



**UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA EQUINOCCIAL**

**FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA E  
INDUSTRIAS**

**CARRERA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL Y DE  
PROCESOS**

**IMPLEMENTACIÓN DE UN MODELO DE SIMULACIÓN DE  
LÍNEAS DE ESPERA EN UNA AGENCIA DE UNA  
INSTITUCIÓN BANCARIA DEL ECUADOR**

**TRABAJO PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO  
DE INGENIERO INDUSTRIAL Y DE PROCESOS**

**STEEVEN GABRIEL JÁCOME MOROMENACHO**

**DIRECTOR: ING. FREDDY ÁLVAREZ SUBÍA**

**Quito, julio 2018**

© Universidad Tecnológica Equinoccial. 2018  
Reservados todos los derechos de reproducción

## FORMULARIO DE REGISTRO BIBLIOGRÁFICO PROYECTO DE TITULACIÓN

DATOS DE CONTACTO	
CÉDULA DE IDENTIDAD:	1718193129
APELLIDO Y NOMBRES:	Jácome Moromenacho Steeven Gabriel
DIRECCIÓN:	Urb. Bohíos de Jatumpamba lote 67 L-3
EMAIL:	steven_galbo@hotmail.com
TELÉFONO FIJO:	(02) 3808-704
TELÉFONO MOVIL:	+593 996756006

DATOS DE LA OBRA	
TÍTULO:	Implementación de un modelo de simulación de líneas de espera en una agencia de una institución bancaria del Ecuador.
AUTOR:	Jácome Moromenacho Steeven Gabriel
FECHA DE ENTREGA DEL PROYECTO DE TITULACIÓN:	05 de julio de 2018
DIRECTOR DEL PROYECTO DE TITULACIÓN:	Freddy Álvarez Subía
PROGRAMA	PREGRADO <input checked="" type="checkbox"/> POSGRADO <input type="checkbox"/>
TÍTULO POR EL QUE OPTA:	INGENIERO INDUSTRIAL Y DE PROCESOS
RESUMEN:	Hoy en día cumplir con las exigencias del consumidor es un gran desafío para las empresas, aún más para aquellas dentro del sector financiero. Por lo que las instituciones bancarias deben tomar estas demandas como oportunidades para sobresalir de entre sus competidores. La percepción del cliente ante la calidad en el servicio está determinada por varios aspectos, como por ejemplo: la velocidad del servicio, el tiempo de espera, las aptitudes y actitudes del talento humano, entre otros. Se estima que la industria financiera evolucione en los

próximos años en consecuencia la innovación en los procesos de gestión resulta ser un método eficiente para satisfacer las necesidades del usuario.

El tiempo y los recursos que el cliente destina para solventar un requerimiento financiero debe ser responsabilidad de la institución bancaria. De manera que es necesario comprender el proceder de los sistemas de atención con filas de espera y estimar las variables inmersas en él. Con el objetivo de satisfacer estas exigencias la presente investigación estableció un estudio de las variables que intervienen en el proceso de atención en cajas a partir de la creación de una herramienta de simulación. Este modelo de simulación tiene la característica de predecir el comportamiento del sistema y optimizar la asignación del talento humano sin afectar la percepción en la calidad del servicio; a través de medidas de desempeño de la teoría de colas. La información base presente en la simulación se determinó por medio de la medición de las variables en una agencia del sistema financiero ecuatoriano.

**PALABRAS CLAVES:**

Líneas de espera, simulación, optimización, modelos matemáticos, distribuciones de probabilidad

**ABSTRACT:**

Nowadays, provide customer demands is a big challenge for companies, even more inside the financial sector. That's why banking institutions should take these demands as opportunities to stand out from their competitors. The client's perception of service quality is determined by: the speed of service, queue time, aptitudes and attitudes of human talent, among others. It is estimated that financial institutions evolve in near years, therefore, innovation in the management

<b>KEYWORDS</b>	<p>processes is an efficient method to satisfy user's requirements.</p> <p>Time and other resources that people spend to resolve a financial requirement must be responsibility of the financial institution. So, it is necessary to understand queues service system and estimate the variables immersed into the system. In order to satisfying these requirements, this research developed a study of this variables which intervene in the service process by creating a simulation application on Excel. This simulation model is able not only to predict the performance of the service system, but also to optimize the assignment of human talent without affecting the customer's perception of quality service through performance measures. The groundwork was determined by evaluating the variables in a bank agency.</p>
	<p>Queues networks, simulation, optimization, mathematical modeling, probability distribution</p>

Se autoriza la publicación de este Proyecto de Titulación en el Repositorio Digital de la Institución.



---

JÁCOME MOROMENACHO STEEVEN GABRIEL  
C.I.: 1718193129

## **DECLARACIÓN Y AUTORIZACIÓN**

Yo, **JACOME MOROMENACHO STEEVEN GABRIEL**, Cl. 1718193129 autor del proyecto titulado: **Implementación de un modelo de simulación de líneas de espera en una agencia de una institución bancaria del Ecuador**, previo a la obtención del título de **INGENIERO INDUSTRIAL Y DE PROCESOS** en la Universidad Tecnológica Equinoccial.

1. Declaro tener pleno conocimiento de la obligación que tienen las Instituciones de Educación Superior, de conformidad con el Artículo 144 de la Ley Orgánica de Educación Superior, de entregar a la SENESCYT en formato digital una copia del referido trabajo de graduación para que sea integrado al Sistema Nacional de información de la Educación Superior del Ecuador para su difusión pública respetando los derechos de autor.
2. Autorizo a la BIBLIOTECA de la Universidad Tecnológica Equinoccial a tener una copia del referido trabajo de graduación con el propósito de generar un Repositorio que democratice la información, respetando las políticas de propiedad intelectual vigentes.

Quito, 05 de julio de 2018



---

**JÁCOME MOROMENACHO STEEVEN GABRIEL**  
C.I.: 1718193129

Quito, 10 de enero de 2018

## **CARTA DE AUTORIZACIÓN**

Yo, **PAZMIÑO TOAPANTA JESUS JANETH** con cédula de identidad N.- 1708671043 en calidad de Subgerente de Productividad de Produbanco Grupo Promerica autorizo a **JÁCOME MOROMENACHO STEEVEN GARBIEL**, realizar la investigación para la elaboración de su proyecto de titulación **“Implementación de un modelo de simulación de líneas de espera en una agencia de una institución bancaria del Ecuador.”**, basada en la información proporcionada por la compañía.



---

MSC. JESUS JANETH PAZMIÑO TOAPANTA  
C.I.: 1708671043

# DECLARACIÓN

Yo **STEEVEN GABRIEL JÁCOME MOROMENACHO**, declaro que el trabajo aquí descrito es de mi autoría; que no ha sido previamente presentado para ningún grado o calificación profesional; y, que he consultado las referencias bibliográficas que se incluyen en este documento.

La Universidad Tecnológica Equinoccial puede hacer uso de los derechos correspondientes a este trabajo, según lo establecido por la Ley de Propiedad Intelectual, por su Reglamento y por la normativa institucional vigente.



---

JÁCOME MOROMENACHO STEEVEN GABRIEL  
C.I.: 1718193129

# CERTIFICACIÓN

Certifico que el presente trabajo que lleva por título **“Implementación de un modelo de simulación de líneas de espera en una agencia de una institución bancaria del Ecuador.”**, que, para aspirar al título de **Ingeniero Industrial y de Procesos** fue desarrollado por **Steeven Gabriel Jácome Moromenacho**, bajo mi dirección y supervisión, en la Facultad de Ciencias de la Ingeniería e Industrias; y cumple con las condiciones requeridas por el reglamento de Trabajos de Titulación artículos 19, 27 y 28.



---

MSC. FREDDY ÁLVAREZ SUBÍA  
C.I.: 1708262678  
**DIRECTOR DEL TRABAJO**

## CARTA DE AVAL DE LA EMPRESA

Yo, **Johana Carolina Guerrero Pérez** con pasaporte N° PE107690 en calidad de **GERENTE DE LA UNIDAD DE PRODUCTIVIDAD** certifico que el Sr. Steeven Gabriel Jácome Moromenacho, realizó su trabajo de titulación con el tema “**Implementación de un modelo de simulación de líneas de espera en una agencia de una institución bancaria del Ecuador**”, por requerimientos, y basada en la información proporcionada por la empresa **PRODUBANCO GRUPO PROMERICA**. Los resultados del trabajo se entregaron el día 18 de junio de 2018.



MSC. JOHANA CAROLINA GUERRERO PÉREZ  
PE107690

# ÍNDICE DE CONTENIDOS

	<b>PÁGINA</b>
<b>RESUMEN</b>	1
<b>ABSTRACT</b>	2
<b>1. INTRODUCCIÓN</b>	3
<b>2. METODOLOGÍA</b>	8
2.1. DIAGNOSTICO DE LA SITUACIÓN INICIAL	9
2.2. CONSTRUCCIÓN DE LA HERRAMIENTA DE SIMULACIÓN	10
2.3. APLICACIÓN DE LA HERRAMIENTA DE SIMULACIÓN	14
2.4. IMPLEMENTACIÓN DE LA PROPUESTA DE MEJORA	14
<b>3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN</b>	15
3.1. DIAGNOSTICO SITUACIÓN INICIAL	15
3.2. CONSTRUCCIÓN DE LA HERRAMIENTA DE SIMULACIÓN	20
3.2.1. DISEÑO DEL MODELO DE SIMULACIÓN	20
3.2.2. CREACIÓN DE LA INTERFAZ DE OPERACIÓN	24
3.2.3. OBTENCIÓN DEL REPORTE DE LOS VALORES SIMULADOS	25
3.3. APLICACIÓN DE LA HERRAMIENTA DE SIMULACIÓN	27
3.4. IMPLEMENTACIÓN DE LA PROPUESTA DE MEJORA	29
<b>4. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES</b>	30
4.1. CONCLUSIONES	30
4.2. RECOMENDACIONES	30
<b>BIBLIOGRAFÍA</b>	32
<b>ANEXOS</b>	34

# ÍNDICE DE TABLAS

	PÁGINA
<b>Tabla 1.</b> Métodos de investigación presentes en la investigación.	8
<b>Tabla 2.</b> Características de operación modelo de líneas de espera	13
<b>Tabla 3.</b> Variables inmersas en la atención a clientes en cajas.	18
<b>Tabla 4.</b> Tiempos de espera.	18
<b>Tabla 5.</b> Calificación de holguras.	19
<b>Tabla 6.</b> Medidas de desempeño de la configuración inicial	27
<b>Tabla 7.</b> Resultados de la propuesta de mejora.	28

# ÍNDICE DE FIGURAS

	<b>PÁGINA</b>
<b>Figura 1.</b> Fases de la investigación.	8
<b>Figura 2.</b> Sistema de redes de cola.	9
<b>Figura 3.</b> Sistema de clasificación de Kendall y Lee.	12
<b>Figura 4.</b> Organigrama general de la agencia.	15
<b>Figura 5.</b> Funciones asignadas al personal de cajas.	16
<b>Figura 6.</b> Actividades administrativas del personal de cajas.	16
<b>Figura 7.</b> Flujograma del proceso de atención al cliente en cajas.	17
<b>Figura 8.</b> Indicadores de gestión de la calidad en el servicio.	20
<b>Figura 9.</b> Estructura red de cola de la agencia piloto.	21
<b>Figura 10.</b> Distribución tiempo entre llegadas servidor 1.	21
<b>Figura 11.</b> Distribución tiempo entre llegadas servidor 2.	21
<b>Figura 12.</b> Distribución tiempos de procesamiento caja universal.	22
<b>Figura 13.</b> Distribución tiempos de procesamiento caja administrativa.	23
<b>Figura 14.</b> Distribución tiempos de procesamiento caja administrativa.	23
<b>Figura 15.</b> Características de la red.	24
<b>Figura 16.</b> Calendario jornada laboral agencia.	24
<b>Figura 17.</b> Indicador de llegadas a los servidores.	25
<b>Figura 18.</b> Interfaz operativa simulador líneas de espera.	25
<b>Figura 19.</b> Cuadro de eventos simulados.	26
<b>Figura 20.</b> Cuadro indicador de los resultados de la simulación.	26
<b>Figura 21.</b> Interfaz de resultados.	27
<b>Figura 22.</b> Frecuencia de llegada de clientes al sistema.	28

# ÍNDICE DE ANEXOS

	<b>PÁGINA</b>
<b>Anexo 1.</b> Herramienta de medición de tiempos.	34
<b>Anexo 2.</b> Tiempos de transacciones en caja.	36
<b>Anexo 3.</b> Distribuciones de probabilidad software Input Analyzer.	39
<b>Anexo 4.</b> Teoría de colas.	42
<b>Anexo 5.</b> Indicadores de gestión de la agencia.	44

## RESUMEN

Hoy en día cumplir con las exigencias del consumidor es un gran desafío para las empresas, aún más para aquellas dentro del sector financiero. Por lo que las instituciones bancarias deben tomar estas demandas como oportunidades para sobresalir de entre sus competidores. La percepción del cliente ante la calidad en el servicio está determinada por varios aspectos, como por ejemplo: la velocidad del servicio, el tiempo de espera, las aptitudes y actitudes del talento humano, entre otros. Se estima que la industria financiera evolucione en los próximos años en consecuencia la innovación en los procesos de gestión resulta ser un método eficiente para satisfacer las necesidades del usuario.

El tiempo y los recursos que el cliente destina para solventar un requerimiento financiero debe ser responsabilidad de la institución bancaria. De manera que es necesario comprender el proceder de los sistemas de atención con filas de espera y estimar las variables inmersas en él. Con el objetivo de satisfacer estas exigencias la presente investigación estableció un estudio de las variables que intervienen en el proceso de atención en cajas a partir de la creación de una herramienta de simulación. Este modelo de simulación tiene la característica de predecir el comportamiento del sistema y optimizar la asignación del talento humano sin afectar la percepción en la calidad del servicio; a través de medidas de desempeño de la teoría de colas. La información base presente en la simulación se determinó por medio de la medición de las variables en una agencia del sistema financiero ecuatoriano.

**Palabras claves:** Líneas de espera, simulación, optimización, modelos matemáticos, distribuciones de probabilidad.

## ABSTRACT

Nowadays, provide customer demands is a big challenge for companies, even more inside the financial sector. That's why banking institutions should take these demands as an opportunity to stand out from their competitors. The client's perception of service quality is determined by: the speed of service, queue time, aptitudes and attitudes of human talent, among others. It is estimated that financial institutions evolve in near years, therefore, innovation in the management processes is an efficient method to satisfy user's requirements.

Time and other resources that people spend to resolve a financial requirement must be responsibility of the financial institution. So, it is necessary to understand queues service system and estimate the variables immersed into the system. In order to satisfying these requirements, this research developed a study of this variables which intervene in the service process by creating a simulation application on Excel. This simulation model is able not only to predict the performance of the service system, but also to optimize the assignment of human talent without affecting the customer's perception of quality service through performance measures. The groundwork was determined by evaluating the variables in a bank agency located in Ecuador.

**Keywords:** Queues networks, simulation, optimization, mathematical modeling, probability distribution

## **1. INTRODUCCIÓN**

# 1. INTRODUCCIÓN

El incremento de nuevas empresas de prestación de servicios ha ido en alza durante los últimos diez años. Tal como lo presenta el INEC dentro de su resumen Panorama Laboral 2017, la tasa de entrada y salida de empresas en el sector de servicios muestra un índice de crecimiento del 11.82% en dicho sector (INEC, 2017). Por lo que las empresas de servicios deberán enfocarse en la relación proceso-cliente, y mantener estándares de calidad para poder sobresalir entre sus competidores.

Los servicios poseen una característica de intangibilidad; por lo que, una estimación de calidad puede resultar ambiguo. Sin embargo, el presente estudio toma el concepto de calidad de servicio como la percepción del consumidor ante el cumplimiento de requerimientos. Donde la calidad de servicio hace referencia a interpretar los requisitos de los consumidores en características medibles (Tschocl, 2008).

Dentro de las empresas de servicio con sistemas de atención de filas, el tiempo de espera del consumidor es un indicador que permite medir la satisfacción del servicio prestado de manera cuantitativa. Por otra parte, la asignación eficiente del talento humano es una exigencia dentro de las empresas cuya finalidad es elevar o mantener sus márgenes de retribución sin afectar la calidad de atención impartida (Tschocl, 2008).

Tomando como referencia el estudio “Retail Banking 2020 Evolution or Revolution”, las instituciones bancarias deben comprender que el desarrollo de sistemas complejos dificulta el crecimiento de la organización dentro del sector financiero. Por lo que la creación de sistemas simplificados direccionados a la experiencia del consumidor ayuda a la institución a posesionarse dentro de la preferencia del cliente (Sullivan & Garvey, 2017). Dichos sistemas se basan en estrategias enfocadas en canales de distribución, tecnología, producto, y proceso. Es así como, las organizaciones dentro del sistema financiero deben tener la capacidad satisfacer las expectativas del consumidor a través de factores que inciden en la experiencia del servicio; tales como la confiabilidad, innovación en la atención, la rapidez en el servicio y una correcta asignación de recursos (Valdunciel & Marcela, 2007).

El proceso de atención en cajas forma parte del área de operaciones de la organización y busca salvaguardar sus finanzas. Su función principal es la de satisfacer los requerimientos transaccionales del usuario con la institución, por medio de la oferta de productos transaccionales haciendo o no uso de dinero efectivo; por lo que, el proceso de atención que ejerce el cajero depende directamente del tipo de requerimiento solicitado por el cliente.

La institución financiera a quien se dirige el estudio busca contribuir con el bienestar y desempeño de sus colaboradores, pero también se enfoca en mejorar la percepción de la calidad del servicio de sus clientes. Además, pretende optimizar la utilización de sus recursos empleando técnicas de investigación de operaciones que se orienten en mejorar los indicadores de gestión. La carencia de un modelo que proporcione una noción del comportamiento del sistema de atención de cajas dentro de la presente organización demanda un estudio capaz de representar las variables que participan en dichos escenarios (Chase & Jacobs, 2014).

Para el cumplimiento de esta necesidad, el presente trabajo implementó un modelo de simulación de líneas de espera para una óptima asignación del talento humano, la cual fomente el crecimiento de la productividad del personal dentro del área de cajas y solvente las necesidades del cliente sin afectar la calidad en el servicio (Hillier & Lieberman, 2015). El diseño de la herramienta se basó en un estudio fundamentado en medidas de desempeño, cuyas variables afectan directamente en el comportamiento del sistema, por lo que durante la fase inicial se diagnosticó la situación inicial del sistema, enfatizando el proceso de atención de clientes, así como, delimitar los indicadores de gestión vigentes, los cuales permiten identificar los factores que intervienen dentro del proceso productivo (Chase & Jacobs, 2014).

La descripción de un proceso estocástico permitió utilizar una serie de variables aleatorias de un conjunto dado; un proceso estocástico ayuda a delinear la conducta del sistema a lo largo de su funcionamiento (Hillier & Lieberman, 2015). Adicionalmente se realizó un estudio de medición de tiempos con cronómetro con la finalidad de estimar los tiempos presentes dentro de las variables de entrada del proceso productivo, estableciendo así tiempos de procesamiento en cada línea de servicio, tiempos de demora, y tiempos entre llegadas de los clientes. Asimismo, se incluyó dentro de la medición tiempos de demora inherentes a los operarios por medio de factores de holgura. Se estimó la selección de la muestra a tomar, para que los resultados permitan englobar completamente el trajinar del sistema a ser evaluado (Niebel W, 2014).

El estudio combinó las variables presentes dentro del proceso de atención en cajas, por lo que, se consideró distintos tipos de factores tales como: la tasa de atención, los intervalos de llegada entre clientes, la disciplina de cola, el mecanismo de servicio, las distribuciones de probabilidad, el número de servidores y la capacidad de atención al cliente (Hillier & Lieberman, 2015). Con el propósito de desarrollar la herramienta de simulación de líneas de espera se construyó un modelo matemático por medio del software Excel. Este modelo de simulación utiliza parámetros estocásticos, lo que permite hacer uso de números aleatorios en función de su respectiva probabilidad. Las

estimaciones generadas determinaron las proyecciones simuladas (Taha A, 2012).

La atención presencial en las agencias debe ser fuente de discusión, dentro de la mente del cliente una de las principales quejas es el periodo de espera para satisfacer su requerimiento. Como lo presenta el artículo “¿Es posible reducir el tiempo de espera en colas?”, las personas cada día aprecian más el valor del tiempo y muestran incomodidad al tener que realizar filas para solventar sus demandas, esta contrariedad se presenta comúnmente dentro de las instituciones financieras, que comúnmente adjudican recursos para la atención con el cliente por medio de estudios de mercado, sin embargo, es necesario un estudio matemático que abarque todos los factores que constituye el proceso de atención en cajas para lograr un óptimo diseño y asignación de talento humano en los centros de atención (Córdova & Del Castillo, 2010).

Por consiguiente, la aplicación del modelo de simulación como herramienta de análisis dentro de la organización permitió la obtención de información de un evento futuro que faculta al ejecutivo de cajas realizar la asignación de recursos y gestionar los horarios del personal. La construcción de nueva información en base a las demandas de los consumidores es un factor de ventaja competitiva dentro del sistema financiero global, por tanto, la experiencia del consumidor, el sentido de pertenencia y la valoración del servicio se ven beneficiados por medio de estas destrezas (Valdunciel & Marcela, 2007).

Tal como lo cita la investigación: “Retail Banking 2020 Evolution or Revolution”, aquellas instituciones que desean liderar el mercado financiero deberán desarrollar una capacidad de análisis de información e integrarlo con la creación de conocimiento accionable (Sullivan & Garvey, 2017). Las instituciones financieras nacionales se enfocan en la creación de vías alternas para sus canales de atención (especialmente la banca digital), sin embargo, el entorno cultural de la población todavía sigue siendo reacio a este tipo de segmento de la banca, ya sea por la falta de información y conocimiento en el uso de las aplicaciones virtuales o la seguridad de la información que está detrás de la práctica del servicio (Maldonado, 2018).

En el entorno nacional la aplicación de modelos de simulación de líneas de espera es mínimo, no obstante, algunos de las investigaciones están relacionados a las esperas en las instituciones de salud pública. Donde las tasas de demanda y servicio provocan un colapso en el sistema, ocasionando largas colas y tiempos de espera considerable (Guevara, 2011); otra aplicación está presente en la obtención de periodos óptimos de tránsito vehicular para evitar congestión vehicular de un tramo vial en la ciudad de Quito (Ayala, 2012). Mientras que a nivel regional el uso de estos modelos

tiene mayor presencia, siendo el área financiera uno de los principales campos de estudio. Como lo muestra la investigación: “Análisis de redes de colas modeladas con tiempos entre llegadas exponenciales e híper Erlang para la asignación eficiente de los recursos”, el desarrollo de modelos matemáticos de redes de espera ayuda a determinar el comportamiento del sistema a partir del reconocimiento de los factores que intervienen en el proceso y permiten realizar una asignación eficiente de los recursos en los puntos de servicio (Martínez, 2009).

Mediante el empleo de teoría de colas se determinó los posibles resultados de los desempeños en los sistemas modelados (Hillier & Lieberman, 2015). El proceso de arribo del cliente hacia los servidores toma una distribución exponencial probabilística; es decir, los arribos al sistema suceden de manera aleatoria. Acorde a los resultados de la simulación los modelos de líneas de espera se logró balancear la distribución del personal sin afectar la percepción de calidad de servicio del consumidor durante su atención; esta formulación parte de los factores de utilización de los servidores en la teoría de colas que proporciona un óptimo número de servidores (Hillier & Lieberman, 2015).

Finalmente, para la validación de la implementación se revisó la variación de los indicadores de gestión con respecto a la aplicación de la propuesta de mejora. Además, se propuso la comparación de los resultados obtenidos al redistribuir el talento humano tomando criterios de decisión como el porcentaje de utilización de los servidores, la productividad de la agencia y tiempo de espera del cliente (Hillier & Lieberman, 2015).

De este modo se definió la investigación de análisis de líneas de espera, que constituye el requerimiento de optimizar la asignación del talento humano dentro del área de cajas de una agencia de una institución bancaria del país.

En síntesis, el objetivo principal de la presente investigación es implementar un modelo de simulación de líneas de espera que constituya una óptima asignación del talento humano. Para el cumplimiento de esta necesidad se establecieron los siguientes objetivos específicos:

- Diagnosticar la situación inicial de los procesos de atención a clientes en el área de cajas.
- Construir una herramienta de simulación de líneas de espera en base a los requerimientos del sistema.
- Presentar la herramienta de simulación a los usuarios asignados a la gestión del personal.
- Implementar la propuesta de mejora en el área de cajas de la agencia bancaria.

## **2. METODOLOGÍA**

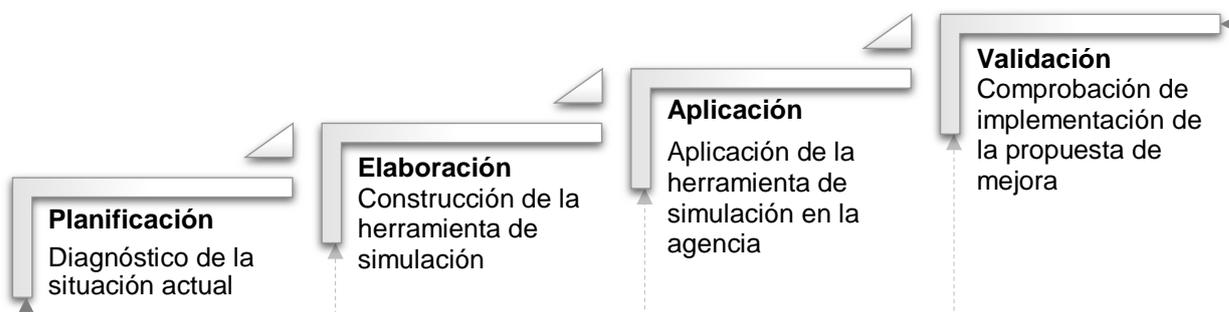
## 2. METODOLOGÍA

El desarrollo de la investigación está orientado en la medición de las variables que intervienen dentro del proceso de atención en cajas. Se empleó los métodos de investigación científica para fundamentar el marco teórico del presente trabajo (Behar, 2008). El resumen de los métodos utilizados en cada fase se revisa en la tabla 1.

**Tabla 1.** Métodos de investigación presentes en la investigación.

Método de investigación	Fases de la investigación		
	Introducción	Metodología	Resultados y discusión
Teóricos	<ul style="list-style-type: none"> <li>Inductivo - Deductivo</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Observación científica</li> <li>Medición</li> <li>Analítico - Sintético</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Analítico</li> </ul>
	<b>Aplicación:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>Identificación del problema a solventar</li> </ul>	<b>Aplicación:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>Elección fundamento teórico</li> <li>Diagnóstico inicial</li> <li>Construcción de la herramienta</li> <li>Aplicación de la herramienta</li> </ul>	<b>Aplicación:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>Comparación de resultados</li> </ul>
Empíricos			Experimentación Simulación

Con la finalidad de construir la herramienta de simulación se utilizó como base la metodología de Deming, el cual describe un ciclo de mejora continua (Carro & González, 2013). Esta metodología constituye las actividades desarrolladas en cada una de las fases como se expone en la figura 1.



**Figura 1.** Fases de la investigación.

## 2.1. DIAGNOSTICO DE LA SITUACIÓN INICIAL

Durante la fase inicial de la investigación se priorizó el levantamiento de información del proceso operativo de atención en el área de cajas. Para realizar una descripción del proceso se revisó los aspectos administrativos del sistema y se diagramó el procedimiento de la actividad, la recolección de la información se obtuvo por medio de visitas a la agencia modelo.

Un proceso estocástico describe el comportamiento del sistema a partir de la recopilación de variables aleatorias a través del muestreo. El proceso de atención en cajas establece un modelo de líneas de espera. Por lo tanto, la inspección del proceso de atención en cajas establece las características del sistema a simular (Hillier & Lieberman, 2015).

Con el objeto de determinar el tipo de red presente en la agencia bancaria se examinó los factores que intervienen en el comportamiento de las redes de espera. La figura 2 indica un sistema básico de colas en un centro de atención con varios puntos de atención.



**Figura 2.** Sistema de redes de cola.

Gracias a la observación directa del proceder del servicio, se constató el tipo de proceso al que se apegaba el sistema a simular, la estructura básica del modelo y el mecanismo del servicio (Hillier & Lieberman, 2015).

Por otra parte, se realizó un estudio de medición de tiempos de procesos de atención, procesos administrativos internos, y se analizó el comportamiento de llegadas de los usuarios del sistema. Para el cumplimiento del estudio inicial, se desarrolló una herramienta de medición de tiempos, la cual se basa en la recolección de tiempos por cronómetro de las transacciones, tiempos de espera; además considera un porcentaje de holguras al tiempo total del

servicio. La información obtenida es almacenada en una base de datos para su posterior análisis (Niebel W, 2014). Una descripción más detallada de la medición de tiempos se presenta en el ANEXO 1.

La herramienta de medición de tiempos reúne la información de arribo de clientes a las distintas colas, lo que permite determinar el tiempo entre llegada de los usuarios. La herramienta se construyó en el software Excel por medio de programación con Visual Basic Application (Macros). Esta extensión del software facilita la automatización de cálculos repetitivos y del registro de información en base a la programación de una serie de instrucciones que se efectúan secuencialmente a partir de una señal de ejecución (Acosta & Acosta, 2015).

Se adjudicó la información transaccional de la base de datos histórica, así como, los indicadores de gestión de productividad, eficiencia, capacidad transaccional y calidad de servicio. El periodo de la información toma los registros del último año laboral de la agencia a estudiar; sin embargo, debido a la sensibilidad de la información proporcionada, la institución se reserva el derecho de divulgación al público.

Una vez constituido la base de datos de los tiempos transaccionales, se prosiguió a calcular tiempos estándar los cuales proporcionan una noción del tiempo promedio de atención en el servicio y así como conocer la capacidad nominal de atención del sistema (Niebel W, 2014). Dentro de la fase de construcción del modelo de simulación se utilizó los datos estándar de los tiempos de proceso únicamente como referencia de apoyo. Por lo tanto, la delimitación de distribuciones probabilísticas a partir del muestreo es la base del modelo propuesto. El ANEXO 2 especifica el resumen de los tiempos de procesamiento de las actividades de cada cajero.

Por último, se tomó en consideración el periodo de ejecución de la investigación con la finalidad de establecer índices de comparación una vez implementada la herramienta. El cálculo de los indicadores de gestión proviene de un estudio de medición de tiempos actualmente establecido por el área de productividad de la institución; por ende, los datos recopilados únicamente presentan el desempeño de la agencia estudiada.

## **2.2. CONSTRUCCIÓN DE LA HERRAMIENTA DE SIMULACIÓN**

Se diagramó el modelo matemático en base a la información establecida en la etapa anterior, el modelo descrito incorpora las distribuciones de probabilidad de los tiempos de proceso, frecuencia de arribo a los servidores, y tipo de servicio realizado. Los diversos factores que incurren en el proceder del sistema de redes de colas previamente descritos suministraron la

información requerida para la construcción de la herramienta de simulación (Eppen G, 2000).

Las características del sistema satisfacen los requerimientos establecidos por el área encargada; por ende, se considera todos los factores que intervienen dentro del sistema de atención en cajas, tales como: el número de servidores, los horarios de atención, la disciplina de cola, el tiempo destinado para tareas administrativas, y horas de almuerzo (Hillier & Lieberman, 2015). La herramienta de simulación toma como fundamento principal los resultados del modelo matemático, el cual mantiene una característica de autónoma de ingresar la información transaccional que se genera periódicamente en la agencia.

Generalmente en un estudio de teoría de colas, la utilización de distribuciones de probabilidad facilita la construcción de un modelo matemático siempre y cuando la distribución de probabilidad se adapte al comportamiento del sistema en operación. Existen varios tipos de distribuciones de probabilidad que solventan esta necesidad; sin embargo, la distribución de Poisson permite describir la probabilidad de una variable aleatoria de intervalos de llegada basado en un muestreo previo. En este tipo de distribución el número promedio de llegadas por unidad de tiempo esta denotado por  $\lambda$  (Arroyo & Muñoz, 2014). Al ser una distribución de probabilidad de eventos discretos, se establece que la probabilidad de ocurrencia de un suceso  $k \in X$  en un periodo de tiempo sigue la ecuación 1 descrita a continuación.

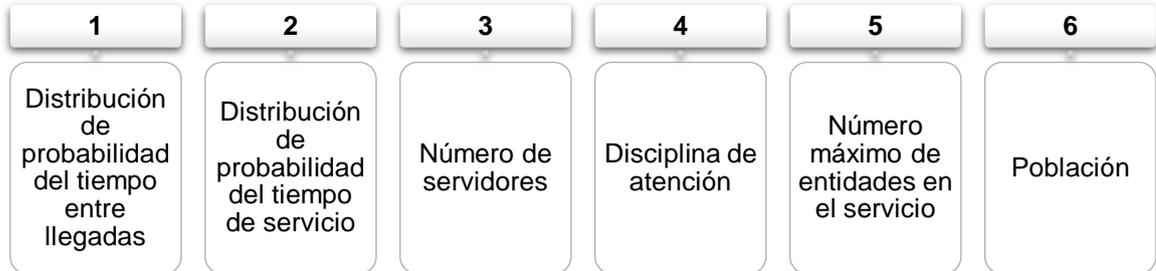
$$p(k, \lambda) := f(k) = f(x) = \begin{cases} \frac{e^{-\lambda} \lambda^k}{k!}, & \text{si } k = 0, 1, 2, \dots; \lambda > 0; \\ 0 & \text{de otra manera} \end{cases} \quad [1]$$

La distribución Erlang es un tipo de distribución exponencial Gamma cuando el parámetro  $\alpha$  es un entero positivo. Este tipo de distribución se emplea para delinear tiempos de procesamiento en  $k$  sucesos (Arroyo & Muñoz, 2014). La delimitación de tiempos de servicio mediante distribución Erlang hace referencia procesos de atención volátiles cuyos intervalos difieren de proceso en proceso (Reinecke, 2012). Por lo tanto, la función de densidad de probabilidad para una variable aleatoria se estima en la ecuación 2.

$$f(k, \alpha, \beta) = \begin{cases} \frac{1}{\beta^\alpha \Gamma(\alpha)} k^{\alpha-1} e^{-k/\beta}, & \text{si } k > 0; \alpha \in Z^+, \beta > 0; \\ 0 & \text{de otra manera} \end{cases} \quad [2]$$

En el ANEXO 3 se describe a fondo las propiedades que cumplen tanto la distribución Poisson como la distribución Erlang, además se verifica los resultados obtenidos con la ayuda del programa Input Analyzer.

En resumen, la delimitación del modelo de simulación toma partida del sistema de clasificación de Kendall y Lee, el cual estandariza las características de los modelos de líneas de espera y su connotación especifica las propiedades del sistema a modelar. La figura 3 dispone el orden y las propiedades del sistema de clasificación propuestos por Kendall y Lee (Hillier & Lieberman, 2015).



**Figura 3.** Sistema de clasificación de Kendall y Lee.

Para la estimación de las distribuciones de probabilidad tanto de la frecuencia de arribo de los clientes como de los tiempos de servicio se estableció un modelo matemático detallado en la siguiente fase de la investigación. A partir de la configuración del sistema, se constituyó el modelo de simulación a utilizar. Tomando en consideración la distribución de Poisson en tiempos entre llegadas, distribución Erlang en los tiempos de atención, disciplina de atención FIFO, servidores, capacidad del sistema finita y población pronosticada infinita (Hillier & Lieberman, 2015). La ecuación 3 describe el modelo de simulación establecido.

$$(M/G/s/k) \quad [3]$$

Donde:

**M** = Distribución exponencial Poisson.

**G** = Distribución Erlang.

**s** = Número de servidores.

**k** = Parámetro de forma k

A continuación, se describe a grandes rasgos la terminología que se utiliza en la formulación de un modelo de líneas de espera. Donde la obtención de una tasa media de llegadas  $\lambda$  en base a distribuciones probabilísticas, es el número esperado de arribos durante un periodo de tiempo; la tasa media del servicio  $\mu$  se obtiene para cada uno de los servidores y considera el número esperado de clientes que completan su servicio por unidad de tiempo. La probabilidad de que el evento suceda en un tiempo determinado  $t$  se define por la estimación de números aleatorios configurados a la distribución de probabilidad delimitada (Hillier & Lieberman, 2015).

La metodología de Montecarlo permite la estimación de resultados basado en la obtención de números aleatorios de acuerdo con la distribución probabilística establecida. Estos números permiten calcular datos de entrada

para determinar los intervalos de arribo, tiempos de procesamiento, tipos de procesos, entre otros; que permiten simular el comportamiento del proceso de atención en cajas (Taha A, 2012).

La característica de operación del modelo de líneas de espera permite obtener resultados, los cuales se detallan en la tabla 2. Cabe recalcar que la utilización de las fórmulas descritas en el sistema debe cumplir la siguiente condición  $\lambda < \mu$ . Caso contrario el número estimado de personas que esperan por el servicio crecerá sin límite alguno (Eppen G, 2000).

**Tabla 2.** Características de operación modelo de líneas de espera

Característica	Símbolo
Utilización	$\rho$
Nº. esperado de clientes que llegan	$L$
Nº. esperado de clientes en cola	$L_q$
Tiempo de espera en cola promedio	$W$
Tiempo de espera total	$W_q$
Probabilidad de que el sistema este desocupado	$P_o$

La estimación de las fórmulas utilizadas para el cálculo de las medidas de desempeño se adjunta en el ANEXO 4.

El modelo de simulación se diseñó con una interfaz amigable para el usuario que incluye los cálculos de medidas de desempeño. Estos indicadores asisten a los ejecutivos de cajas con criterios de discusión frente a la toma de; además, las corridas de simulación cumplen con la particularidad de realizarse de forma automática, consolidado los resultados en cuadros sencillos de analizar (Eppen G, 2000).

La programación de la herramienta se realizó en Visual Basic vía Macros; que es una extensión del software Excel. Cabe mencionar que, la institución bancaria maneja un extenso número de transacciones del servicio; por ende, utiliza cubos de información almacenados en servidores. La creación de la herramienta de simulación fuera de los cubos transaccionales permite que esta no se ralentice al momento de su ejecución (Acosta & Acosta, 2015). Previo a la presentación de la herramienta a los miembros del área encargada del proyecto se realizó ensayos muestréales que determinaron el correcto funcionamiento del simulador.

### **2.3. APLICACIÓN DE LA HERRAMIENTA DE SIMULACIÓN**

La herramienta de simulación fue presentada a los miembros del área de productividad, quienes administran la aprobación contratación de recursos. Una vez realizada la socialización se realizó una serie de simulaciones de prueba para determinar la validez de la herramienta. Por otra parte, se notificó las características que abarca el proyecto con la finalidad de reconocer parámetros omitidos que puedan enriquecer a la herramienta.

Considerando la aprobación del área encargada, se llevó a cabo la aplicación del modelo de simulación de líneas de espera en la agencia piloto. Para la ejecución de la herramienta intervinieron los responsables del área de productividad, quienes aprueban la contratación de recursos y se encargan de la distribución de estos en las agencias. Se realizaron corridas de simulación para determinar el comportamiento del sistema y los intervalos de arribo de clientes para un periodo designado. Los resultados de la simulación determinan criterios de decisión para la asignación correcta del talento humano.

### **2.4. IMPLEMENTACIÓN DE LA PROPUESTA DE MEJORA**

Se realizó un plan de implementación del modelo de simulación, el cual involucra los requerimientos del equipo, los responsables de la administración del simulador, y la capacitación del manejo de la herramienta. Con la finalidad de verificar los cambios en la configuración del sistema propuesto se propuso la evaluación de las medidas de desempeño. Posteriormente, se prosiguió a definir una próxima medición de los indicadores de gestión una vez instaurado el nuevo sistema de atención.

### **3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN**

### 3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los resultados de la presente investigación tienen relación directa con los objetivos propuestos en el presente trabajo y la aplicación de las técnicas descritas en la metodología; a partir de estos, se detalla el procedimiento realizado.

#### 3.1. DIAGNOSTICO SITUACIÓN INICIAL

Con la finalidad de recopilar la información de la agencia, se planificó el cronograma para el levantamiento de información y medición de tiempos en conjunto con el área delegada. Estableciendo el periodo de un mes laborable para el desarrollo de la fase inicial, la medición muestral se llevó a cabo durante toda la jornada laboral diaria con un receso para la alimentación.

La atención al público en la agencia se lleva a cabo desde las 08:30 en la mañana y culmina a las 16:00 en la tarde; sin embargo, la apertura de la agencia ocurre treinta minutos antes y la finalización de las actividades del talento humano se prolonga hasta el cuadro y cierre de caja de todos los cajeros que toma en promedio treinta minutos.

Previo al registro de información en la agencia de estudio, se realizó una introspección de los roles y funciones del recurso humano presente en las agencias de la institución financiera, esto permitió determinar la estructura organizacional de la agencia que se detalla en la figura 4.



**Figura 4.** Organigrama general de la agencia.

Las funciones y responsabilidades del talento humano del área de cajas corresponden únicamente a la designación de su rol, la información proporcionada es de carácter confidencial; por lo que, la figura 5 describe a grandes rasgos las actividades que ejercen el personal en el área.

Cajero universal	Cajero administrativo	Cajero de servicios
<ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Actividades operativas</b></li> <li>• Arqueo de caja</li> <li>• Cuadre de caja</li> <li>• Recapitulación</li> <li>• Otros</li> <li>• <b>Servicio al cliente</b></li> <li>• Depósitos</li> <li>• Retiros</li> <li>• Pago de cheque</li> <li>• Cobranzas</li> <li>• Recepción de impuestos</li> <li>• Otros</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Actividades operativas</b></li> <li>• Digitalización de documentos</li> <li>• Manejo de bóveda</li> <li>• Cuadre ATM</li> <li>• Otros</li> <li>• <b>Servicio al cliente</b></li> <li>• Transferencias bancarias</li> <li>• Emisión cheques de gerencia</li> <li>• Pago proveedores</li> <li>• Depósitos</li> <li>• Retiros</li> <li>• Otros</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Actividades operativas</b></li> <li>• Conciliación cuentas contables</li> <li>• Administración de chequeras y tarjetas</li> <li>• Envío de documentación de respaldo</li> <li>• Otros</li> <li>• <b>Servicio al cliente</b></li> <li>• Entrega de tarjeta de débito y crédito</li> <li>• Entrega y solicitud de chequeras</li> <li>• Ingreso de requerimientos especiales</li> <li>• Depósitos</li> <li>• Otros</li> </ul>

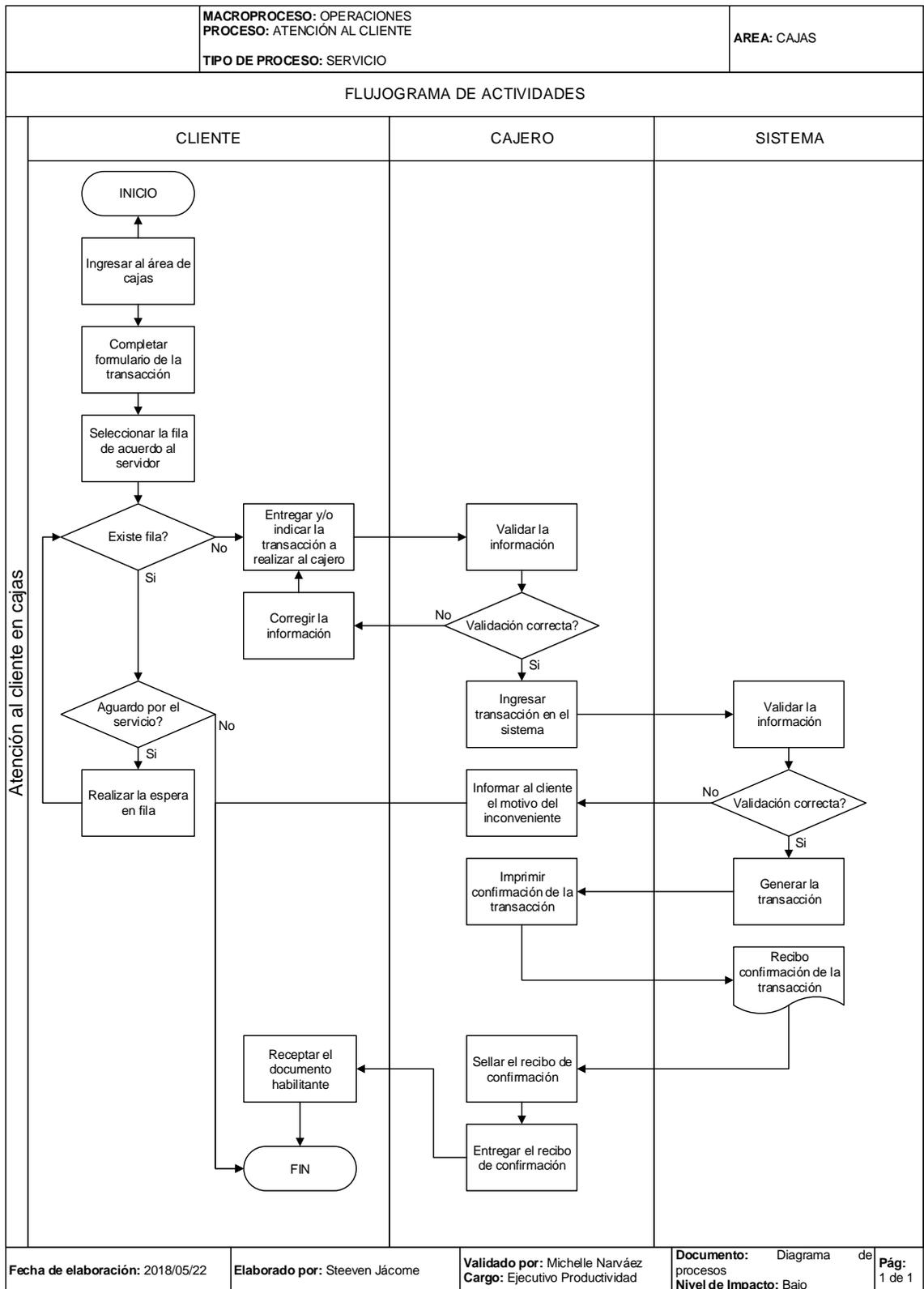
**Figura 5.** Funciones asignadas al personal de cajas.

Además, se contemplaron las actividades de carácter administrativo que permiten el correcto desenvolvimiento del personal a la hora de prestar el servicio. Estas actividades se resumen en la figura 6.

Actividades administrativas
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Apertura</li> <li>• Cierre</li> <li>• Almuerzo</li> <li>• Recapitulación</li> <li>• Intercambio efectivo</li> <li>• Archivo cajas</li> </ul>

**Figura 6.** Actividades administrativas del personal de cajas.

El flujo de proceso que se presenta en la figura 7 muestra de manera general el proceso de atención en cajas; dado que, cada una de las transacciones que oferta la institución financiera difiere en sus procesos. El diagrama expuesto presenta la secuencia de las actividades que ejerce el talento humano del área de cajas para solventar los requerimientos de los usuarios desde el arribo del cliente al sistema hasta la culminación satisfactoria del requerimiento.



**Figura 7.** Flujograma del proceso de atención al cliente en cajas.

Para facilitar la medición de tiempos de procesamiento, se elaboró una herramienta de medición de tiempos que permite compilar la información del servicio prestado por los cajeros. Se dispuso las variables necesarias a ser evaluadas, las cuales se detallan en la tabla 3. La herramienta de medición de tiempos se desarrolló con la asistencia del software Excel, y optimiza el proceso muestral.

**Tabla 3.** Variables inmersas en la atención a clientes en cajas.

<b>Variables</b>	
Agencia	Tiempo inicio trx
Tipo de caja	Tiempo final trx
Fecha	Tiempo de espera
Nº de cliente	Tiempo estándar
Transacción	Tiempo total trx
Nº de transacciones a realizar	Holgura
Condición formulario	Observación

La herramienta de medición de tiempos posee cronómetros que mesuran los tiempos del proceso transaccional, los tiempos de espera presentes por situaciones inherentes a la transacción que se añaden al tiempo total de la transacción; la descripción de estos tiempos se especifica en la tabla 4.

**Tabla 4.** Tiempos de espera.

<b>Observaciones</b>	
Autorización	Información clientes
Reclamos y requerimientos	Intercambio efectivo
Alto mov. Cheques	Lentitud sistema
Alto mov. Efectivo	Inconvenientes equipos
Confirmación	Referencia al cliente
Transacción no efectuada	Demora cliente
Impresión líneas libreta	Cuadre caja
Reproceso	

Se incorporó un factor de holgura al tiempo estándar de la transacción, el porcentaje establecido se suma al tiempo del proceso transaccional. La consideración de holguras dentro del estudio de tiempos influye en el desempeño de los trabajadores debido a interrupciones de naturaleza

personal, estos factores y su ponderación se disponen en la tabla 5 (Niebel W, 2014).

**Tabla 5.** Calificación de holguras.

<b>Tipo</b>	<b>Calificación</b>	<b>%</b>
Ninguna	0	0
Necesidades personales	A	4%
Interrupciones	A	4%
Fatiga básica	B	2%
Uso telefónico	B	2%
Monotonía	C	1%

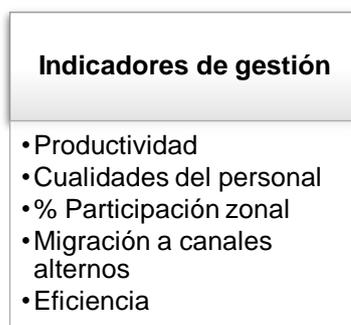
Con la finalidad de establecer los tiempos entre llegadas de los usuarios, se integró un contador en la herramienta, el cual establece la hora de arribo a la fila del servidor. Para el muestreo de los tiempos en las actividades administrativas, se añadió un cronómetro aparte con la finalidad de diferenciar las actividades en las que intervienen los clientes. La herramienta cuenta con registros de las transacciones realizadas, actividades operativas, frecuencia de arribo de los usuarios y un contador de tiempo de espera en fila.

El registro de información transaccional abarcó un porcentaje del total de transacciones realizadas durante la jornada laboral; mientras que, el registro de información de arribo de clientes consideró el total de usuarios que se acercaron al sistema en dicho periodo. La medición de tiempos transaccionales se realizó en intervalos de tiempo para cada tipo de cajero. Para el análisis de la información se valoró la totalidad del muestreo puesto que representa el comportamiento real del sistema, adicionalmente se toma en cuenta la información histórica proporcionada por la institución. La interfaz de la herramienta de medición de tiempos en conjunto con un ejemplo del registro de la información obtenida se presenta en el ANEXO 1.

La base de datos establecida constituye el esqueleto del modelo de simulación por lo que, se determinó tiempos de procesamiento estándar para cada una de las actividades administrativas y transacciones del talento humano. El tiempo estándar proporciona una idea base del servicio que brinda el cajero; además, ayuda a determinar la capacidad del sistema ante una saturación del sistema (Niebel W, 2014). El catálogo transaccional al igual que el resumen de los tiempos estándar, y tiempos de las actividades administrativas se detalla en el ANEXO 2.

Las instituciones financieras dentro de un entorno competitivo buscan modernizar los factores que afectan la calidad de servicio que se ofrece a los usuarios. Por lo que, una evaluación constante del desempeño del talento humano determina posibles oportunidades de mejora dentro de los procesos internos (Tschocl, 2008).

La medición del desempeño operativo de la agencia tiene como fundamento el tiempo de servicio que se proporciona al cliente y el número de transacciones realizadas en un periodo de tiempo; una recopilación de los indicadores de gestión que evalúan el área de productividad de la institución se aclara en la figura 8. De los cuales se contemplarán la productividad y la eficiencia como factores de comparación una vez implementada la herramienta dentro de la agencia bancaria. Los resultados de estos indicadores se presentan dentro del ANEXO 5.



**Figura 8.** Indicadores de gestión de la calidad en el servicio.

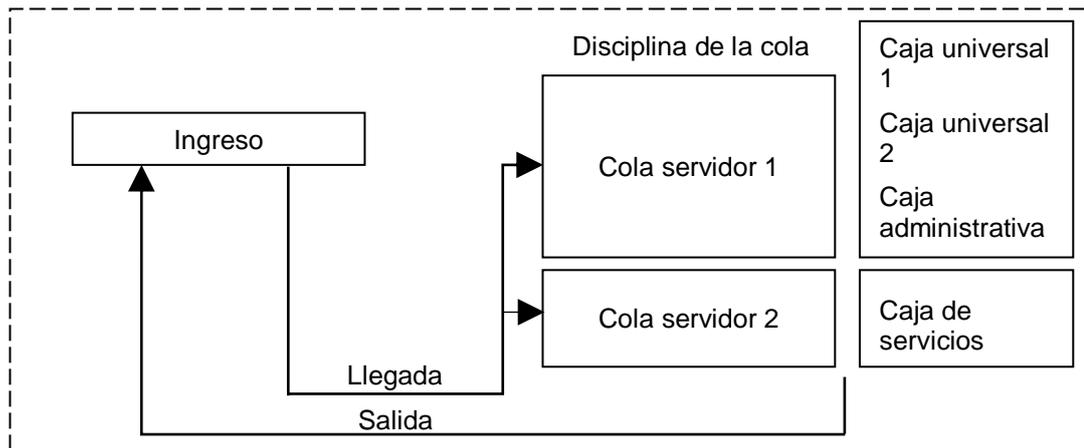
## **3.2. CONSTRUCCIÓN DE LA HERRAMIENTA DE SIMULACIÓN**

Durante la fase de construcción de la herramienta de simulación se describe la estructura que constituye el modelo desarrollado por medio del software Excel.

Inicialmente se procedió a formular el modelo de simulación mediante la obtención distribuciones de probabilidad y su verificación por medio del programa Input Analyzer, seguido de la creación de la interfaz de operación del usuario, finalmente se constituyó la programación de las simulaciones mediante la metodología de Montecarlo para la obtención de la data proyectada y los indicadores alcanzados en la aplicación agrupándose en un resumen final de gestión.

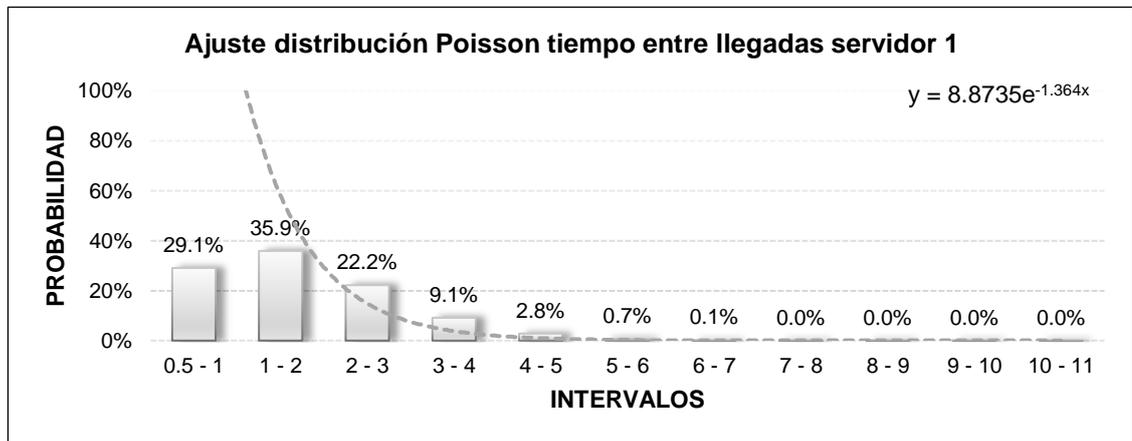
### **3.2.1. DISEÑO DEL MODELO DE SIMULACIÓN**

Anterior a la estimación de las distribuciones de probabilidad se debe establecer las características del modelo de simulación de líneas de esperas. Esta toma como principio el proceso de atención en el área de cajas. Dicho proceso se describe en la figura 9, en la cual los usuarios ingresan al sistema mediante una fuente de arribos con un parámetro de tiempo dependiente del periodo a proyectar, solventan un requerimiento transaccional y pueden o no retirarse del sistema.



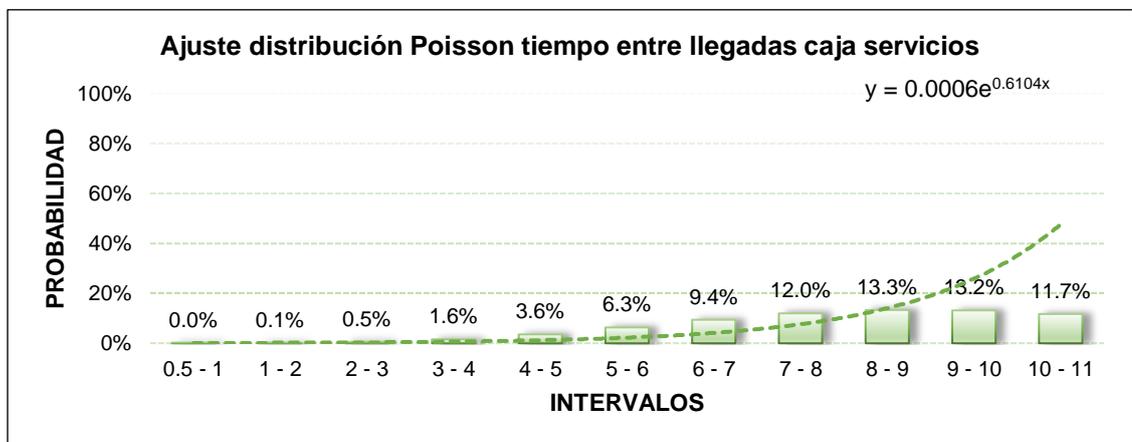
**Figura 9.** Estructura red de cola de la agencia piloto.

Se delimitó los valores del muestreo de la frecuencia de arribo de cada servidor y se obtuvo una curva que se ajusta a una distribución exponencial Poisson como lo muestra la figura 10 para el servidor 1.



**Figura 10.** Distribución tiempo entre llegadas servidor 1.

La figura 11 presenta el ajuste a una distribución exponencial Poisson de los datos de frecuencias de llegadas del servidor 2.



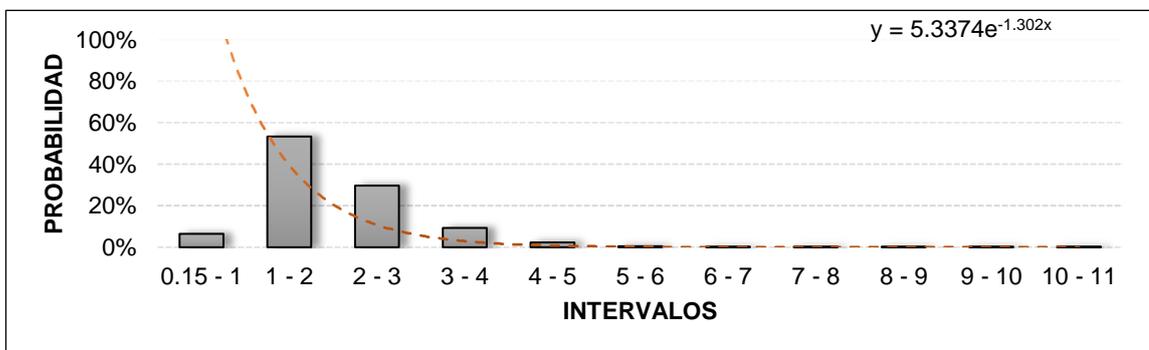
**Figura 11.** Distribución tiempo entre llegadas servidor 2.

Se concibió las distribuciones de frecuencias de llegadas a partir del muestreo inicial; estas toman en consideración todo el ensayo muestral e incluye la información histórica de la agencia. La distribución Poisson es una distribución discreta que establece la aleatoriedad en la llegada de clientes a las instalaciones de servicio (Taha A, 2012).

La herramienta permite reestablecer la información base a partir de la actualización del cubo transaccional. Para la verificación de los resultados obtenidos se utilizó el programa Input Analyzer; dichos diagramas se encuentran adjuntos en el ANEXO 3.

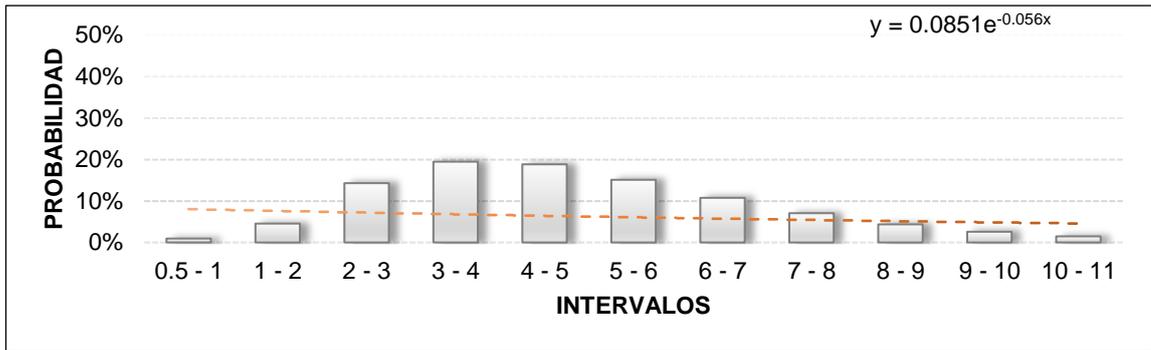
Para la estimación de las distribuciones de los tiempos de servicio se modeló los datos muestrales bajo la distribución de Erlang. Al ofertar una amplia gama de servicios transaccionales, se optó por agrupar los tiempos de procesamiento de acuerdo con cada tipo de caja de cada servidor (Taha A, 2012). Esta consolidación de resultados no afecta la autonomía de cada transacción debido a que los tiempos de servicio que brinda cada cajero mantiene una media semejante.

Para cada tipo de cajero se valora una distribución de tiempos de servicio. La figura 12 exhibe el ajuste de la muestra a una distribución Erlang para las transacciones de la caja universal.



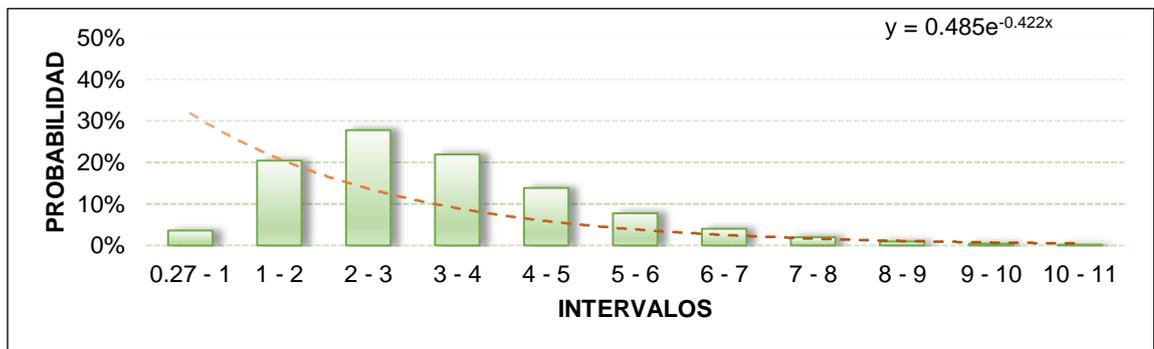
**Figura 12.** Distribución tiempos de procesamiento caja universal.

Los tiempos de servicio de la caja administrativa se adaptan igualmente a una distribución Erlang que se muestra en la figura 13; sin embargo, el porcentaje de demanda de este tipo de transacciones es bajo por lo que permite que el cajero asista con transacciones de la caja universal.



**Figura 13.** Distribución tiempos de procesamiento caja administrativa.

Finalmente se expone en la figura 14 el modelamiento de los tiempos de servicio de la caja de servicios a una distribución Erlang. Los resultados de la fase de muestreo justifican el motivo de mantener dos servidores con fila distinta dentro de la agencia bancaria.



**Figura 14.** Distribución tiempos de procesamiento caja administrativa.

Dentro del ANEXO 3 se presentan los resultados del modelamiento de distribuciones en el programa Input Analyzer, al igual que los tiempos entre llegadas, se utilizó todo el muestreo obtenido la fase inicial de la investigación.

Debido a que la frecuencia de llegada de clientes supera la capacidad de atención, la población que ingresa al sistema se instala al final de la cola. La disciplina de cola corresponde a un proceso FIFO que en sus siglas en inglés significa First in, First out. Una vez culminado el servicio, el cliente puede salir del sistema o iniciar nuevamente otra prestación en el siguiente servidor (Chase & Jacobs, 2014).

En resumen, la estructura de la red que se describe en el tipo de proceso de atención en cajas se ajusta una red de Jackson con las características establecidas en la figura 15.

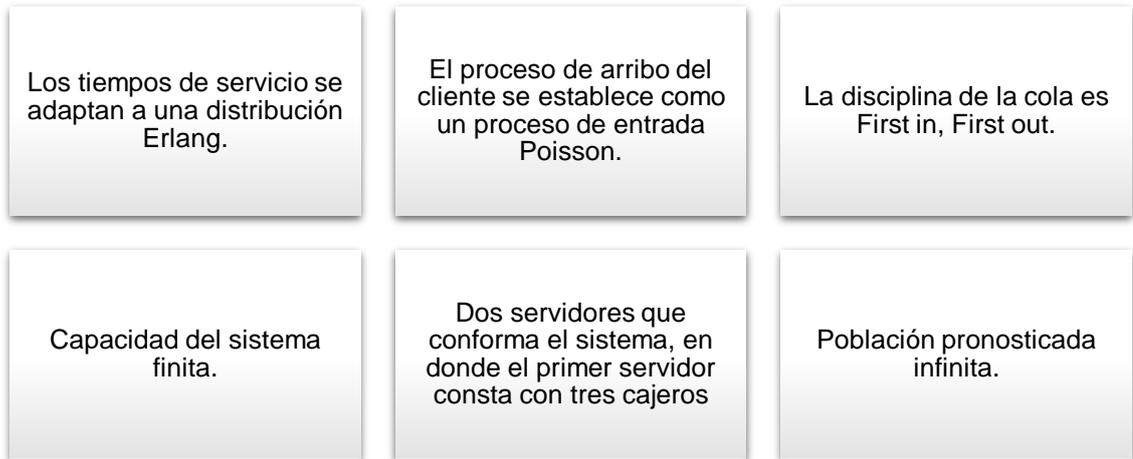


Figura 15. Características de la red.

### 3.2.2. CREACIÓN DE LA INTERFAZ DE OPERACIÓN

Una vez constituido el modelo matemático se prosiguió a construir la interfaz de operación de la herramienta. Se prosiguió a construir la interfaz por medio del software Excel, en la que por medio de macros se optimizó el proceso de búsqueda y selección de las variables de entrada del modelo de simulación.

El módulo de la interfaz de operación cuenta con pulsadores que permiten buscar las variables de entrada tales como las distribuciones de probabilidad, el número de servidores, las fechas a correr la simulación, entre otros. Inicialmente se integró un calendario automatizado que permite elegir tanto los horarios de atención como los días laborables de la agencia en el presente año, tal como lo indica la figura 16. Esta interacción es el punto de partida de la simulación.

FECHA A SIMULAR						
May '18						
L	M	X	J	V	S	D
	1	2	3	4	5	6
7	8	9	10	11	12	13
14	15	16	17	18	19	20
21	22	23	24	25	26	27
28	29	30	31			

HORARIO ATENCIÓN	
Lunes - Viernes	08h30 - 16h00
Sábado	NO ABRE
Domingo	NO ABRE
Feriatos	NO ABRE

FECHA	04-05-18
APERTURA	8:30:00
CIERRE	16:00:00

Figura 16. Calendario jornada laboral agencia.

La interfaz de operación además cuenta con un cuadro indicador de la frecuencia de llegada de clientes por horas a cada uno de los servidores, el cual se conecta con el periodo de tiempo que se toma como base para la configuración de las distribuciones de probabilidad. En la figura 17 se indica el formato del indicador de llegadas.

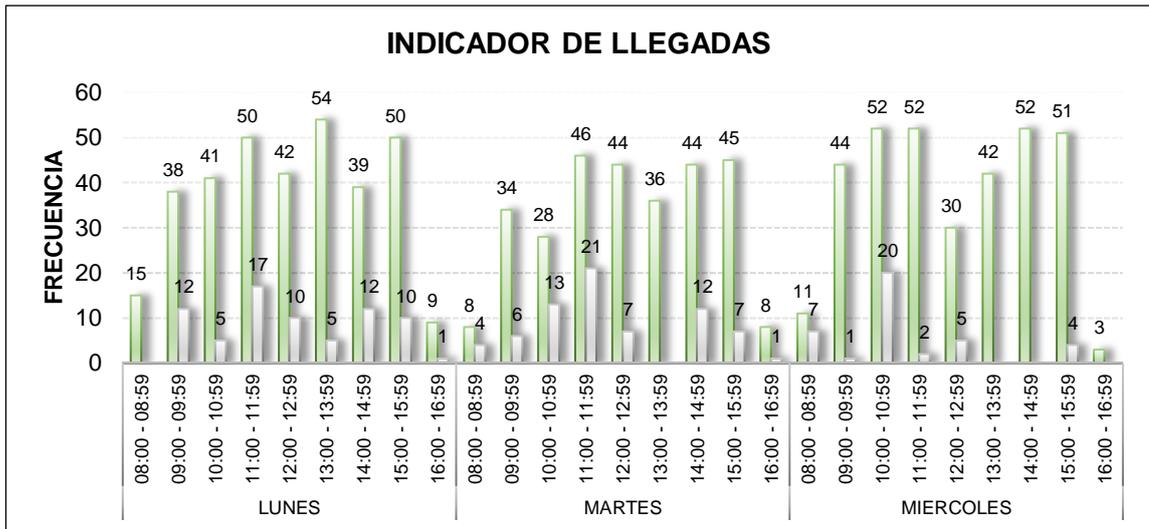


Figura 17. Indicador de llegadas a los servidores.

Adicionalmente, se expone la información acerca de los servidores y el número de cajeros que cuenta cada uno, el número de interacciones a realizar, y el ajuste de las distribuciones de los tiempos entre llegadas.

A continuación, la figura 18 presenta la pantalla de operación desarrollada en la herramienta Excel.

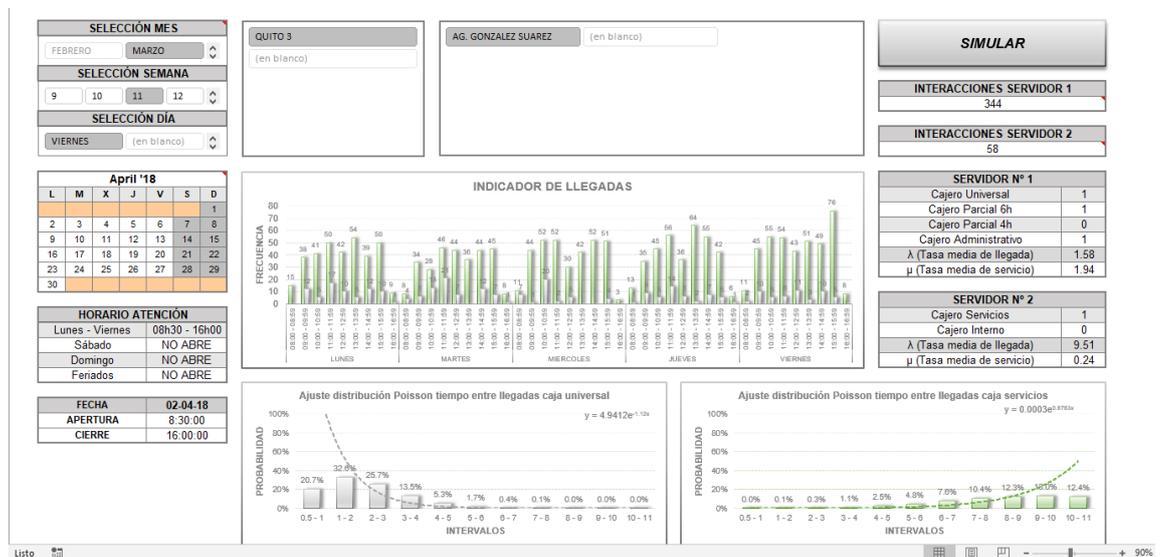


Figura 18. Interfaz operativa simulador líneas de espera.

### 3.2.3. OBTENCIÓN DEL REPORTE DE LOS VALORES SIMULADOS

Al ser un modelo de simulación de tipo discreto, se utilizó la estimación de resultados a partir de eventos discretos, por lo que se generó números aleatorios en base a la distribución probabilística con la ayuda del software Excel. Gracias a la metodología de Montecarlo se calcularon los intervalos

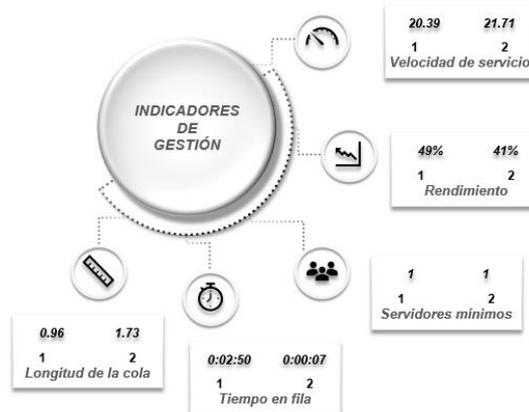
entre llegadas, el arribo al sistema, la selección del servidor, el cajero que presta el servicio, el tipo de transacción a realizar, el tiempo del servicio, la salida del sistema y finalmente el tiempo de espera en el sistema.

Estas proyecciones muestrales se registran en una base de datos para su análisis posterior. Los datos generados en la simulación se unifican en un gráfico resumen que indica el evento futuro simulado. La figura 19 indica el formato en que se presentan los resultados obtenidos.



**Figura 19.** Cuadro de eventos simulados.

Los parámetros de salida se calcularon a partir de la metodología de teoría de colas que se aclara en el ANEXO 4. Los resultados establecidos se presentan de acuerdo con la figura 20.



**Figura 20.** Cuadro indicador de los resultados de la simulación.

Los resultados establecidos se presentan en un resumen representado en la figura 21.

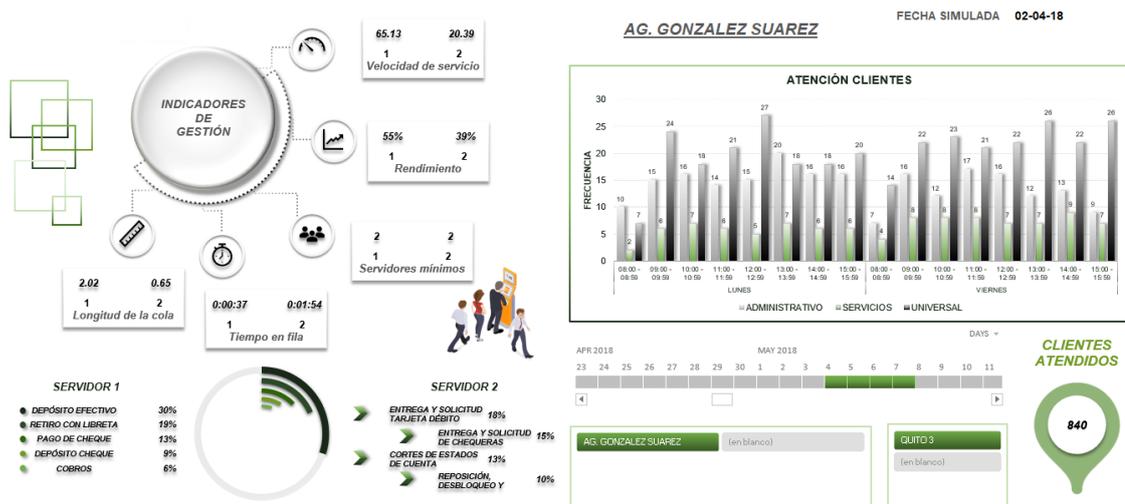


Figura 21. Interfaz de resultados.

### 3.3. APLICACIÓN DE LA HERRAMIENTA DE SIMULACIÓN

La presentación de la herramienta de simulación se llevó a cabo con el área responsable del proyecto de investigación. Se establecieron las directrices del funcionamiento de la herramienta y la base muestral de la investigación. Con el propósito de seleccionar la información de origen del modelo, se resolvió a tomar los tres últimos periodos laborales (enero, febrero y marzo). Debido a que la información histórica refleja el comportamiento de la frecuencia de arribo se decidió tomar fechas fueron días específicos por simular, con la finalidad de corroborar la información. Se estableció el periodo de un mes a simular los eventos futuros en donde, la tabla 6 muestra los resultados de la simulación con la actual configuración del sistema durante el mes de mayo.

Tabla 6. Medidas de desempeño de la configuración inicial.

INDICADOR		SERVIDOR Nº 1	SERVIDOR Nº 2
Velocidad de servicio:	$\mu =$	21.71	20.39
No. mínimo de servidores:	$smín =$	2	1
Rendimiento:	$\rho =$	49%	29%
Clientes que llegan por hora:	$\lambda =$	32.00	6.00
Clientes que se van:	$\lambda - \lambda =$	0.00	0.00
Longitud de la cola:	$L =$	1.69	0.42
Clientes en espera:	$Lq =$	0.22	0.12
Tiempo de espera total	$W =$	0:03:11	0:04:10
Tiempo haciendo cola	$Wq =$	0:00:25	0:01:14

Las proyecciones de las frecuencias de arribo del cliente a lo largo de un día específico se exponen en la figura 22.



**Figura 22.** Frecuencia de Llegada de clientes al sistema.

Los resultados expuestos estiman que en el día simulado asistieron 310 clientes al sistema; por su parte, en el día establecido se acercaron 319 personas a la agencia según la información transaccional real. Obteniendo un 97.17% de nivel de confianza.

Actualmente la agencia cuenta con tres cajeros para el servidor 1 y un cajero que atiende en el servidor 2. Por lo que, se propone reducir un cajero universal de tiempo completo del servidor 1 y colocar un cajero con horario parcial de 6 horas para atender durante las horas con mayor demanda de clientes. Este cambio refleja un ahorro al pago salarial a los cajeros.

La tabla 7 presenta la variación de los indicadores de gestión a partir de la propuesta de reemplazar 1 cajero de tiempo completo del servidor 1 por un cajero con horario parcial.

**Tabla 7.** Resultados de la propuesta de mejora.

Medidas de desempeño	Servidor 1		Diferencia
	Actual 3 cajeros tiempo completo	Propuesta de mejora 2 cajeros tiempo completo y un cajero horario parcial 6 horas	
Rendimiento	49%	81%	32%
Tiempo de espera total (realizado el servicio)	0:03:11	0:04:08	0:00:57
Productividad	67%	78%	11%
Costo salarial anual	\$16200	\$13500	\$2700

### **3.4. IMPLEMENTACIÓN DE LA PROPUESTA DE MEJORA**

Con la finalidad de establecer una correcta implementación de la herramienta de simulación se modificaron las prácticas actuales en la gestión y asignación de cajeros en la agencia piloto. De tal modo que se instauró un plan de implementación. En el cual, los miembros responsables de la administración de la herramienta de gestión son los ejecutivos del área de productividad.

Se definieron los requerimientos para la instalación de la herramienta de simulación tales como: la adquisición de un equipo con características específicas, la asignación del responsable en el área y la capacitación del manejo de la herramienta. Finalmente, el desarrollo de este tipo de modelos de gestión se fundamenta en un proceso de mejora continua, por lo que existirán requerimientos en base a las necesidades del sistema de atención en cajas que podrán enriquecer los criterios dentro de la herramienta desarrollada.

Cabe recalcar que el modelo de simulación propone criterios de decisión que orienten a los usuarios realizar una óptima asignación del personal del área de cajas. Sin embargo, la decisión final es un consenso entre los administradores de la agencia y los miembros del área de productividad.

Para la verificación del impacto de la nueva configuración del personal en cajas, se definió un periodo de tres meses para la consolidación de la nueva propuesta dentro de la agencia. Por lo tanto, se deberá realizar una nueva medición de tiempos de servicio, tiempos de espera en fila y la variación en los indicadores de gestión de la agencia.

## **4. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

## 4. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

### 4.1. CONCLUSIONES

- Se identificó el proceso de atención en cajas y las exigencias para establecer el levantamiento de la información transaccional, por lo que construyó una herramienta de medición de tiempos de procesamiento; esta herramienta identifica las variables inmersas en el proceso de atención al cliente y estima los tiempos de servicios y tiempos entre llegadas de los clientes.
- Se estableció el modelo matemático del sistema analizado; el cual se apega a un modelo de colas  $M/G/s/k$ . El modelo establecido representa el comportamiento real del sistema y permite simular eventos futuros en base a la generación de números aleatorios.
- Los sistemas de redes de colas se describen por medio de la aleatoriedad en los tiempos entre llegadas de los usuarios, por lo que la selección de distribuciones de probabilidad para modelar el comportamiento del sistema debe ser correctamente analizada.
- Se construyó una herramienta de simulación de líneas de espera, que determina tanto el comportamiento de llegadas de los usuarios al sistema, como las características del servicio que permite estimar indicadores de gestión tales como: la velocidad en el servicio, el tiempo de espera, el porcentaje de utilización de los servidores y el número esperado de clientes en fila.
- Se determinó el estado del sistema en la agencia, de tal forma que su configuración no es óptima. En consecuencia, la aplicación del modelo de simulación permitió optimizar la asignación de recursos en la agencia sin afectar la calidad en el servicio, a través del intercambio de un cajero de tiempo completo por un cajero con horario parcial.
- La nueva configuración dentro del sistema de atención en cajas incide directamente en los indicadores de gestión de la agencia; mostrando una mejoría del 32% en el rendimiento de los cajeros. Sin afectar la calidad dentro del servicio. Es decir, se optimizó la asignación del talento humano en la agencia bancaria.

### 4.2. RECOMENDACIONES

- Se recomienda examinar los procesos internos propios de cada transacción con la finalidad de minimizar el tiempo de procesamiento y

reducir o eliminar el tiempo de espera de las actividades que no agregan valor al servicio impartido.

- Se recomienda analizar las simulaciones por medio de la distribución Erlang en los tiempos entre llegadas de los clientes con el propósito de identificar si la afluencia de clientes al sistema tiene variaciones.
- Para mejorar el desempeño de la herramienta de simulación se debe recolectar la mayor cantidad de información de las transacciones realizadas durante los últimos años, y así poder determinar resultados que se apeguen aún más a la realidad del sistema.
- Se debe evaluar la propuesta de mejora a partir de un periodo de adaptación del nuevo sistema a los usuarios e identificar las modificaciones en las medidas de desempeño.
- Se recomienda realizar la investigación en las agencias restantes de la institución con la finalidad de optimizar el proceso de asignación del personal en cajas y reducir los costos de mano de obra.

## **BIBLIOGRAFÍA**

## BIBLIOGRAFÍA

- Acosta, N., & Acosta, T. (Noviembre de 2015). *Introducción a la programación en Excel con Visual Basic Application*. Obtenido de <http://bibdigital.epn.edu.ec/bitstream>
- Arroyo, I., & Muñoz, F. (2014). Distribuciones Poisson y Gamma: Una discreta y continua relación. *Prospect*, 99-107.
- Ayala, A. (Abril de 2012). Simulación de Tráfico en el Tramo de la Av. Interoceánica. Quito, Ecuador: Universidad San Fransisco de Quito.
- Behar, D. (2008). *Metodología de la investigación*. México D. F.: Shalom.
- Carro, R., & González, D. (2013). *Administración de la calidad total*. Mar de Plata: Universidad Nacional de Mar de Plata.
- Chase, R., & Jacobs, R. (2014). *Administración de operaciones. Producción y cadena de suministro*. México, D. F: McGraw-Hill.
- Córdova, Ó., & Del Castillo, M. (2010). ¿Es posible reducir el tiempo de espera en las colas? *Ciencias*, 52-59.
- Eppen G, D. (2000). *Investigación de Operaciones en la ciencia administrativa*. Madrid: Pearson.
- Guevara, A. (Febrero de 2011). Optimización del sistema hospitalario ecuatoriano: Estudio, modelización y minimización de tiempos de espera de pacientes de consulta externa. Quito, Ecuador: Escuela Politécnica Nacional.
- Hillier, F. S., & Lieberman, G. J. (2015). *Investigación de Operaciones*. México, D. F.: McGraw-Hill.
- INEC. (2017). *Panorama laboral y empresarial del Ecuador*. Quito: Laboratorio de Dinámica Laboral y Empresarial.
- Maldonado, F. (2018). Ranking Financiero: Un sistema que crece. *Ekos*, 46-50.
- Martínez, C. (2009). Análisis de redes de colas modeladas con tiempos entre llegadas exponenciales e Híper Erlang para la asignación eficiente de los recursos. Bogotá, Colombia: Pontificia Universidad Javeriana.
- Niebel W, B. (2014). *Ingeniería Industrial: Métodos, estándares y diseño del trabajo*. México, D. F: McGraw-Hill.

- Reinecke, P. (Octubre de 2012). *Efficient System Evaluation Using*. Berlin, Alemania: Universidad de Berlin.
- Sullivan, B., & Garvey, J. (2017). *Retail Banking 2020 Evolution or Revolution*. PWC, 22-23.
- Taha A, H. (2012). *Investigación de operaciones*. México D. F: Pearson.
- Tschoel, J. (2008). *Achieving Excellence Through Customer Service*. En J. Tschoel, *Achieving Excellence Through Customer Service* (págs. 283-285). Minnesota: Service Quality Institute.
- Valdunciel, L., & Marcela, F. (2007). Análisis de la calidad del servicio que prestan las entidades bancarias. *Asturia*, 80-83.

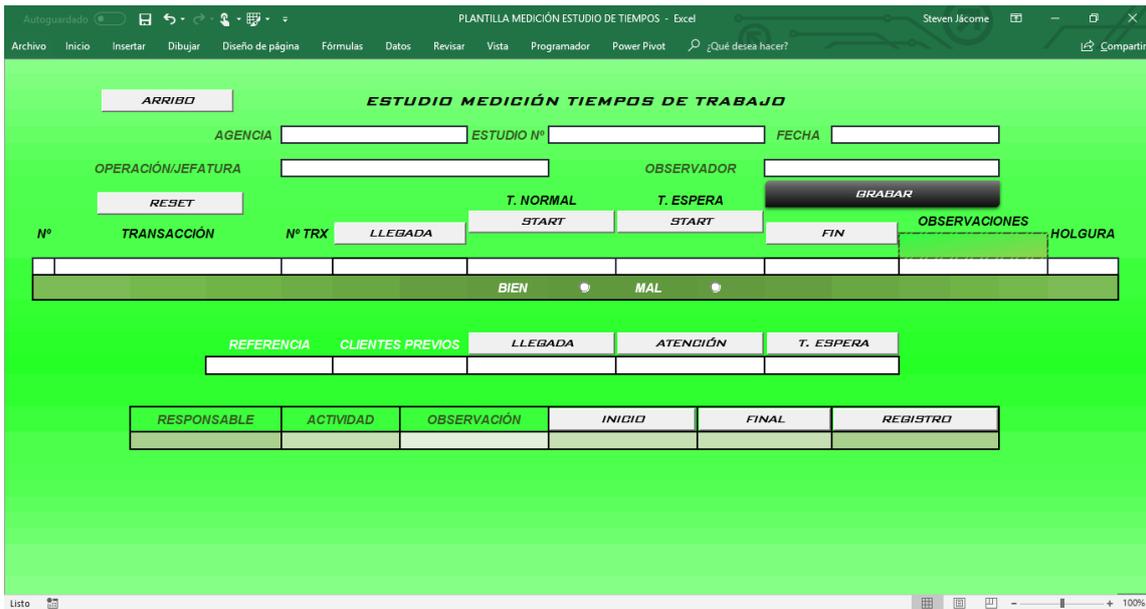
**ANEXOS**

# ANEXOS

## Anexo 1. Herramienta de medición de tiempos.

La herramienta de medición de tiempos cuenta con una interfaz amigable al usuario que compila los resultados en una base de datos; el desarrollo de la herramienta usa programación VBA que automatiza el registro de información por medio de Macros.

- Interfaz herramienta de medición de tiempos.



- Registro tiempos de procesamiento.

AGENCIAS	CAJA	FECHA	N°	TRANSACCIÓN	N° TRX	INICIO TIEMPO	FINAL TIEMPO	EMPO ESTÁND	TIEMPO TO	EMPO DE ESPEI	OBSERVACION
AG. GONZALEZ SUAREZ	SERVICIOS	23-02-18	53	MODIFICACION DATOS CLIENTE	1	0 1:23:25 PM	1:28:31 PM	0:04:36	0:05:06	0:00:30	FORMULARIOS REGULATORIOS
AG. GONZALEZ SUAREZ	UNIVERSAL	23-02-18	46	PAGO DE CHEQUE	2	0 1:21:57 PM	1:25:29 PM	0:01:46	0:01:46	0:00:00	
AG. GONZALEZ SUAREZ	UNIVERSAL	23-02-18	52	RETIRO CON LIBRETA	1	0 1:20:32 PM	1:23:18 PM	0:02:46	0:02:46	0:00:00	
AG. GONZALEZ SUAREZ	UNIVERSAL	23-02-18	45	RETIRO CON LIBRETA	1	0 1:19:40 PM	1:21:16 PM	0:01:36	0:01:36	0:00:00	
AG. GONZALEZ SUAREZ	UNIVERSAL	23-02-18	44	ACTUALIZACIÓN LIBRETA	1	0 1:15:37 PM	1:16:14 PM	0:00:37	0:00:37	0:00:00	
AG. GONZALEZ SUAREZ	ADMINISTRATIVO	23-02-18	51	PAGO DE CHEQUE	1	0 1:13:43 PM	1:16:50 PM	0:03:07	0:03:07	0:00:00	
AG. GONZALEZ SUAREZ	UNIVERSAL	23-02-18	43	PAGO DE CHEQUE	1	0 1:13:41 PM	1:15:31 PM	0:01:50	0:01:50	0:00:00	
AG. GONZALEZ SUAREZ	ADMINISTRATIVO	23-02-18	50	DEPÓSITO EFECTIVO	1	0 1:09:33 PM	1:11:07 PM	0:01:34	0:01:34	0:00:00	
AG. GONZALEZ SUAREZ	UNIVERSAL	23-02-18	42	RETIRO CON LIBRETA	1	0 1:09:25 PM	1:10:45 PM	0:01:21	0:01:21	0:00:00	
AG. GONZALEZ SUAREZ	ADMINISTRATIVO	23-02-18	49	DEPÓSITO CHEQUE	1	0 1:07:43 PM	1:09:28 PM	0:01:44	0:01:44	0:00:00	
AG. GONZALEZ SUAREZ	UNIVERSAL	23-02-18	41	DEPÓSITO EFECTIVO	1	0 1:05:38 PM	1:09:21 PM	0:03:43	0:03:43	0:00:00	
AG. GONZALEZ SUAREZ	ADMINISTRATIVO	23-02-18	48	PAGO TARJETA CREDITO	1	0 1:04:50 PM	1:05:55 PM	0:01:05	0:01:05	0:00:00	
AG. GONZALEZ SUAREZ	UNIVERSAL	23-02-18	40	DEPÓSITO EFECTIVO	1	0 1:02:49 PM	1:05:34 PM	0:01:22	0:01:22	0:00:00	
AG. GONZALEZ SUAREZ	UNIVERSAL	23-02-18	40	PAGO DE CHEQUE	1	0 1:02:49 PM	1:05:34 PM	0:01:22	0:01:22	0:00:00	
AG. GONZALEZ SUAREZ	ADMINISTRATIVO	23-02-18	47	DEPÓSITO EFECTIVO	1	0 1:01:06 PM	1:04:44 PM	0:03:39	0:03:39	0:00:00	
AG. GONZALEZ SUAREZ	UNIVERSAL	23-02-18	39	PAGO DE CHEQUE	1	0 1:00:44 PM	1:02:44 PM	0:01:33	0:02:01	0:00:28	DEMORA CLIENTE
AG. GONZALEZ SUAREZ	ADMINISTRATIVO	23-02-18	46	DEPÓSITO CHEQUE	1	0 12:59:45 PM	1:00:56 PM	0:01:11	0:01:11	0:00:00	
AG. GONZALEZ SUAREZ	UNIVERSAL	23-02-18	38	DEPÓSITO EFECTIVO	1	0 12:58:18 PM	1:00:08 PM	0:01:50	0:01:50	0:00:00	
AG. GONZALEZ SUAREZ	UNIVERSAL	23-02-18	37	RETIRO CON LIBRETA	1	0 12:56:15 PM	12:57:28 PM	0:01:13	0:01:13	0:00:00	
AG. GONZALEZ SUAREZ	SERVICIOS	23-02-18	45	VISIÓN TARJETA DEBITO TERMO-IMPRESIÓ	1	0 12:54:03 PM	12:56:58 PM	0:02:55	0:02:55	0:00:00	
AG. GONZALEZ SUAREZ	ADMINISTRATIVO	23-02-18	36	PAGO DE CHEQUE	1	0 12:50:15 PM	12:51:51 PM	0:01:37	0:01:37	0:00:00	
AG. GONZALEZ SUAREZ	SERVICIOS	23-02-18	44	ENTREGA Y SOLICITUD TARJETA DÉBITO	1	0 12:49:35 PM	12:52:02 PM	0:01:20	0:02:27	0:01:07	FORMULARIOS REGULATORIOS
AG. GONZALEZ SUAREZ	UNIVERSAL	23-02-18	35	CAMBIO Y APERTURA DE LIBRETAS	1	0 12:46:17 PM	12:49:32 PM	0:01:38	0:01:38	0:00:00	
AG. GONZALEZ SUAREZ	UNIVERSAL	23-02-18	35	DEPÓSITO EFECTIVO	1	0 12:46:17 PM	12:49:32 PM	0:01:38	0:01:38	0:00:00	
AG. GONZALEZ SUAREZ	SERVICIOS	23-02-18	43	CONSULTA SALDO CON IMPRESIÓN CREDIMAT	1	0 12:45:23 PM	12:49:05 PM	0:03:42	0:03:42	0:00:00	
AG. GONZALEZ SUAREZ	UNIVERSAL	23-02-18	34	COBROS	1	0 12:42:39 PM	12:46:13 PM	0:01:47	0:01:47	0:00:00	
AG. GONZALEZ SUAREZ	UNIVERSAL	23-02-18	34	COBRO MATRICULACION	1	0 12:42:39 PM	12:46:13 PM	0:01:47	0:01:47	0:00:00	
AG. GONZALEZ SUAREZ	SERVICIOS	23-02-18	42	ENTREGA Y SOLICITUD TARJETA DÉBITO	1	0 12:41:37 PM	12:45:06 PM	0:01:45	0:01:45	0:00:00	
AG. GONZALEZ SUAREZ	SERVICIOS	23-02-18	42	CORTES DE ESTADOS DE CUENTA	1	0 12:41:37 PM	12:45:06 PM	0:01:45	0:01:45	0:00:00	
AG. GONZALEZ SUAREZ	SERVICIOS	23-02-18	41	ENTREGA Y SOLICITUD DE CHEQUERAS	1	0 12:38:59 PM	12:39:34 PM	0:00:35	0:00:35	0:00:00	
AG. GONZALEZ SUAREZ	UNIVERSAL	23-02-18	33	INSTRUCCIONES	1	0 12:37:04 PM	12:42:17 PM	0:03:41	0:05:13	0:01:32	RMULARIOS REGULATORIOS, AUTORIZA

- Registro tiempo entre llegadas de los clientes.

Autoguardado SIMULACIÓN LÍNEAS DE ESPERA - Excel Steven Jácome

AGENCIA	ZONAS	FECHA	CAJA	CLIENTES	ARRIBO	TIEMPO ENTRE LLEGADAS
AG. GONZALEZ SUAREZ	QUITO 3	23-02-18	UNIVERSAL	1	15:06:04	0:00:05
AG. GONZALEZ SUAREZ	QUITO 3	23-02-18	UNIVERSAL	1	15:05:58	0:01:13
AG. GONZALEZ SUAREZ	QUITO 3	23-02-18	UNIVERSAL	1	15:04:45	0:00:10
AG. GONZALEZ SUAREZ	QUITO 3	23-02-18	UNIVERSAL	1	15:04:35	0:00:10
AG. GONZALEZ SUAREZ	QUITO 3	23-02-18	UNIVERSAL	1	15:04:25	0:00:48
AG. GONZALEZ SUAREZ	QUITO 3	23-02-18	UNIVERSAL	1	15:03:37	0:01:36
AG. GONZALEZ SUAREZ	QUITO 3	23-02-18	SERVICIOS	1	15:02:01	0:00:05
AG. GONZALEZ SUAREZ	QUITO 3	23-02-18	UNIVERSAL	1	15:01:56	0:00:01
AG. GONZALEZ SUAREZ	QUITO 3	23-02-18	UNIVERSAL	1	15:01:56	0:01:02
AG. GONZALEZ SUAREZ	QUITO 3	23-02-18	UNIVERSAL	1	15:00:54	0:01:33
AG. GONZALEZ SUAREZ	QUITO 3	23-02-18	UNIVERSAL	1	14:59:21	0:02:32
AG. GONZALEZ SUAREZ	QUITO 3	23-02-18	UNIVERSAL	1	14:56:48	0:00:51
AG. GONZALEZ SUAREZ	QUITO 3	23-02-18	UNIVERSAL	1	14:55:57	0:00:48
AG. GONZALEZ SUAREZ	QUITO 3	23-02-18	UNIVERSAL	1	14:55:09	0:01:26
AG. GONZALEZ SUAREZ	QUITO 3	23-02-18	SERVICIOS	1	14:53:43	0:00:03
AG. GONZALEZ SUAREZ	QUITO 3	23-02-18	UNIVERSAL	1	14:53:40	0:00:52
AG. GONZALEZ SUAREZ	QUITO 3	23-02-18	UNIVERSAL	1	14:52:48	0:00:02
AG. GONZALEZ SUAREZ	QUITO 3	23-02-18	SERVICIOS	1	14:52:47	0:05:48
AG. GONZALEZ SUAREZ	QUITO 3	23-02-18	UNIVERSAL	1	14:46:58	0:00:17
AG. GONZALEZ SUAREZ	QUITO 3	23-02-18	SERVICIOS	1	14:46:41	0:00:11
AG. GONZALEZ SUAREZ	QUITO 3	23-02-18	UNIVERSAL	1	14:46:30	0:02:26
AG. GONZALEZ SUAREZ	QUITO 3	23-02-18	UNIVERSAL	1	14:44:04	0:00:52
AG. GONZALEZ SUAREZ	QUITO 3	23-02-18	SERVICIOS	1	14:43:12	0:00:00
AG. GONZALEZ SUAREZ	QUITO 3	23-02-18	UNIVERSAL	1	14:03:09	0:00:01
AG. GONZALEZ SUAREZ	QUITO 3	23-02-18	UNIVERSAL	1	14:03:08	0:04:21
AG. GONZALEZ SUAREZ	QUITO 3	23-02-18	UNIVERSAL	1	13:58:47	0:00:52
AG. GONZALEZ SUAREZ	QUITO 3	23-02-18	SERVICIOS	1	13:57:56	0:01:02
AG. GONZALEZ SUAREZ	QUITO 3	23-02-18	UNIVERSAL	1	13:56:54	0:06:08
AG. GONZALEZ SUAREZ	QUITO 3	23-02-18	UNIVERSAL	1	13:50:45	0:00:08
AG. GONZALEZ SUAREZ	QUITO 3	23-02-18	UNIVERSAL	1	13:50:37	0:00:51
AG. GONZALEZ SUAREZ	QUITO 3	23-02-18	UNIVERSAL	1	13:49:46	0:01:25

Listo

- Registro información transaccional.

Autoguardado trx\_gonzalezSuarez - Excel Steven Jácome

AGENCIA	ZONAS	FECHA	CAJA	CLIENTES	ARRIBO	TIEMPO ENTRE LLEGADAS	
AG GONZALEZ SUAREZ	AREVALOKA		PAGO DE CHEQUE		MARTES 2018-01-02	ENERO 16:00 - 16:59	1
AG GONZALEZ SUAREZ	DIAZFM		DEPOSITO		MARTES 2018-01-02	ENERO 12:00 - 12:59	7
AG GONZALEZ SUAREZ	DIAZFM		PAGO DE CHEQUE		MARTES 2018-01-02	ENERO 12:00 - 12:59	5
AG GONZALEZ SUAREZ	DIAZFM		PAGO TARJETA CREDITO CAJAS VS		MARTES 2018-01-02	ENERO 12:00 - 12:59	1
AG GONZALEZ SUAREZ	DIAZFM		COBRO LAN		MARTES 2018-01-02	ENERO 13:00 - 13:59	1
AG GONZALEZ SUAREZ	DIAZFM		COBRO TVCABLE Television Setel		MARTES 2018-01-02	ENERO 13:00 - 13:59	1
AG GONZALEZ SUAREZ	DIAZFM		RETIRO CON LIBRETA		MARTES 2018-01-02	ENERO 13:00 - 13:59	2
AG GONZALEZ SUAREZ	DIAZFM		DEPOSITO CON LIBRETA		MARTES 2018-01-02	ENERO 13:00 - 13:59	1
AG GONZALEZ SUAREZ	DIAZFM		PAGO DE CHEQUE		MARTES 2018-01-02	ENERO 13:00 - 13:59	7
AG GONZALEZ SUAREZ	DIAZFM		COBROS		MARTES 2018-01-02	ENERO 13:00 - 13:59	1
AG GONZALEZ SUAREZ	DIAZFM		DEPOSITO		MARTES 2018-01-02	ENERO 13:00 - 13:59	6
AG GONZALEZ SUAREZ	DIAZFM		RETIRO CON LIBRETA		MARTES 2018-01-02	ENERO 14:00 - 14:59	3
AG GONZALEZ SUAREZ	DIAZFM		COBRO SRI		MARTES 2018-01-02	ENERO 14:00 - 14:59	1
AG GONZALEZ SUAREZ	DIAZFM		PAGO DE CHEQUE		MARTES 2018-01-02	ENERO 14:00 - 14:59	2
AG GONZALEZ SUAREZ	DIAZFM		PAGO TARJETA CREDITO CAJAS VS		MARTES 2018-01-02	ENERO 14:00 - 14:59	1
AG GONZALEZ SUAREZ	DIAZFM		COBROS		MARTES 2018-01-02	ENERO 14:00 - 14:59	2
AG GONZALEZ SUAREZ	DIAZFM		DEPOSITO		MARTES 2018-01-02	ENERO 14:00 - 14:59	7
AG GONZALEZ SUAREZ	DIAZFM		COBROS		MARTES 2018-01-02	ENERO 15:00 - 15:59	2
AG GONZALEZ SUAREZ	DIAZFM		DEPOSITO		MARTES 2018-01-02	ENERO 15:00 - 15:59	6
AG GONZALEZ SUAREZ	DIAZFM		PAGO DE CHEQUE		MARTES 2018-01-02	ENERO 15:00 - 15:59	5
AG GONZALEZ SUAREZ	DIAZFM		PAGO TARJETA CREDITO CAJAS VS		MARTES 2018-01-02	ENERO 15:00 - 15:59	1
AG GONZALEZ SUAREZ	DIAZFM		PAGO TARJETA CREDITO CAJAS MC		MARTES 2018-01-02	ENERO 15:00 - 15:59	1
AG GONZALEZ SUAREZ	DIAZFM		CIERRE DE CAJA		MARTES 2018-01-02	ENERO 16:00 - 16:59	1
AG GONZALEZ SUAREZ	DIAZFM		DEPOSITO		MARTES 2018-01-02	ENERO 16:00 - 16:59	4
AG GONZALEZ SUAREZ	POGOJ		DEPOSITO		MARTES 2018-01-02	ENERO 09:00 - 09:59	3
AG GONZALEZ SUAREZ	POGOJ		PAGO TARJETA CREDITO CAJAS MC		MARTES 2018-01-02	ENERO 10:00 - 10:59	2
AG GONZALEZ SUAREZ	POGOJ		RETIRO CON LIBRETA		MARTES 2018-01-02	ENERO 10:00 - 10:59	4
AG GONZALEZ SUAREZ	POGOJ		DEPOSITO		MARTES 2018-01-02	ENERO 10:00 - 10:59	8
AG GONZALEZ SUAREZ	POGOJ		DEPOSITO		MARTES 2018-01-02	ENERO 11:00 - 11:59	1
AG GONZALEZ SUAREZ	POGOJ		PAGO DE CHEQUE		MARTES 2018-01-02	ENERO 11:00 - 11:59	1
AG GONZALEZ SUAREZ	POGOJ		RETIRO CON LIBRETA		MARTES 2018-01-02	ENERO 11:00 - 11:59	1
AG GONZALEZ SUAREZ	POGOJ		SOLICITUD DE CHEQUERA CLIENTE EN OFICINA		MARTES 2018-01-02	ENERO 12:00 - 12:59	1

Listo

## Anexo 2. Tiempos de transacciones en caja.

Se enlista el catálogo transaccional con sus respectivos tiempos de procesamiento para cada tipo de servidor; además, se exhibe las actividades de tipo administrativo presentes en el proceso de atención.

- Promedio tiempo de servicio caja de servicios.

Caja	P. Tiempo estándar	P. Tiempo de espera	P. Tiempo total
Servicios	0:02:30	0:00:26	0:02:57

- Tiempos de transacción caja de servicios.

Tiempo promedio transacción			
Transacción	P. Tiempo estándar	P. Tiempo de espera	P. Tiempo total
Emisión tarjeta de crédito adicional	0:05:07	0:00:58	0:06:05
Modificación de firmas	0:03:43	0:01:37	0:05:21
Pre-cancelación de diferidos	0:04:38	0:00:38	0:05:16
Ingreso requerimientos especiales	0:04:17	0:00:42	0:05:01
Refinanciamiento de saldos	0:06:04	0:01:06	0:04:59
Avance de tarjeta	0:03:40	0:00:44	0:04:27
Canje de cheques	0:04:06	0:00:00	0:04:06
Cancelación de tarjeta	0:03:14	0:00:49	0:04:04
Cash back produmillas	0:03:39	0:00:21	0:04:00
Modificación datos cliente	0:02:57	0:00:54	0:03:51
Emisión tarjeta débito termo-impresión	0:03:16	0:00:26	0:03:43
Emisión tarjeta de crédito principal	0:03:11	0:00:19	0:03:33
Anulación de cheques	0:02:36	0:00:42	0:03:28
Cancelación o cierre de cuentas	0:02:53	0:00:35	0:03:27
Anulación libreta	0:02:22	0:01:05	0:03:21
Certificado tarjeta crédito	0:03:16	0:00:00	0:03:16
Sobregiro contratado	0:02:31	0:00:17	0:03:04
Consulta Credimatic	0:02:16	0:00:36	0:02:52
Bloqueo de tarjeta de debito	0:02:40	0:00:00	0:02:40
Emisión tarjeta de coordenadas	0:02:16	0:00:21	0:02:37
Entrega y solicitud de chequeras	0:02:03	0:00:28	0:02:35
Certificados y referencias bancarias	0:02:15	0:00:18	0:02:33
Entrega y solicitud tarjeta débito	0:02:18	0:00:14	0:02:32
Cortes de estados de cuenta	0:01:59	0:00:15	0:02:15
Reposición, desbloqueo de claves	0:01:49	0:00:14	0:02:04

- Promedio tiempo de servicio caja de administrativa.

<b>Caja</b>	<b>P. Tiempo estándar</b>	<b>P. Tiempo espera</b>	<b>P. Tiempo total</b>
Administrativo	0:03:19	0:00:37	0:04:03

- Tiempos de transacción caja administrativa.

<b>Tiempo promedio transacción</b>			
<b>Transacción</b>	<b>P. Tiempo estándar</b>	<b>P. Tiempo de espera</b>	<b>P. Tiempo total</b>
Transferencias al exterior	0:05:35	0:00:36	0:06:11
Emisión cheque al exterior	0:04:24	0:02:22	0:05:25
Emisión de cheques de gerencia	0:03:42	0:01:18	0:05:12
Instrucciones nota de crédito	0:03:43	0:01:01	0:05:02
Cambio cheque exterior	0:04:38	0:00:00	0:04:38
Transferencias bancarias	0:03:54	0:00:32	0:04:31
Apertura renta fija	0:03:11	0:00:40	0:04:19
Negociación de divisas trader	0:03:46	0:00:18	0:04:04
Instrucciones nota de débito	0:03:03	0:00:37	0:03:54
Instrucciones	0:02:59	0:00:36	0:03:44
Pagos	0:01:55	0:00:14	0:02:09
Cambio y apertura de libretas	0:01:47	0:00:19	0:02:06
Ingreso recaps	0:02:02	0:00:00	0:02:02
Venta tarjeta visa regalo	0:01:27	0:00:13	0:01:39

- Tiempos de actividades operativas caja administrativa.

<b>Actividades operativas</b>	
	<b>P. Tiempo total</b>
Atención bóveda	0:04:30
Digitalización recapitulación	0:10:26
Conteo efectivo	0:10:19
Atención atm	0:21:24
Cuadre caja	0:12:32
Envío y recepción de valija	0:05:37
<b>Total general</b>	<b>0:14:05</b>

- Promedio tiempo de servicio caja de administrativa.

Caja	P. Tiempo estándar	Tiempo espera	P. Tiempo total
Universal	0:01:19	0:00:10	0:01:29

- Tiempos de transacción caja universal.

Tiempo promedio transacción			
Transacción	P. Tiempo estándar	P. Tiempo de espera	P. Tiempo total
Cobranza deposito temporal	0:02:32	0:00:00	0:02:32
Pago de giro	0:01:26	0:00:48	0:02:14
Cobro SRI	0:01:57	0:00:09	0:02:07
Pagos por ventanilla	0:01:48	0:00:13	0:02:04
Cobros	0:01:51	0:00:14	0:02:03
Cambio y apertura de libretas	0:01:41	0:00:22	0:02:03
Cobro LAN	0:01:57	0:00:00	0:01:57
Cobranzas aranceles	0:01:57	0:00:00	0:01:57
Certificación cheque	0:01:50	0:00:08	0:01:55
Cobro matriculación	0:01:43	0:00:08	0:01:51
Cobro RISE	0:01:49	0:00:00	0:01:49
Pago de cheque	0:01:28	0:00:08	0:01:38
Retiro con libreta	0:01:21	0:00:12	0:01:33
Cobro TV Cable	0:01:29	0:00:00	0:01:29
Depósito efectivo	0:01:11	0:00:10	0:01:21
Recapitulación	0:01:19	0:00:00	0:01:19
Pago tarjeta crédito	0:01:01	0:00:03	0:01:04
Actualización libreta	0:00:55	0:00:06	0:01:01
Depósito cheque	0:00:50	0:00:04	0:00:54

- Tiempos actividades administrativas del personal de cajas.

PROCESO INTERNOS	
Apertura	0:30:00
Cierre	0:30:00
Almuerzo	0:30:00
Recapitulación cajas	0:02:09
T. Prom. Intercambio efectivo	0:01:44
T. Prom. Archivo cajas	0:02:24

### Anexo 3. Distribuciones de probabilidad software Input Analyzer.

El proceso de arribo a los servidores dentro de la agencia describe una distribución de probabilidad de tipo Poisson. En donde la función de distribución acumulada determina la probabilidad de que un evento aleatorio  $X$  ocurra se establece por medio de la ecuación 4:

$$P(X \leq k) = F(k, \lambda) = P_n = \sum_{i=0}^k \frac{e^{-\lambda} \lambda^i}{i!} \quad [4]$$

Donde:

$P_n$ = probabilidad de  $n$  llegadas en  $k$  periodos de tiempo.

$\lambda$ = número promedio de arribos durante un periodo de tiempo.

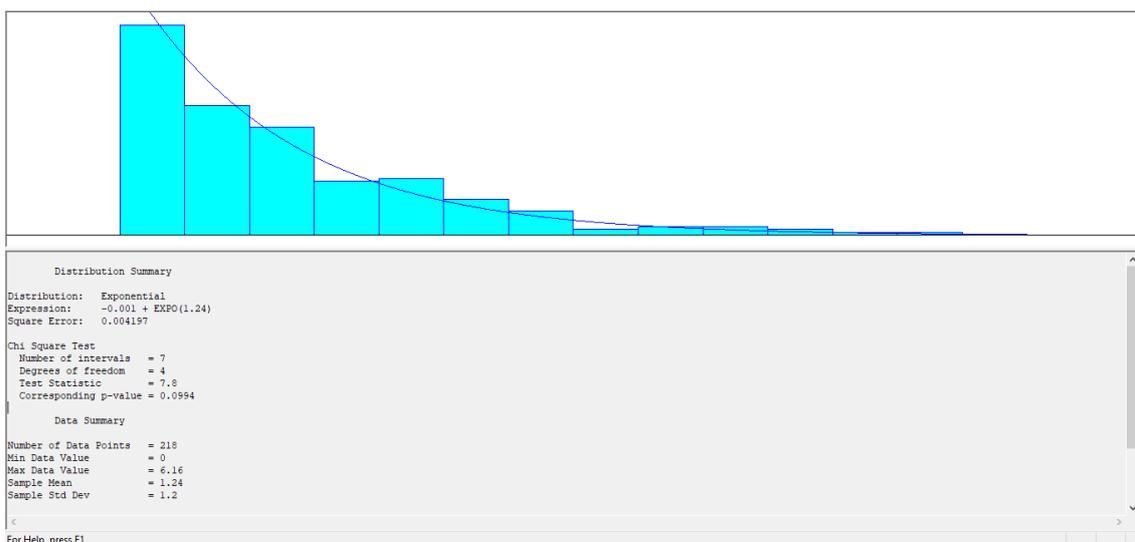
$k$ = número de periodos de tiempo.

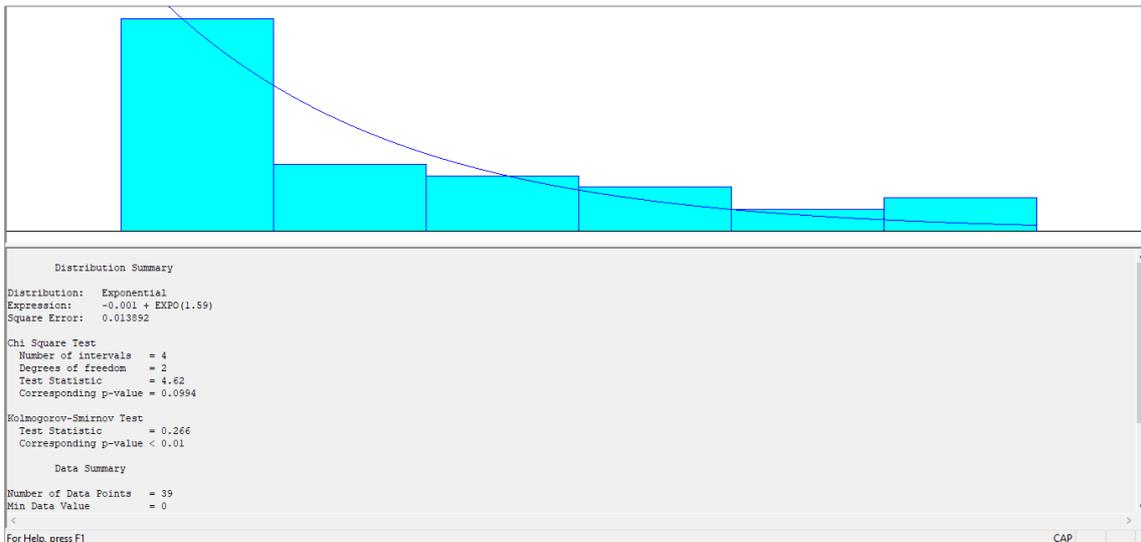
$e$ = número de Euler.

Este tipo de distribución cumple con propiedades específicas, de modo que la esperanza y la varianza de la distribución son iguales y su valor es  $\lambda$  (Arroyo & Muñoz, 2014).

La estimación de distribuciones e histogramas de frecuencia a partir de un muestreo previo se dio a partir del uso del software Input Analyzer.

- Distribución tiempos de arribo servidor 1.





- Distribución tiempos de arribo servidor 2.

Para garantizar que el modelo de simulación contemple todas las situaciones presentes en la atención con el cliente, se seleccionó la distribución Erlang para componer los tiempos de procesamiento. Una distribución de probabilidad Erlang parte de la distribución gamma, en donde el parámetro  $\alpha$  es un entero positivo. Esta distribución es adecuada para modelizar el comportamiento de variables aleatorias continuas con coeficiente de asimetría positiva. La distribución cuenta con parámetros positivos  $\alpha$  y  $\beta$  (Arroyo & Muñoz, 2014). Esta distribución supone que la probabilidad de ocurrencia de un evento está determinada por la ecuación 5.

$$P(X > k) = 1 - F_E(x, \alpha, \beta) = P_n = \sum_{n=0}^{\alpha-1} \frac{e^{-x/\beta} (x/\beta)^n}{n!} \quad [5]$$

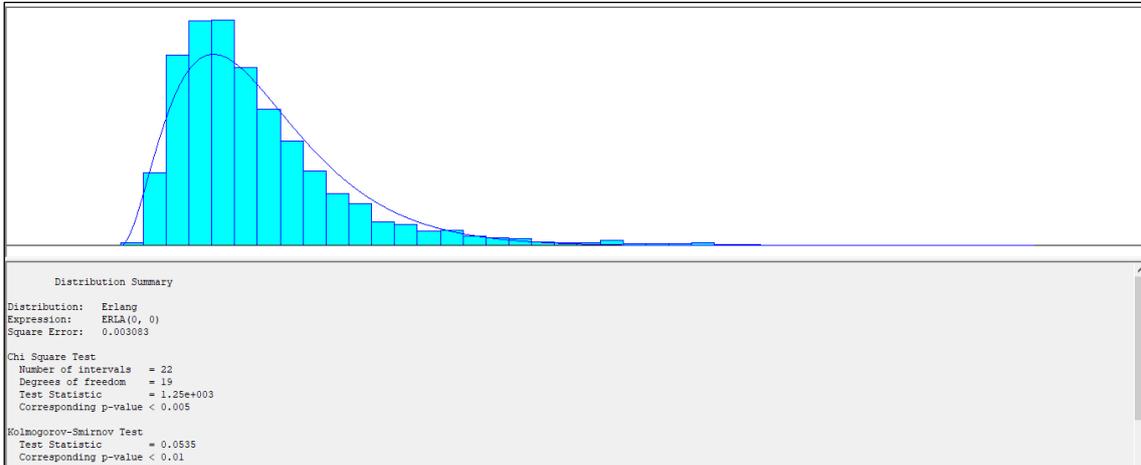
Donde:

- $P_n$ = probabilidad de  $n$  llegadas en  $x$  periodos de tiempo.
- $\beta$ = parámetro de la distribución.
- $\alpha$ = parámetro de la distribución.
- $x$ = periodos de tiempo.

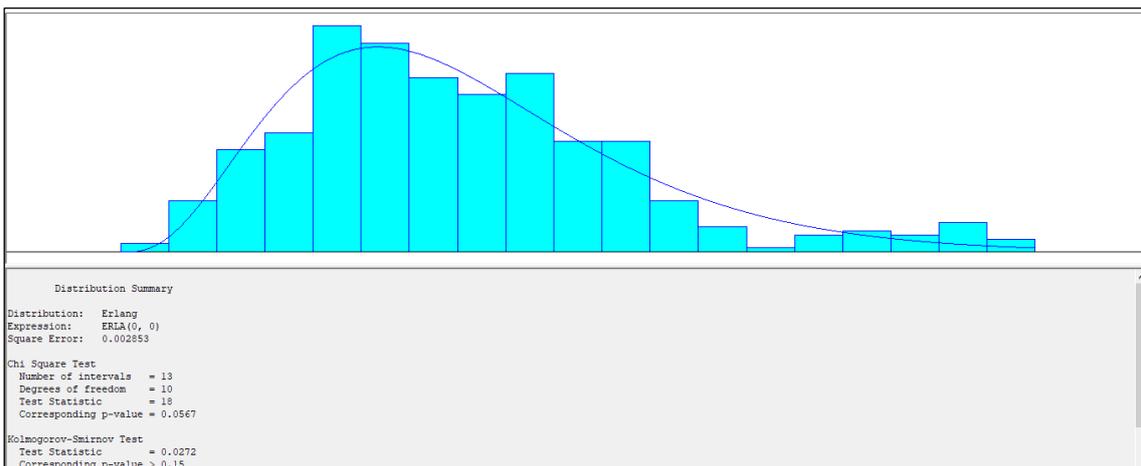
Para la distribución Erlang se cumple con las siguientes propiedades: la varianza es igual a  $\alpha\beta^2$ , y su esperanza matemática es igual a  $\alpha\beta$  (Arroyo & Muñoz, 2014).

Del mismo modo se utilizó el programa Input Analyzer para comparar la formulación de distribuciones de los tiempos de procesamiento expuestas a continuación:

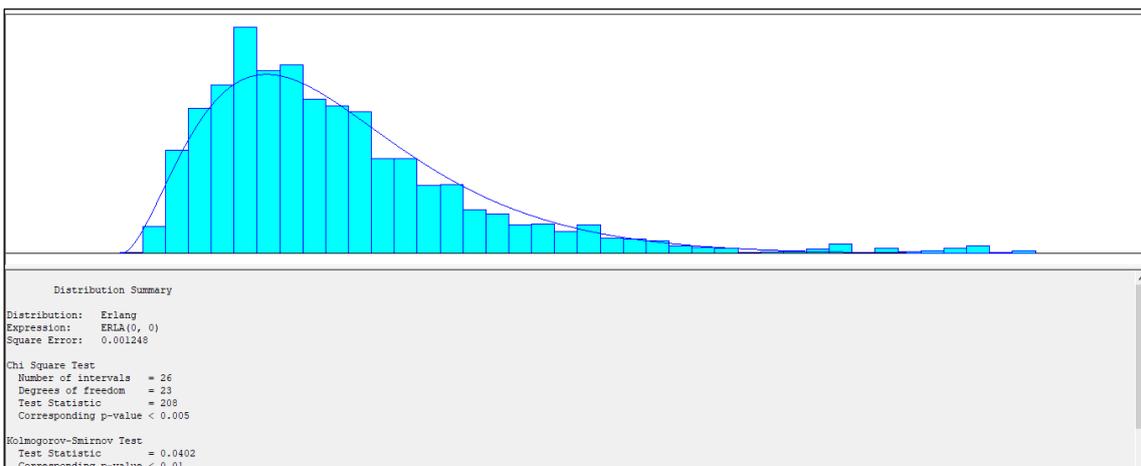
- Distribución tiempos de servicio caja universal.



- Distribución tiempos de servicio caja administrativa.



- Distribución tiempos de servicio caja de servicios.



## Anexo 4. Teoría de colas.

La metodología de teoría de colas permite alcázar resultados para cada tipo de modelo. El modelo de colas establecido ( $M/G/s/k$ ) describe las siguientes ecuaciones para el cálculo de sus indicadores (Eppen G, 2000).

La utilización del sistema se dispone por medio de la ecuación 6, que es la relación de la tasa de llegadas de clientes con respecto a la tasa media de servicio.

$$U = \frac{\lambda}{\mu} \quad [6]$$

La ecuación 7 determina el número esperado de personas en un proceso de cola estable, esta razón se la denomina ecuación de flujo de Little.

$$L_q = \frac{\lambda^2 \sigma^2 + (\lambda/\mu)^2}{2(1 - \lambda/\mu)} \quad [7]$$

Donde:

$L_q$ = número de clientes en espera.

$\lambda$ = tasa de llegada de clientes.

$\mu$ = tasa media de servicio.

$\sigma$ = la varianza de la distribución de tiempos entre llegadas.

Una variación de la ecuación de flujo de Little permite obtener el número de clientes en espera expresado en la ecuación 8.

$$L = L_q + \frac{\lambda}{\mu} \quad [8]$$

Donde:

$L$ = número esperado de personas en el sistema.

$\lambda$ = tasa de llegada de clientes.

$L_q$ = número de clientes en espera.

$\mu$ = tasa media de servicio.

El tiempo de espera estimado sin incluir el tiempo de servicio está determinado por la ecuación 9 que se describe a continuación.

$$W_q = \frac{L_q}{\lambda} \quad [9]$$

Donde:

$W_q$ = Tiempo estimado en cola de espera.

$L_q$ = número de clientes en espera.

$\lambda$ = tasa de llegada de clientes.

Del mismo modo se puede obtener tiempo de espera estimado incluyendo el tiempo de servicio a través de la ecuación 10.

$$W = W_q + \frac{1}{\mu} \quad [10]$$

Donde:

$W$ = Tiempo estimado de espera.

$W_q$ = Tiempo estimado en cola de espera.

$\mu$ = tasa media de servicio.

En cuanto a la probabilidad de que el sistema se encuentre desocupado se constituye por medio de la ecuación 11.

$$P_o = 1 - \frac{\lambda}{\mu} \quad [11]$$

Donde:

$P_o$ = Probabilidad del sistema desocupado.

$\lambda$ = tasa de llegada de clientes.

$\mu$ = tasa media de servicio.

## Anexo 5. Indicadores de gestión de la agencia.

La evaluación de desempeño de la agencia se evalúa mediante indicadores de gestión. Se resume del desempeño de la agencia analizada a partir de las figuras expuestas, esta evaluación toma en consideración el último trimestre.

- Resumen de indicadores de gestión de la agencia.



- Resumen histórico de indicadores de gestión de la agencia.

