electrónicos, la ejecución de un comando de una aplicación. De ahí la importancia de la teoría de colas para la toma de decisiones administrativas y gerenciales, en tanto mecanismo de orientación y guía de los parámetros de acción que aseguren una gestión eficaz, eficiente y efectiva de los recursos de la organización, bien de organizaciones públicas, bien de organizaciones privadas.

Se busca que los gerentes que desarrollen el proceso de atención al público, productivo, económico o de cualquier naturaleza que requiera la atención de varios (persona o cosas) al mismo tiempo implementen sistemas que ayudan a gestionar los tiempos de espera. Es común buscar reducir la espera en las líneas de montaje, en las filas de atención al público, en la prestación de un servicio, de no hacerlo la espiral de costos se incrementa; es preciso encontrar la tasa óptima de servicio que haga factible minimizarlos junto a los costos de servicio, haciendo que el costo total no impacte negativamente en los balances financieros de las organizaciones.

Los modelos de líneas de espera que se han desarrollado han resultado muy eficientes en la gestión de los sistema de colas; apuntando a la eficiencia en la satisfacción del servicio requerido por el usuario o cliente, a la eficacia en lograr esa satisfacción por el servicio recibido en el menor tiempo de espera admisible, a la efectividad por el cumplimiento de los fines organizacionales. Equilibrando ambos factores en el mayor número de usuarios posibles para salvaguardar la reputación e imagen de la organización por la gestión de sus procesos y actividades; por consiguiente, la salud económico-financiera de la organización.

La gestión de las colas resulta fundamental para la estabilidad, sostenibilidad y rentabilidad de las organizaciones. Esto se debe a que mientras mayor sea la espera de un usuario para la satisfacción de la necesidad requerida, mayor será su tiempo invertido en esa espera interminable; lo que es una pérdida del tiempo que pudo haber

empleado en la consecución de otro objetivo. Situación que es aplicable en igual medida al proceso productivo, a la reparación de máquinas, a las líneas de montaje. Todos los eventos mostrados terminan afectando la efectividad de la empresa en términos de prestigio y económicos, por la ineficiencia del proceso de servicio o productivo.

En virtud de ello, la teoría de colas es el estudio matemático de las líneas de espera; la formación de filas ocurre siempre que la demanda efectiva de un servicio excede a la oferta efectiva. Las empresas toman decisiones con relación a la cantidad de servicios/bienes de que disponen o pueden ofrecer en un momento determinado, procurando la mayor escala de satisfacción viable. Es imposible fijar con exactitud el tiempo de llegada de los clientes; tampoco, es factible precisar cuánto tiempo se empleará para facilitar el servicio o cumplir con la entrega del bien. Convirtiéndose en un problema administrativo-gerencial de difícil respuesta para un decisor, sin las herramientas formativas, las competencias requeridas y la aplicación de modelos matemáticos de líneas de espera.

Tal situación, de hecho, es costosa para las empresas por variados motivos. Si se trata de organizaciones que atienden personas, trae pérdida de clientes y de prestigio; en tanto que los clientes al esperar en filas pagan un coste en incomodidad, cansancio, hastío y tiempo. Estos costos pueden generar varios hechos: reducción del número de clientes, incremento del ausentismo laboral, bajas médicas por estrés laboral, alta rotación de trabajadores, disminución del atractivo de la empresa tanto para trabajadores como para clientes o usuarios. Si se trata de organizaciones que atienden máquinas, también trae pérdida de clientes y de prestigio, aumento de los costos de producción y los gastos de mantenimiento, porque aumenta el número de operarios, embotellamiento del proceso productivo, inoperancia de la maquinaria, reducción de las tasas de producción.

De acuerdo con Render, Stair y Hanna (2018: 593), es necesario tener en cuenta que “El estudio de líneas de espera, llamado teoría de colas, es una de las técnicas de análisis cuantitativo más antiguas y que se utilizan con mayor frecuencia.” Debido a

que, las situaciones de espera en la atención del servicio, en la línea de producción, en la respuesta a un pedido siempre ha estado presentes en la gerencia como factor decisivo en la gestión de los recursos. Asimismo, agregan Render et al (2018: 300), “Los tres componentes básicos de un proceso de colas son las llegadas, las instalaciones de servicio y la línea de espera real.”

En tal sentido, la presente investigación pretende explicar las contribuciones básicas de la teoría de colas a las ciencias administrativas y a la praxis gerencial. Se debe decir que este estudio parte de la idea de abordar elementos básicos de primer orden de dicha teoría y sus implicaciones aludiendo, en todo momento y de manera transversal, a todo tipo de organizaciones, empresas productivas y de servicio, tanto públicas como privadas, siempre desde la perspectiva administrativo-gerencial.

Debido a lo anterior, tomando en consideración el hecho que las personas nunca terminan de acostumbrarse a esperas largas e incómodas mientras hacen numerosas y extensas filas. Adicionalmente, valorando y reflexionando sobre las actuales tendencias organizacionales y de los sistemas humanos, es significativo poder gestionar de manera exitosa la reducción de los tiempos de espera y de esa manera contribuir, en alguna medida, a la generación de satisfactores en la población que contribuyan a reducir el estrés, tanto laboral como social, y, a su vez, reducir los niveles de tensión laboral.

A lo que es necesario agregar aumentar el número de clientes o usuario debido a la naciente reputación por presentar menores tiempos de espera en la prestación del servicio o satisfactor. Adicionalmente, permite reducir el ausentismo laboral, pues el ambiente se torna agradable y el clima laboral se vuelve motivador e inspirador, favoreciendo el espíritu colaborativo y de servicio. Lo que viene a contribuir a una menor rotación de los trabajadores, a la par que la empresa, organización o institución se va convirtiendo de a poco en atractiva para trabajadores y clientes o usuarios.

Uno de los factores clave de éxito –de las organizaciones, empresas e instituciones–, es el aprovechamiento del tiempo y los recursos en procura del mejoramiento continuo

y de la optimización de procesos y productos para satisfacer las necesidades de los consumidores y usuarios; lo que se traduce en una demanda sostenida para las satisfacción rápida, cuando no inmediata de las necesidades y expectativas. Es por ello que las filas generan molestias, siendo un factor de frustración que atenta contra el desarrollo sostenible, el bien común y la felicidad social.

En virtud de todas las consideraciones anteriores, la investigación que se propone busca responder a la pregunta: ¿cuáles son los aportes básicos de la teoría de colas a la administración y la gerencia? Para ello se plantea como objetivos: explica los aportes básicos de la teoría de colas a la administración y la gerencia, a partir, primero de su descripción y después de la comprensión de tales aportes.

BASES TEÓRICAS

Los modelos de líneas de espera que se han desarrollado han resultado muy eficientes en la gestión de los sistema de colas, apuntando: a la eficiencia en la satisfacción del servicio requerido por el usuario o cliente, a la eficacia en lograr esa satisfacción del servicio en el menor tiempo de espera posible, a la efectividad, equilibrando ambos factores en el mayor número de usuarios posible para salvaguardar la reputación e imagen de la organización por la gestión de sus procesos y actividades. Por consiguiente, la salud económico-financiera de la organización.

La gestión de las colas resulta fundamental para la estabilidad, sostenibilidad y rentabilidad de las organizaciones. Esto se debe a que mientras mayor sea la espera de un usuario para la satisfacción de la necesidad requerida mayor será el lapso invertido en esa espera; lo que es una pérdida de tiempo que puede emplear en la consecución de otro objetivo. Termina afectándose la efectividad y el prestigio de la empresa y a la larga en términos económicos por la ineficiencia del proceso.

El estudio de las colas proporciona tanto una base teórica del tipo de servicio que se puede esperar de un determinado recurso –tecnológico, financiero, administrativo, gerencial, comercial, cualquiera otra naturaleza–, como la forma en que dicho recurso puede ser diseñado para proporcionar un determinado grado de servicio a sus clientes.

De ahí que Cao (2002) las define como el estudio matemático del comportamiento de líneas de espera; se presentan cuando clientes llegan a un lugar demandando un servicio a un servidor, el cual tiene cierta capacidad de atención. Si el servidor no está disponible inmediatamente y el cliente decide esperar, entonces se forma en la línea de espera. Por eso, para Torres (2020) son modelos estadísticos para obtener información, como: factor de utilización del sistema, número de personas en fila, tasa de llegadas, tasa de servicio, entre otros elementos; teniendo un impacto positivo en los parámetros de estudio, disminuyen la longitud de la cola y el tiempo que el cliente espera para recibir el servicio; además, aumentó significativamente la capacidad del sistema para atender las demandas, haciendo el proceso operativo más eficiente.

En virtud de ello, la teoría de colas es el estudio matemático de las líneas de espera; la formación de filas ocurre siempre que la demanda efectiva de un servicio excede a la oferta efectiva. Las empresas toman decisiones con relación a la cantidad de servicios/bienes de que disponen o pueden ofrecer en un momento determinado, procurando la mayor escala de satisfacción viable. Es imposible fijar con exactitud el tiempo de llegada de los clientes; tampoco, es factible precisar cuánto tiempo se empleará para facilitar el servicio o cumplir con la entrega del bien. Convirtiéndose en un problema administrativo-gerencial de difícil respuesta para un decisor, sin las herramientas formativas y las competencias requeridas.

En esa línea Carro y González (2015: 1) explican que “Las líneas de espera se forman a causa de un desequilibrio temporal ente la demanda de un servicio y la capacidad del sistema para suministrarlo.” Teniendo siempre que un cliente puede ser un ser vivo o un ser inanimado, caso de personas, objetos, maquinarias para su mantenimiento, mercancías para ser dispuestas en contenedores que deben ser embarcados y movilizados o mercancías que deben estar dispuestas para cubrir los inventarios de las empresas; su atención debe ser rápida y eficiente para evitar las colas o líneas de espera.

Debido a que, tal situación es costosa para la empresa, trae pérdida de prestigio y de clientes; los clientes al esperar pagan un coste en incomodidad, cansancio, hastío y

tiempo. Estos costos pueden generar varios hechos: reducción del número de clientes, incremento del ausentismo laboral, bajas médicas por estrés laboral, alta rotación de trabajadores, disminución del atractivo de la empresa tanto para trabajadores como para clientes. En tal sentido, para Moskowitz y Wright (1993) los objetivos de la teoría de colas consisten en: primero, identificar el nivel óptimo de capacidad del sistema que minimiza su coste global; segundo, evaluar el impacto que las posibles alternativas de modificación de la capacidad del sistema tendrían en el coste total del mismo; tercero, establecer un balance equilibrado, es decir óptimo, entre las consideraciones cuantitativas de costes y las cualitativas de servicio; cuarto, hay que prestar atención al tiempo de permanencia en el sistema o en la cola: la paciencia de los clientes depende del tipo de servicio específico considerado y eso puede hacer que un cliente abandone el sistema.

De ahí que, Domínguez, Domínguez y Torres (2016) expliquen que todos los modelos o sistemas que devienen de la teoría de colas o de líneas de espera tienen esencialmente dos propósitos: por un lado, buscan disminuir los tiempos de espera de los usuarios y de la organización, lo que repercute en la reducción de costos operativos y funcionales de la propia empresa y el consiguiente ahorro de recursos. Por otro lado, estos modelos, apuntan a la, de acuerdo con Serra (2002: 124), “minimización de los costes totales de funcionamiento del sistema”, lo cual redundaría en la efectividad de funcionamiento y operatividad de la organización.

Empero se debe considerar que ambos propósitos son contradictorios, conflictivos y hasta paradójicos. Para García y Grupo ROGLE (2016) la complicación deviene de la necesidad de incremento de recursos (operarios, taquillas, personal, entre otros) que significa disminuir los tiempos de espera, lo que se traduce, a su vez, en más costos globales de producción. En otras palabras, las incertidumbres asociadas a la inversión recurrente se hacen presentes, además de la incidencia que pueden tener en la eficiencia o ineficiencia del servicio prestado. Adicionalmente, enfatiza Torres (2020), cuando las líneas de espera están formadas por personas se hace en extremo difícil determinar los tiempos de espera; por la volubilidad y variabilidad de las personas en sus procesos de toma de decisiones.

Carro y González (2015) revelan que se pueden utilizar sistemas de colas para modelar procesos en los cuales los clientes van llegando, esperan su turno para recibir el servicio, reciben el servicio y luego se marchan. Es por ello que afirman que los sistemas de colas pueden definirse mediante cinco componentes: uno, la función de densidad de probabilidad del tiempo entre llegadas; dos, la función de densidad de probabilidad del tiempo de servicio; tres, el número de servidores; cuatro, la disciplina de ordenamiento en las colas; cinco, el tamaño máximo de las colas.

METODOLOGÍA

Es una investigación documental monográfica de naturaleza científica; se aspira hacer una revisión amplia y profunda de la literatura existente y a partir de ahí ampliar la comprensión sobre los aportes a la teoría de cola a la administración y gerencia a objeto de mejorar la eficiencia de los procesos, ampliando las certidumbres de los decisores en los diferentes niveles organizacionales. La reflexión crítica sobre los contenidos revisados, el análisis de la documentación recabada, la valoración del soporte teórico recaudado posibilita la construcción de una teorización propia, que apunta al desarrollo de nuevos aportes de la teoría de colas a la administración y la gerencia. Se debe a la necesidad de ampliar las perspectivas de acción, gestión, decisión de administradores y gerentes ante la multiplicación de las situaciones de espera, demora en la entrada a las líneas de producción, de atención del servicio; debido a que, las decisiones sobre el manejo y gestión de las líneas de espera producen grandes debates en las organizaciones, pues la relación costo/beneficio de las filas influye sobre los rendimientos, la productividad y competitividad empresarial.

En ese sentido, es una investigación documental monográfica. Para Arias (2012: 30), conlleva “el desarrollo amplio y profundo de un tema específico.” En ese orden, es una monografía de investigación de naturaleza científica. Señala Corona (2015: 66) su interés “es revelar, demostrar y argumentar con evidencia lógica y razonable la realidad científica de un hecho, a través de otros hallazgos relacionados con la temática estudiada.” Se trata de demostrar la incidencia e influjo de las filas en la dinámica organizacional, los costos añadidos que se generan asociados a los inconvenientes

que engendran, que entorpecen la marcha productiva, el desempeño eficiente de las personas y el cumplimiento de los fines organizacionales. A juicio de Corona (2015: 66) “la integración, organización y evaluación de la información teórica y empírica existente sobre un problema, [permite] explicar argumentos novedosos que aún no se han abordado en lo anterior y sustente teorías o refutar las ya existentes.”

Es una investigación de tipo explicativo. El propósito de esta investigación es generar una teorización básica sobre la teoría de colas desde la perspectiva de la administración como ciencia y de la gerencia como praxis que enriquezca el conocimiento necesario para facilitar el proceso de toma de decisiones que asegure la gestión eficiente de los procesos productivos, administrativos, comerciales y humanos. La idea fuerza es comprender, entender y aprehender la dinámica operacional de las líneas de espera y a partir de ahí generar una explicación que facilite la comprensión del proceso. Al mismo tiempo, allane la formación gerencial de administradores y gerentes en aspectos matemáticos, administrativos y gerenciales de amplia influencia en la superación de los cuellos de botella de las colas con la mayor eficacia, eficiencia y, por ende, efectividad.

El desarrollo de la teorización propuesta en esta investigación se realiza en tres etapas: primera, describir los aportes de la teoría de colas, se hace una indagación en los documentos que analizan la materia y a partir de ahí se genera una categorización de los aspectos más resaltantes y que permitan una develación de los elementos que conforman tales categorías; segunda, persigue comprender los aportes de la teoría de colas a la administración y la gerencia; el desarrollo y fundamentación de las categorías develadas posibilita darles contenido, como categorías decisivas en el proceso de toma de decisiones gerenciales; tercera, explicar los aportes básicos de la teoría de colas a la administración y la gerencia, develados y comprendidos los aportes es momento de explicarlos y ejemplificarlos; de manera de hacerlos factibles y palpables dentro de las ciencias administrativas y gerenciales.

Las unidades de estudio son los documentos contentivos de información epistemológica y aportaciones con fundamentación científica que permiten la

construcción de la teorización. En la investigación documental monográfica las fuentes de información serán secundarias, para Tancara (1993: 102) “emite información de referencia, es decir, remite a otra fuente de información”. Los documentos que brindan información sobre las colas como fenómeno gerencial que debe ser administrado y gestionado, son las fuentes de información, allende de su pertinencia por ser obras de investigaciones científicas o de recopilación académica que muestran particulares perspectivas, enfoques o visiones sobre la teoría de colas.

Lo anterior califica como el criterio de inclusión de las fuentes de información; tal criterio trae a colación la necesidad de un muestreo no probabilístico intencional, es imposible abarcar todos los documentos que han tratado o tratan el objeto de interés y su número es indeterminado. El muestreo no probabilístico intencional ofrece la oportunidad de agrupar, categorizar y separar la información a partir de su tratamiento; siendo el criterio de pertinencia, los documentos que enlazan el fenómeno con las ciencias administrativas y gerenciales. Se emplea la revisión documental como técnica de recolección, la Figura 1 detalla el proceso.

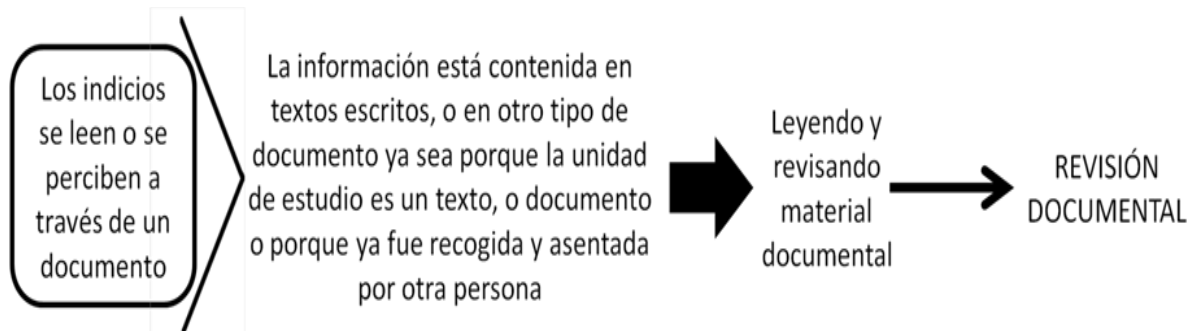


Figura 1 Técnica de la revisión documental

Fuente: Adaptación Hurtado (2010, p.772).

Los instrumentos con los que se cuenta para la realización de la investigación son fichas de diversa índole: fichas bibliográficas, fichas textuales y fichas mixtas; en estas, plantea Sabino (2014: 187) se conjugan “información textual y de libre creación del investigador”. La validez de las fichas viene dada por la rigurosidad, pertinencia, pulcritud y claridad en su elaboración; adicionalmente, solo registran y condensan

información, no se emplean para la evaluación de contenidos. Con respecto a la validez y confiabilidad de las fichas mixtas, Rizo (2015: 30) manifiesta que “es la manera de imprimirle posteriormente un orden y una coherencia interna al pensamiento propio”; asegurando la certidumbre de la información, así como la ordenación de las ideas para su inscripción en las categorías que orientan el desarrollo de la investigación.

En ese sentido, la reflexión crítica sobre los contenidos revisados, el análisis de la documentación recabada, la valoración del soporte teórico recaudado posibilita la construcción de una teorización propia, con una perspectiva particular, que apunta al desarrollo de nuevos aportes básicos de la teoría de colas a la administración y la gerencia. Ello se debe, en gran parte, a la necesidad de ampliar las perspectivas y opciones de acción, de gestión, de decisión de los administradores, de los gerentes y de los tomadores de decisiones a la hora de enfrentar esta problemática tan compleja y con profundas repercusiones en la rentabilidad, estabilidad y sostenibilidad de las organizaciones. Más cuando las sociedad humanas se complejizan cada vez más y son más las situaciones que generan espera, contratiempo, demora en su arribo o entrada bien a las líneas de producción, bien a las líneas de respuesta, bien a la atención del servicio.

RESULTADOS

La valoración de las fichas bibliográficas permite establecer los resultados que se detallan en la Tabla 1. Se muestra al autor o autores del documento, su año de publicación y título.

Tabla 1 Documentos sobre teoría de colas referenciados

N°	Autor o Autores	Año	Título
1	Torres, L.	2020	Aplicación de la teoría de colas en una central de servicios asistenciales para minimizar el tiempo de espera de los clientes en línea
2	Contento, M.	2019	Estadística con aplicaciones R
3	Bereiker	2018	Automatización del ensamblaje de 50 modelos diferentes de motores
4	García, Ch. y Oscar, A.	2018	Teoría de redes
5	López, E. y Joa, L.	2018	Teoría de colas aplicada al estudio del sistema de

Teoría de colas: aportes a la administración.

N°	Autor o Autores	Año	Título
			servicio de una farmacia
6	Render, B., Stair, R. y Hanna, M.	2018	Métodos cuantitativos para los negocios
7	Santiago, H.	2017	Teoría de colas o de líneas de espera
8	Vallejos, Y., Alfonso, P. y Mariño, S.	2017	Teoría de colas. Propuesta de un simulador didáctico
9	Arista, J.	2016	Aplicación de la teoría de colas al problema de atención al cliente para la optimización del número cajeros en ventanillas en la organización BCP
10	Campos, L.	2016	Investigación de operaciones Teoría de colas
11	García, J. y Grupo ROGLE	2016	Aplicando teoría de colas en dirección de operaciones. Departamento
12	Ingeniería de Sistemas	2016	Provisión de QoS - CCNA1 V5 - CISCO C1
13	Carro, R. y González, D.	2015	Administración de operaciones
14	Gestión de Operaciones	2015	Simulación de una Línea de Espera M/M/1 (Teoría de Colas) en Excel
15	Carro, R.	2014	Investigación de operaciones en administración
16	Villalobos, J.	2014	Fenómenos de espera: experiencia
17	Jaime, J.	2013	Teoría de líneas de espera en el sector avícola para el diseño de muelles de despacho
18	Peraza, F.	2013	Introducción a la teoría de colas y su simulación
19	Taha, H.	2012	Investigación de operaciones
20	Anderson, D., Sweeney, D., Williams, T., Camm, J. y Kipp, M.	2011	Métodos cuantitativos para los negocios
21	Caba, N., Chamorro, O. y Fontalvo, T.	2011	Toma de decisiones a través de la investigación de operaciones
22	Hieller, F. y Lieberman, G.	2010	Introducción a la investigación de operaciones
23	De La Fuente, D. y Pino, R.	2007	Teoría de las líneas de espera. Modelos de cola
24	Gómez, F.	2008	Aplicación de teoría de colas en una entidad financiera: herramienta para el mejoramiento de los procesos de atención al cliente
25	Equipo Vértice	2007	Dirección de operaciones
26	Marrero, F., Asencio, J., Abreu, R., Orozco, R. y Granela, H.	2006	Herramientas para la toma de decisiones: la teoría de colas
27	Quesada, V. y Vergara, J.	2006	Análisis cuantitativo en WINQSE
28	Fonollosa, J., Sallán, J. y Suñe, A.	2005	Métodos cuantitativos de organización industrial II
29	Winston, W.	2005	Investigación de operaciones. Aplicaciones y algoritmos. Volumen II
30	Edelman, A.	2004	De colas y esperas, mitos y verdades
31	Leandro, G.	2004	Líneas de espera: teoría de colas. Curso métodos cuantitativos
32	Martínez, M.	2004	Teoría de colas
33	Vega, J.	2004	Diseño e implementación de una herramienta para la enseñanza y el aprendizaje de la teoría de cola
34	Zaragoza, A.	2004	Teoría de cola
35	Cao, R.	2002	Introducción a la simulación y a la teoría de colas
36	Rodríguez, R. y Gámez, A.	2002	Investigación operativa. Teoría, ejercicio y práctica con ordenadores

N°	Autor o Autores	Año	Título
37	Serra, D.	2002	Métodos cuantitativos para la toma de decisiones (con aplicaciones en el ámbito sanitario)
38	Gross, D. y Harris, C.	2001	Métodos cuantitativos de organización industrial
39	Rincón, L.	2001	Investigación de operaciones para ingenierías y administración de empresas
40	Sarabia, Á.	1996	La investigación operativa
41	Moskowitz, H. y Wright, G.	1993	Investigación de operaciones

Fuente: Elaboración propia (2022).

Se ficharon, revisaron y analizaron cuarenta y un (41) documentos que tenían como objeto un tratamiento administrativo – gerencial de la teoría de colas y las posibles líneas de acción para su manejo y gestión. A partir de los planteamientos encontrados en estos documentos emergieron un conjunto de categorías que permitieron agrupar y codificar la información encontrada en los documentos; tales categorías se muestran en la Tabla 2.

Tabla 2 Categorías emergentes

Categoría	Documento	Cita
Eficiencia del servicio	Todos los revisados	El estudio de las colas es importante porque proporciona tanto una base teórica del tipo de servicio que podemos esperar de un determinado recurso, como la forma en la cual dicho recurso puede ser diseñado para proporcionar un determinado grado de servicio a sus clientes. (Santiago, 2017, párr. 3).
Satisfacción del consumidor o cliente	Todos los revisados	La satisfacción en el servicio es la clave para que las organizaciones puedan posicionarse en el mercado ya que actúa como un diferenciador ante la competencia y aumenta probabilidad en que más consumidores nuevos quieran adquirir el servicio y los existentes regresen. (Torres, 2020, p. 21).
Asertividad y oportunidad de la toma de decisiones	Todos los revisados	Se trata de La planificación de la capacidad [que] está relacionada con las decisiones que afectan los niveles apropiados de centros, equipos y personal para atender una determinada demanda. (...)En general, el objetivo es la maximización de la utilización de recursos de equipos de capital o la minimización de las ineficiencias y atrasos en la prestación de servicios (Serra, 2002, p. 19).
Engagement o compromiso de los empleados	Torres; López y Joa; Render, Stair y Hanna; Arista; Carro; Taha; Anderson, Sweeney, Williams, Camm y Kipp;	Resulta de vital importancia que tanto los que estudian el mercado, como todas las personas que trabajan en una empresa u organización, conozcan cuáles son los beneficios de lograr la

Categoría	Documento	Cita
	Equipo Vértice; Marrero, Asencio, Abreu, Orozco y Granela; Serra; Rincón.	satisfacción del cliente, cómo definirla, cuáles son los niveles de satisfacción, cómo se forman las expectativas en los clientes y en qué consiste el rendimiento percibido, para que de esa manera, estén mejor capacitadas para coadyuvar activamente con todas las tareas que apuntan a lograr la tan anhelada satisfacción del cliente. (Arista, 2016, p. 1).
Fidelización de los usuarios	Torres; Bereiker; García y Oscar; López y Joa; Render, Stair y Hanna; Santiago; Vallejos, Alfonzo y Mariño; Arista; Campos; Carro y González; Carro; Villalobos; Jaime; Anderson, Sweeney, Williams, Camm y Kipp; Taha; Caba, Chamorro y Fontalvo; De La Fuente y Pino; Equipo Vértice; Marrero, Asencio, Abreu, Orozco y Granela; Fonollosa, Sallán y Suñe; Leandro; Martínez; Vega; Zaragoza; Rodríguez y Gámez; Cao; Serra; Gross y Harris; Moskowitz y Wright; Sarabia; Rincón	El desempeño general de un negocio se explica en parte por el comportamiento de sus clientes, en tanto sean leales y generen recomendaciones positivas. Este comportamiento está relacionado con el nivel de satisfacción demostrado por los clientes respecto a los productos y servicios adquiridos. Está (...) comprobado que la satisfacción de clientes, como evaluación más genérica de la calidad, depende de la diferencia entre la percepción que forman los clientes acerca del desempeño operativo y las expectativas iniciales respecto al mismo desempeño. Esta percepción es afectada típicamente por el funcionamiento o desempeño efectivo del producto o servicio en cuestión, y por el proceso por medio del cual dicho bien haya sido adquirido, consumido, y experimentado. (Edelman, 2004, p. 54).
Sostenibilidad de la organización	Todos los revisados	El modelo (...) [debe permitir] evaluar estas dos variables de forma que los clientes esperen un tiempo prudencial sin que la empresa sacrifique eficiencia en la utilización de sus recursos. (Gómez, 2008, p. 60). Una de las metas del análisis de colas es encontrar el mejor nivel de servicio para una organización. (...) Los gerentes deben manejar el equilibrio entre el costo de dar un buen servicio y el costo del tiempo de espera del cliente. Esto último podría ser difícil de cuantificar. (Render et al., 2018, p. 500).

Fuente: Elaboración propia (2022).

DISCUSIÓN DE RESULTADOS

A partir de las fichas mixtas se pueden establecer disertaciones que ayudan al proceso de teorización. En tal sentido, explicar los aportes básicos de la teoría de colas a la administración y la gerencia inicia con la consideración que uno de los mayores dilemas de la economía es satisfacer necesidades infinitas con recursos escasos, por ello es inevitable que vaya a presentarse la espera, por varias razones: los primeros en

llegar accederán primero a los recursos, la llegada de demandantes es continua lo que incrementa la presión sobre los recursos. El estudio de las líneas de espera proporciona tanto una base teórica del tipo de servicio que se puede esperar de un recurso –tecnológico, financiero, administrativo, gerencial, comercial–, como la forma en que dicho recurso puede ser diseñado para proporcionar un servicio a los clientes. Así, los elementos de las colas son: uno, lugar, instalaciones de servicio, líneas telefónicas y talleres de reparación. Dos, llegadas, el número de clientes que llegan a las instalaciones de servicio para solicitarlo, adquirirlo, usarlo o servirse. Tres, tasa de servicio, capacidad de servicio que tiene la organización.

Continuando con la explicación, se puede decir que los sistemas de colas son modelos que pueden representar cualquier sistema en donde los trabajos, usuarios, demandantes o clientes llegan buscando un servicio y salen después que dicho servicio haya sido realizado, la atención haya sido prestada o la necesidad haya sido satisfecha. Se pueden modelar los sistemas de éste tipo bien como colas sencillas, bien como un sistema de colas interconectadas –red de colas–. No obstante, los modelos de teorías de cola que se diseñen deben tomar en cuenta el efecto que produce la conducta humana en el comportamiento del sistema; debido a que, se pueden presentar los siguientes casos: uno, un cliente puede cambiarse de una línea de espera a otra pensando que reducirá su tiempo de espera; dos, unos clientes pueden evitar formar una línea de espera al presumir anticipadamente una demora apreciable en la línea de espera; tres, unos usuarios pueden renunciar o dejar de esperar luego de estar un tiempo en la fila pensando que ha pasado mucho tiempo o la espera es aún mayor.

Se agrega la disciplina de cola, que indica el orden según el cual los clientes van siendo atendidos; existen varias modalidades, las cuales dependen del tipo de bien o de servicio que facilite la organización. Así se tiene que: los supermercados utilizan el método de servir primero al cliente que ha llegado antes a la caja o servicio de cobro, las salas de emergencia de los hospitales emplea el criterio de atender al paciente que tiene comprometida su vida en lo inmediato, una fotocopidora puede atender primero al que tenga menor trabajo, esto es: entra primero el que tenga que hacer menos

fotocopias.

Render, Stair y Hanna (2018: 502) desarrollan la explicación al establecer que la disciplina de la cola se relaciona con “regla con la cual los clientes que están en la línea van a recibir el servicio.” Así, se cuenta como varias disciplinas, a saber:

Primeras entradas, primeras salidas (PEPS), también llamada FIFO (*first in first out*, por sus siglas en inglés), que adicionalmente puede ser denominada FCFS (*first come first served*, por sus siglas del inglés y traducen: primero en llegar, primero en ser servido); lo cual deviene del tipo de organización de la cola.

Últimas entradas, primeras salidas (UEPS), conocida como LIFO (*last in first out*, por sus siglas en inglés), también conocida como LCFS (*last come first served*, por sus siglas del inglés, que traducen último en llegar, primero en ser atendido). Esta disciplina procura atender primero al cliente que ha llegado el último; lo cual es consecuencia del tipo de organización que permite el surgimiento de la cola, propia de los inventarios de productos perecederos, de larga duración o de caducidad prolongada.

Selección aleatoria de servicio (SAS), que además recibe el nombre de (RSS) (*random selection of service*, por sus siglas en inglés). A esta disciplina también se le llama SIRO (*service in random order*, por sus siglas del inglés, que significan servicio en orden aleatorio), implica la selección del o de los clientes que son y serán atendidos de forma aleatoria; esta también es producto del tipo de organización por la cual se origina la cola. En la Figura 2 se muestran en conjunto los diferentes tipos de disciplina en las colas.

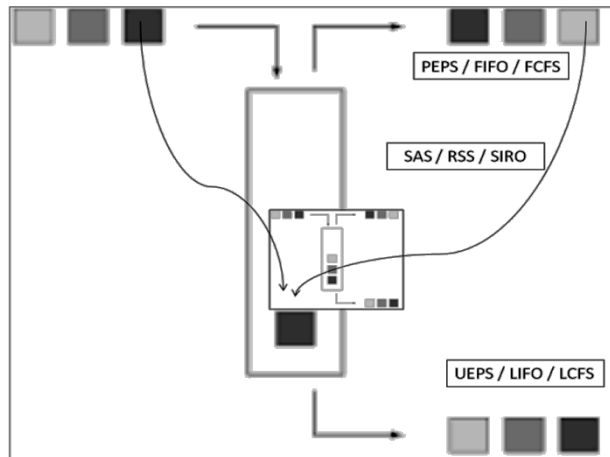


Figura 2 Disciplina en las colas

Fuente: Render, Stair y Hanna (2018, p.502).

Otro elemento que cabe mencionar, refiere Taha (2017), es el comportamiento de los usuarios, clientes o demandantes en las colas; debido a que,

Los clientes pueden cambiarse de una cola más larga a una más corta para reducir el tiempo de espera, pueden desistir del todo de hacer cola debido a la larga tardanza anticipada, o salirse de una cola porque han estado esperando demasiado. (p.595).

Esto hace pensar en los costos asociados a las colas, para Anderson y otros (2013), se tiene que existen: primero, costo de espera, debido a que esperar significa desperdicio de algún recurso activo que bien se podría aprovechar en otra cosa. Segundo, costo de servicio, asociado a la compra de las instalaciones de servicio, así como los gastos de ponerlas en uso, caso de gastos de mantenimiento y personal. Tercero, sistema de costo mínimo o costos totales del sistema de servicio.

Hay que tomar en cuenta que tasas bajas de servicio normalmente darán lugar a largas colas y costos de espera muy altos. Conforme aumenta el servicio disminuyen los costos de espera, pero aumenta el costo de servicio; entonces, el propósito es encontrar el balance adecuado para que el costo total sea el mínimo. Se obtiene de la suma de los dos costos anteriores –de espera y de servicio–, el resultado es una función de costos totales del sistema en función de su capacidad.

En razón de tales componentes se hace imprescindible precisar que, arguyen

Rodríguez y Gámez (2002: 164), “La densidad de probabilidad del tiempo entre llegadas describe el intervalo de tiempo entre llegadas consecutivas.” En otras palabras, mediante un proceso de observación se registra la llegada de cada cliente a la organización, entre cada anotación se debe indicar la hora de arribo para establecer su ocurrencia y, a partir de ahí, establecer la intermitencia de llegada de cada usuario. Lo mismo debe hacerse con la salida de los clientes demandantes de los servicios de la organización, para medir la eficacia, eficiencia y efectividad del servicio o atención prestada o del bien producido. Tal como se muestra en la Figura 3.

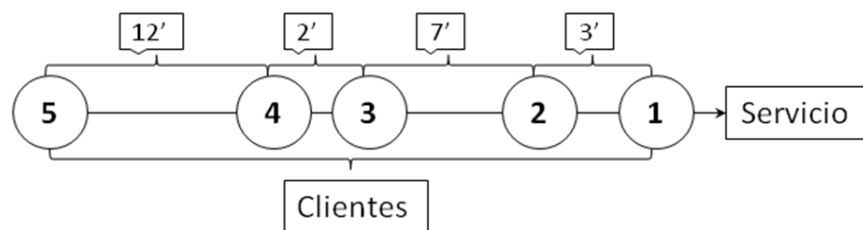


Figura 3 Esquema de densidad de tiempo de llegada

Fuente: Elaboración propia (2022).

La función de densidad de probabilidad del tiempo empleado en prestar servicio se explica porque cada cliente requiere cierta cantidad de tiempo, el que precise el servidor para realizarlo. Así, el tiempo de servicio requerido por cada cliente es tiempo de trabajo activo para el servidor y varía entre un cliente y otro, las necesidades del cliente varían y dependen de sus circunstancias y contextos. Ejemplo: en la caja de un supermercado un cliente puede presentar un carro lleno de artículos y el próximo traer únicamente una lata de refresco, los tiempos de servicio varían notablemente entre un cliente y otro en función del número de artículos. Se detalla en la Figura 4.

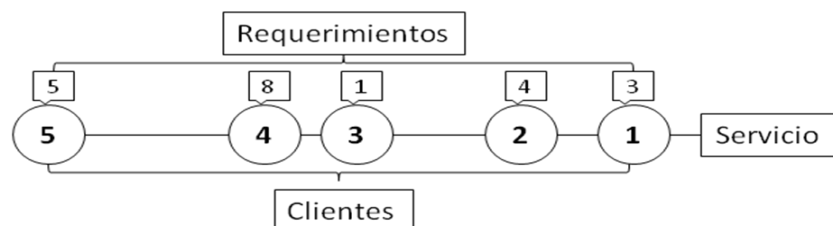


Figura 4 Esquema de densidad de tiempo de servicio

Fuente: Elaboración propia (2022).

El número de servidores es otro elemento a considerar para propender a la efectividad de la gestión de las colas y se explica a través de los ejemplos siguientes: muchos bancos tienen una sola cola larga para todos sus clientes y cada vez que uno de los cajeros se libera el cliente que se encuentra primero en la cola se dirige a la caja que ha quedado libre; a este sistema se le denomina sistema de cola multiservidor. En otros bancos cada cajero tiene su propia cola; en este caso se tiene un conjunto de colas independientes de un solo servidor. Se visualizan en la Figura 5.

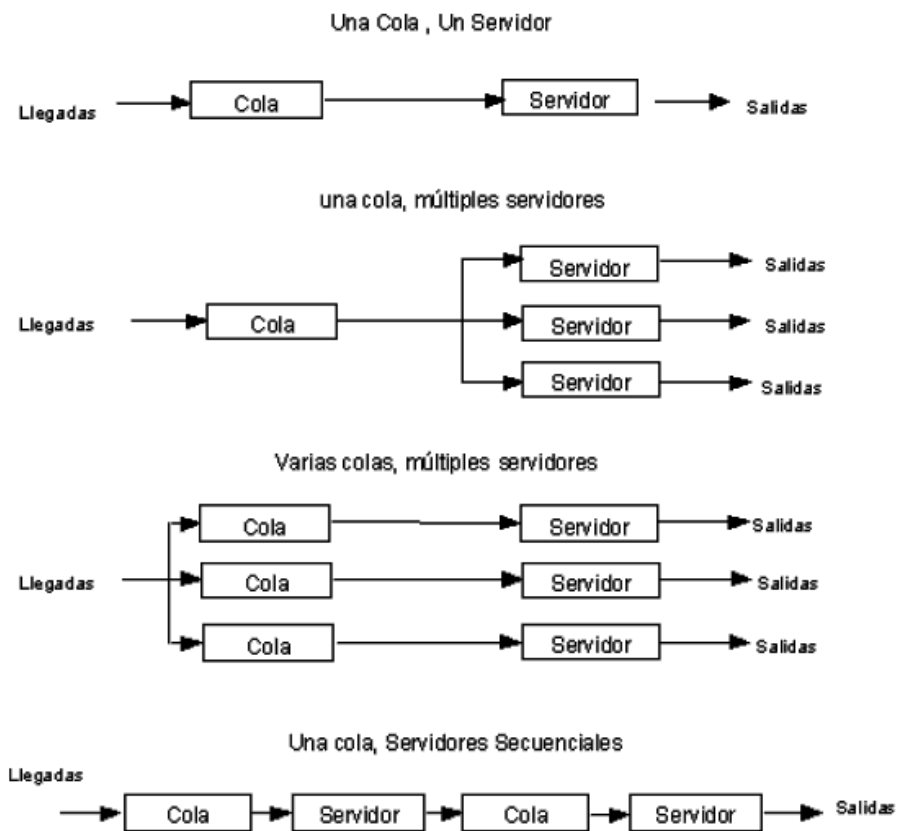
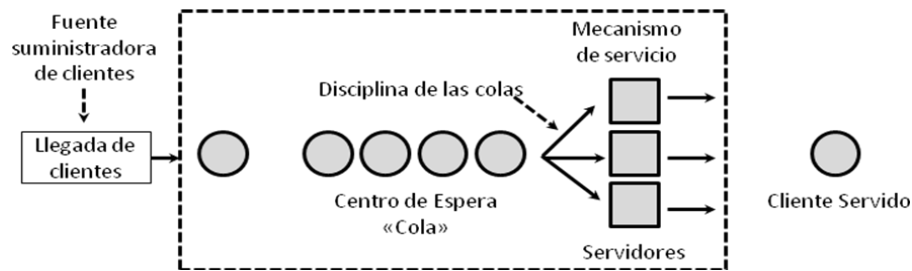


Figura 5 Tipos de colas con número de estaciones

Fuente: Adaptación de Caba, Chamorro y Fontalvo (2011, p.109).

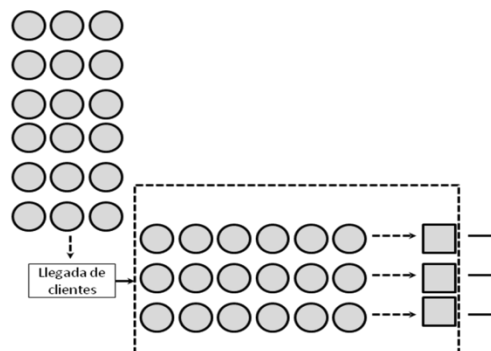
En términos de la eficiencia del servicio, la satisfacción del cliente, la fidelización de los usuarios y la sostenibilidad de la organización es fundamental valorar el mecanismo de servicio en la gestión de las colas; este es entendido, aseguran Hieller y Lieberman (2021: 710), como “El tiempo que transcurre desde el inicio del servicio para un cliente hasta su terminación en una estación”; se refleja en la Figura 6.



Fuente: Adaptación de Villalobos (2014, párr.3).

Figura 6 Mecanismo de servicio de las colas

Para finalizar la explicación que da cuerpo a la teorización es necesario mencionar la capacidad de la cola, según Santiago (2017: párr. 24), remite “Es el máximo número de clientes que pueden estar haciendo cola (antes de comenzar a ser servidos).” Ello se debe, fundamentalmente, a que los espacios, instalaciones, unidades estructurales o los lugares que se tengan previstos para que alberguen las colas tienen una capacidad de alojamiento finita o limitada. Esto influye decisivamente en el tamaño de las colas, pudiéndose tomar varias acciones: una, limitar la entrada al recinto; dos, establecer cuotas de recepción; tres, priorizar la admisión para la recepción de clientes o usuarios. De ahí que se tiende a ver las colas en el mundo real como finitas, situación frecuente, común e, incluso, obligatoria en la atención al público en recintos cerrados durante la pandemia de Covid-19. Se reseña en la Figura 7.



Fuente: Elaboración propia (2022).

Figura 7 Capacidad de las colas

Otro factor lo apunta Sarabia (1996) al indicar que cuando la cola se compone de objetos inanimados que esperan algún tipo de procesamiento, el problema es básicamente económico, cuánto equipo hay que comprar y otras preguntas similares;

en cambio, cuando la cola está formada por personas que esperan un servicio, el problema tiene aspectos psicológicos además de los económicos, que son bastante difíciles de cuantificar. Asimismo, se habla que para las líneas de espera que están formadas por seres humanos las rigen las Leyes de Harper:

Primera Ley: No importa en qué cola se sitúe: La otra siempre avanzará más rápido.

Segunda Ley: Y si se cambia de cola, aquella en la que estaba al principio empezará a ir más deprisa.

CONCLUSIONES

Al describir los aportes básicos de la teoría de colas se entiende la necesidad de establecer mecanismos de gestión de las líneas de espera, que generan retrasos en la satisfacción de las necesidades de los clientes, cumplir con los requerimientos de los demandantes y atender a los usuarios. Estas situaciones van generando costos económicos, financieros, humanos, reputacionales que terminan afectando la estabilidad y sostenibilidad de las organizaciones en el mediano y largo plazo. Adicionalmente, las colas son situaciones que, dependiendo del área o ámbito donde ocurran, pueden distorsionar, entorpecer e, incluso, detener el proceso productivo; pues, la espera por componentes, partes o recursos para la continuidad de la marcha productiva detiene y ralentiza el proceso generando pérdidas tangibles e intangibles, que pueden llegar a ser incalculables por su impacto presente y futuro.

En ese sentido, comprender los aportes básicos de la teoría de colas a la administración y la gerencia pasa por asumir la importancia de evitar los cuellos de botella que son las colas o líneas de espera interminables, en todo caso, reducir al mínimo su existencia. El éxito de una empresa depende del servicio que brinda al cliente, de ahí que sea muy importante el tiempo que se demora la persona en realizar una operación dentro de ésta y, en tal sentido, debe ser el más corto posible, sin que ello implique no realizar a cabalidad la actividad o sin que este no le engendre satisfacción al cliente. Pero, al mismo tiempo, debe implicar rapidez y efectividad para la organización de modo de garantizar rentabilidad y continuidad de uso. Por eso, es

imprescindible que los modelos de colas ayuden a encontrar el balance entre rapidez, solución y rentabilidad.

Explicar los aportes básicos de la teoría de colas a la administración y la gerencia da la posibilidad de establecer que los modelos de líneas de espera son útiles para determinar cómo operar un sistema de colas de la manera más efectiva, eficaz y eficiente posible. Además, estos modelos permiten determinar si proporcionar demasiada capacidad de servicios para operar el sistema implica costos excesivos sin generar problemas; pues, no contar con suficiente capacidad de servicio puede incrementar la espera, el tiempo perdido del cliente, el prestigio de la empresa, a los clientes mismos. Por eso se puede afirmar que los modelos permiten encontrar un balance adecuado entre el costo de servicio y la cantidad de espera que debe presentar una organización para garantizar rentabilidad y eficiencia.

La teoría de colas es una gran ayuda para la toma de decisiones administrativas, el tener muchos clientes esperando en cola algún servicio, por largo tiempo, tiende a hacer que esos clientes se pierdan o decepcionen de la organización. De ahí, que al plantear los modelos de colas se puede analizar de forma precisa el rendimiento del sistema. La teoría de las colas no resuelve el problema de los tiempos de espera que se pueden generar en una organización cualquiera; pero, contribuye con la información que se requiere para tomar las decisiones concernientes, prediciendo algunas características sobre la línea de espera: probabilidad que se formen y el tiempo de espera promedio, por mencionar sólo dos características.

Si se emplea el concepto de clientes internos en la organización de la empresa, asociándolo a la teoría de las colas, existe un acercamiento al modelo de organización empresarial o filosofía justo a tiempo, en la que se trata de minimizar el costo asociado a la ociosidad de recursos en la cadena productiva. La teoría de colas es preciso que se convierta en elemento decisivo en los procesos de toma de decisiones óptimas. No basta con conseguir información sobre el comportamiento del sistema de colas, sino hacer que esa información recabada y analizada sea una herramienta decisional. Existen casos en donde la población potencial del sistema es finita, la cola de la

disciplina no es PEPS o FIFO la tasa de servicio depende de las personas en la cola y las distribuciones de las llegadas no tienen una probabilidad de ocurrencia en un periodo establecido; en estos casos los modelos tienden a ser incompatibles. De ahí, la necesidad de ampliar los parámetros de estudio que contemplen elementos de tipo subjetivo y cualitativo, mejorando su utilidad para la toma de decisiones gerenciales.

Allí es donde son fundamentales las categorías: eficiencia del servicio, la satisfacción del cliente, la asertividad de la toma de decisiones, el compromiso de los empleados, la fidelización de los usuarios y la sostenibilidad de la organización; porque orientan al gerente y facilitan la toma de decisiones. Reconocer que son parámetros concomitantes que deben perseguirse en conjunto para asegurar la rentabilidad de la organización. Además, facilitan que la organización pueda gestionar rápidamente los cuellos de botellas y corregir problemas asociados a las esperas recurrentes, tanto en los empleados como en los clientes, pasando por la propia organización en su conjunto.

REFERENCIAS

Anderson, D., Sweeney, D., Williams, T., Camm, J. y Kipp, M. (2013). *Quantitative methods for business*. 12ma. Ed. 11va. Ed. Cengage Learning. United States of America.

Arias, F. (2012). *El Proyecto de investigación. Introducción a la metodología científica*. 6ta. Ed. Episteme. Caracas.

Bereiker. (2018). *Automatización del ensamblaje de 50 modelos diferentes de motores*. En: <https://www.bereiker.com/es/linea-de-ensamblaje-de-motores/>. [Consulta: Mayo, 20 de 2021].

Caba, N., Chamorro, O. y Fontalvo, T. (2011). *Toma de decisiones a través de la investigación de operaciones*. En: <https://1library.co/document/nq740ddq-villalobos-oswaldo-chamorro-altahona-tomas-jose-fontalvo-herrera.html>. [Consulta: Abril, 13 de 2021].

Campos, L. (2016). *Investigación de operaciones Teoría de colas*. En: https://www.slideshare.net/laura_campos07/teoria-de-colasmodelommc?from_action=save. [Consulta: Mayo, 19 de 2021].

Cao, R. (2002). *Introducción a la simulación y a la teoría de colas*. Netbiblo, S.L. La Coruña.

- Carro, R. (2014). Investigación de operaciones en administración. Universidad de Mar de Plata. Argentina.
- Carro, R. y González, D. (2015). Administración de las operaciones. Universidad Nacional de Mar del Plata – Facultad de Ciencias Económicas y Sociales. Mar del Plata.
- Contento, M. (2019). Estadística con aplicaciones en R. Utadeo. Santa Fe de Bogotá. En:
https://www.utadeo.edu.co/sites/tadeo/files/node/publication/field_attached_file/libro_estadistica_con_aplicaciones_en_r_def_ago_11.pdf. [Consulta: Mayo, 19 de 2021].
- Corona, J. (2015). Uso e importancia de las monografías. Revista Cubana de Investigaciones Biomédicas. 34, (1), 64-68. En:
<https://www.medigraphic.com/pdfs/revcubinbio/cib-2015/cib151g.pdf>. [Consulta: Mayo, 23 de 2021]
- De La Fuente, D. y Pino, R. (2007). Teoría de las líneas de espera. Modelos de cola. Universidad de Oviedo – Servicio de Publicaciones. Oviedo, España.
- Domínguez, G. Didáctica, Domínguez, A. y Torres, J. (2016). Didáctica y Aplicación de la administración de operaciones. Contaduría y administración. Instituto Mexicano de Contadores Públicos. México.
- Edelman, A. (2004). De colas y esperas, mitos y verdades. Revista de Antiguos Alumnos del IEEM (Instituto de Estudios Empresariales de Montevideo). 7, 1, 55-66. En: <http://www2.um.edu.uy/aedelman/doc/De%20colas%20y%20esperas.pdf>. [Consulta: Mayo, 30 de 2021]
- Equipo Vértice. (2007). Dirección de operaciones. Publicaciones Vértice. España.
- Fonollosa, J., Sallán, J. y Suñe, A. (2005). Métodos cuantitativos de organización industrial II. 2da. Ed. Centro de Publicaciones de Campo Norte. Barcelona, España.
- García, Ch. y Oscar, A. (2018). Teoría de redes. En:
<https://www.slideshare.net/MaberyRivera/teora-de-redes-teora-de-colas?fromaction=save>. [Consulta: Mayo, 19 de 2021].
- García, J. y Grupo ROGLE. (2016). Aplicando teoría de colas en dirección de operaciones. Departamento de Organización de Empresas Universidad Politécnica de Valencia. En:
<http://personales.upv.es/jpgarcia/LinkedDocuments/Teoriadecolasdoc.pdf>. [Consulta: Septiembre, 16 de 2021]
- Gestión de Operaciones. (2015). Simulación de una Línea de Espera M/M/1 (Teoría de

- Colas) en Excel. En: <https://www.gestiondeoperaciones.net/lineas-de-espera/simulacion-de-una-linea-de-espera-mm1-teoria-de-colas-en-excel/>. [Consulta: Mayo, 19 de 2021].
- Gómez, F. (2008). Aplicación de teoría de colas en una entidad financiera: herramienta para el mejoramiento de los procesos de atención al cliente. Revista Universidad EAFIT. 44, (150), 51-63. En: <https://publicaciones.eafit.edu.co/index.php/revista-universidad-eafit/article/view/154>. [Consulta: Octubre, 31 de 2021]
- Gross, D. y Harris, C. (2001). Métodos cuantitativos de organización industrial. Departamento de organización de empresas. Colombia.
- Hieller, F. y Lieberman, G. (2021). Introduction to Operations Research. 11va. Ed. Educación McGraw-Hill. Londres.
- Hurtado, J. (2010). Metodología de la investigación. Guía para la comprensión holística de la ciencia. Ediciones Quirón. Caracas.
- Ingeniería de Sistemas. 2016. Provisión de QoS - CCNA1 V5 - CISCO C1En: <http://www.ingenieriasystems.com/2016/07/provision-de-qos-ccna1-v5-cisco-c1.html>. [Consulta: Noviembre 18 de 2021].
- Jaime, J. (2013). Teoría de líneas de espera en el sector avícola para el diseño de muelles de despacho. En: <https://repository.unimilitar.edu.co/bitstream/handle/10654/11013/L%EDneas%20de%20espera.pdf;jsessionid=D70660A589123E8C32F1A2600A3B832A?sequence=1>. [Consulta: Octubre, 18 de 2021].
- Leandro, G. (2004). Líneas de espera: teoría de colas. Curso métodos cuantitativos. En: <http://www.auladeeconomia.com>. [Consulta: Abril, 15 de 2021].
- Marrero, F., Asencio, J., Abreu, R., Orozco, R. y Granela, H. (2006). Herramientas para la toma de decisiones: la teoría de colas. Universidad Central de las Villas. Santa Clara, Cuba.
- Moskowitz, Herbert y Gordon P. Wright. (1993). Investigación de Operaciones. Prentice-Hall. México.
- Quesada, V. y Vergara, J. (2006). Análisis cuantitativo en WINQSE. Universidad de Cartagena. Cartagena.
- Render, B., Stair, R. y Hanna, M. (2018). Métodos cuantitativos para los negocios. 13. Ed. Pearson / Prentice Hall. México.
- Rincón, L. (2001). Investigación de operaciones para ingenierías y administración de empresas. FERIVA y Universidad Nacional de Colombia. Palmira, Colombia.
- Rizo, J. (2015). Técnicas de investigación documental. Universidad Nacional Autónoma

- de Nicaragua – Facultad Regional Multidisciplinaria de Matagalpa. Nicaragua. En: <https://repositorio.unan.edu.ni/12168/1/100795.pdf>. [Consulta: Mayo, 19 de 2021].
- Rodríguez, R. y Gámez, A. (2002). Investigación operativa. Teoría, ejercicio y práctica con ordenadores. Universidad de Cádiz – Servicio de Publicaciones. Cádiz.
- Sabino, C. (2014). El proceso de investigación. 10ma Ed. 1ra. Reimp. Editorial Episteme, Guatemala, C.A. Guatemala.
- Santiago, H. (2017). Teoría de colas o de líneas de espera. En: <https://www.emprendices.co/teoria-colas-lineas-espera/>. [Consulta: Abril, 16 de 2021].
- Sarabia, Á. (1996). La investigación operativa. Universidad Pontificia Comillas de Madrid. España.
- Serra, D. (2002). Métodos cuantitativos para la toma de decisiones (con aplicaciones en el ámbito sanitario). Fundación BBV. Bilbao, España.
- Taha, H. (2017). Operations research: an introduction, 10ma. Ed. Pearson. Londres.
- Taha, H. (1995). Investigación de operaciones. 5ta. Ed. Alfaomega. México.
- Taha, H. (2012). Investigación de operaciones. 9na. Ed. Pearson Educación. México.
- Tancara, C. (1993). La investigación documental. Temas sociales. 17, 91-106. En: http://www.scielo.org.bo/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0040-29151993000100008. [Consulta: Mayo, 19 de 2021].
- Torres, L. (2020). Aplicación de la teoría de colas en una central de servicios asistenciales para minimizar el tiempo de espera de los clientes en línea. Trabajo de grado. Universidad Católica de Colombia. En: <https://repository.ucatolica.edu.co/bitstream/10983/24865/1/536253%20Torres%20Robayo.pdf>. [Consulta: Mayo, 19 de 2021].
- Vega, J. (2004). Diseño e implementación de una herramienta para la enseñanza y el aprendizaje de la teoría de cola.
- Villalobos, J. (2014). Fenómenos de espera: experiencia. En: <https://jimmysblogspot.wordpress.com/2014/10/22/fenomenos-de-espera-experiencia/>. [Consulta: Abril, 13 de 2021].
- Winston, W. 2005. Investigación de operaciones. Aplicaciones y algoritmos. Volumen II. 4ta. Ed. Internacional Thomson Editores S.A. México.
- Zaragoza, A. (2004). Teoría de cola. Vol. 31, Issue 1. En: http://exa.unne.edu.ar/depar/areas/informatica/evalua/teoria_de_cola.pdf. [Consulta: Abril, 13 de 2021]