

Aplicación de teoría de colas en una entidad financiera: herramienta para el mejoramiento de los procesos de atención al cliente



Fredy Alexander Gómez Jiménez

Máster Ingeniería Administrativa (C),
Universidad Nacional de Colombia.
fagomez@unal.edu.co

Recepción: 22 de enero de 2008 | Aceptación: 09 de mayo de 2008

Resumen

Las entidades financieras, como empresas prestadoras de servicios, saben que además de ofrecer diferentes alternativas en sus portafolios de productos y servicios para cada segmento del mercado, cobra mucha relevancia la manera como hacen entrega de ellos a los clientes. El diseño de las instalaciones, la calidad del personal que está en contacto con los clientes y la confortabilidad de estos, son algunos de dichos aspectos. El último de ellos se ve en gran medida reflejado en el tiempo transcurrido entre el momento de la solicitud del servicio por parte del cliente y aquel en que realmente se lleva a cabo de manera efectiva. El trabajo que aquí se presenta, muestra la aplicación de una herramienta de la Investigación de Operaciones (IO) como la teoría de colas, la cual busca modelar los procesos de líneas de espera, aplicado en una entidad financiera que posee problemas para la atención de sus clientes en la agencia principal, especialmente en la variable tiempo de atención al cliente.

Palabras Clave

Investigación de operaciones (IO)
Teoría de colas
Atención al cliente

Application of queuing theory in a financial institution: a tool for improving customer service processes

Abstract

Financial Institutions as services providers enterprises are aware that besides offering varied products and services portfolios aiming at every market segment, the way such products and services are delivered takes on relevance. Some aspects associated to delivery service include facilities design, qualification of employees in touch with customers and customer comfort. This latter aspect is greatly reflected in the time elapsed between a service request by a customer and its actual delivery. The application of queuing theory, a tool of Operations Research (OR), is presented in this paper. Such tool aims at modelling waiting lines processes applied to a financial institution whose main agency has problems with customer service, particularly in customer waiting time.

Key words

Operations Research (OR)
Queuing Theory
Customer Service

Introducción



La teoría de colas es un tema perteneciente a la Investigación de Operaciones, encargada de proponer modelos para el manejo eficiente de las líneas de espera, sean estas personas, productos, automóviles, llamadas telefónicas entre otras (Hillier & Lieberman, 1997). Este trabajo fue realizado como práctica profesional en una entidad financiera (Confiar Cooperativa Financiera), que presentaba problemas para el manejo de las filas de los clientes que solicitan servicios de ahorro y crédito en su agencia principal Primero de Mayo.

Para Confiar, igual que para todas las empresas prestadoras de servicios, la variable “clientes satisfechos” es fundamental a la hora de brindar los productos y servicios, máxime cuando se trata de productos intangibles, donde el ambiente que circunda la entrega el producto o servicio es lo que permite generar el valioso valor agregado. En este caso, el valor agregado se basará en controlar el tiempo de espera de atención a un usuario.

Este estudio investigativo aplicado es un claro ejemplo de interpolación entre los problemas que a diario deben enfrentar las empresas y las herramientas matemáticas y estadísticas diseñadas en las ciencias administrativas, las cuales se disponen para el modelamiento y el apoyo en la toma de decisiones complejas.

La metodología general se basó inicialmente en la recolección de datos, relacionados con tiempos de llegada y de atención, y el análisis exploratorio estadístico de los mismos para comprobar supuestos del modelo y confiabilidad de los datos. Posteriormente se determinaron los parámetros necesarios para utilizar el modelo de teoría de colas y determinar las variables de salida de interés. Finalmente se aplicó un modelo de aceptación que permitió calcular el número óptimo de promotores sin sacrificar la eficiencia de la empresa representada en el tiempo ocioso de los empleados.

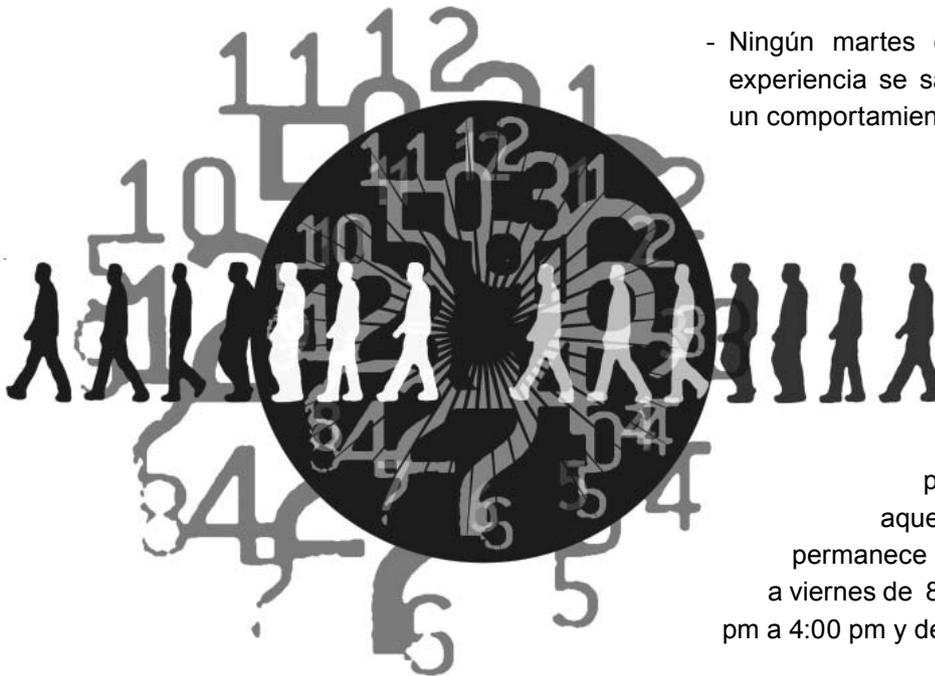
Se pretendió conocer inicialmente el flujo de clientes durante los días de la semana y a diferentes horas, por medio de una caracterización del sistema de servicio. Este paso fue clave para la aplicación

del modelo propuesto de la teoría de colas, el cual, a través de la información obtenida en la caracterización, mostró el número óptimo de promotores que ofrecerían un tiempo determinado de espera de los clientes con una eficiencia aceptable para la empresa.

1. Caracterización del Sistema Servicio

El punto de partida fue clasificar el comportamiento de los usuarios a la llegada a la agencia, durante todos los días de la semana y las horas hábiles del día, dependiendo de la tasa de arribo de los clientes. Para evitar datos sesgados, los días que se tuvieron en cuenta para la recolección de las muestras en la base de datos cumplieron las siguientes características:

- Ningún martes después de festivos. Por experiencia se sabe que la agencia posee un comportamiento inusual.
- Ningún día del mes de diciembre. Este mes requiere un estudio paralelo dado el comportamiento inusual que se presenta.



Las horas habilitadas para el estudio fueron aquellas en la que la agencia permanece abierta, es decir, de lunes a viernes de 8:00 am a 11:30 am, de 2:00 pm a 4:00 pm y de 5:00 pm. a 6:30 pm.

1.1 Arribo de los clientes a la agencia

Para examinar el comportamiento de llegada de los clientes a la agencia, se tuvo en cuenta la condición explicada en el apartado anterior: se observó la conducta de la afluencia de los clientes durante los días de la semana y a diferentes horas del día. Con respecto a los intervalos de tiempo para un día en particular, estos fueron elegidos a partir de un muestreo piloto y con información suministrada por el personal de la agencia según el flujo de personas que ocurría en el transcurso del día. Se pueden resumir y clasificar así:

- Intervalo I:** 8:00 am – 10:00 am
- Intervalo II:** 10:00 am – 11:30 am
- Intervalo III:** 2:00 pm – 4:00 pm
- Intervalo IV:** 5:00 pm – 6:30 pm

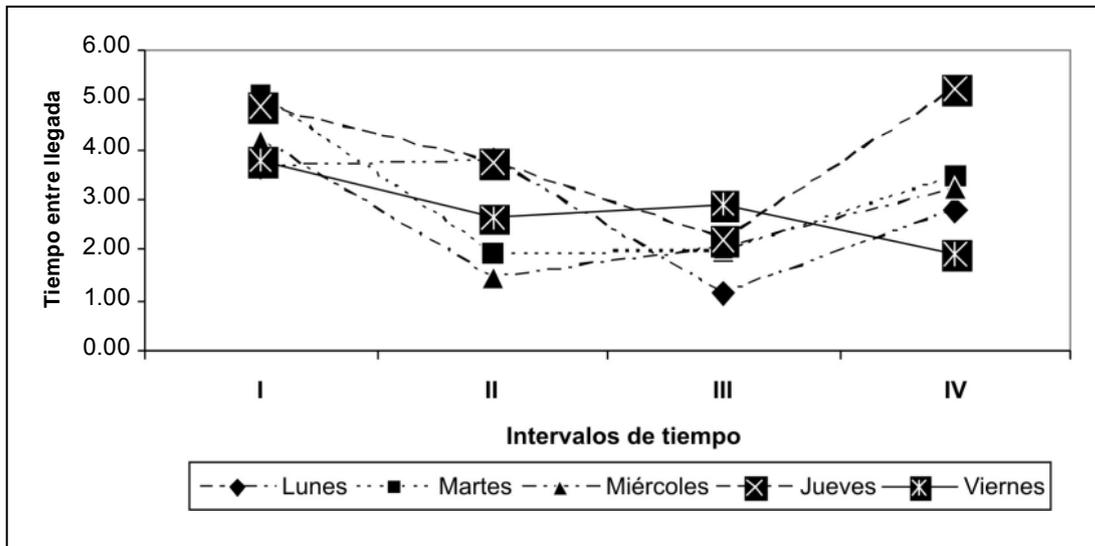
La Tabla 1 permite apreciar el tiempo promedio entre llegada de los clientes (la inversa de la tasa de llegada) para los diferentes días-horas de la semana luego de recolectar 10 muestras para cada caso. En el eje horizontal se muestran los intervalos de horas elegidos y en el vertical los días de la semana.

Tabla 1. Tiempo entre llegadas para diferente hora-día

Días	Intervalos de horas			
	I	II	III	IV
Lunes	3.67	3.78	1.16	2.78
Martes	5.10	1.93	1.97	3.49
Miércoles	4.18	1.45	2.04	3.22
Jueves	4.87	3.73	2.22	4.64
Viernes	3.80	2.63	2.91	1.93

A su vez, la Figura 1 muestra gráficamente los datos correspondientes a la Tabla 1. Como queda ilustrado, no hay ningún aparente predominio de cualquiera de los días (las líneas se cruzan entre sí).

Figura 1. Tiempo entre llegadas para diferente hora-día



Es visible, sí, una clara diferencia entre los respectivos intervalos de hora, lo que hace pensar que las discrepancias se presentan por la hora del día y no por el día de la semana. El paso siguiente se centra en realizar pruebas de hipótesis que comparen los promedios encontrados y nos corroboren su igualdad o diferencia.

Dado que los tiempos entre llegadas no suelen poseer distribuciones de probabilidad normal sino exponencial (Taha, 1995), (como de hecho se verificará más adelante), con el objetivo de confirmar la sospecha enunciada, se plantea una prueba de hipótesis no paramétrica llamada Kruskal-Wallis, la cual compara el valor de las

medias de las veinte horas-día seleccionadas diciendo si existe alguna diferencia entre ellas (Universidad de Málaga, 2004).

1.1.1 Prueba Kruskal-Wallis para las 20 muestras

El contraste de Kruskal-Wallis es la alternativa no paramétrica del método *Anova*, es decir, sirve para contrastar la hipótesis de que k muestras cuantitativas han sido obtenidas de la misma población. La única exigencia versa sobre la aleatoriedad en la extracción de las muestras, no haciendo referencia a ninguna de las otras condiciones adicionales de homocedasticidad y normalidad necesarias para la aplicación del test paramétrico *Anova*.

En la Tabla 2 se presentan algunos aspectos importantes a considerar para la realización de la prueba.

Tabla 2. Aspectos de la prueba Kruskal-Wallis

Aspecto	Valor
Factor	Día-Hora de la semana
Niveles del factor	20 niveles: 5 días de la semana y 4 intervalos de tiempo = $5 \times 4 = 20$
Variable Respuesta	Tiempo entre llegada
Tamaño de la muestra	10 muestras para cada nivel

La hipótesis a contrastar es:

H_0 : Las 20 muestras provienen de la misma población

H_a : alguna proviene de una población diferente a las demás

1.1.2 Cálculos y resultados

Todos los cálculos necesarios para realizar la prueba se soportó en un macro realizado en Microsoft Excel. Los resultados del macro, así como las hipótesis y las conclusiones obtenidas se ilustran en la Tabla 3.

Tabla 3. Resultados de la Prueba Kruskal-Wallis

Aspecto	Valor
Hipótesis Nula H_0	Las 20 medias provienen de la misma población
Hipótesis Alternativa H_a	Alguna proviene de una población diferente a las demás.
Nivel de significancia = α	0.05
H	31.145
$\chi^2_{0.05,19}$	30.144
Regla de decisión	Como $H > \chi^2_{0.05,19}$ entonces existen diferencias entre las medias y, por tanto, se rechaza H_0

Como se puede ver en esta tabla, se descarta la hipótesis de que las medias son iguales y, en consecuencia, se concluye que hay diferencia entre las medias hora-día de la semana. Posteriormente se procede a buscar dentro dichas diferencias, cuales son semejantes y cuales son diferentes, es decir, se buscarán grupos semejantes mediante la metodología de las comparaciones múltiples.

1.1.3 Comparaciones múltiples

Como en la situación descrita se desestimó la hipótesis acerca de la igualdad de las distribuciones poblacionales, fue necesario realizar contrastes a posteriori que determinaran o precisaran entre qué muestras existían las diferencias significativas que provocaban el rechazo de la hipótesis nula del contraste de Kruskal-Wallis (Universidad de Málaga, 2004). El procedimiento consistió en los siguientes pasos:

1. Se determinó la cantidad: $a = \frac{\alpha}{k(k-1)}$
2. Se calculó el valor del percentil de la distribución $N(0,1)Z_{1-a}$
3. Se determinó la cantidad

$$\Delta_{ij} = z_{1-a} \sqrt{\frac{N(N+1)}{12} \left(\frac{2}{n}\right)}$$
4. Se tuvo en cuenta el criterio de que existen diferencias significativas entre dos poblaciones siempre que: $|\bar{R}_i - \bar{R}_j| > \Delta_{ij}$

Donde \bar{R}_i es el rango medio de la muestra i , es decir, $\bar{R}_i = \frac{R_i}{n}$

1.1.4 Cálculos realizados y comparaciones múltiples

Al igual que para los cálculos de la prueba Kruskal-Wallis en el numeral 1.1.1, las diferencias entre los rangos se ejecutaron en un macro de Excel. Los respectivos resultados se presentan a continuación, según los pasos descritos en el numeral 1.1.3.

$$1. \quad a = \frac{\alpha}{k(k-1)} = \frac{0.05}{20(20-1)} = 0.0001$$

$$2. \quad Z_{1-a} = Z_{1-0.0001} = Z_{1-0} = 0.8414$$

$$\Delta_{ij} = z_{1-a} \sqrt{\frac{N(N+1)}{12} \left(\frac{2}{n}\right)}$$

$$3. \quad \Delta_{ij} = 0.8414 \sqrt{\frac{200(200+1)}{12} \left(\frac{2}{10}\right)} = 21.78$$

El siguiente paso consistió en calcular las diferencias entre $|\bar{R}_i - \bar{R}_j|$ ($i = 1, 2, \dots, 20$ y $j = 1, 2, \dots, 20$) y luego las compararlas con el valor obtenido $\Delta_{ij} = 21,78$. Si la diferencia de los dos rangos es mayor a este último valor, se infiere que los rangos i y j son diferentes y provienen de poblaciones desiguales. El resumen y los resultados obtenidos aparecen en la Tabla 4 (cálculo del rango promedio para cada muestra).

Tabla 4. Valores de los rangos promedios para las horas-días de la semana

Día - Hora	Rango Prom.	Valor	Día - Hora	Rango Prom.	Valor
Lunes I	R ₁	111,9	Miérc. III	R ₁₁	84,7
Lunes II	R ₂	109,65	Miérc. IV	R ₁₂	105,3
Lunes III	R ₃	63,85	Jueves I	R ₁₃	132,55
Lunes IV	R ₄	95,8	Jueves II	R ₁₄	113,05
Martes I	R ₅	124,2	Jueves III	R ₁₅	85,7
Martes II	R ₆	85,85	Jueves IV	R ₁₆	117,35
Martes III	R ₇	81,95	Viernes I	R ₁₇	114,6
Martes IV	R ₈	107,9	Viernes II	R ₁₈	102,45
Miércoles I	R ₉	117	Viernes III	R ₁₉	108,25
Miércoles II	R ₁₀	64,25	Viernes IV	R ₂₀	83,7

Después de analizar la Tabla 4 y aplicar la regla de decisión, $|\bar{R}_i - \bar{R}_j| > \Delta_{ij} = 21.78$, se establecieron dos grupos que se observan en la Tabla 5, de acuerdo con la tasa de llegada de clientes a la agencia

Tabla 5. Grupos encontrados mediante comparaciones múltiples

Grupo 1		Grupo 2	
Lunes I	Lunes II	Lunes III	Martes III
Lunes IV	Martes I	Martes II	Miércoles II
Martes IV	Miércoles I	Miércoles III	Viernes IV
Miércoles IV	Jueves I	Jueves III	
Jueves II	Jueves IV		
Viernes I	Viernes II		
Viernes III			

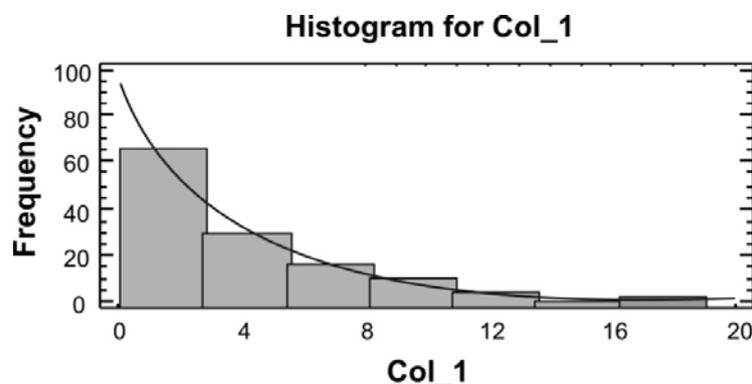
De tales resultados se coligió que el comportamiento de llegada de los clientes a la agencia donde se realizó el estudio provenía principalmente de dos poblaciones, es decir, en el transcurso de la semana, la agencia posee dos comportamientos diferentes en el volumen de llegada de los usuarios. Es claro, entonces, el predominio de los intervalos II y III en el grupo 2, es decir, entre las 10:00 am y las 4:00 pm, y el predominio de los intervalos I y IV en el grupo I, entre las 8:00 am y 10:00 am y entre las 5:00 pm y las 7:00 pm.

Con los dos grupos identificados, la tarea a seguir se centra en determinar para cada grupo su distribución de probabilidad y la media correspondiente, de modo que se determine los parámetros necesarios para el modelo de colas. Las pruebas de bondad y ajuste son herramientas estadísticas que ayudarán a cumplir este objetivo (Montgomery, 1996).

1.2 Prueba bondad y ajuste: distribución de probabilidad del Grupo 1

Con la idea de examinar la distribución de los dos grupos que se lograron identificar, en este apartado se reseña una prueba de bondad y ajuste para el Grupo 1. Para este caso se tomó una muestra de 130 datos. El histograma correspondiente se muestra en la Figura 2.

Figura 2. Histograma de frecuencias, Grupo 1



Como lo expresa la figura, los datos parecen comportarse como una función continua de probabilidad exponencial. Con el objetivo de verificar esta apreciación, se llevó a cabo una prueba de bondad y ajuste para la distribución exponencial. Se consideró como primera hipótesis que los datos poseen una distribución exponencial, y como segunda que los datos no se comportan de esa forma. La prueba fue realizada con base en el software StatGraphic y se utilizó un nivel de significancia igual a 5%.

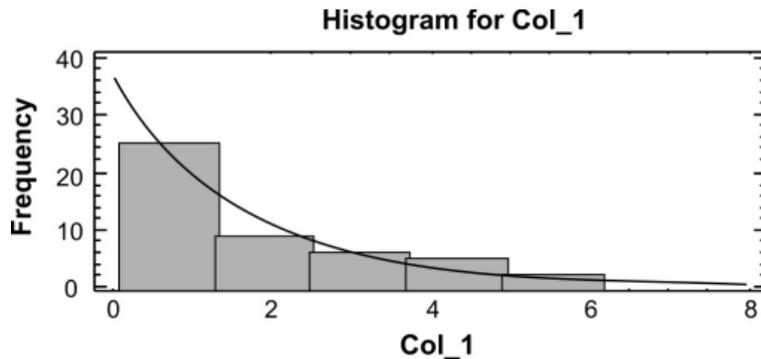
El valor $P = 0.615961$, devuelto por Statgraphic, mayor que nuestro nivel de significancia (0.05),

nos permite aceptar la hipótesis de que los datos se distribuyen de manera exponencial con una media de 3.76 minutos.

1.3 Prueba bondad y ajuste: distribución de probabilidad del Grupo 2

Aquí se procedió, para el Grupo 2, de la misma manera que en el numeral anterior. El tamaño de muestra utilizado fue de 50 datos y el histograma de frecuencias para los datos recolectados del grupo se aprecia en la Figura 3.

Figura 3. Histograma de frecuencia, Grupo 2

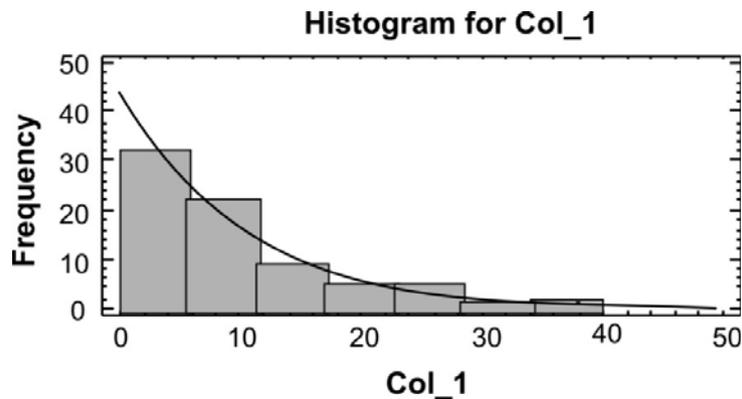


Al igual que en el Grupo 1, el gráfico muestra un comportamiento exponencial. La prueba de bondad y ajuste que se ejecutó tomó como primera hipótesis la distribución exponencial de los datos, y como alternativa que los datos no se distribuyen de manera exponencial con un nivel de significancia del 5%.

Statgraphic devolvió el valor $P = 0.13$, mayor que 0.05, lo que implica acertada la hipótesis de que los datos se distribuyen de manera exponencial con una media de 1.69 minutos.

1.4 Tiempo de servicio

Ahora bien, uno de los objetivos del trabajo era verificar el cumplimiento de los supuestos de la teoría de colas; para ello fue necesario realizar una prueba que permitiera inferir sobre la distribución que presentaba la variable aleatoria definida por el tiempo que tarda un promotor en atender a un cliente. Para tal efecto, se observaron en la agencia 80 lapsos de atención y se les calculó la media: 9,85 minutos. El histograma que representa la muestra es el de la Figura 4.

Figura 4. Histograma de frecuencias. Tiempo de servicio

Como el valor P calculado en Statgraphic fue 0.450564, mayor que 0.05, se acepta la hipótesis de que los datos se distribuyen de manera exponencial con una media de 9.85 minutos.

2. Aplicación del Modelo Teoría de Colas

Una vez identificado el comportamiento de la llegada de los clientes a la agencia, a través de las días-horas de la semana, y después de haber calculado el tiempo promedio de servicio y su distribución de probabilidad, se está en capacidad de aplicar la herramienta utilizada en el campo de la Investigación de Operaciones para realizar análisis a las líneas de espera: la teoría de colas.

2.1 Teoría de colas

Desde el punto de vista de un modelo de espera o cola, una situación de línea de espera se genera de la manera siguiente: cuando el cliente llega a la agencia se forma en una línea de espera o cola; el promotor elige a una de las personas que esperan para comenzar a prestar el servicio (sistema primero en llegar, primero en salir). Al culminar un servicio, se repite el proceso de llamar a un nuevo usuario (que espera en la fila). Se supone que no se pierde tiempo entre el momento en que un cliente ya atendido sale de la instalación y la recepción de uno nuevo de la línea de espera.

2.1.1 Nomenclatura y definiciones. Caso: 1 fila S servidores

Con el fin de manejar un lenguaje común y facilitar la comprensión del análisis y las conclusiones posteriores, es importante aclarar de manera inicial la nomenclatura que se utilizó para este tipo de modelo:

λ : Tasa promedio de llegadas en la unidad de tiempo

$1 / \lambda$: Tiempo ente llegadas de los clientes

μ : Tasa promedio de servicio

$1 / \mu$: Tiempo de servicio

S : Número de servidores

Como es de suponerse, la codificación que se aplicó fue la M/M/S, según la notación Kendall (Hillier & Lieberman,1997), debido a que los tiempos entre llegada y el lapso de servicio poseen distribución exponencial, ya que cada una de las Tasas de llegada y de servicio poseen distribución Poisson. El número de canales o servidores, S, varía entre tres y seis según la infraestructura de la agencia.

En el modelo M/M/S, si μ es la tasa promedio de servicio para cada uno de los S canales de servicio, $S\mu$ debe ser mayor que λ para evitar una acumulación indefinida de unidades en espera.

Para analizar la operación de colas, con el fin de hacer recomendaciones sobre el diseño del sistema, se pueden usar las medidas de desempeño para un estado estable de líneas de espera. Por eso, a continuación se expone la definición teórica y matemática de tales medidas de desempeño:

L_q = número esperado de clientes en la fila \Rightarrow

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

Dónde:

$$P_0 = \left[\sum_{n=0}^{n=S-1} \frac{\rho^n}{n!} + \frac{\rho^S}{S!(1-\rho/S)} \right]^{-1}$$

y $\rho = \frac{\lambda}{\mu}$

W = Tiempo estimado de espera en el sistema

$$\Rightarrow W = W_q + \frac{1}{\mu}$$

W_q = Tiempo estimado de espera en la fila \Rightarrow

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

2.1.2 Aplicativo de Teoría de colas

Con el propósito de facilitar el cálculo de cada uno de los valores de interés mostrados en las ecuaciones de la teoría de colas, se realizó un macro en el programa Microsoft Excel. Este macro posee las fórmulas presentadas en el numeral anterior y sus variables de entrada son λ (lambda), μ (miu) y S (número de servidores). El macro presenta o tiene como variables de salida los siguientes parámetros: W (Tiempo promedio en el sistema) y W_q (Tiempo promedio en Cola).

2.1.3 Modelo de nivel de aceptación para la elección del número óptimo de promotores

A pesar de que se tiene la capacidad de determinar el tiempo promedio que un cliente puede esperar en una fila para un número determinado de

promotores en la barra, aún se debe responder dos preguntas importantes: ¿Cuánto le cuesta a la empresa disponer de un número elevado de promotores logrando un tiempo muy pequeño o nulo de espera de los clientes, sacrificando la eficiencia de la agencia? y ¿Cuánto está dispuesto un cliente a esperar en una fila antes de abandonarla o antes de que cambie su estado de ánimo? El modelo de nivel de aceptación permite 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.

El modelo de nivel de aceptación reconoce la dificultad de estimar los parámetros de costo (debido a que es muy difícil, para la toma de decisiones, conocer el costo de espera de un cliente) y, por tanto, está basado en un análisis más directo. Emplea concretamente las características de operación de sistema al decidir sobre los valores óptimos de los parámetros de diseño (Taha,1995).

En el modelo de servidores múltiples, donde se requiere determinar el valor óptimo del número S de promotores(servidores), las dos medidas en conflicto pueden tomarse como:

W = Tiempo promedio de espera en el sistema

X = Porcentaje de tiempo inactivo de los promotores

Estas dos medidas reflejan las aceptaciones del cliente y del promotor. Se toman α y β como los niveles de aceptación para W y X . Entonces, el modelo de aceptación puede expresarse matemáticamente como sigue.

Determinar el número S de servidores tal que

$$W \leq \alpha \text{ y } X \leq \beta$$

La expresión para W se conoce de los análisis realizados en la sección inmediatamente anterior. La expresión para X , de eficiencia del sistema, está dada por:

$$X = 100 \left(1 - \frac{\rho}{S} \right)$$

Así que el problema era determinar el número de promotores a utilizar para cada uno de los grupos 1 y 2, de tal suerte que el tiempo de espera de un cliente W no superara los 30 minutos (α), tiempo que la entidad financiera considera como máximo aceptable para la atención de un usuario desde su entrada a la agencia hasta que su salida. A su vez, era también el deseo que el porcentaje de tiempo X de inactividad de los empleados no sobrepase el 15% (β), valor también calculado a partir de política de la agencia.

Las Tablas 6 y 7 resumen los valores de W y X para diferentes S con los grupos 1 y 2 respectivamente.

Tabla 6. Valores de W y X para distintos números de promotores, Grupo 1

Grupo 1						
S	1	2	3	4	5	6
W (Minutos)			29,76	12,432	10,482	10,02
X (%)	0	0	12,677	34,508	47,606	56,339

Tabla 7. Valores de W y X para distintos número de promotores, Grupo 2

Grupo 2								
S	1	2	3	4	5	6	7	8
W (Minutos)						63,18	14,544	10,998
X (%)	0	0	0	0	0	2,86	16,737	27,145

Es claro, a partir de los datos de la Tabla 6, que para que W se mantenga por debajo de 30 minutos, la agencia debe utilizar tres promotores. Por otra parte, el promedio en que lo empleados pueden estar ociosos es del 12,67% del tiempo total, lo cual se logra también con tres Servidores. Por lo tanto, el número óptimo para el Grupo 1 es de tres promotores.

Con respecto a la Tabla 7, y aplicando el mismo criterio del párrafo anterior, se ve que con mínimo siete promotores se logra el valor óptimo para W , y con relación al porcentaje de tiempo ocioso, el promedio que se puede obtener es el 16,737% de la jornada completa. (Sobrepasa levemente el valor estipulado por la empresa del 15%). Así, el número óptimo sería de siete promotores.

Se tiene como supuesto que los promotores no realizan actividades diferentes a la atención de servicios de ahorros y créditos, al menos en el periodo en que la agencia permanece abierta. Existen algunas actividades como la verificación de la información del cliente, el recibo de llamadas entre otras diligencias, que hacen que el promotor interrumpa el servicio al cliente. En tal sentido, el tiempo que se ha denominado ocioso suele invertirse para realizar tales acciones adicionales.

Conclusiones

El planteamiento que se utilizó para el estudio de la línea de esperas, sirve como plataforma o modelo para realizar trabajos posteriores que relacionen las mismas variables de entrada y de respuesta. También, con el objetivo de obtener razones cuantitativas para la toma de decisiones, se puede recurrir a esta metodología si se desea llevar a cabo más adelante una investigación donde se sospeche que las características en el sistema de colas inicialmente encontradas han cambiado.

Los modelos cuantitativos aplicados en este trabajo son muy adecuados como soporte para la toma de decisiones, ayudando al mejoramiento de los procesos de atención al cliente. De este modo se convierten en una vía para la obtención de ventajas competitivas de empresas prestadoras de servicios, donde el ambiente que rodea la entrega del producto es el que genera el valor agregado que perciben los clientes.

Las colas que se presentan en el transcurso de los procesos de atención al usuario, indudablemente, tienen un modus operandi dependiendo de los días y las horas en que ocurre el evento; es deber de las empresas, pues, obtener el modelo de dicho comportamiento para adecuar su sistema de atención. En caso contrario o si se hace caso omiso a dicho modus operandis, las empresas desperdiciarán recursos valiosos, disminuyendo la eficiencia global de la empresa. En nuestro caso, para el grupo 1 se determinó que utilizando 3 promotores, en promedio los clientes estarán 30 minutos en promedio desde que entran a la agencia hasta que la abandonan, permitiendo aumentar la eficiencia de utilización de los recursos de la agencia, esto siempre y cuando los supuestos del modelo permanezcan constantes.

Agradecimientos

Agradecimientos a Confiar Cooperativa Financiera por permitir la realización de investigaciones aplicadas para el mejoramiento de los procesos internos, contribuyendo a la relación universidad-empresa en nuestro medio. Así mismo a los evaluadores del artículo que contribuyeron significativamente al mejoramiento del mismo.

Bibliografía

Correa, Emilia. (1997). *Problemas de análisis de varianza y estadística no paramétrica implementadas en el SAS*. Medellín: Universidad Nacional de Colombia, 71 p.

Daves, Roscoe K. (1986). *Modelos cuantitativos para administración*. México, D.F.: Grupo Editorial Iberoamérica, 748 p.

Dyner R, Isaac. (1993). *Dinámica de sistemas y simulación continua en el proceso de planificación*. Medellín: Colciencias, 160 p.

Hillier, F. S. y Lieberman, G. J. (1997). *Introducción a la investigación de Operaciones*. (6° ed.). México, D.F.: Mc Graw Hill, 998 p.

Montgomery, D. C. (1996). *Probabilidad y estadística aplicada a la ingeniería*. México, D.F.: McGraw-hill, 895 p.

_____ (1991). *Diseño y análisis de experimentos*. México, D.F.: Grupo Editorial Iberoamérica, 589 p.

Rúa, Juan Hernando y Restrepo, Alexander (2000). *Estudio del comportamiento transaccional y aplicación de teoría de colas en una entidad financiera*. Tesis de Grado para optar el título de Ingeniero Industrial. Universidad Nacional de Colombia, sede Medellín. 100 p.

Taha, Mandy. (1995). *Investigación de operaciones*. (5ª ed.). México, D.F.: Alfaomega, 960 p.

Universidad de Málaga (2004). Versión electrónica del manual de la Universidad de Málaga: Bioestadística: Métodos y Aplicaciones. Facultad de Medicina. <http://ftp.medprev.uma.es/libro/node157.htm> (Consulta Agosto 2004).