

INVESTIGACION DE PROCESOS DE SERVICIO AL CLIENTE EN EL SISTEMA FINANCIERO  
COLOMBIANO

DIEGO FERNANDO RIAÑO CAÑON

**ASESOR**

Ing. JAVIER NEIRA

CORPORACION UNIVERSITARIA MINUTO DE DIOS  
FACULTAD DE INGENIERIA  
INGENIERIA INDUSTRIAL  
BOGOTA  
2017

DIEGO FERNANDO RIAÑO CAÑON

INVESTIGACION DE PROCESOS DE SERVICIO AL CLIENTE EN EL SISTEMA FINANCIERO  
COLOMBIANO

**ASESOR**

Ing. JAVIER NEIRA

CORPORACION UNIVERSITARIA MINUTO DE DIOS  
FACULTAD DE INGENIERIA  
INGENIERIA INDUSTRIAL  
BOGOTA  
2017

Dedico este trabajo primero que todo a Dios que permitió hacer este trabajo de grado, al programa de ingeniería industrial que suministro el conocimiento y la asesoría para culminar este proyecto.

## **AGRADECIMIENTOS**

Dedico este trabajo al programa de ingeniería industrial de la Corporación Universitaria Minuto de Dios, a mi asesor el MSc. Ing. Javier Neira que estuvieron en el desarrollo del proyecto. A mi familia que me apoyo en esto, la cual fue motivación para lograrlo con el mejor resultado posible.

## CONTENIDO

---

1. Introducción .....	5
1.1 Planteamiento del Problema .....	5
2. Objetivos .....	6
3. Metodología y Contenidos del Trabajo.....	6
3.1 Metodología.....	7
3.1    Contenidos del Trabajo.....	9
4. Antecedentes .....	10
4.1    Estudios Realizados.....	<b>¡Error! Marcador no definido.</b>
4.2    Conceptos, Términos, Definiciones y Técnicas .....	11
5. Características del proceso de Atención.....	<b>¡Error! Marcador no definido.</b>
5.1    Características del Proceso de Atención.....	<b>¡Error! Marcador no definido.</b>
5.2    Características de la extracción de datos .....	<b>¡Error! Marcador no definido.</b>
5.3    Análisis Descriptivo de los Datos .....	<b>¡Error! Marcador no definido.</b>
6. Planteamiento de modelos .....	16
6.1    Modelos de Línea de espera .....	18
6.2    Solución de Modelos.....	21
6.3    Comparación y Validación de los Modelos.....	21
7. Consideraciones Finales y Conclusiones .....	43
7.1    Evaluación de Necesidades.....	<b>¡Error! Marcador no definido.</b>
7.2    Alternativas de Mejora .....	43
7.3    Conclusiones .....	44
7.4    Recomendaciones en Referencia a los Modelos Planteados	<b>¡Error! Marcador no definido.</b>
7.5    Nuevas Líneas de Investigación .....	<b>¡Error! Marcador no definido.</b>
Bibliografía.....	<b>¡Error! Marcador no definido.</b>
Anexos .....	<b>¡Error! Marcador no definido.</b>

# 1. INTRODUCCIÓN

---

En Colombia desde finales del siglo XX se vienen empleando diferentes herramientas en el campo de la investigación de operaciones, con el fin de aumentar la productividad en diversos procesos. Esta alternativa, numerosas empresas las miran como un gasto y no como una inversión; de hecho, comenzó a ser aplicada en las pequeñas empresas con practicantes universitarios que no contaban con antecedentes de estudios a nivel nacional, teniendo que buscar referencias de estudios operacionales realizados en otros países.

De las técnicas utilizadas en el presente proyecto se encuentran análisis estadísticos, teorías de colas y simulaciones; como apoyo en los procesos de decisión. Se analizarán artículos científicos nacionales e internacionales con el fin de extraer la información necesaria y llegar a un solo modelo que nos permita contrastar la realidad de la sucursal financiera que permitió ejecutar el proyecto. Para la fase de toma de datos, se usaron técnicas cuantitativas y cualitativas de investigación de mercados (Como las encuestas a los clientes para investigar el grado de satisfacción en el servicio).

El banco cuenta con un sistema de turnos llamado “Qmatic”; un software de asignación de turnos el cual la entidad financiera adquirió para dar un valor agregado a los clientes; que tienen un amplio portafolio con ellos. De tal forma que cuando tengan que ir a una sucursal tengan un servicio agradable, oportuno y ágil. Bajo este criterio surge esta investigación, ya que genera inquietudes y preguntas, por ejemplo: ¿Es necesario tener algunos criterios de asignación de turnos? ¿Cómo se puede cambiar? ¿Cuánto tiempo deben esperar los clientes? ¿Por qué debe esperar?, dar una alternativa a aquellos clientes que no tienen productos con la entidad y puedan ser atendidos con la misma satisfacción, en el mismo tiempo de los preferenciales, es lo que se pretende dar respuesta.

## 1.1 Planteamiento del Problema

---

La asignación de recursos que tiene en este momento el banco no es la indicada para satisfacer la necesidad de servicio que presentan a sus clientes y usuarios

En lo anteriormente mencionado se refleja en índices bajos de satisfacción por partes de los clientes y usuarios; que a su vez es un indicador de baja calidad en el servicio. Esto se debe a tiempos de espera elevados (alrededor de 3 horas), cuyo factor influyente se cree que es la capacidad de los servidores, el personal asignado y el modo de operación. Además de algunos criterios de servicio con los que cuenta el Banco.

Por otra parte, es necesario contar que hay factores externos al modo de operación. Un ejemplo de ello es la demora de los clientes al acercarse a la ventanilla; su tiempo es muy

alto y pierden el turno por distracción, esto implica que el cajero tenga que retrasar su labor; así mismo, al no tener una persona que los oriente en la entrada pueden seleccionar mal el turno.

La necesidad de crear conciencia en el cliente para que lleve consigo los formatos listos y el dinero previamente contado, facilitaría la gestión y por ende la tasa de satisfacción sería significativamente positiva.

Por último, uno de los factores fundamentales que causan el problema se genera en la interpretación del comportamiento del mismo sistema, lo que hace que el modo de operación no sea el adecuado.

## **2. OBJETIVOS**

---

Mediante un trabajo de campo en el banco Colpatria, el objetivo principal de esta investigación es hacer una aportación a la mejora de procesos de atención financiera usando técnicas de Investigación Operativa, Simulación y Análisis de Datos. Así entonces, estudiar, evaluar, desarrollar y aplicar una metodología adecuada que permita resolver los problemas de tiempos de atención al cliente. Finalmente analizar los resultados obtenidos poder proponer soluciones de mejora que permita mitigar el problema y aumentar el portafolio de clientes.

Son objetivos de este trabajo:

- Recolectar la información en la entidad financiera. La primera parte de esta información, es cualitativa y se basará de las opiniones de los directivos, y la segunda parte cualitativa, que contendrá los tiempos y número de personas atendidas en el segundo semestre del año 2016.
- Realizar un diagnóstico de la información mediante técnicas de análisis de datos con el fin de definir el comportamiento de las variables aleatorias como tiempos de espera y tasa de arribos así como los factores que aportan variabilidad al sistema estudiado.
- Plantear diferentes escenarios para evaluar los niveles de satisfacción del cliente y la operatividad del sistema.
- Llevar a cabo una prueba piloto mediante una simulación la cual permita mirar el comportamiento de la operación en la entidad financiera.

### **3. METODOLOGÍA Y CONTENIDOS DEL TRABAJO**

---

En este apartado, recopila la estructura metodológica del estudio, reseñando de forma general cada uno de los apartados de este trabajo.

#### **3.1 Metodología**

---

Para elaborar este proyecto se examinaron dos enfoques de investigación, el primero fue el cualitativo el cual fue un trabajo de observación muy determinante debido que permitió mirar todo el comportamiento de la operación, para determinar horas de mayor concentración de personas, días de mayor concentración de personas, comentarios y experiencias de los clientes en la entidad financiera, y de alguna manera los resultados que esperaban los líderes de la empresa con respecto a que si el proyecto puede tener una viabilidad y una prueba piloto, puede mejorar los indicadores de servicio, minimizar los costos de operación, y reducir los tiempos de espera para mejorar el indicador de servicio al cliente dentro de la organización. Por otra parte, también se manejó una investigación cuantitativa la cual tiene como objetivo de adquirir conocimientos fundamentales y la elección del modelo más adecuado que nos permita conocer la realidad de una manera más imparcial, ya que se recogen y analizan los datos a través de los conceptos y variables. (Ipes, 2017) para esto se hará un trabajo de campo el cual consta de una duración de seis meses en la cual se tomara el tiempo entre arribo de los clientes con el fin de analizar los datos mediante el software Statgraphics, el cual permite hacer un análisis de todas las variables recogidas para luego ingresarlas al Flexsim (Software de simulación) el cual hará una simulación del comportamiento con el fin de analizar y crear varios escenarios que permita crear una alternativa de mejora.

La Figura 1 muestra la estructura y enfoque metodológico seguido en este estudio y a continuación se describe cada uno de ellos:

##### **3.1.1 Recolección de datos y análisis estadístico**

Los datos recolectados en este trabajo se obtuvieron mediante un trabajo de campo, el cual tuvo una duración de seis meses en la sucursal. El modo de operación en fila consiste en tomar un turno y espera el llamado, con el fin de observar cual será el comportamiento mes a mes y tener los datos de entrada para la siguiente etapa.

##### **3.1.2 Diseño y determinación del modelo**

A partir de la información que se recolecto en la anterior etapa, se pudo observar que los datos más relevantes son las tasas de llegadas de las personas, el número de servidores en línea y los tiempos de atención; los cuales se les hará un análisis estadístico usando el software Statgraphics, el cual determinará el comportamiento establecido para luego ingresar los datos de entrada en el software Flexsim.



**Figura 1** Estructura y enfoque metodológico seguido en este estudio.



### 3.1.3 Validación del modelo

Cuando los datos ya se ingresan al flexsim, o que se busca es crear un escenario el cual refleje el comportamiento de la oficina, para esto es necesario saber la tendencia y el comportamiento de la oficina, esto quiere decir número de cajeros, la asignación de turnos, tiempos de atención y los días en los que aumenta la demanda de usuarios y clientes.

### 3.1.4 Recolección y análisis de resultados

Se realizan varias simulaciones recolectando los datos de salida, y se comparan estadísticamente con los reales. Posteriormente se comienza a alterar las variables para volver a analizar y comparar los datos de salida en las simulaciones.

### 3.1.5 Conclusiones y consideraciones

A partir de los resultados obtenidos en la anterior etapa, lo que se busca es crear soluciones de orden cuantitativo, con el fin de mejorar el proceso de atención, que se pueda hacer una prueba piloto con los cambios que se aconsejan, y que se pueda replicar en las demás sucursales financieras con el tiempo.

## **3.2 Contenidos del Trabajo**

---

Lo componen tres secciones. la primera está conformada por los primeros cuatro capítulos que corresponden a la presentación del trabajo, la otra al desarrollo del trabajo y por ultimo una en la cual se busca dar una mejora a la organización mediante los resultados obtenidos.

### **3.2.1 - Capítulo 1 y 2 (Introducción y objetivos)**

Presenta un planteamiento general de la problemática a investigar, el escenario del problema, conjuntamente con las razones que explican su estudio. Así mismo se formulan los objetivos que se esperan alcanzar con este trabajo.

### **3.2.2 - Capítulo 3 (Metodología y Contenidos del Trabajo)**

Recoge la estructura de la metodología a seguir en el desarrollo de este estudio y la explicación de cada una de sus etapas.

### **3.2.3 - Capítulo 4 (Antecedentes)**

Se presentan antecedentes bibliográficos, en el cual se puede resaltar la teoría de colas la cual tiene un especial énfasis en el tratamiento de sistemas estocásticos, y tiene como objetivo el estudio del comportamiento de sistemas bajo unas ciertas condiciones de inicio y por lo tanto se puede decir que desarrolla herramientas descriptivas y no de prescripción (Automática, 2017) por otra parte se revisara cual ha sido su aplicación de problemas en Colombia mediante la recolección de artículos de teorías de colas a entidades financieras que servirán de partida en el trabajo.

### **3.2.4 - Capítulo 5 (Planteamiento del modelo)**

Para llevar a cabo esto primero se tuvo en cuenta toda la información que se recolecto para poder llevar a cabo la simulación y para esto se establecen unos datos de entrada que serán los que se ingresan en la simulación, para luego poder hacer un análisis estadístico que luego se podrá comparar con modelos de teoría de colas la cual indica que se tiene que tener los tiempos entre arribos para poder hacer una simulación bancaria y que su comportamiento es una distribución Poisson, para luego ingresarlos al software de simulación y tratar de recrear varios escenarios para mira la viabilidad del proyecto

### **3.2.5 - Capítulo 6 (Comparación y Validación del modelo)**

Después de poder generar la simulación en tres diferentes escenarios lo que se busca es dar unas alternativas de mejora con respecto al tiempo de espera de los clientes. Para esto se tendrá en cuenta los resultados obtenidos en cada una de ellas.

### 3.2.6 - Capítulo 7 (Consideraciones Finales y Conclusiones)

Enumera las conclusiones obtenidas dentro del proyecto, se plantean recomendaciones para mejorar el servicio al cliente y mejorar los indicadores de gestión y finalmente se documentará y se entregaran resultados.

## 4. ANTECEDENTES

---

Numerosos autores han tratado en libros y publicaciones, el fundamento y la utilización de técnicas de teoría de colas, con el objetivo de mejorar el comportamiento de procesos de línea de espera. En este trabajo de destacan:

Como principal antecedente se tiene una publicación hecha por Fredy Alexander Gómez Jiménez, de la Universidad EAFIT en su Volumen 44 pp. 51-63 Titulada *Aplicación de teoría de colas en una entidad financiera: Herramienta para el mejoramiento de los procesos de atención al cliente*. Desarrollan un modelo operativo que mejora el proceso de atención en una entidad financiera utilizando técnicas estadísticas y de teoría de colas. (Jiménez, 2008)

Universidad de Coruña *Introducción a la simulación y a la teoría de colas* (NETBIBLO, S.L., A Coruña, 2002), el cual tiene objetivo determinar cuáles son los pasos para llevar a cabo una simulación, como se puede aplicar a modelos estocásticos, y su integración en la teoría de colas.

Universidad de Sevilla (Escuela técnica superior de ingeniería) *Introducción a la teoría de colas Dpto. Ingeniería de Sistemas y Automática*. La teoría de colas es objeto de una amplia bibliografía que aborda desde el estudio de sistemas formado por una cola con un servidor hasta complejas redes de colas de espera. Los sistemas de colas forman una amplia y útil clase de sistemas de eventos discretos, especialmente aquellos en los que hay recursos compartidos (Automática, 2017)

Universidad de Sonora *Introducción a la teoría de colas y su simulación* (Sonora departamento de matemáticas 2013). El cual tiene como objetivo mostrar cuales son las funciones y variables aleatorias de la teoría de colas las cuales representan un comportamiento exponencial. A este tipo de colas se les conoce como colas poissonianas debido a la relación entre las distribuciones de Poisson y exponencial. (Siqueiros, 2013)

## **4.1 Conceptos, Términos, Definiciones teóricas**

---

### **4.1.1 Simulación:**

Es una técnica numérica para realizar experimentos con el fin de recrear escenarios de sistemas productivos. Estos experimentos involucran modelos matemáticos que describen el comportamiento de estos sistemas productivos. (Bu, 2003).

### **4.1.2 Modelo matemático:**

Un sistema donde todos los comportamientos u opciones se pueden representar por medio de ecuaciones matemáticas cuyas variables están previamente establecidas de acuerdo a lo que se quiere contemplar.

### **4.1.3 Variable Aleatoria:**

Es la expresión simbólica representativa de un elemento no especificado comprendido en un conjunto, pueden ser cuantitativas continuas y dependientes. Cuando la característica que se estudia es de naturaleza no numérica, recibe el nombre de variable cualitativa o atributo. Cuando la variable que se estudia aparece en forma numérica, la variable se denomina variable cuantitativa. (Lind, 2008)

### **4.1.4 Digiturno “Qmatic”:**

Software utilizado en la industria financiera para asignación de clientes, en campos como lo es atención al público y asignación de personas.

### **4.1.5 Estadística Descriptiva:**

La estadística descriptiva es la rama de las Matemáticas que recolecta, presenta y caracteriza un conjunto de datos (por ejemplo, edad de una población, altura de los estudiantes de una escuela, temperatura en los meses de verano, etc.) con el fin de describir apropiadamente las diversas características de ese conjunto (Becerra, 2017)

### **4.1.6 Inferencia Estadística:**

Conjunto de métodos estadísticos que permiten deducir (inferir) como se distribuye la población en estudio o las relaciones estocásticas entre varias variables de interés a partir de la información que proporciona una muestra (DM, 2017)

## 4.2 Modelos de Línea de Espera

---

### 4.2.1 Factores a tener en cuenta en Teoría de colas:

La teoría de colas es una disciplina, dentro de la investigación operativa, que tiene por objeto el estudio y análisis de situaciones en las que existen entes de demanda cierto servicio, de tal forma que dicho servicio no puede ser satisfecho instantáneamente, por lo cual provoca esperas (Abad, 2002)

Pensemos en la última vez en la que tuvimos que ir a un supermercado, o en una entidad financiera esperando a pagar o adquirir un producto muchas veces, la experiencia y el tiempo de espera puede ser insoportable, o puede ser una gran experiencia debido que fue un servicio rápido y oportuno, todo esto hace parte de la teoría de colas muchas veces o la mayoría las personas piensan que poner más servidores o personas a disposición será la mejor alternativa, no siempre es la estrategia más económica para mejorar el servicio, por lo que las empresas tienen que encontrar formas de mantener los tiempos de espera dentro de límites tolerables. (Sweeney, 2011)

En la actualidad se puede contar con varios modelos y varias opciones para que las empresas puedan buscar una que se adapte a los recursos que tiene los cuales puede ser mano de obra, recursos y maquinaria. En términos administrativos a línea se conoce como cola y la serie de conocimientos se conoce como la teoría de colas.

A principios de 1900 Erlang fue como el pionero de este tema al estudiar el congestionamiento y tiempos de espera al momento de la recepción de llamadas; desde entonces la teoría de colas se ha vuelto más compleja debido que tiene una gran variedad y muchos tipos de situaciones a la que se puede aplicar. Algunos conceptos claves a tener en cuenta son:

#### 4.2.1.1 Fila:

La fila es donde los clientes esperan antes de recibir el servicio. Una cola se caracteriza por el número máximo permisible de clientes que puede admitir. Las colas pueden ser finitas o infinitas, según si dicho número es finito o infinito. El supuesto de una cola infinita es el estándar de la mayoría de los modelos, incluso en situaciones en las que en realidad existe una cota superior (relativamente grande) sobre el número permitido de clientes, puesto que manejar una cota así puede ser un factor que complique el análisis. En los sistemas de colas en los que la cota superior es tan pequeña que se llega a ella con cierta frecuencia, es necesario suponer una cola finita. (Hillier, 2010)

#### 4.2.1.2 Disciplina de la cola:

La disciplina de la cola se refiere al orden en el que sus miembros se seleccionan para recibir el servicio. Por ejemplo, puede ser: primero en entrar, primero en salir; aleatoria; de acuerdo con algún procedimiento de prioridad o con algún otro orden. En los modelos

de colas se supone como normal a la disciplina de primero en entrar, primero en salir, a menos que se establezca de otra manera. (Hillier, 2010)

#### **4.2.1.3 Mecanismo de servicio:**

El mecanismo de servicio consiste en una o más estaciones de servicio, cada una de ellas con uno o más canales de servicio paralelos, llamados servidores. Si existe más de una estación de servicio, el cliente puede recibirlo de una secuencia de ellas (canales de servicio en serie). En una estación dada, el cliente entra en uno de estos canales y el servidor le presta el servicio completo. Los modelos de colas deben especificar el arreglo de las estaciones y el número de servidores (canales paralelos) en cada una de ellas. Los modelos más elementales suponen una estación, ya sea con un servidor o con un número finito de servidores. (Hillier, 2010)

Los modelos de línea de espera se componen de fórmulas y relaciones matemáticas que pueden utilizarse para determinar las características de operación (medidas de desempeño) de una línea de espera. Las características de operación de interés incluyen:

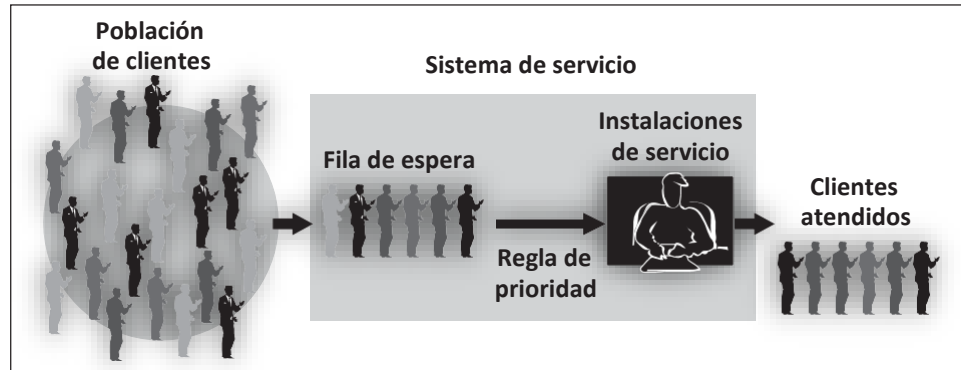
1. La probabilidad de que no haya unidades en el sistema
2. El número promedio de unidades en la línea de espera
3. El número promedio de unidades en el sistema (el número de unidades en la línea de espera más el número de unidades que están siendo atendidas)
4. El tiempo promedio que una unidad pasa en la línea de espera
5. El tiempo promedio que una unidad pasa en el sistema (el tiempo de espera más el tiempo para que atiendan)
6. La probabilidad de que una unidad que llega tenga que esperar para que la atiendan (Sweeney, 2011)

A partir lo anterior dicho se puede observar que existen unas características unas definiciones que componen a todo esto de la teoría de colas, pero es necesario poder determinar cómo es su estructura que nace desde los conceptos básicos que se mencionaron anteriormente y otros que son de suma importancia y son:

#### **4.2.1.4 Población de clientes:**

La fuente de insumos para el sistema de servicio es una población de clientes. Si el número potencial de nuevos clientes para el sistema de servicio resulta afectado notablemente por el número de clientes que ya se encuentran en el sistema, se dice que esa fuente de insumos es finita. Se puede decir que los clientes pueden ser o no ser impacientes, pero no tiene nada que ver con el lenguaje y contexto de la fila en esta parte ellos deciden esperar dependiendo su necesidad, o pueden desistir en cualquier momento.

**Figura 2 (Estructura básica de los modelos de línea de espera)**



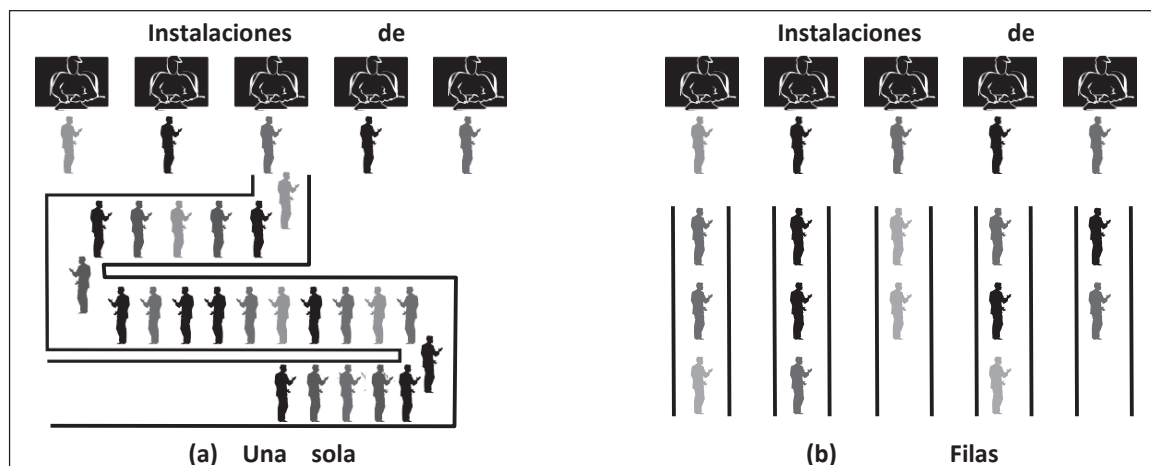
#### 4.2.1.5 Sistema de servicio:

En este tipo de apartado se puede hablar de los elementos básicos a tener en cuenta al momento de la operación, pueden ser número de filas, instalaciones, tipo de servicio entre otras.

#### 4.2.1.6 Numero de filas:

Las líneas de esperan se diseñan de una sola fila o múltiples filas, cuando están los de una sola fila demuestra que es un servicio en equidad y que todos son de un mismo conjunto de personas y no existe alguna prioridad, pero si al contrario son múltiples filas permite dar prioridad a tipos de clientes como por ejemplo las personas de la tercera edad, o categorizar el servicio dependiendo a las necesidades de la organización.

**Figura 3 (Tipos de filas)**



#### **4.2.1.7 Disposición de instalaciones de servicio**

Las instalaciones de servicio consisten en el personal y/o el equipo necesario para proporcionar dicho servicio al cliente

En el sistema de un solo canal y una sola fase, todos los servicios solicitados por un cliente suelen impartirse por una instalación con un solo servidor. En ese caso, los clientes forman una sola fila y circulan uno por uno a través de la instalación de servicio. Ejemplos de esto son los servicios de lavado automático donde los automovilistas no necesitan salir de sus vehículos, o bien, cualquier máquina en la cual sea necesario procesar varios lotes de partes.

La disposición con un solo canal y múltiples fases se usa cuando es más conveniente que los servicios se impartan en secuencia por varias instalaciones, pero el volumen de la clientela y otras restricciones limitan el diseño a un solo canal. Los clientes forman una sola fila y avanzan en forma secuencial, pasando de una instalación de servicio a la siguiente. Un ejemplo de esta disposición son las instalaciones donde se realizan los trámites para la obtención de documentos personales como los pasaportes, donde la primera instalación de toma el formulario de inscripción, la segunda toma las huellas digitales y la tercera saca la foto del solicitante.

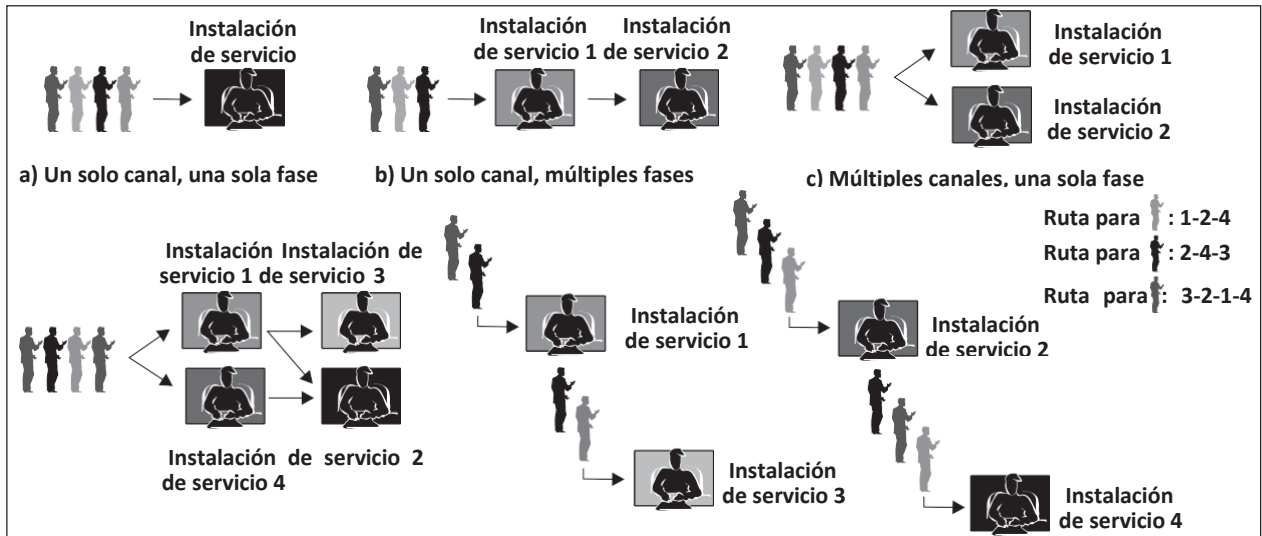
La disposición de múltiples canales y una sola fase se usa cuando la demanda es suficientemente grande para justificar que se suministre el mismo servicio en más de una instalación, o bien, cuando los servicios ofrecidos por las instalaciones son diferentes. Los clientes forman una o varias filas, dependiendo del diseño. En el diseño de una sola fila, los clientes son atendidos por el primer servidor disponible, o en los bancos. Si cada canal tiene su propia fila de espera, los clientes aguardan hasta que el servidor de su respectiva fila pueda atenderlos.

La disposición de múltiples canales y múltiples fases se presenta cuando los clientes pueden ser atendidos por una de las instalaciones de la primera fase, pero después requieren los servicios de una instalación de la segunda fase, y así sucesivamente. En algunos casos, los clientes no pueden cambiar de canales después de iniciado el servicio; en otros sí pueden hacerlo.

En el problema más complejo de filas de espera intervienen clientes cuyos servicios requeridos tienen secuencias únicas; por consiguiente, el servicio no puede dividirse claramente en distintas fases. En esos casos se utiliza una disposición mixta. En esta disposición, las filas de espera suelen formarse frente a cada instalación, como en un taller de producción intermitente donde cada trabajo personalizado tal vez requiera el uso de diversas máquinas y diferentes rutas. (Carro, 2013)

**Figura 4** (Tipos de servicios)





#### 4.2.1.8 Regla de prioridad

La regla de prioridad determina a qué cliente se deberá atender a continuación. En la mayoría de los sistemas de servicio que conocemos, se aplica la regla de “a quien llega primero, se atiende primero” (FCFS; del inglés, first-come, first-served). El cliente que está en primer lugar en la fila de espera tiene la más alta prioridad, y el que llega al final tiene la prioridad más baja. En otras disciplinas para determinar órdenes de prioridad, se concede la prioridad al cliente que tenga la fecha prometida de vencimiento más próxima (EDD; del inglés, earliest due date) o al que corresponda el tiempo de procesamiento más corto (SPT; de las ingles, shortest processing time). (Carro, 2013)

### 4.3 Procesos Estocásticos

Un proceso estocástico se define como una colección indexada de variables aleatorias  $\{X_t\}$ , donde el índice  $t$  toma valores de un conjunto  $T$  dado. Con frecuencia  $T$  se considera el conjunto de enteros no negativos mientras que  $X_t$  representa una característica de interés cuantificable en el tiempo  $t$ . Por ejemplo,  $X_t$  puede representar los niveles de inventario al final de la semana  $t$  (Hillier, 2010)

Un ejemplo de esta aplicación es el proceso de Poisson el cual es un proceso de tiempo continuo que consiste contar eventos o sucesos raros, los cuales tienen una distribución exponencial por cada par de eventos con parámetro definido  $\lambda$  y según la teoría son tiempos diferentes entre datos.

## 5. PLANTEAMIENTO DEL MODELO

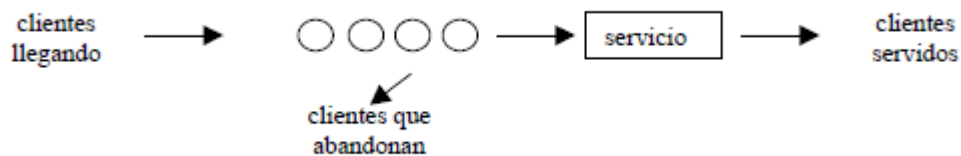
A medida que avanza la tecnología y la variedad de alternativas que presentan las entidades financieras en Colombia, surgen las siguientes preguntas: ¿Por qué hay que esperar? ¿Cuánto hay que esperar? ¿La capacidad de personal para atender es el

necesario?, ¿el método de atención es el apropiado? La teoría de colas intenta responder a estas preguntas utilizando métodos matemáticos analíticos. (Sabater, 2016)

Un sistema de colas se puede describir como sigue. Un conjunto de “clientes” llega a un sistema buscando un servicio, esperan si este no es inmediato, y abandonan el sistema una vez han sido atendidos. En algunos casos se puede admitir que los clientes abandonan el sistema si se cansan de esperar. El término “cliente” se usa con un sentido general y no implica que sea un ser humano, puede significar piezas esperando su turno para ser procesadas o una lista de trabajo esperando para imprimir en una impresora en red. (Sabater, 2016)

A continuación, se muestra como es el diagrama de teoría de colas básico

**Figura 5 (Sistema de Servicio)**

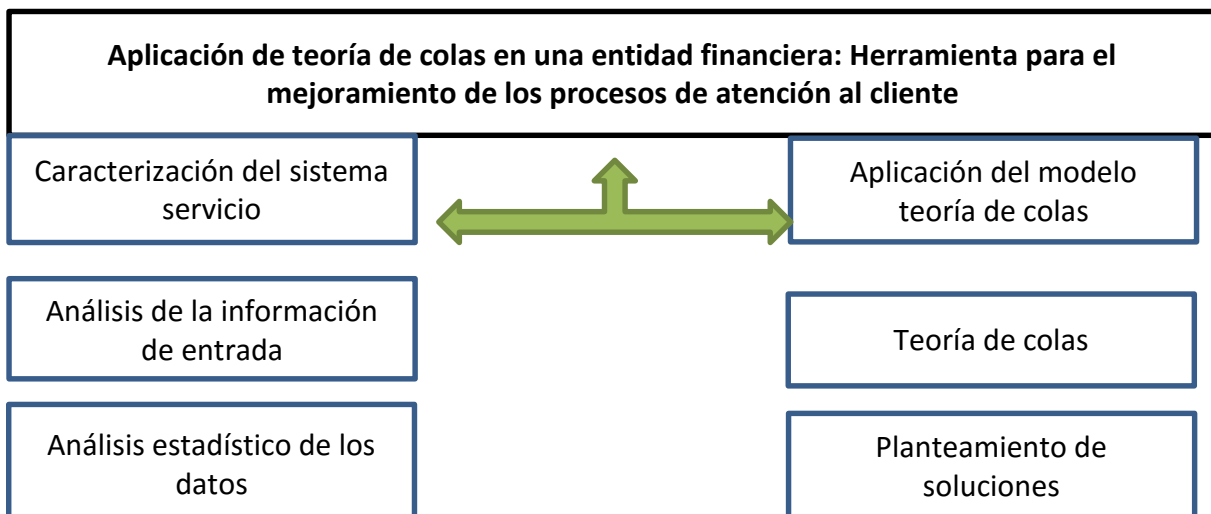


Al sistema llegarán un número de personas y que si el servidor o persona está libre procede a atenderlo, si no, pasa a la línea de espera, en ese instante la persona tiene la opción de decidir si espera o desiste del servicio.

Los modelos de investigación de operaciones carecen de robustez debido a que cada modelo está hecho para sistemas específicos, las técnicas de simulación permiten flexibilizar estos modelos; para el posterior análisis de los datos obtenidos.

Con relación a la Estructura y Enfoque Metodológico de la Figura 1, en la sección de diseño y determinación del modelo este estudio se llevó a cabo el siguiente proceso:

**Figura 6 (Proceso de Estudio)**



Se caracterizó el sistema de servicio, analizando y clasificando estadísticamente el comportamiento de los clientes, tiempos de atención, número de empleados, etc.

Con la información anterior, se pudo establecer intervalos de tiempo entre llegadas que posteriormente se analizaron estadísticamente para establecer diferencias entre las poblaciones generadas. Por último aplicaron comparaciones múltiples.

## 5.1 Características del Proceso de Atención

---

La tecnología avanza constantemente en las entidades financieras, intentan cambiar sus métodos de atención al cliente y sentir al cliente importante respetando su tiempo y brindando una atención ágil y oportuna. El sistema Digiturno es una herramienta digital que tiene el fin de eliminar las filas, y permitir a los clientes y usuarios una atención personalizada estando sentados. La clasificación que presenta este software es:

**Tabla 1** (Clasificación de tipos de turnos)

Caja	Asesoría
Usuarios (U)	Usuarios (U)
Cliente ©	Cliente ©
Cliente renta alta (A)	Cliente renta alta (A)
Discapacitados/ personas de tercera edad (B)	Discapacitados/ personas de tercera edad (B)
Donaciones (D)	Donaciones (D)

Esta asignación se ajusta al estándar de la entidad financiera el cual es darles prioridad a los clientes renta alta; debido a que son los clientes que cuentan con más productos financieros. Seguidamente serán las personas discapacitadas y de tercera edad; debido que la superintendencia financiera en su reglamento exige que a este tipo de personas se le deba priorizar la atención. Posteriormente serán los Clientes ©, cuyas personas tienen al menos un producto financiero. Por último se encuentra los Usuarios (U), En este grupo están incluidas las personas que no tienen ningún tipo de productos con la entidad. La Donaciones (D) no tiene una participación significativa en la llegada de clientes.

## 5.2 Características del Modelamiento de Datos

---

La extracción de los datos se realizó en dos etapas:

Primero se solicitó directamente a la entidad financiera. Esta recoge la información por medio de un software de asignación de turnos "Qflow", generando varios tipos de

reportes como es el número de clientes atendidos en diferentes rangos de tiempo; sin que se tengan los tiempos entre arribos.

Para la segunda etapa de recolección de datos se realizaron retroalimentaciones con los clientes, supervisores y empleados sobre esos factores a tener en cuenta para llevar a cabo el proceso, determinar si cualquier persona puede usar el Qflow, cuales son los costos de tener este sistema de asignación de turnos, cual es el fin de este sistema, y que solución y mejora brinda en el servicio de atención al cliente.

Para hacer una simulación de este sistema y tomar decisiones de mejora sobre el mismo, es necesario tener los tiempos entre arribos de cada uno de los clientes. Debido a la complejidad de las llegadas la información que suministró la sucursal financiera contempla el número de personas atendidas en intervalos de 5, 10, 15 20, 25, 30, 35 y +40 minutos durante los cinco meses del estudio.

A partir de lo anterior, se empezaron a hacer pruebas y revisar la teoría de diferentes autores con el fin poder modelar el posible comportamiento de los tiempos entre arribos. Dado a que se cuenta con el número de sucesos en intervalos de tiempo, se determinó que dichas llegadas pueden ser modeladas como una distribución de probabilidad Poisson de parámetro  $\lambda = 1/\mu$  (número de personas por intervalos de tiempo). Entonces, partiendo de la misma definición de esta distribución de probabilidad, los intervalos de tiempo por persona pueden ser modelados como  $\mu = 1/\lambda$ .

A partir del número de datos que se obtuvo, se determinó un lambda/día mes a mes, luego se determinó el valor medio de los intervalos de tiempos por persona ( $\mu = 1/\lambda$ ). El siguiente cuadro muestra la dinámica de cómo se construyó lo anteriormente descrito, aplicándose a todos los casos posibles de tiempo de espera; que como se mencionó anteriormente son intervalos de cinco minutos.

**Tabla 2 (Estimación de la tasa de llegada)**

5 min		
$\Lambda$	190,50	Promedio es un día
$\Lambda$	207,28	Promedio es un día
$\Lambda$	191,375	Promedio es un día
$\Lambda$	142,00	Promedio es un día
$\Lambda$	192,00	Promedio es un día

$\Lambda$	<b>184,63</b>	Valor esperado en un día
	<b>17,58</b>	Valor esperado en una hora
	<b>0,29</b>	Valor esperado en minutos
	<b>3,41</b>	$\mu$

### 5.1.1 Política de Atención

Cuando el cliente arriba a la sucursal es dirigido al sistema de asignación donde digita su documento de identificación. El sistema verifica en la base de datos la edad y cantidad de productos para después asignar un turno. Posteriormente se puede dirigir a la sala de espera, tomar asiento y esperar el llamado de uno de los servidores. Un sistema de audio llama la letra en vox alta que adicionalmente está en la pantalla de turnos; se realizan dos llamados para acercarse a la ventanilla si no es necesario que vuelva a tomar el turno.

### 5.1.2 Análisis de la Sucursal Bancaria

Actualmente el banco Colpatria cuenta con dos tipos de software que son “Qmatic” y “Qflow” de los cuales para hacer una simulación y mostrar el comportamiento la entidad financiera suministro datos la oficina Cedritos, esta cuenta con un promedio de transacciones mensual de 16.856. La sucursal mencionada cuenta con el siguiente personal el cual es el encargado de la atención al público:

**Tabla 3 (Personal Encargado)**

<b>Caja</b>	<b>Asesoría</b>
Número de empleados: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Jornada Normal: 4</li> <li>• Jornada Adicional:4</li> </ul>	Número de empleados: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Jornada Normal: 3</li> <li>• Jornada Adicional:2</li> </ul>

La sucursal cuenta con un horario de lunes a viernes de 8:25 A.M. a 7:00 PM, y los sábados de 10:00 AM a 5:00 PM.

Los tipos de transacciones que se pueden hacer en la oficina tanto como asesoría para caja son:

**Tabla 4 (Tipos de Transacciones)**

<b>Caja</b>	<b>Asesoría</b>
Cancelación de productos cuenta de ahorros y corriente	Apertura de productos <ul style="list-style-type: none"> <li>➤ CDT</li> <li>➤ Cuentas de ahorros y corriente</li> </ul>
Recepción de pagos	Consulta de saldos
Entregas de tarjetas	Solicitud de productos
	Toma de PQR
	Venta de productos externos

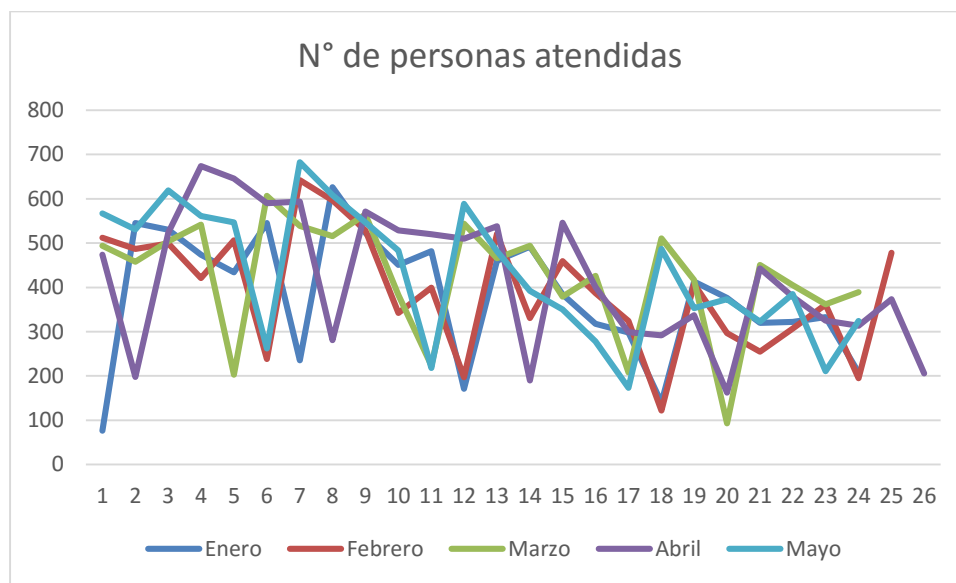
Cada una de las tracciones presenta un tiempo diferente de atención debido que cada producto o atención procesos diferentes. Por ejemplo, la apertura de productos tiene un

tiempo estándar de 20min, Aunque la variabilidad de este tiempo es elevada por múltiples factores. Para el saco puntual de caja la organización realiza un estudio de productividad cuya meta indica que cada servidor debería hacer 120 transacciones por hora.

### 5.3 Análisis Descriptivo de los Datos

La siguiente Figura 7 muestra el número de clientes atendidos por periodo de tiempo en cada mes. En ella se evidencia el alto flujo de clientes en los primeros días de cada mes y como esta va decreciendo al final de cada mes.

**Figura 7 (No personas Atendidas por Periodo de Tiempo)**



En el Apartado 5.2 se explicó cómo se estimó la tasa de llegadas y la distribución, los cuales son el punto de partida para poder realizar la simulación en software (Flexsim).

En análisis preliminares de los datos se pudo observar que en los primeros días de cada mes el flujo personas es más alto; esto se debe a factores como los vencimientos de plazos de pago en productos como: Tarjetas de crédito, Créditos de vivienda y Cuentas de recaudo empresarial. Adicionalmente, se evidenció que en los cambios de jornada tiempo espera aumenta, debido a la demora de los relevos de personal que crean un cuello de botella. Esto es uno de los factores influyentes en el número de pérdidas de turnos; alrededor del 20%. Adicionalmente, aspectos culturales en la disciplina de colas, alteran el comportamiento normal de las esperas haciendo que los tiempos de atención y espera aumenten.

En cuanto al promedio de número de personas atendidas cada empleado tiende a realizar 27 transacciones por hora, cumpliéndose en los primeros quince días del mes; los restantes días disminuye este indicador conforme baja el flujo de personal.

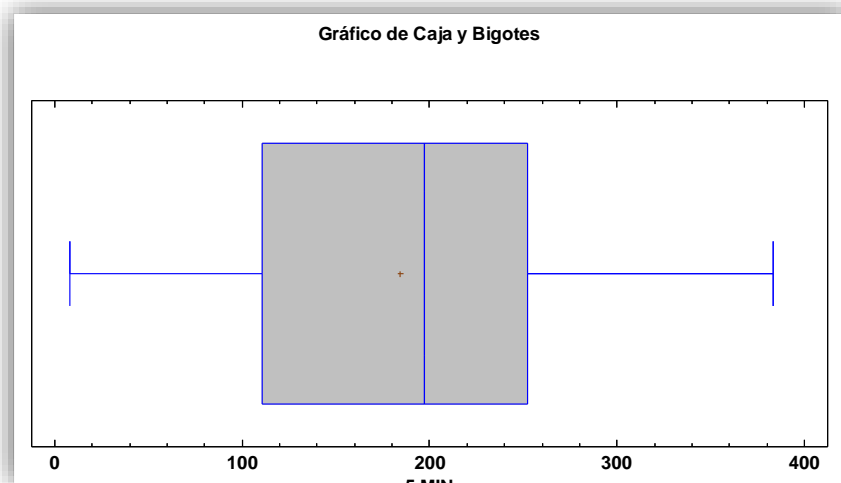
### 5.3.1 Estadísticos Descriptivos por Intervalos de Tiempos de Espera.

#### 5.3.1.1 Tiempo de Espera 5 min:

**Tabla 5** (Resumen estadístico para cinco minutos periodo de cinco meses)

Recuento	123
Promedio	184.12
Mediana	197.0
Desviación Estándar	88.86
Mínimo	8.0
Máximo	383.0
Rango	375.0
Sesgo Estandarizado	-0.42
Curtosis Estandarizada	-2.13

**Grafico 1** (Diagrama de cajas y bigotes Atenciones de 0 a 5 min, periodo de 5 meses)



En el Grafico 1 se observa un promedio de 184 personas atendidas en el intervalo de 5 min, y una desviación estándar de 88.87 personas (Conforme al número de meses estudiado). El sesgo y la curtosis estandarizado son de -0.42 y -2.13 respectivamente los

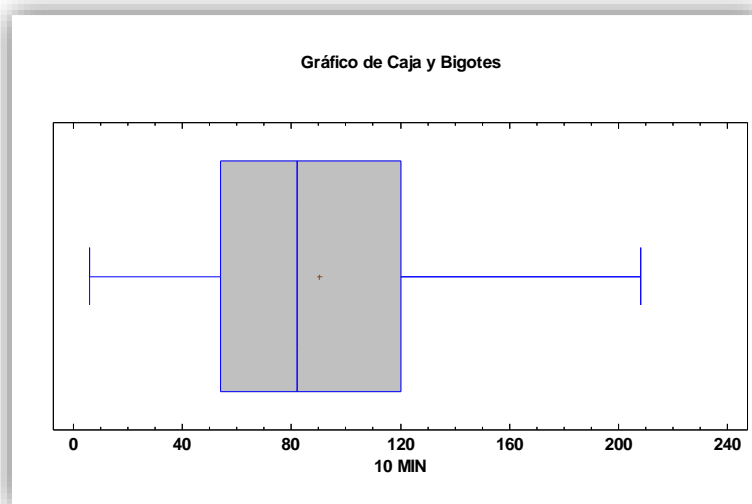
cuales uno de ellos no está en el rango de -2 a 2+ lo que quiere decir que no tienen un comportamiento estrictamente normal.

### 5.3.1.2 Tiempo de espera 10 min

**Tabla 6** (resumen estadístico para diez minutos periodo de cinco meses)

Recuento	123
Promedio	90.39
Mediana	82.0
Desviación Estándar	46.49
Coficiente de Variación	51.43%
Mínimo	6.0
Máximo	208.0
Rango	202.0
Sesgo Estandarizado	2.30
Curtosis Estandarizada	-0.77

**Grafico 2** (Diagrama de cajas y bigotes 10 min periodo de 5 meses)



En el Grafico 2 se observa un promedio de 90.39 personas y una desviación estándar de 46.49. En el sesgo y el curtosis estandarizado se obtienen valores de -0.77 y -2.30 respectivamente; los cuales uno de ellos no está en el rango de -2 a 2+; lo que quiere decir que no tienen un comportamiento estrictamente normal. Observaciones muy a la derecha en este tipo de distribuciones dan un indicio que tienen un comportamiento de llegadas exponencial.

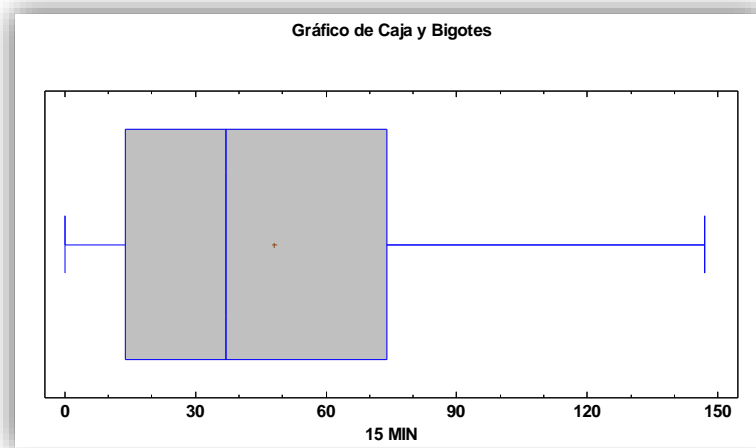


### 5.3.1.3 Tiempo de espera 15 min

**Tabla 7** (Resumen estadístico para quince minutos periodo de cinco meses)

Recuento	123
Promedio	48.00
Mediana	37.0
Desviación Estándar	38.34
Coficiente de Variación	79.86%
Mínimo	0
Máximo	147.0
Rango	147.0
Sesgo Estandarizado	3.15
Curtosis Estandarizada	-1.17

**Grafico 3** (diagrama de cajas y bigotes 15 min periodo de 5 meses)



En el Grafico 3 se observa un promedio de 48.00 y en los estadísticos una desviación estándar de 38.34. En el sesgo y el curtosis estandarizado de -1.17 y 3.15 respectivamente; los cuales uno de ellos no está en el rango de -2 a 2+; lo que quiere decir que no tienen un comportamiento estrictamente normal.

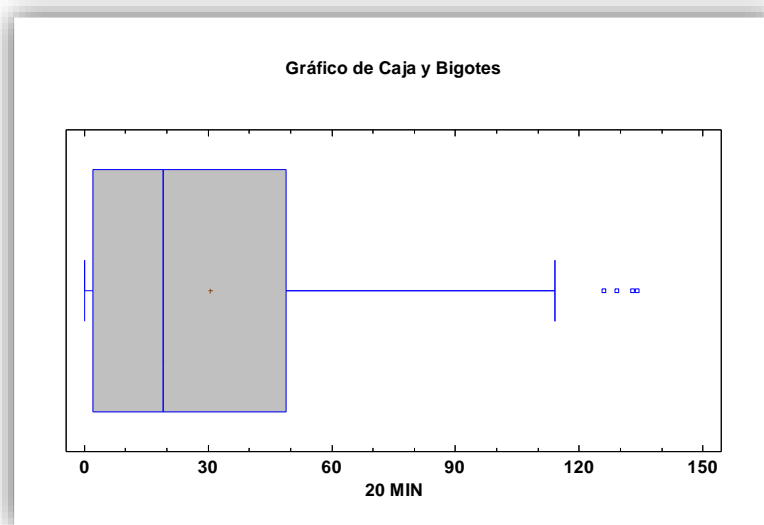
### 5.3.1.4 Tiempo de espera 20 min

**Tabla 8**(Resumen estadístico para veinte minutos periodo de cinco meses)

Recuento	123
Promedio	30.42
Mediana	19.0

Desviación Estándar	34.60
Coefficiente de Variación	113.74%
Mínimo	0
Máximo	134.0
Rango	134.0
Sesgo Estandarizado	5.59
Curtosis Estandarizada	1.97

**Gráfico 4** (Diagrama de cajas y bigotes 20 min periodo de 5 meses)



El Gráfico 4 representa el número de personas atendidas en el intervalo entre 15 a 20 min. Los estadísticos presentan un promedio de 30,42 personas y una desviación estándar de 34,05 personas atendidas en este intervalo. Con un sesgo y curtosis estandarizado de 1.97 y 5.60 respectivamente; estos parámetros no están en un rango de -2 a 2 por lo que no corresponden a valores estrictamente normales. Se observa que hay datos que salen del intervalo superior; observaciones muy a la derecha. Distribuciones con colas a la derecha dan un indicio que tienen un comportamiento de llegadas exponencial.

Este tipo de comportamientos según lo observado se da porque existen periodos de tiempo en donde se presenta una mayor afluencia de clientes; pagos de impuestos o un gran número de transacciones.

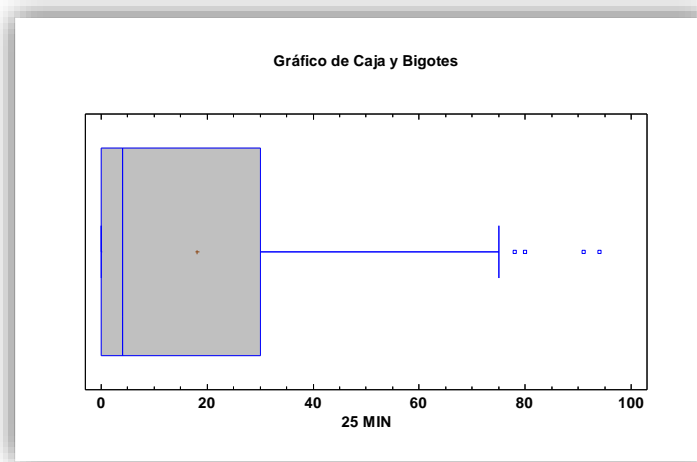
### 5.3.1.5 Tiempo de espera 25 min

**Tabla 9** (resumen estadístico para veinticinco minutos periodo de cinco meses)

Recuento	123
----------	-----

Promedio	18.11
Mediana	4.0
Desviación Estándar	24.22
Coefficiente de Variación	133.72%
Mínimo	0
Máximo	94.0
Rango	94.0
Sesgo Estandarizado	6.11
Curtosis Estandarizada	1.84

**Grafico 5** (diagrama de cajas y bigotes 25 min periodo de 5 meses)



En el Grafico 5 y los estadísticos de la Tabla 9 se observa un promedio de 18,11 y una desviación estándar de 24.22. En el sesgo y el curtosis estandarizado de 6.11 y 1.85 respectivamente; estos parámetros no están en un rango de -2 a 2 por lo que no corresponden a valores estrictamente normales. Adicionalmente, se puede observar que hay 4 datos que se salen del diagrama.

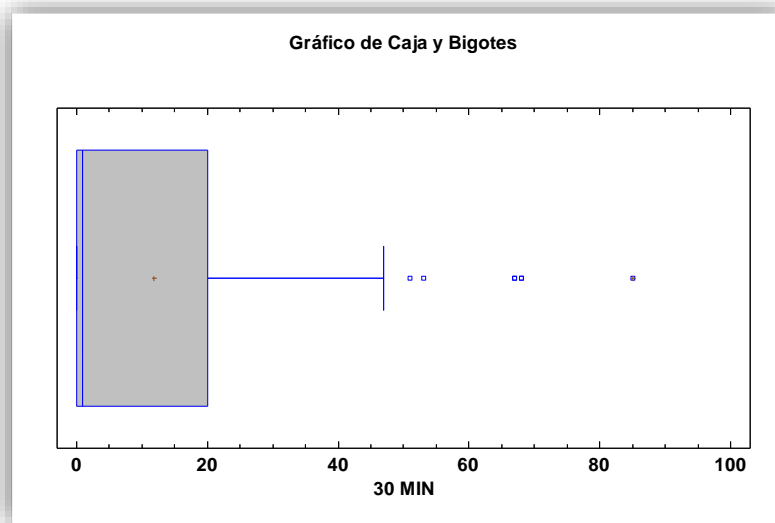
### 5.3.1.6 Tiempo de espera 30 min

**Tabla 10** resumen estadístico para treinta minutos periodo de cinco meses

Recuento	123
Promedio	11.88
Mediana	1.0
Desviación Estándar	18.32
Coefficiente de Variación	154.20%
Mínimo	0
Máximo	85.0
Rango	85.0

Sesgo Estandarizado	8.29
Curtosis Estandarizada	6.87

**Grafico 6** (diagrama de cajas y bigotes 30 min periodo de 5 meses)



En el Grafico 6 y los estadísticos de la Tabla 10 se observa un promedio de 11.88, una desviación estándar de 18.32, En el sesgo y el curtosis estandarizado de 8.29 y 6.87 respectivamente; estos parámetros no están en un rango de -2 a 2 por lo que no corresponden a valores estrictamente normales. Adicionalmente se puede observar que hay 5 datos que se salen del rango intercuartílico. Esta afluencia de clientes con estos tiempos de atención se ven en su mayoría en los primeros días de cada mes. Colas de datos a la derecha en este tipo de distribuciones dan un indicio que tienen un comportamiento de llegadas exponencial y que su tasa aumenta en periodos puntuales del año.

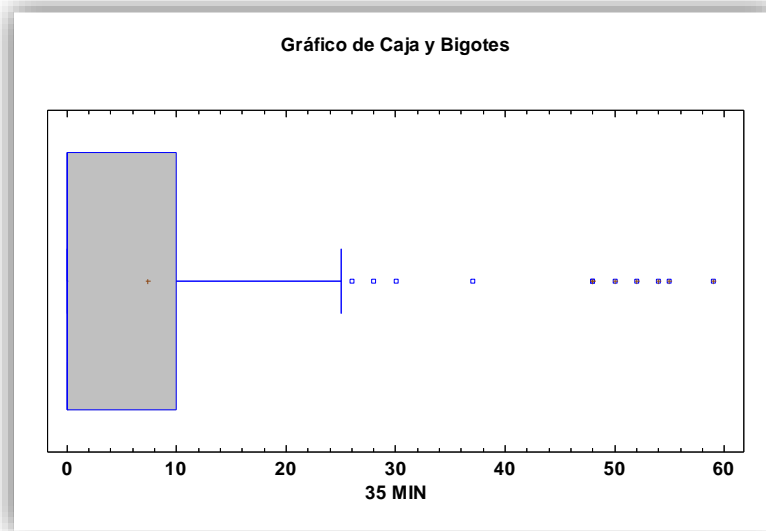
### 5.3.1.7 Tiempo de espera 35 min

**Tabla 11** (resumen estadístico para treinta y cinco minutos periodo de cinco meses)

Recuento	123
Promedio	7.34
Mediana	0
Moda	0
Desviación Estándar	13.32
Coefficiente de Variación	181.55%
Mínimo	0
Máximo	59.0

Rango	59.0
Sesgo Estandarizado	10.98
Curtosis Estandarizada	12.51

**Grafico 7 (diagrama de cajas y bigotes 35 min periodo de 5 meses)**



En el Grafico 7 y en los estadísticos de la Tabla 11 se observa un promedio de 7,34 y una desviación estándar de 13,32. En el sesgo y el curtosis estandarizado de 10.98 y 12.51 respectivamente; estos parámetros no están en un rango de -2 a 2 por lo que no corresponden a valores estrictamente normales. Se puede observar que hay 11 datos que se salen del intervalo intercuartílico. Esta afluencia de clientes con estos tiempos de atención se ven en su mayoría en los primeros días de cada mes. Colas de datos a la derecha en este tipo de distribuciones dan un indicio que tienen un comportamiento de llegadas exponencial y que su tasa aumenta en periodos puntuales del año.

Dicho lo anterior, este tipo de incidencias son los que elevan el tiempo de espera en fila.

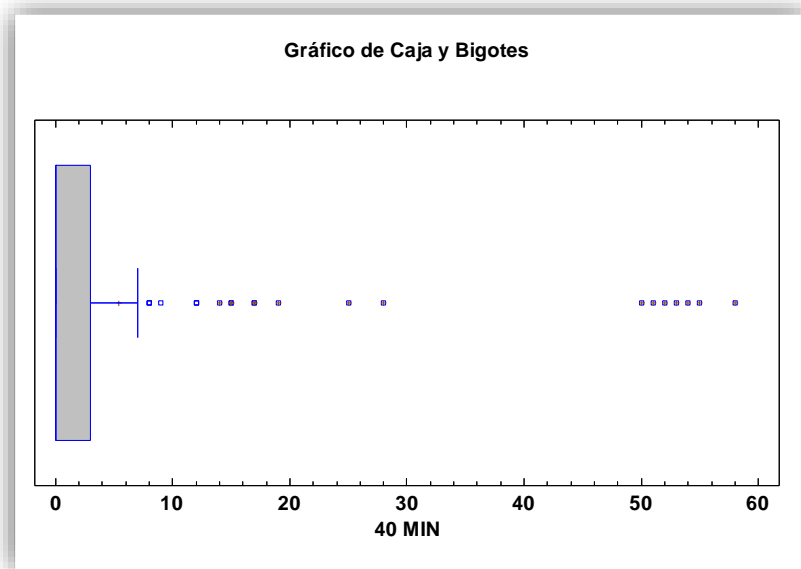
### 5.3.1.8 Tiempo de espera 40 min

**Tabla 12 (resumen estadístico para cuarenta minutos periodo de cinco meses)**

Recuento	123
Promedio	5.36
Mediana	0
Moda	0
Desviación Estándar	12.92

Coefficiente de Variación	241.20%
Mínimo	0
Máximo	58.00
Rango	58.00
Sesgo Estandarizado	13.85
Curtosis Estandarizada	19.68

**Grafico 8** (diagrama de cajas y bigotes 40 min periodo de 5 meses)



En el Grafico 8 y en los estadísticos de la Tabla 12 se observa un promedio de 5,36 y una desviación estándar de 12,92. En el sesgo y el curtosis estandarizado de 13.85 y 19.68 respectivamente; estos parámetros no están en un rango de -2 a 2 por lo que no corresponden a valores estrictamente normales. Se puede observar que hay datos que se salen del intervalo intercuartílico. Esta afluencia de clientes con estos tiempos de atención se ven en su mayoría en los primeros días de cada mes. Colas de datos a la derecha en este tipo de distribuciones dan un indicio que tienen un comportamiento de llegadas exponencial y que su tasa aumenta en periodos puntuales del año.

Dicho lo anterior, este tipo de incidencias son los que elevan el tiempo de espera en fila de manera exponencial.

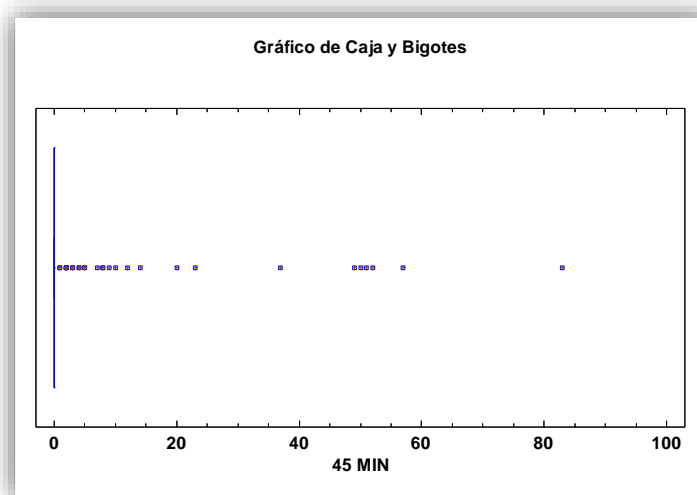
### 5.3.1.9 Tiempo de espera 45 min

**Tabla 13** resumen estadístico para cuarenta y cinco minutos periodo de cinco meses

Recuento	123
Promedio	4.27

Mediana	0
Moda	0
Desviación Estándar	13.18
Coefficiente de Variación	308.34%
Mínimo	0
Máximo	83.0
Rango	83.0
Sesgo Estandarizado	17.60
Curtosis Estandarizada	35.48

**Grafico 9** (diagrama de cajas y bigotes 45 min periodo de 5 meses)



En el Grafico 9 y en los estadísticos de la Tabla 13 se observa un promedio de 4,27 y una desviación estándar de 13,19. El sesgo y el curtosis estandarizado de 17.60 y 35.48 respectivamente; estos parámetros no están en un rango de -2 a 2 por lo que no corresponden a valores estrictamente normales. Se puede observar que hay datos que se salen del intervalo intercuartílico. Esta afluencia de clientes con estos tiempos de atención se ven en su mayoría en los primeros días de cada mes. Colas de datos a la derecha en este tipo de distribuciones dan un indicio que tienen un comportamiento de llegadas exponencial y que su tasa aumenta en periodos puntuales del año.

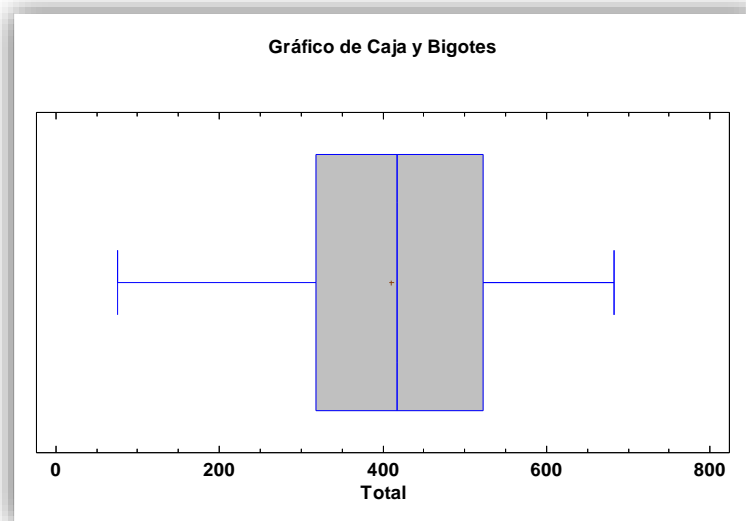
Dicho lo anterior, este tipo de incidencias son los que elevan el tiempo de espera en fila de manera exponencial y, por ultimo cae concluir que este tipo de observaciones se dan en tipos de servicio superiores a los 20 minutos.

#### **5.3.1.10 Columna total**

Este tipo de columna total es la sumatoria diaria y representa la afluencia de personas al día.

**Tabla 14 (resumen estadístico total periodo de cinco meses)**

Recuento	123
Promedio	409.84
Mediana	417.0
Moda	
Desviación Estándar	139.65
Coefficiente de Variación	34.07%
Mínimo	76.0
Máximo	683.0
Rango	607.0
Sesgo Estandarizado	-1.40
Curtosis Estandarizada	-1.57

**Gráfico 10 (diagrama de cajas y bigotes total periodo de 5 meses)**

Se observa en el Gráfico 11 y en los estadísticos de la Tabla 15 el cual arrojo un promedio de 409,92 y una desviación estándar de 139,65. El sesgo y el curtosis estandarizado de 1,40 y 1,57 respectivamente los cuales se encuentran en el intervalo de -2 a 2+; lo que significa que se ajustan al comportamiento de una distribución normal.

Al observar los parámetros y gráficos anteriores se deduce que el mayor número de clientes esta en los procesos de atención que tiene tiempos de 0 a 5 min. Por otra parte, existen tipos de atención que tienen una variabilidad alta en la afluencia de clientes, y



esto se debe a periodos o meses en donde se realizan transacciones en momentos puntuales del año o semestre. Por ejemplo, en el primer semestre del año la ciudad de Bogotá paga el impuesto predial lo que genera una mayor afluencia de personas.

Por otra parte, como se pudo mencionar en el anterior análisis, el comportamiento de pagos de la entidad financiera se presta para que sus clientes hagan los pagos en la primera quincena de cada mes. Adicionalmente las cuentas empresariales asociadas a los conjuntos residenciales tienen una fecha de vencimiento en su mayoría los primeros diez de cada mes.

## **6. Comparación y Validación del Modelo.**

---

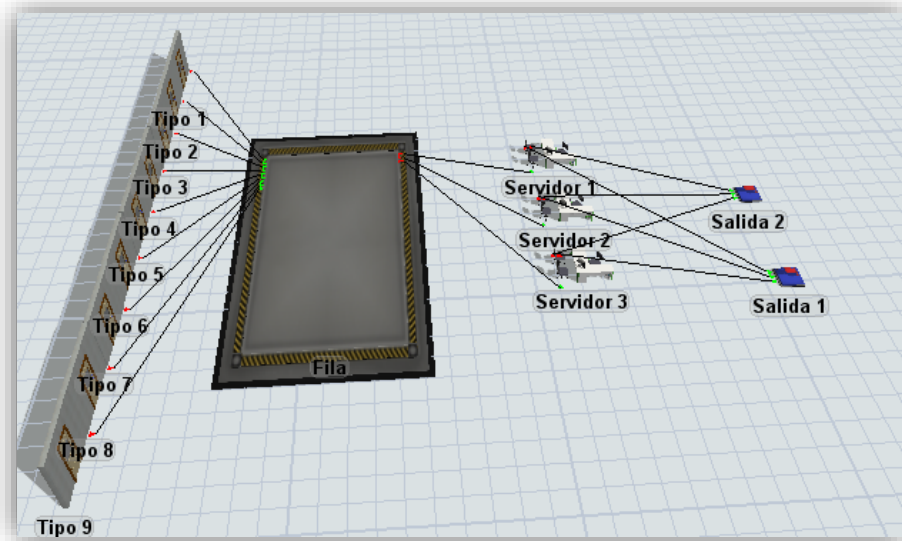
A continuación, se exponen los resultados obtenidos de la simulación, para esto se realizaron tres escenarios (tres, cuatro y cinco servidores), los cuales buscan determinar cuál será el comportamiento en la atención del servicio. Es necesario decir que las condiciones iniciales de la oficina constan de 4 cajeros en el transcurso de la jornada, y que su tiempo de atención al público es de diez horas y media. Dependiendo del número de cajeros que estén atendiendo en algunos casos pueden quedar personas dentro de la entidad.

Una consideración que se tuvo en cuenta para simular el sistema son dos salidas, la primera representa los turnos que se pierden, y la otra el número de personas que fueron atendidas. Posterior a un estudio de campo, se determinó el número de turnos perdidos el cual es de un 20%, y un 80% de personas atendidas en promedio; para un total del 100%.

### **6.1 Modelo 3 Servidores**

---

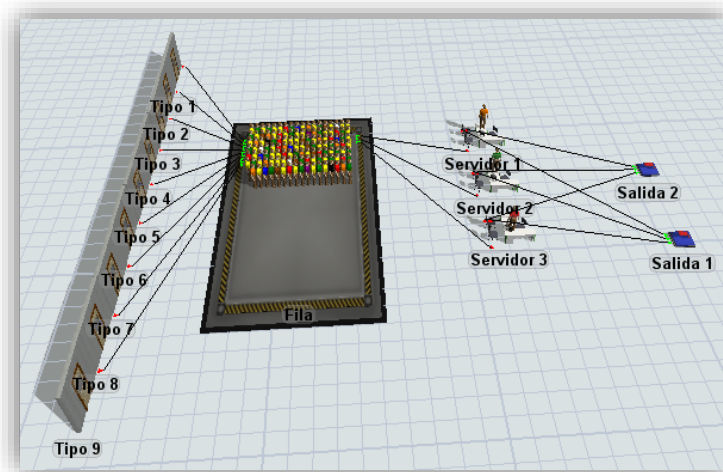
**Grafico 11** (Simulación con tres servidores)



Para este tipo de simulación observa que en todas las simulaciones se contará con un tipo de servicio el cual va en intervalos de cinco minutos hasta llegar a cuarenta y cinco minutos o más, para esto se dispone de tres cajeros como lo observa el Grafico 12, los cuales tendrán condiciones de alta presión debido a que este escenario propone quitar un cajero para determinar cómo será el comportamiento en la operación.

A continuación, se muestra cual fue el comportamiento al final de la simulación; se puede apreciar que el número de personas que quedan dentro del sistema es de 123. Estas personas tienen que ser atendidas debido a que se encuentran a dentro de la organización.

**Grafico 12**(Resultado de la simulación con tres servidores)

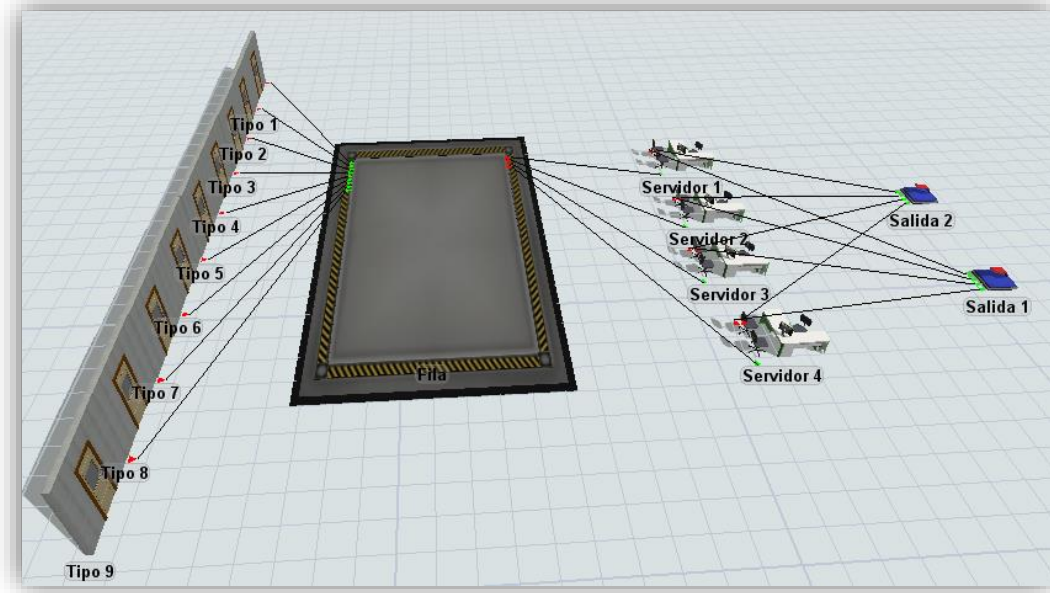


Para las personas que quedan dentro del sistema al momento de finalizar la simulación, se calculó un tiempo de atención restante de 50 minutos, contando.

## 6.2 Modelo 4 Servidores

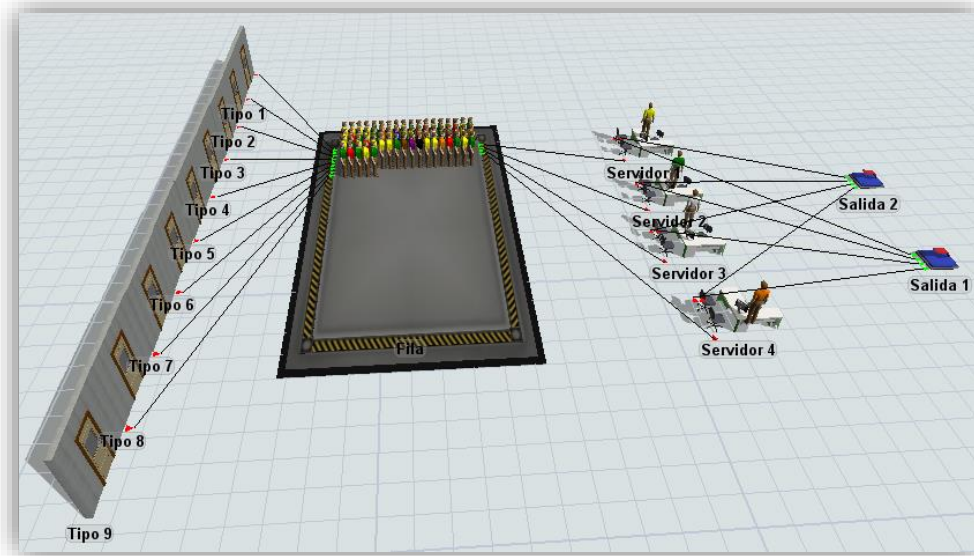
---

**Grafico 13**(Escenario con cuatro servidores)



En este tipo de escenario como lo muestra el Grafico 14, es la condición inicial del estudio, pudiendo determinar que a comparación del escenario de tres servidores, el flujo de personas es rápido y hay un mayor número de personas atendidas causando un tiempo de espera menor. A continuación, se muestra el resultado final de la simulación:

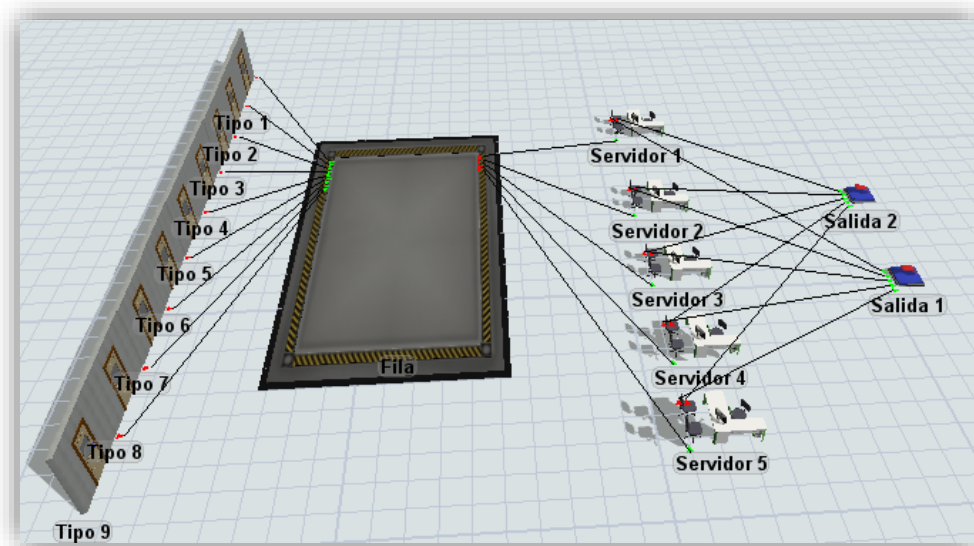
**Grafico 14**(Resultado simulación con cuatro servidores)



En el Grafico 15 se observar que el número de personas que quedaron dentro de la organización fue 59 con una reducción respecto al modelo anterior de 63 personas Grafico 12 y un tiempo de espera después del cierre de 25 minutos. Se evidencia una mejora en el servicio respecto a la simulación anterior.

### 6.3 Modelo 5 Servidores

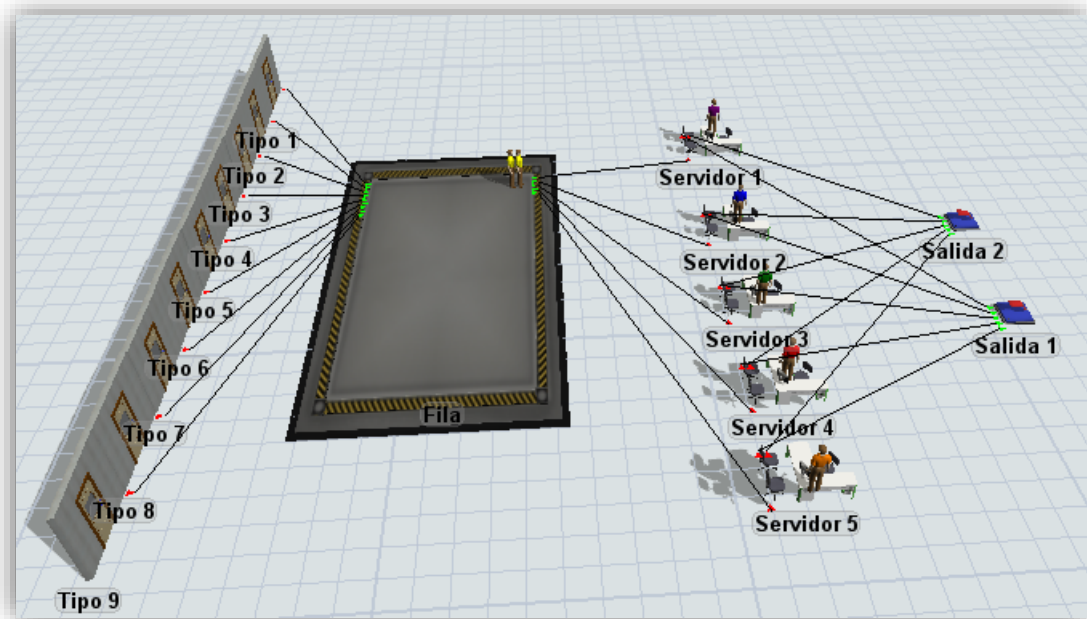
**Grafico 15**(Escenario número tres con cinco servidores)



Como se observa en el Grafico 16, este escenario presenta un tiempo de atención reducido en comparación a los otros dos escenarios. Algo importante a tener en cuenta es

que no se han determinado cuáles son los costos al hacer estas modificaciones, como lo es infraestructura y mano de obra. A continuación, se mostrará el resultado de la simulación.

**Grafico 16(Resultado simulación con cinco servidores)**



Al final de la simulación (Grafico 17), la cantidad de personas que quedan es mínima; solo dos personas respecto a los escenarios anteriores. Con esto se tiene una reducción total de 51 personas respecto al modelo de cuatro servidores, y 121 personas respecto al modelo de 3 servidores.

Analizando los tres modelos y determinando cuál sería el mejor opción, se observa que el sistema de cinco servidores es el mejor. Teniendo en cuenta que los modelos de simulación tienen variabilidad entre resultados es necesario el análisis estadístico de cada uno de los modelos para determinar diferencias significativas entre ellos y los factores estudiados.

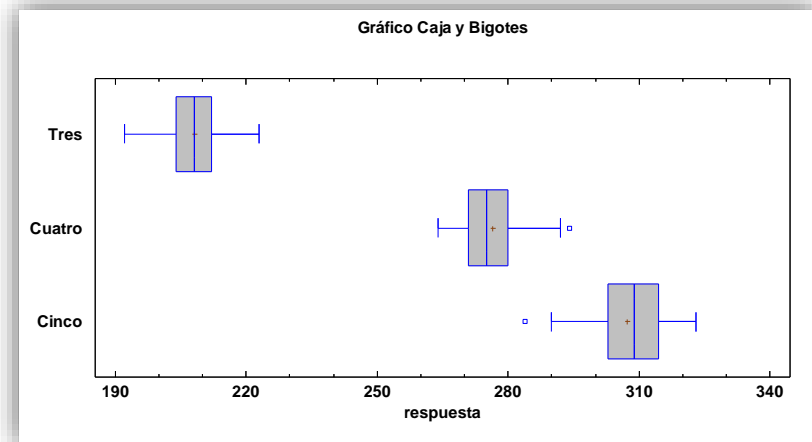
## 6.2 Comparaciones entre Modelos

Al momento de analizar los tres modelos y determinar cuál sería el mejor desde la parte descriptiva de los modelos se puede apreciar que el de cinco servidores es el mejor, pero para esto es necesario hacer el análisis estadístico de cada uno de los modelos. Para esto, los datos se extraerán al final de la simulación por medio del software y se procederá analizar los tiempos de espera y número de personas atendidas.

### 6.2.1 Análisis personas atendidas en promedio

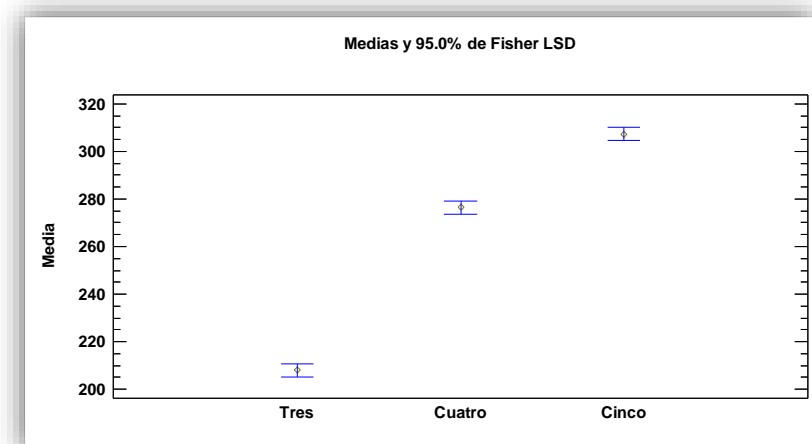
A continuación, se hará una comparación de la variable número de personas atendidas entre escenarios con fin de determinar si existen diferencias significativas entre modelos:

**Grafico 17**(Diagrama de cajas y bigotes, comparación entre escenarios)



La Grafico 17 evidencia una diferencia entre escenarios, estando más diferenciado el sistema con tres servidores respecto al de 4 y 5 servidores.

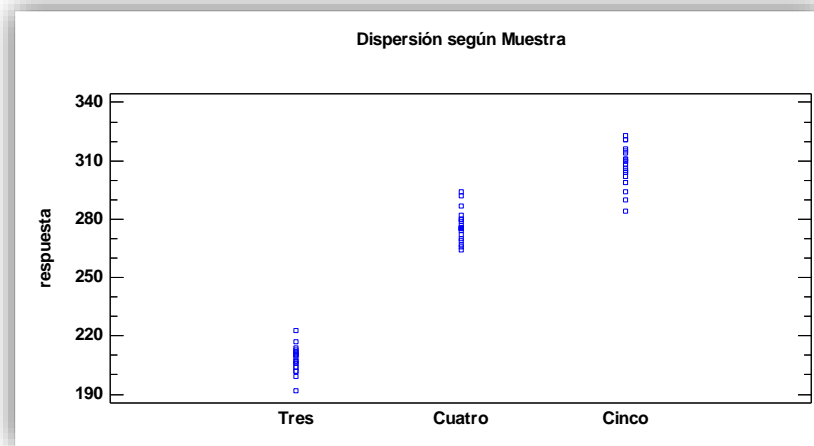
**Grafico 18** (Diagrama de medias DE Fisher LSD)



El grafico de medias confirma lo analizado en el Grafico 17

Adicionalmente en el Grafico 19 se puede observar que no parece haber una diferencia significativa entre las dispersiones de los resultados de la simulación en cada uno de sus escenarios.

**Grafico 19**(Grafico de dispersión)



#### 6.2.1.1 ANOVA

Como se comentó en los apartados anteriores, el objetivo del ANOVA es establecer diferencias estadísticamente significativas entre escenarios (en este caso evaluando el número de personas atendidas). Los resultados sobre una corrida de 60 simulaciones se exponen a continuación.

**Tabla 15 (ANOVA número de personas atendidas)**

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
Entre grupos	103491.	2	51745.5	725.45	0.0000
Intra grupos	4065.75	57	71.3289		
Total (Corr.)	107557.	59			

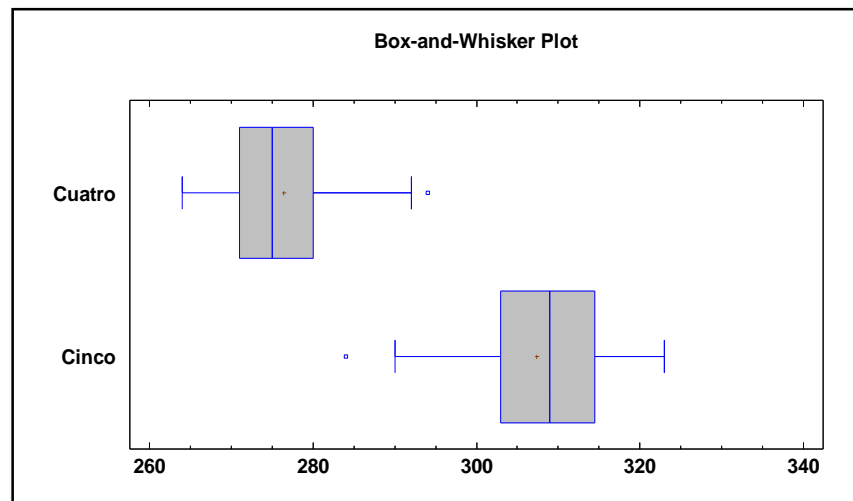
Los resultados del P valor menor al 0,005 evidencian diferencias significativas entre los escenarios (con la variable estudiada, número de personas atendida), con un error en la afirmación del 5%.

#### 6.2.1.2 Comparación de Promedios.

De acuerdo a lo explicado en el apartado 6.2.1.1 ANOVA existen diferencias significativas entre grupos. La técnica del ANOVA no distingue que escenario es el que más difiere entre los tres. Por ello se realizara un test de promedios, entre dos de los escenarios que no parecen diferir en el promedio de sus respuestas. De no ser significativa la diferencia entre estos dos escenarios (cuatro y cinco servidores), se concluiría que no es aconsejable gastar más recursos para tener los mismos resultados de atención.

**Tabla 16** (Estadísticas escenarios 4 y 5)

	Escenarios	
	Cuatro	Cinco
cuenta	20	20
Promedio	276,45	307,40
Desviación Estándar	7,98	10,23
Coeff. De variación	2,89%	3,33%
Mínimo	264,00	284,00
Máximo	294	323
Rango	30	39
Std. Asimetría	1,24	-1,10
Std. Curtosis	0,29	0,19

**Grafico 20**(Comparación de variables con cuatro y cinco servidores)

El Grafico 20 evidencia diferencias en el promedio de personas atendidas y mediana; siendo muy parecidas las distribuciones de sus datos. Aun así se evidencian observaciones Similares entre escenarios (las observaciones que están por fuera de su correspondiente intervalo).



### 6.2.2.3 Test de comparación de medias

Hipotesis Nula:  $M1 = M2$

Hipotesis Alternativa:  $M1 \neq M2$

Asumiendo varianzas Iguales:  $t = -10.67$      $P\text{-value} = 0$

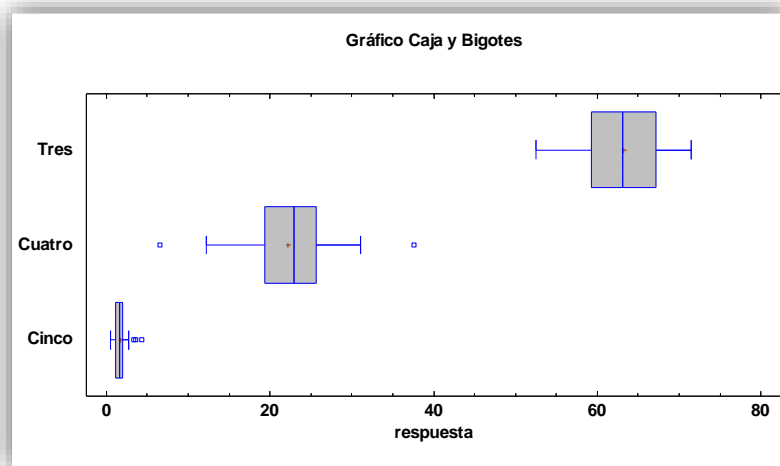
$\text{Alpha} = 0,05$ .

El resultado de lo anterior confirma las diferencias entre modelos.

### 6.2.2 Análisis de Tiempos de Espera

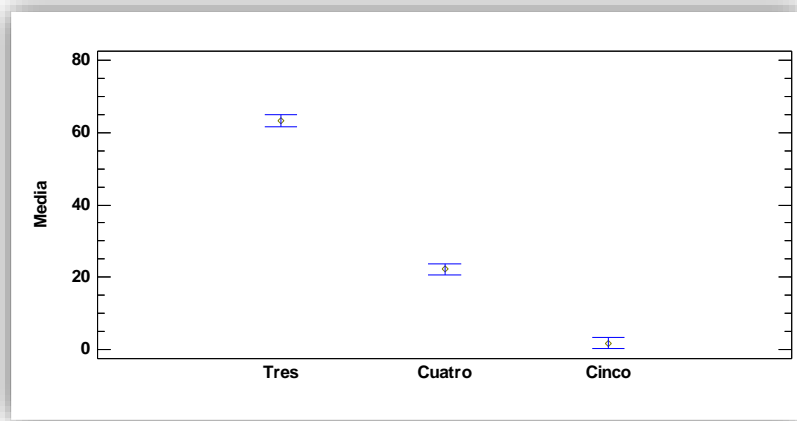
A continuación, se hará una comparación de la variable número de personas atendidas entre escenarios con fin de determinar si existen diferencias significativas entre modelos:

**Grafico 21**(Diagrama de cajas y bigotes entre diferentes escenarios de simulación)



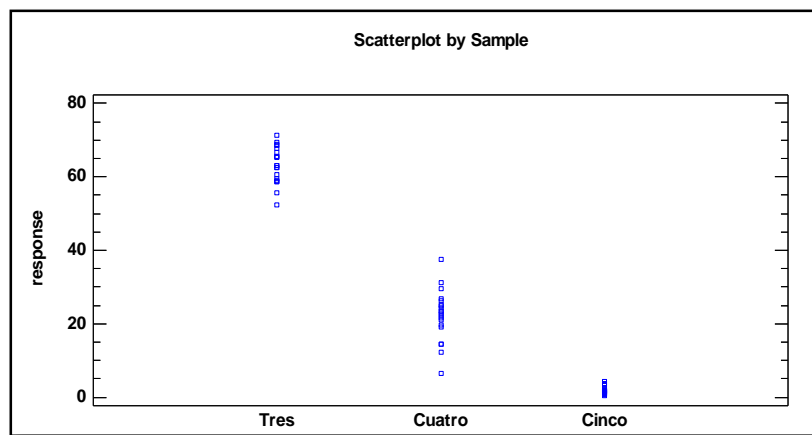
El Grafico 21 evidencia una diferencia entre escenarios, estando más diferenciado el sistema con tres servidores respecto al de 4 y 5 servidores. Es evidente la diferencia entre la variabilidad de los resultados; resaltando la variabilidad del escenario 5.

**Grafico 22**(Diagrama de medias de Fisher LSC)



El Gráfico 22 confirma lo comentado para el Gráfico 21.

**Gráfico 23** (Gráfico de dispersión para los tiempos de espera en los tres escenarios)



El Gráfico 23 Confirma las diferencias entre las dispersiones de los resultados entre escenarios.

### 6.2.2.1 ANOVA

Como se comentó en los apartados anteriores, el objetivo del ANOVA es establecer diferencias estadísticamente significativas entre escenarios (en este caso evaluando el tiempo promedio de personas en fila). Los resultados sobre una corrida de 60 simulaciones se exponen a continuación.

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
Entre grupos	39126.4	2	19563.2	798.19	0.0000
Intra grupos	1397.04	57	24.5094		
Total (Corr.)	40523.4	59			

Resultados del P valor inferiores al 0,005 evidencian diferencias significativas entre los escenarios (con la variable estudiada, tiempo de espera en fila), con un error en la afirmación del 5%.

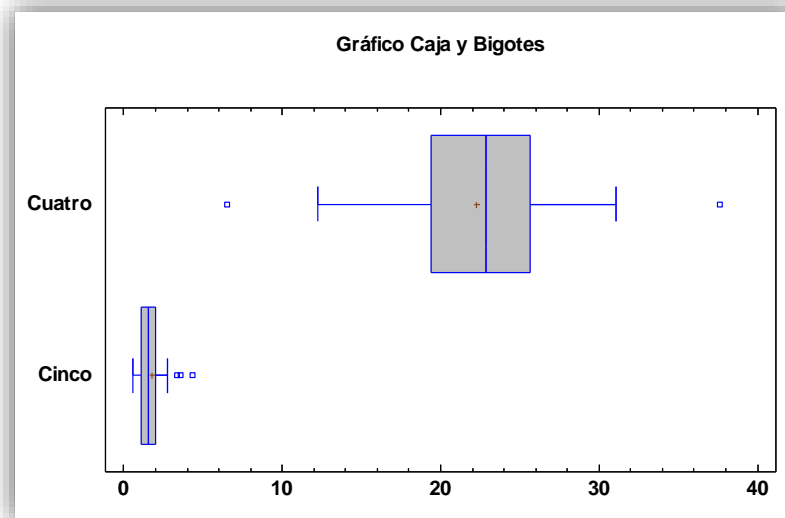
#### 6.2.2.2 Comparación de Promedios.

De acuerdo a lo explicado en el apartado 6.2.2.1 ANOVA, existen diferencias significativas entre grupos. La técnica del ANOVA no distingue que escenario es el que más difiere entre los tres. Por ello se realizara un test de promedios entre dos de los escenarios que no parecen diferir en el promedio de sus respuestas. De no ser significativa la diferencia entre estos dos escenarios (cuatro y cinco servidores), se concluiría que no es aconsejable gastar más recursos para tener los mismos resultados de atención.

**Tabla 17** (Estadísticas escenarios 4 y 5)

	Escenarios	
	Cuatro	Cinco
cuenta	20	20
Promedio	22,26	1,81
Desviación Estándar	6,92	1,00
Coeff. De variación	31,11%	55,11%
Mínimo	6,53	0,56
Máximo	37,62	4,34047
Rango	31,09	3,78109
Stnd. Asimetría	-0,33	2,23
Stnd. Curtosis	0,91	1,01

**Grafico 24** (Diagrama de cajas y bigotes entre cuatro y cinco servidores)



El Grafico 24 evidencia diferencias en el promedio de tiempos de espera y su mediana; siendo muy parecidas las distribuciones de sus datos. Aun así se evidencian observaciones Similares entre escenarios (las observaciones que están por fuera de su correspondiente intervalo).

### 6.2.2.3 Test de comparación de medias

Hipotesis Nula:  $M1 = M2$

Hipotesis Alternativa:  $M1 \neq M2$

Asumiendo varianzas Iguales:  $t = 13,07$        $P\text{-value} = 0$

Alpha = 0,05.

El resultado de lo anterior confirma las diferencias entre modelos.

## 7. CONSIDERACIONES FINALES Y CONCLUSIONES

---

A continuación se presentan las conclusiones que se desprenden del trabajo realizado. Para más claridad esas conclusiones se han estructurado en varios bloques.

### 7.1 Alternativas de Mejora y Nuevas Líneas de Investigación

---

- Es propicio tener en cuenta que en este estudio no se han determinado los costos al hacer modificaciones en el número de servidores; cambios en infraestructura y mano de obra pueden afectar drásticamente las decisiones de una simulación.

- Con base en lo observado en eventos como los del grafico Grafico 7 y/o Grafico 8 en donde se observan observaciones fuera de los intervalos de normalidad en una distribución de datos. Observaciones o afluencias de personas o clientes fuera las afluencias normales, tienden a colapsar el sistema, a generar inconformidades y a sobre cargar de trabajo a la persona. Es necesario hacer un estudio más detallado sobre este tipo de afluencias u observaciones.
- Es necesario estudiar otro tipo de eventos como los cambios de jornada, que por limitación en los servidores se tiene que hacer relevos de diez a quince minutos generando trastornos en los tiempos de servicio.
- Migrar muchos productos tipos de pagos a la banca virtual con el fin de disminuir el número de personas en las oficinas.
- Es necesario generar y programar un algoritmo que permita tomar la decisión acertada en la programación y asignación de prioridades en los turnos. En la actualidad lo hace un operador encargado de monitorizar la fila; lo que genera improductividad.

## **7.2 Conclusiones**

---

- Se han evidenciado diferencias significativas entre lo que es la teoría de colas y los modelos de investigación de operaciones para realizar simulaciones de un sistema real.
- Se logró realizar simulaciones aplicando teorías de colas sin necesidad de contar con los tiempos entre arribos.
- Cuando se planteó el proyecto inicialmente se buscaba hacer la simulación con los tiempos de espera y se pudo concluir que mediante las tasas de llegada y tiempos de arribo se puede lograr el mismo resultado.
- Las entidades financieras están tratando desplazar clientes a otras líneas de atención como las sucursales bancarias y así disminuir costos operacionales y mejorar las líneas de atención.
- Se evidencio que el número de servidores juega un papel muy importante. Alterar el número de servidores puede saturar el sistema, lo que demuestra que es una variable que le da mucha variabilidad el proceso de atención y a el tiempo de espera en fila.

## BIBLIOGRAFÍA

---

- Abad, R. C. (2002). *Introducción a la Simulación y a la teoría de colas*. Cataluña: NETBIBLO.
- Automática, D. I. (2017). *Introducción a la teoría de colas*. Valladolid: E.T.S. Ingenieros industriales-Valladolid.
- Becerra, J. m. (30 de 06 de 2017). Obtenido de [http://132.248.164.227/publicaciones/docs/apuntes\\_matematicas/34.%20Estadistica%20Descriptiva.pdf](http://132.248.164.227/publicaciones/docs/apuntes_matematicas/34.%20Estadistica%20Descriptiva.pdf)
- Bu, R. C. (2003). *Simulación un enfoque práctico*. Mexico: Limusa SA.
- Carro, R. (2013). *Modelos de línea de espera*. Argentina: Universidad Nacional de mar de plata.
- Cobo, A. (s.f.). *Diseño y programación de bases de datos*. Madrid España: vision libros.
- DM. (30 de 06 de 2017). <http://dm.udc.es>. Obtenido de <http://dm.udc.es>: [http://dm.udc.es/asignaturas/estadistica2/sec1\\_2.html](http://dm.udc.es/asignaturas/estadistica2/sec1_2.html)
- Hillier, F. (2010). *Introducción a la investigación de operaciones*. Mexico: Mc Graw Hill.
- Ipes. (03 de 08 de 2017). <http://ipes.anep.edu.uy>. Obtenido de <http://ipes.anep.edu.uy>: [http://ipes.anep.edu.uy/documentos/investigacion/materiales/inv\\_cuanti.pdf](http://ipes.anep.edu.uy/documentos/investigacion/materiales/inv_cuanti.pdf)
- Jiménez, F. A. (2008). Aplicación de teoría de colas en una entidad financiera: herramienta para el mejoramiento de los procesos de atención al cliente. *Revista Universidad EAFIT*, 51-63.
- Lind. (2008). *estadística aplicada a los negocios y la economía*. Mexico: Mc graw hill.
- Sabater, J. P. (2016). *Aplicando teoría de colas en la investigación operativa*. Valencia España.
- Sanchez, J. C. (2011). *Metodología de la investigación científica y tecnológica*. Madrid España: Ediciones Diaz de santos S.A.
- Siqueiros, G. F. (2013). *Introducción a la teoría de colas y su simulación*. Mexico.
- Sweeney, A. (2011). *Metodos cuantitativos para los negocios*. Mexico: Cengage Learning.