

# Teoría de colas de espera: Modelo integral de aplicación para la toma de decisiones

Rodrigo Barbosa\*, Alfredo Rojas O\*\*

---

## Resumen

*La teoría de colas es el estudio de una técnica basada en la Investigación de Operaciones para solucionar problemas que se presentan en las situaciones en las cuales se forman turnos de espera o colas para la prestación de un servicio o ejecución de un trabajo.*

*En el campo de la investigación se analizan muy poco los factores subjetivos y la percepción de eficiencia por parte de los clientes o usuarios del servicio, aunque en ocasiones este es el factor que hace el peso mayor, o por lo menos muy importante en la solución del problema.*

*La evaluación de los aspectos subjetivos que acompañan el factor matemático en la toma de decisiones en problemas de colas de espera van a tener un distinto peso o valoración, según cada situación, y por ello dentro del modelo planteado se busca contribuir al análisis global de los problemas de línea de espera en situación de servicio por intermedio de personas.*

---

## Introducción

En este trabajo se hace un análisis integral de los problemas de líneas de espera, es decir, los factores objetivos y subjetivos de la situación de espera y los mecanismos de evaluación que permitan el planteamiento de una solución global a estos problemas.

## 1. Objetivos

- Plantear una visión amplia del problema de las líneas de espera o colas que incluya las percepciones y valoraciones que hace el usuario o cliente de la calidad del servicio, así como la búsqueda de la minimización de costos, aplicando las técnicas matemáticas conocidas.
- Establecer los diferentes enfoques que existen para plantear soluciones a los problemas de líneas de espera.
- Determinar los aspectos que definen la percepción de comodidad por parte del cliente en espera en las líneas de espera.
- Definir los factores subjetivos en cuanto a la calidad del servicio por parte del usua-

---

\* Ingeniero Químico, Ing. M Sc., D.D.I. Director Programa de Doctorado y Especialización en Gestión Industrial. Actualmente profesor de las cátedras Control de calidad, Gestión de Inve. y almacenes e Investigación de operaciones II en la Universidad del Norte.

\*\* Psicólogo. Catedrático postgrados. Universidad del Norte.

rio y del prestador del servicio o ventanillero.

- Plantear un modelo de evaluación global de las condiciones de la cola o línea de espera para incluir los factores enumerados.

## 2. Alternativas en teoría de colas

Para la solución de los problemas que representa una cola de espera, la persona que administra un servicio puede recurrir a varias alternativas. Entre éstas, las más importantes son :

- Análisis subjetivo
- Método matemático
- Técnicas de simulación

### 2.1. Análisis subjetivo

Bajo este método se apela a la experiencia y al sentido común para encontrar un balance aproximado entre los costos de espera y de servicio sin tener que elaborar ningún cálculo. Por ejemplo, en un restaurante se planeará tener más meseros alrededor de las horas de las comidas o en un banco, asignar más cajeros en las horas o días picos.

Es importante anotar que esta alusión a lo subjetivo se refiere a una toma de decisión, es decir, se hace un análisis particular por parte de un tomador de decisiones con base en sus creencias, experiencias y conocimientos, pero con muy poca cuantificación del problema. Es decir, se confía en el «olfato» del personaje para este tipo de problemas. Esta visión de la subjetividad es diferente de la propuesta en el análisis que se hace más adelante de la subjetividad de quienes interactúan en el servicio, como parte de un todo, para evaluar su eficiencia y calidad.

### 2.2. Método matemático

En este método se aplica la «teoría de colas» (modelos descriptivos y estadísticos). Existen varios tipos de modelos matemáticos de acuerdo con las condiciones y distintas presentaciones.

### 2.3. Método de simulación

Para algunos sistemas no es posible encontrar una solución matemática. En estos casos, una alternativa es la simulación. Se construye el modelo y se opera durante un tiempo razonable, se registran las características de la operación y se utilizan las cifras para cálculo de promedios y medidas de dispersión.

## 3. Modelo matemático en investigación de operaciones

Bajo este método inicialmente se definirán las características, consideraciones y restricciones con base en las cuales se construye el modelo.

**Características:** Existen sistemas de etapa única (un solo servicio) que a su vez pueden estar formados por (Fig. 1):

- a) Una cola y un servidor
- b) Una cola y varios servidores en paralelo
- c) Varias colas y varios servidores, cada cola asignada a cada servidor
- d) Sistema de etapa múltiple en el cual se presentan servidores en serie antes de salir del sistema

**Consideraciones:** Para definir el modelo se tienen en cuenta los siguientes aspectos:

- a) Población de la cual provienen las personas que conforman la cola
- b) Forma como ingresan al sistema : indi-

- vidual o por grupos
- c) Disciplina de la cola u orden en que se atiende (si existen prioridades)
  - d) Posible rechazo a entrar al sistema por la longitud de la cola
  - e) Posibles arrepentimientos luego de estar en cola
  - f) Espacio físico para la atención de las personas

Las respuestas a estos interrogantes, junto con la cantidad de servidores, genera diferentes tipos de sistemas de líneas de espera. De todos ellos se analizan los que presentan características similares para ser analizadas en el método matemático. Luego, se requiere una serie de restricciones para el modelo.

**Restricciones:** La utilización del modelo matemático se restringe a las siguientes situaciones :

- Llegadas aleatorias
- Población infinita
- Llegadas individuales
- Atención fifo
- No hay contrariedad
- No hay abandono
- Suficiente espacio
- Se opera en condiciones de estado estable y de estado estacionario.

#### 4. Aspectos subjetivos en teoría de colas

##### 4.1. Percepción del servicio

En la situación de colas de espera existen factores que influyen en la percepción de la situación y que se relacionan con el juicio o concepto que se forma el cliente mientras espera. Estos factores se relacionan con el tiempo real y con el subjetivo, es decir, el tiempo que mide el reloj y el que percibe el sujeto que espera.

El primero es un factor que se resuelve desde el punto de vista del modelo matemático, y desde el punto de los métodos y tiempos para desarrollar la tarea en la forma más eficiente en la prestación del servicio. Este tiempo se puede optimizar, pero tiene un máximo o capacidad máxima de mejoramiento, en donde se reduce el tiempo al mínimo posible sin cometer errores por parte del servidor y sin afectar la capacidad de ejecución constante de éste, pues en un momento dado, una tarea se puede ejecutar a una gran velocidad pero no se puede mantener la misma tasa durante todo el tiempo de ejecuciones del servicio.

Por otra parte, existe el tiempo subjetivo para la espera, es decir, el percibido por el sujeto. Este tiempo depende de varios factores:

- Personalidad del cliente
- Distracciones durante la espera
- Comodidad (o incomodidad) ambiental
- Percepción de ineficiencia en el servicio

Sobre el tiempo subjetivo versus el tiempo objetivo es pertinente traer a colación el siguiente concepto de un experto: «... *el ser humano normal da por sentada la existencia de un proceso al que llama 'tiempo', aunque no se percata con facilidad de que los movimientos de las agujas del reloj sobre la pared no coinciden en forma frecuente con su estimado personal del 'transcurso del tiempo', es decir, de la duración de ese período reciente de su vida que acaba de pasar.*» (Goody, W., 1972, p.553).

Es así que no siempre el concepto del tiempo perdido o gastado en la espera va a coincidir con el tiempo real.

Entonces, de acuerdo con lo anterior podemos plantear que la percepción de la pérdida de tiempo en espera, por parte del

cliente, es función de:

- Tiempo objetivo
- Tiempo subjetivo
- Percepción de eficiencia en el servicio
- Comodidad en el ambiente

Es importante anotar que hay factores que se hacen inconscientes en el momento en que no causan impresión a los sentidos, como, por ejemplo, la temperatura, la cual se hace perceptible y molesta cuando está por encima de 20° C o por debajo de 24° C. Igualmente, otros factores influyen en la atención, y por ello el usuario percibe de distinta forma la espera.

Podemos plantear entonces una función compleja que sería del siguiente orden:

$Ctp = f(To, Ts, Pef, Ca)$  en donde

$Ctp$  = Concepto de pérdida de tiempo (o demora)

$To$  = Tiempo objetivo

$Ts$  = Tiempo subjetivo

$Pef$  = Percepción de eficiencia en el sistema (o calidad)

$Ca$  = Comodidad del ambiente

Es importante analizar que los factores «calidad» y «demora» pueden tener una connotación positiva o negativa, igual que la «comodidad en el ambiente». Y entonces el valor total va a variar según la suma de estos elementos. Adicionalmente, los pesos o ponderación que tienen estos factores van a definir también una influencia en el concepto global de «pérdida de tiempo» o «demora».

A su vez, el tiempo subjetivo ( $Ts$ ) es función de factores como tipo de personalidad del cliente, factores culturales referentes al tiempo, y otros de orden social de menor importancia.

Por otra parte, un factor importante que influye desde el otro lado de la barrera es el concepto de eficiencia de su servicio y de la demora en el sistema que tiene el servidor, es decir, unos parámetros relacionados con lo mejor posible y lo real que se está ofreciendo en un momento determinado.

#### 4.2. Aspectos sociales y culturales

Es importante tener en cuenta el valor que tiene la concepción del tiempo en una cultura. En nuestra cultura occidental el ideal es el de Benjamín Franklin : «El tiempo es oro». Pero en un momento dado pueden darse otros valores o interpretaciones, así como sucede en la actualidad con los valores de «calidad total» y «calidad en el servicio». Entonces, al hacer el análisis se requiere tener en cuenta los valores culturales tradicionales y los actuales en relación con el factor tiempo, y su pérdida o buena utilización.

#### 4.3. Eficiencia y satisfacción

Los factores que se deben evaluar, por último, para tener una visión de la satisfacción del cliente no se deben limitar a la eficiencia numérica, es decir, el resultado de número de prestaciones por unidad de tiempo, sino que se debe evaluar el nivel de satisfacción de los usuarios. Uniendo estos factores se puede establecer la evaluación global del sistema de espera con los factores subjetivos de los clientes, que en muchos casos pueden ser más importantes que los objetivos. En otros casos, manejar los conceptos objetivos y subjetivos da un mejor resulta-

do que el manejo de uno solo de ellos.

### 5. Análisis integral

Como conclusión a los planteamientos hechos en este trabajo, se establece un modelo de evaluación integral de la eficiencia y satisfacción en un sistema de colas de espera.

Este modelo incluye la evaluación del problema mediante las soluciones matemáticas, y se agrega el factor subjetivo en la apreciación de la eficiencia y la calidad en el servicio.

Teniendo en cuenta los distintos pesos o ponderaciones que se dan a cada concepto en distintas situaciones, se establece una valoración o ponderación para cada uno y así el modelo global dará un resultado apropiado para cada caso.

Inicialmente se debe evaluar el factor matemático, con ayuda incluso de programas ya existentes, o de fácil elaboración en computador. Posteriormente se agrega el análisis de los valores subjetivos y se establece el costo y beneficio de modificar cada uno de estos factores maximizando las ventajas del sistema.

El factor subjetivo debe evaluarse a través de encuestas realizadas con la técnica estadística apropiada y el control de ítem para que las preguntas sean adecuadamente formuladas y sin sesgo.

**Cuadro 1 : Evaluación de situación en línea de espera**

Factor	Ponderación (1)	Calificación (2)	TOTAL (1X2)
Demora (cliente)			
Calidad (cliente)			
Comodidad (cliente) Demora (servidor)			
Calidad (servidor)			
Valoración factores	=====	=====	
Valoración objetivos			

Finalmente, se evalúan los pesos y los alcances de cada uno de los dos tipos de factores y se busca la combinación más apropiada de las soluciones.

### 6. Conclusiones

De acuerdo con lo propuesto al plantear el análisis de los factores subjetivos de la pérdida de tiempo o espera en las colas, se establecieron los conceptos apropiados. Luego se enumeraron y enunciaron los principales conceptos de la percepción subjetiva del usuario con relación a la espera en las colas, así como las del servidor, para establecer la importancia de dichos factores. Por último, se plantea la necesidad de ponderar diferencialmente, según las circunstancias, los distintos factores.

Consideramos que este aporte puede generar una integración de distintas disciplinas para hacer una mejor aplicación de la investigación científica en sus distintas ramas.

## APENDICE

### Conceptos fundamentales

**Cliente:** Unidad que llega requiriendo la realización de algún servicio. Los clientes pueden ser personas, máquinas, partes u otros.

**Cola:** Número de clientes que esperan ser atendidos. Normalmente, la cola no incluye el cliente que está siendo atendido.

**Canales de servicio:** Es el proceso o sistema que está efectuando el servicio para el cliente. Este puede ser simple o multicanal. El símbolo K indica el número de canales de servicio.

**Tasa de llegada:** Tasa (clientes por período de tiempo) a la cual llegan clientes para ser atendidos.

**Tasa de servicio:** Tasa (clientes por períodos de tiempo) a la cual un canal de servicio puede suministrar el servicio requerido por el cliente.

**Prioridad:** Regla para decidir cuál será el próximo cliente al que se atenderá.

**Tamaño de la población:** Tamaño del grupo que proporciona los clientes. También se le denomina Fuente.

**Percepción de calidad de servicio (cliente):** Es el concepto de calidad por parte del cliente de acuerdo con una escala subjetiva de comparación.

**Percepción de demora en el servicio (cliente):** Es el concepto del cliente sobre su percepción de demora en el servicio.

**Percepción de comodidad del ambiente de espera (cliente):** Concepto del cliente sobre la comodidad del ambiente durante la espera en la línea.

**Percepción de calidad en el servicio:** Concepto de la calidad del servicio que presta el servidor o ventanillero.

**Percepción de demora en el servidor:** Concepto de demora en el servicio por parte del servidor.