



Universidad Nacional Mayor de San Marcos
Universidad del Perú. Decana de América
Facultad de Ciencias Matemáticas
Escuela Académico Profesional de Investigación Operativa

**Mejorar el índice de servicio mediante teoría de colas y
simulación de sistemas. Caso: línea de consulta de una
entidad financiera**

TESINA

Para optar el Título Profesional de Licenciada en Investigación
Operativa

AUTOR

Liz Karin LÓPEZ MUÑOZ

ASESOR

Juan Julio TOLEDO RODRÍGUEZ

Lima, Perú

2009



Reconocimiento - No Comercial - Compartir Igual - Sin restricciones adicionales

<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/>

Usted puede distribuir, remezclar, retocar, y crear a partir del documento original de modo no comercial, siempre y cuando se dé crédito al autor del documento y se licencien las nuevas creaciones bajo las mismas condiciones. No se permite aplicar términos legales o medidas tecnológicas que restrinjan legalmente a otros a hacer cualquier cosa que permita esta licencia.

Referencia bibliográfica

López, L. (2009). *Mejorar el índice de servicio mediante teoría de colas y simulación de sistemas. Caso: línea de consulta de una entidad financiera*. Tesis para optar el título profesional de Licenciada en Investigación Operativa. Escuela Académico Profesional de Investigación Operativa, Facultad de Ciencias Matemáticas, Universidad Nacional Mayor de San Marcos, Lima, Perú.

DEDICATORIA

A mis adorados padres, Fernando y Juana, gracias a su sacrificio, paciencia, apoyo, dedicación y amor infinito pude culminar mis estudios, los adoro.

A mi esposo Giancarlo, por estar siempre conmigo ayudándome y animándome a conseguir el objetivo.

AGRADECIMIENTO

Al culminar el presente estudio de investigación debo expresar mi gratitud:

A Dios.

A mi alma mater UNMSM.

A mi asesor, profesor Lic. Juan Toledo Rodríguez por sus recomendaciones atinadas para la realización de este trabajo.

A la Profesora Mg. Carmela Velásquez Pino por su apoyo y sugerencias en la revisión de la presente tesina.

A la Profesora Mg. Esther Berger Vidal por su incentivo constante.

Y a todas las personas que colaboraron en la realización de la presente tesina.

.

RESUMEN

MEJORAR EL INDICE DE SERVICIO MEDIANTE TEORIA DE COLAS Y SIMULACIÓN DE SISTEMAS

LIZ KARIN LOPEZ MUÑOZ

DICIEMBRE - 2009

Orientador : Lic. Juan Julio Toledo Rodríguez

Título Obtenido : Licenciado en Investigación Operativa

El objetivo general de la investigación es mejorar el índice de servicio, que brinda la unidad línea de consulta de la entidad financiera en estudio.

Su función es el de atender las llamadas de los clientes internos con el fin de absolver sus dudas sobre nuevos productos y procesos que brinda la entidad.

Con la finalidad de medir el nivel de atención de dicha unidad utilizan un índice de servicio, que se determina como el cociente del número de llamadas contestadas entre el número de llamadas que llegan al sistema.

Se ha probado la hipótesis que si se determina el número de servidores adicionales mediante la simulación de sistemas y la teoría de colas, entonces el índice de servicio aumentará.

Las principales conclusiones a que se arribaron es que para la realización de un estudio de este tipo no se necesita grandes inversiones económicas ni tecnológicas, pues contando con recursos limitados se ha logrado desarrollar el presente estudio, que es el de brindar una herramienta útil y necesaria para que las organizaciones puedan optimizar la utilización de sus recursos y maximizar sus contribuciones y de esta manera cumplir con sus obligaciones como tal.

Palabras Claves : OPTIMIZACION TEORIA DE
COLAS SIMULACION DE
SISTEMAS

ABSTRACT

IMPROVING THE INDEX BY SERVICE QUEUE THEORY AND SIMULATION OF SYSTEMS

LIZ KARIN LOPEZ MUÑOZ

December - 2009

Guiding : Lic. Juan Julio Toledo Rodriguez

Degree obtained : Operational Research Licensed

The overall research objective is to improve the level of service that provides online consultation unit of the financial institution under study.

Its function is to handle calls from internal clients in order to absolve your doubts about new products and processes offered by the entity.

In order to measure the level of attention of the unit use a service index, which is determined as the ratio of the number of calls answered by the number of calls coming into the system. It has tested the hypothesis that if it is determined the number of additional servers by system simulation and queuing theory, then the service rate increase.

The main conclusions to be arrived at is that for a study of this type do not need huge financial investments and technology, with limited resources it has managed to develop this study, which is to provide a useful and necessary so that organizations can optimize the use of their resources and maximize their contributions and thereby fulfill its obligations as such.

Keywords: OPTIMIZATION

QUEUING THEORY

SYSTEMS SIMULATION

INDICE

	Pág.
INDICE.....	viii
INTRODUCCION.....	1
METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN.....	3
Capítulo I.....	3
1.1. El Problema.....	3
1.1.1. Descripción del sistema.....	3
1.1.2. Delimitación del sistema.....	6
1.1.3. Formulación del problema.....	11
1.1.4. Justificación de la investigación.....	13
1.1.5. Limitaciones de la investigación.....	13
1.2. Objetivos.....	14
1.3. Hipótesis y Variables.....	15
1.4. Marco Teórico-Conceptual.....	15
1.4.1. Antecedentes de la investigación.....	15
1.4.2. Definición de términos básicos.....	16
1.4.3. Bases teóricas.....	19
1.4.3.1. Teoría de Colas.....	19
1.4.3.2. Simulación de Sistemas.....	25
1.5. Metodología.....	28
1.5.1. Diseño de la investigación.....	28
1.5.2. Método de investigación.....	28
1.5.3. Población y Muestra.....	29
1.5.4. Técnicas de investigación.....	29
RECOLECCIÓN, PROCESAMIENTO Y ANÁLISIS DE DATOS.....	31
Capítulo II.....	31
2.1. Recolección de información.....	31
2.2. Recolección de datos.....	32
2.3. Procesamiento y análisis de datos.....	37

2.3.1. Tratamiento estadístico.....	37
2.3.2. Resultados del tratamiento estadístico de datos.....	43
EL MODELO	45
Capítulo III.....	45
3.1. El Modelo de Colas.....	45
3.2. El Modelo de Simulación.....	48
3.2.1. El tipo de Simulación.....	48
3.3. Validación y experimentación del Modelo de Simulación.....	53
3.3.1. Validación con datos actuales.....	53
3.3.2. Experimentación con datos determinados por el modelo de Colas.....	58
RESULTADOS.....	62
Capítulo IV.....	62
4.1. Resultados con el Modelo de Colas.....	62
4.2. Resultados con el Modelo de Simulación.....	63
4.2.1. Validación del Modelo de Simulación.....	63
4.2.2. Experimentación con el Modelo de Simulación.....	64
CONCLUSIONES.....	65
RECOMENDACIONES.....	66
BIBLIOGRAFÍA.....	68
ANEXOS.....	69

INTRODUCCIÓN

Todos hemos experimentado en algún momento la sensación de estar perdiendo el tiempo al esperar en una cola. El fenómeno de las colas nos parece natural: esperamos en el auto ante un semáforo, o en un peaje; esperamos para pagar en la cola del supermercado; esperamos en el teléfono a que nos atienda un operador, en la cola de un banco, etc.

Como clientes no nos gusta esperar, y las personas que brindan este tipo de servicios no quieren que esperemos.... ¿Por qué hay que esperar? La respuesta es casi siempre simple, en algún momento la capacidad del servicio ha sido (o es) menor que la capacidad demandada.

Para dar solución a este tipo de problemas la teoría de colas intenta responder a estas preguntas utilizando análisis matemático que se aplicará en la presente tesina.

En la actualidad las entidades financieras en el Perú se encuentran divididas en diferentes áreas con el fin de atender de forma más eficiente y rentable a sus clientes tanto externos, es decir público en general, como internos, asesores de ventas, funcionarios, gerentes de oficina, para lo cual se encuentran buscando diferentes herramientas que les permitan llegar a cumplir su fin principal que es SERVIR AL CLIENTE.

El área de banca por teléfono, denominados CALL Centers, en los últimos 5 años se están convirtiendo en la clave para poder llegar a cumplir este fin, pues al ser un área que presta servicios las 24 horas de los 365 días del año, brinda al cliente la opción de no tener la necesidad de acercarse a una oficina que le demandaría tiempo y dinero.

En la presente tesina se analizará la forma de poder atender todas las llamadas a fin de minimizar el número de llamadas abandonadas para aumentar el índice de servicio o de productividad, a fin de servir al cliente de acuerdo a la demanda diaria de llamadas que se tiene y de la capacidad de personal dentro de una unidad de banca por teléfono llamada "Línea de consulta".

La presente tesina se encuentra dividida en cuatro partes; en el capítulo I: metodología de la investigación; en la que se expone el problema, objetivos, hipótesis y variables, marco teórico conceptual, y la metodología; capítulo II: recolección procesamiento y análisis de datos, se procede a recolectar toda la información y los datos, que luego se procesa y analiza para utilizarlos en la formulación del modelo; capítulo III: el modelo, se expone paso a paso la formulación se analizan y se interpretan cada uno de los resultados obtenidos al ejecutar el modelo mediante la aplicación del software Arena 10.

CAPITULO I METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

1.1. El Problema

1.1.1. Descripción del sistema

El sistema que se aborda en el trabajo de investigación pertenece al área de Banca por Teléfono, unidad Línea de Consulta dentro de una entidad financiera.

A fin de proteger la confidencialidad de la información brindada no mencionaremos el nombre de la empresa y la denominaremos entidad financiera.

La entidad financiera, objeto de estudio, tiene la misión de “Servir al Cliente” y como visión convertirse en una entidad simple, dedicada, flexible y accesible, para estrechar un vínculo de permanente confianza y fidelidad con los clientes.

A continuación mostraremos la estructura de la entidad financiera y, en particular de la unidad línea de consulta

Figura I.1 Organigrama de la entidad financiera

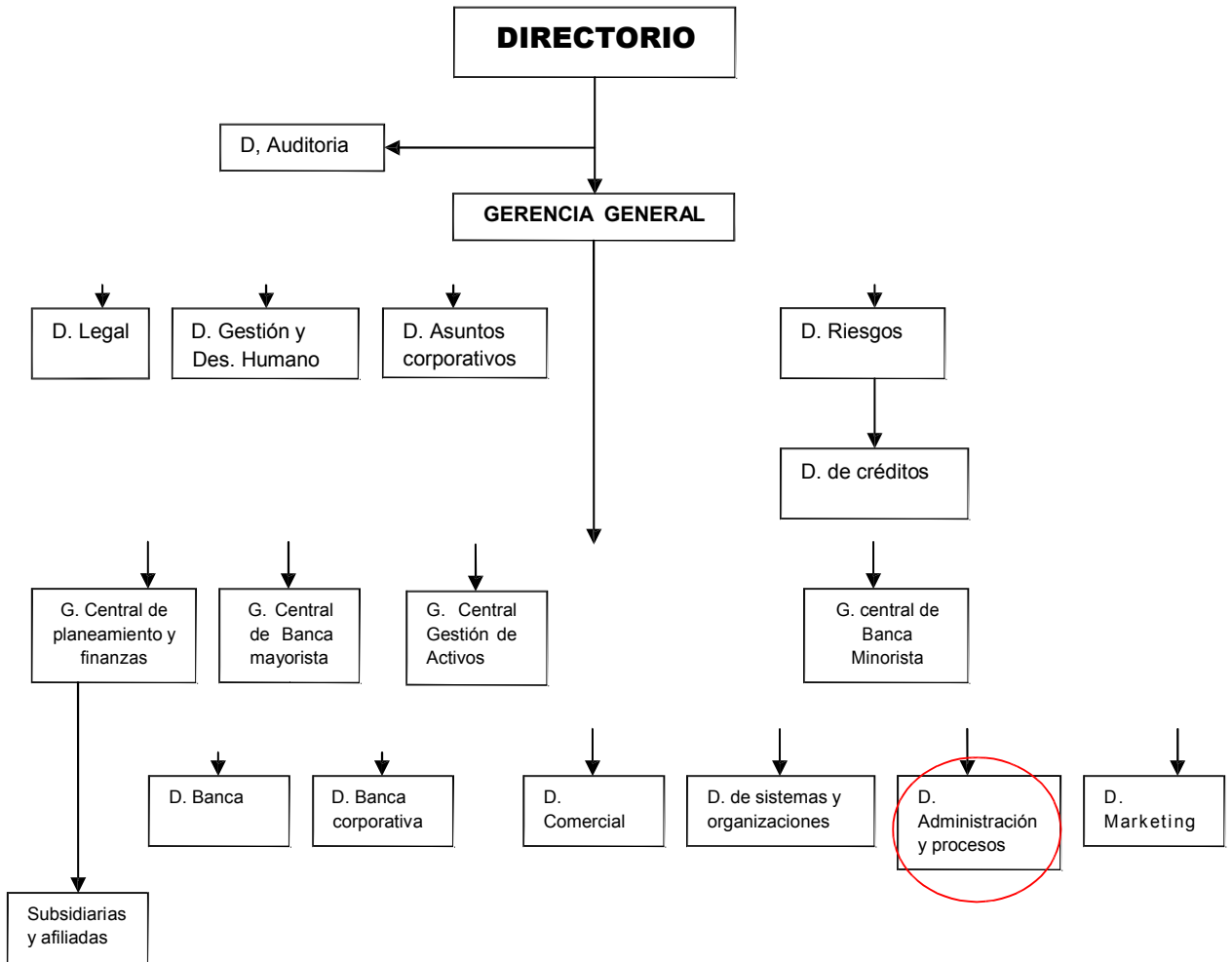


Figura I.2 Organigrama de la Gerencia de División Administración y Procesos

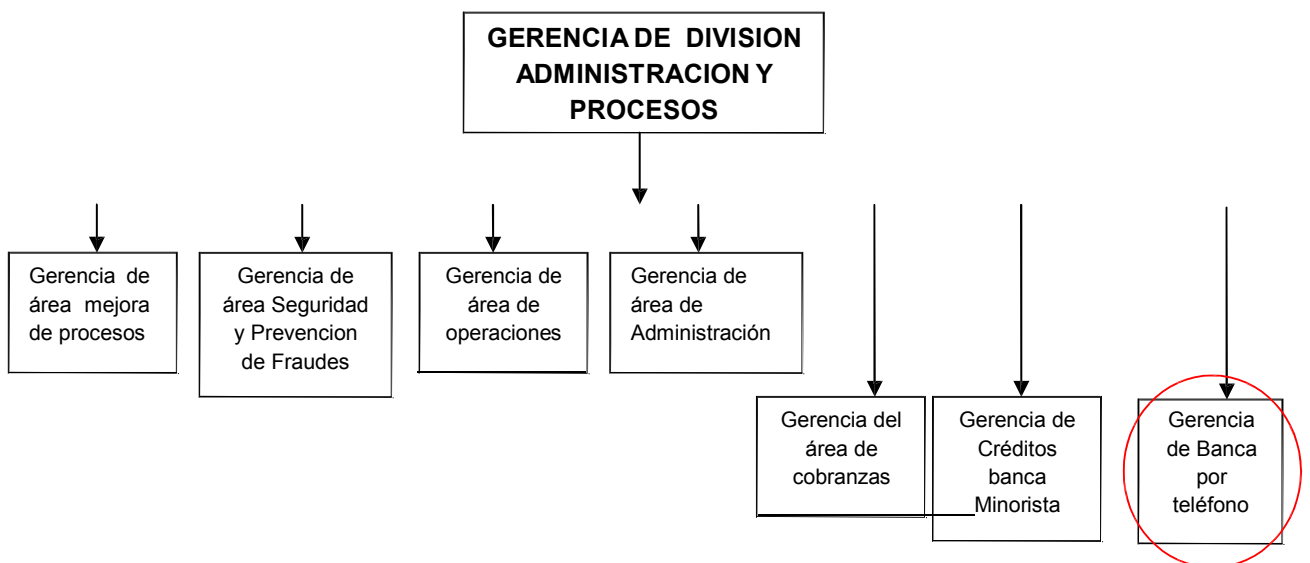


Figura I.3 Organigrama de la Gerencia de banca por teléfono

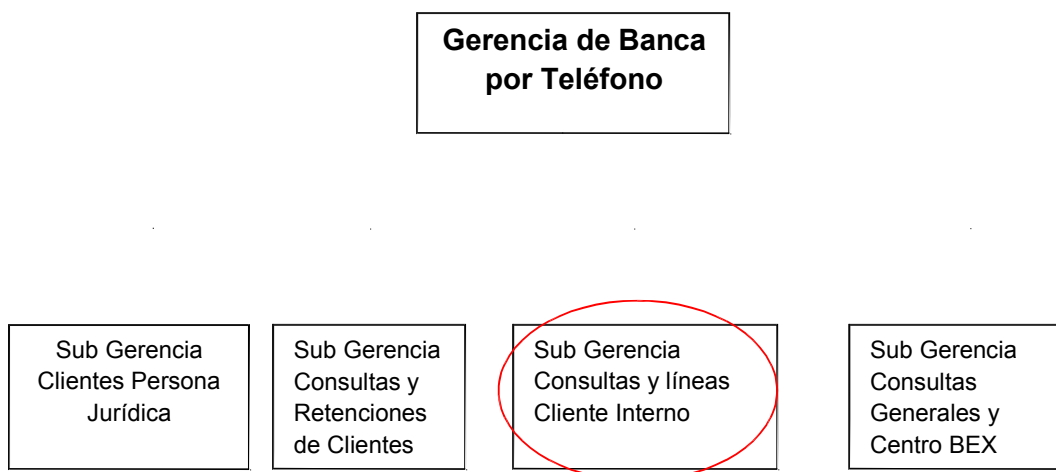
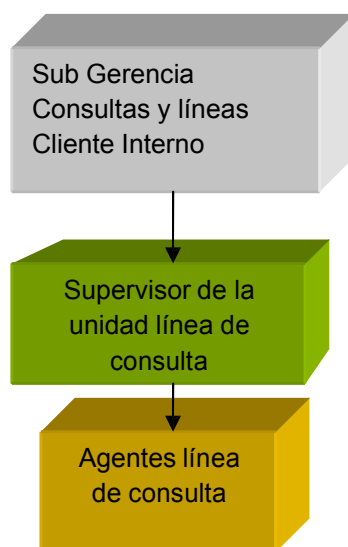


Figura I.4 Organigrama de la unidad línea de consulta



1.1.2. Delimitación del sistema

1.1.2.1. Delimitación espacial

El presente estudio de investigación se realizó en la Sub Gerencia de banca por teléfono, específicamente en la unidad de Línea de Consulta (Call Center), ubicada en el departamento de Lima, distrito de Lima.

Unidad de línea de consulta (Call Center)

La línea de consulta, unidad dentro del área de banca por teléfono que se creó en el año 2000 como una necesidad ante las dudas que tenían los clientes internos de los diferentes productos, procesos, campañas, convenios y reclamos; quienes al no tener esta información afectaba en no poder atender correctamente a los clientes externos lo cual generaban errores a las oficinas e influenciaba en su nivel de servicios, así como en el impacto negativo que tenían estos clientes al ser atendido en las diferentes oficinas de la entidad financiera.

La línea de consulta está conformada por 11 agentes y un supervisor, el horario de atención es de lunes a viernes de 09:00 a.m. a 6.00 p.m. y sábados de 09:00 a.m. a 1.00 p.m., a nivel nacional. Este personal es un personal fijo altamente capacitado pues está en constante actualización y capacitación en lo que respecta en los productos y normas internas del banco.

El personal responsable de la unidad línea de consulta está constituido por la subgerencia de clientes internos, supervisor de la Línea de Consulta y agente de la Línea de Consulta.

La Subgerencia de Clientes Internos tiene las siguientes funciones:

- Se responsabiliza por que se cumplan las metas y cumplimientos referentes a los indicadores de servicio.
- Reunirse con la gerencia reportando los avances de las diferentes áreas internas a las cuales supervisa.
- Realiza comités semanales con las diferentes unidades a su cargo para revisar los indicadores de servicios y monitores, así como también las incidencias de la

semana.

- Contactarse con otras áreas de la entidad con la finalidad de hacer seguimiento a la generación de nuevos aplicativos que se van a utilizar en las unidades internas

El supervisor de Líneas de Consulta tiene las siguientes funciones:

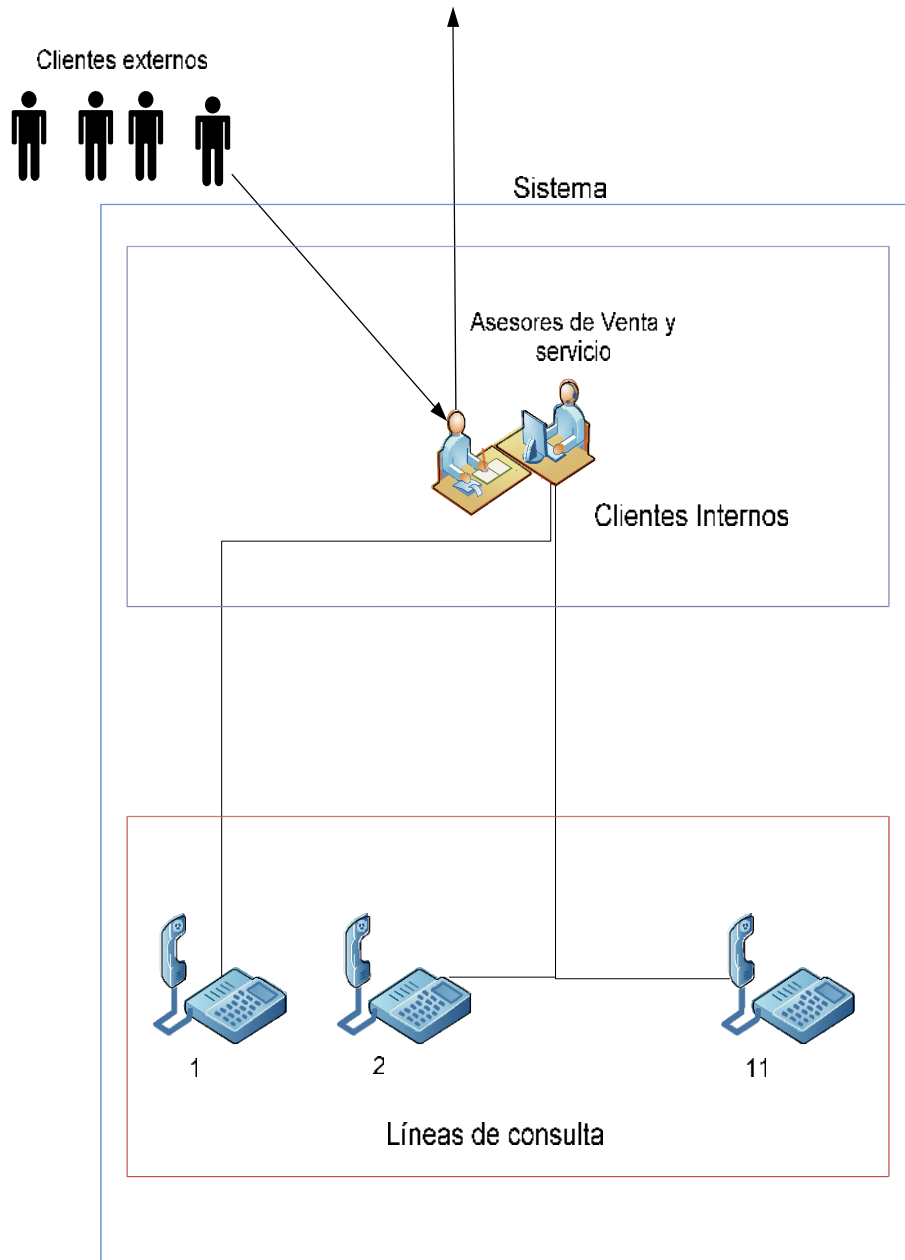
- Verifica la cantidad de llamas arribadas y la cantidad de llamadas atendidas.
- Hacer seguimiento de las tardanzas o falta que se presentaran en el día.
- Presenta semanalmente el reporte del índice de atención diaria a la sugerencia, así como las incidencias que se pueden haber presentado en la semana.
- Revisa todos los comunicados enviados a los clientes internos e informa a toda las unidades internas dentro de la entidad financiera sobre las nuevas campañas a implementarse.
- Presenta el reporte de cada uno de los agentes de la línea, según su desempeño mensual.
- Hace seguimiento de los tiempos de atención de cada uno de los agentes.
- Monitorea las llamadas, las cuales generaran una nota a cada uno de los agentes de la Línea de consulta.
- Presenta mensualmente el reporte al área de calidad de los productos más consultados, así como el reporte de cada agencia a nivel nacional que ha llamado y cuáles han sido las consultas más frecuentes.
- Programa las capacitaciones según los cambios que se den en el entidad financiera.

El agente de la Línea de Consulta se encarga de las siguientes funciones:

- Recepciona las llamadas de los clientes internos.
- Revisa los comunicados enviados a los clientes internos con referencia a cada uno de los cambios presentados en los procesos y normas.
- Cada agente es responsable de estar siempre actualizado de los cambios y normas de los productos de la entidad financiera.
- Cada agente deberá solucionar la consulta realizada.
- Hacer el seguimiento a los casos en consultas que han ingresado en el día y no se pudieron responder en línea.
- Maneja un tiempo promedio de atención por llamada de 2.30 min que corresponderá a un 20 en su nota de desempeño mensual.

Figura I.5 Medio ambiente del sistema

Línea de consulta



En la Figura I.5 se visualiza como los clientes externos ingresan al sistema el cual esta compuesto por los asesores de ventas y servicios y los agentes de la línea de consulta.

Si un cliente externo se acerca a la oficina para realizar la consulta de algún tipo de producto que brinde el banco, el primer contacto de atención lo realizan los Asesores de ventas y servicios(clientes internos), los cuales pueden orientar y brindar la información requerida por el cliente; si en caso la consulta generara algún tipo de consulta adicional

que no se pueda dar la respuesta adecuada, estas personas se contactarán con el 9505 que es un anexo dentro del banco en el área de banca por teléfono.

Si un cliente interno se contacta con el anexo y por la falta de agentes libres es puesto en espera, lo cual genera una cola, pueden darse tres situaciones del motivo de cola en el sistema:

1. El cliente que desea realizar la consulta espera hasta que el agente de la línea de consulta le conteste la llamada.
2. Al llamar al 9505 encuentran el anexo ocupado y cuelgan antes de ser atendidos al dejar la cola como siguen con su consulta sin ser solucionada vuelven a llamar; al hacer este tipo de operación se hace una nueva cola y esta va a generar nuevamente mayor cantidad de llamadas en espera y no permitirá que se pueda atender y solucionar la consulta; al hacer esta operación se genera nuevamente un abandono de llamadas.
3. Cuando el servicio brindado y ha concluido con una respuesta completa a la consulta, el cliente puede volver a llamar por una consulta adicional que no hizo en su momento a pesar que antes de terminar la llamada siempre se indica "alguna consulta adicional" y se despide cortésmente, esto generará una nueva cola que se convierten en reintentos los cuales si no son cubiertos a tiempo generarán una nueva cola en el servicio.

Clientes Internos

Personal que trabaja dentro de la entidad financiera, son los Asesores de ventas, gerentes de oficina y supervisores, que tienen como función la atención de las diferentes consultas de los clientes externos con referencia a producto y normas internas de la institución

CCPulse (Call Distribuidor)

Es un sistema dentro de toda banca por teléfono que se encarga de derivar todas las llamadas, según el anexo que se esté marcando al área correspondiente. Este sistema, a la vez, se encarga de medir la cantidad de llamadas entrantes, registradas, abandonadas, el tiempo de rapidez de recepción de la llamada, el tiempo promedio por cada agente, así como el tiempo que se estuvo conectado y el tiempo en no listo (tiempo que estuvo conectado pero no contestó ninguna llamada por algún motivo).

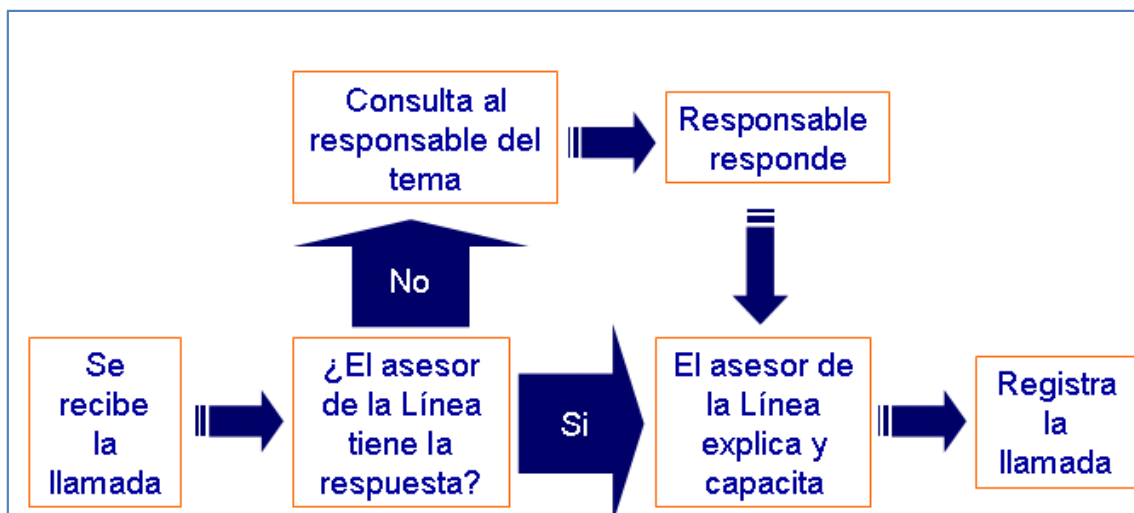
Herramientas

Para atender a los clientes internos, los asesores interactúan con un computador y otras herramientas que les permitirán brindar el soporte necesario. Dentro del computador se encuentra el portal de banco que es la herramienta fundamental dentro de la cual se encuentra la información que se tiene de los productos y accesos a sistemas internos, que constituyen, el Extra, el cual permite verificar información personal y los productos que tiene cada uno de los clientes de la entidad financiera.

Service Desk

Es un sistema especialmente creado para la línea de consulta, permite registrar a la persona que hizo la llamada según el producto consultado.

Figura I.6 Flujo de del proceso de atención de la línea de consulta



1.1.2.2. Delimitación Temporal

En la realización del presente estudio se contó con datos reales y actuales para construir y validar el modelo de simulación.

Estos datos son: el número de servidores, número de de las llamadas que ingresaron por intervalo de tiempo, número de llamadas respondidas por el sistema por intervalo de tiempo; se tomó como referencia la información de los meses de setiembre, octubre y parte de noviembre del año 2009.

1.1.3. Formulación del problema

Actualmente el índice de servicio ó de productividad de la unidad Línea de Consulta ha ido disminuyendo paulatinamente, aún cuando el índice de servicio fijado por la empresa es del 92%, esta disminución se explica por el aumento del número de llamadas no atendidas.

Este tipo de llamadas se ha incrementado en los últimos meses, el motivo principal se debe a que la población de clientes internos se ha incrementado por la apertura de nuevas oficinas en diferentes ciudades del país, sin embargo el número de servidores o agentes de la unidad línea de consulta se ha mantenido.

Nos planteamos las siguientes interrogantes:

- ¿Es necesario aumentar el número de servidores en la unidad línea de consulta?
- ¿Cuál es el número óptimo de servidores adicionales a implantar?
- ¿Con este número de servidores adicionales se superaría el índice de servicio planteado como política de la empresa?
- ¿En cuánto disminuirá el número de llamadas abandonadas?

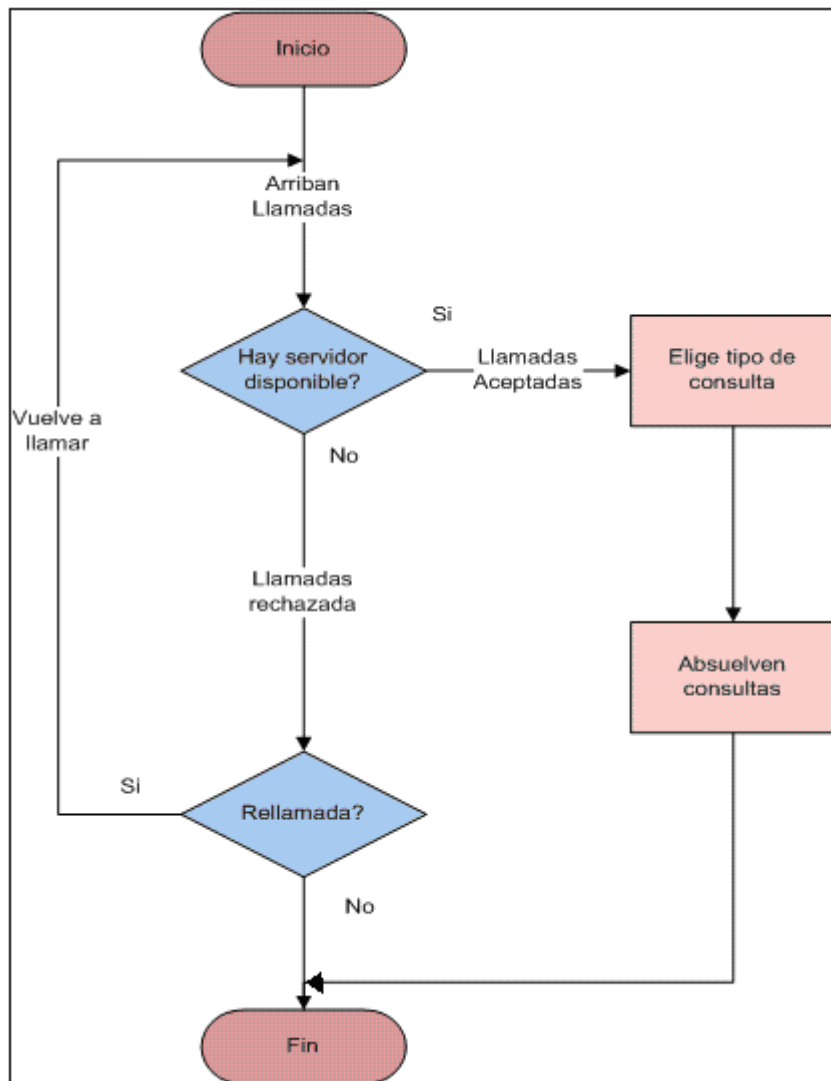
El subsistema que se estudia es la unidad Línea de consulta, cuyo horario de atención es de lunes a viernes de 9:00 a.m. a 6:00 p.m. y los sábados de 9:00 a.m. a 1:00 p.m. Las llamadas ingresan para ser atendidas por cualquiera de los 11 servidores, se verifica si hay algún servidor que este desocupado, se atiende la llamada se registra y se procede a absolver la consulta; al terminar sale del sistema.

En otro caso, si el servidor está ocupado, el usuario determinará si espera y vuelve a marcar o simplemente abandona la llamada y sale del sistema.

Para dar solución a este problema es posible aplicar la teoría de colas y la simulación de sistemas para determinar el número óptimo de servidores con el fin de incrementar el índice de servicio y así contribuir a que la empresa brinde un mejor servicio a sus clientes.

A continuación se muestra el flujo de atención en la unidad línea de consulta, Figura I.7.

Figura I.7 Diagrama de flujo del proceso de servicio



El problema planteado se podría definir como un problema de asignación de agentes sujeto a determinadas restricciones (cumplimiento de objetivos de servicio y horarios permisibles de trabajo).

Como se observa un call center es, en efecto, un sistema de colas en el cual las entidades que arriban son las llamadas de los clientes, los servidores son los agentes y las colas son los espacios virtuales en donde las llamadas esperan la atención de los agentes.

La metodología propuesta para la resolución del problema indica modelar inicialmente el call center como un sistema de colas, pues, de esta manera, será posible representarlo de forma matemática y analizarlo bajo el enfoque de la teoría de colas

Debemos señalar también que parte del sistema en estudio es bastante compleja para ser modelada matemáticamente, por lo que se empleará la simulación para superar esta dificultad; además, lo que interesa es responder primero si es posible aumentar el número de servidores, de ser posible, cual es el número adecuado y con ello se podría analizar si aumenta el índice de servicio hasta llegar a la tasa aceptable del 92%, como lo plantea la política interna de la organización.

1.1.4. Justificación de la investigación

En el área de banca por teléfono, específicamente la unidad línea de consulta, en los últimos 5 años se está convirtiendo en la clave para poder llegar a cumplir el fin principal de la organización, que es SERVIR AL CLIENTE.

Al ser un área intermediaria para el contacto diario con los clientes, pues presta servicios sobre las consultas de los diferentes productos y procesos a las asesoras de ventas, gerentes de oficina y supervisores, ofrece la opción de dar la información y servicio correcto lo cual influye en la apreciación y satisfacción del cliente ya que al acercarse a una agencia, no desea una mala atención. De esta manera se justifica el estudio, puesto que se da la debida importancia a esta área estratégica dentro de la organización, para mejorar el servicio mediante el aumento del índice de servicio que va en beneficio directo de los clientes internos y externos, y contribuye al mejoramiento integral de la organización.

1.1.5. Limitaciones de la investigación

Se ha detectado las siguientes limitaciones que interfirieron en la realización del estudio.

1. Lugar o espacio donde se llevó acabo el estudio.- Si bien el estudio se realizó en la unidad Línea de Consulta de la organización, no se tuvo acceso libre a todos los datos e información que se necesitaban, pues toda información se concentra en un

terminal celosamente cuidado. Para acceder a algún tipo de dato o información se debe seguir un trámite formal, dicho trámite lleva mucho tiempo, meses en algunos casos.

2. Tiempo.- Limitado por tratarse de la misma oficina de labores y se debe cumplir con un horario establecido.
3. Personal.- Debido a que existen muy pocos profesionales y técnicos que conocen las bondades de la simulación con el software Arena, se tuvo que depender de la disponibilidad de tiempo de algunos de ellos para su apoyo, de esta manera se hizo un poco difícil la implementación y funcionamiento del sistema en la plataforma del software.
4. Material.- El material bibliográfico sobre simulación de sistemas con software Arena es un poco escaso en el país, inclusive en las páginas de internet existe muy poco, si hay es en hojas de cálculo generalmente.

1.2. Objetivos

1.2.1. Objetivo General

El objetivo general del proyecto es incrementar el índice de servicio a más del 92% planteado como política interna de la empresa en estudio, dicho índice de servicio está en función a objetivos cuantitativos de desempeño establecidos por la organización.

1.2.2. Objetivos Específicos

Los objetivos específicos son:

1. Determinar qué variables y en qué medida influyen en el desempeño de la unidad línea de consulta.
2. Utilizando un enfoque científico, como es la teoría de colas y la simulación de sistemas, se determinará cómo se comporta el sistema con la variación de algunos datos.

1.3. Hipótesis y Variables

1.3.1. Hipótesis

Determinar el número adecuado de servidores adicionales, que permita aumentar el índice de servicio que esté próximo al índice del 92% fijado por la empresa.

1.3.2. Variables

1. Variable dependiente:

x : Índice de servicio, dado por la relación siguiente:

$$x = \frac{p}{q} 100\%$$

2. Variables independientes

p : Número de llamadas atendidas

q : Número de llamadas que llegan al sistema

r : Número de llamadas abandonadas

1.4. Marco Teórico-Conceptual

1.4.1. Antecedentes de la investigación

Hace 30 años se estableció el primer call center en España, sin embargo es una actividad que ha conseguido revolucionar el mundo empresarial en poco tiempo. El primer teléfono puso en contacto a dos seres humanos, lo que nunca nadie sospechó en aquellos años es que iba a cambiar para siempre la forma en que las empresas llegarían a sus clientes y viceversa. Tan sólo hace tres décadas que en la prensa empezaron a publicarse anuncios en los que aparecían los primeros números gratuitos a los que se podía pedir más información. Lo que casi nadie esperaba es que alguien llamara, pero llamaron y llamaron muchísimo. Tanto es así que los empresarios empezaron a mirar el teléfono de otro modo y a incorporar personas cuya única misión era atender ese teléfono.

De ahí, a gestionar esa actividad como una arteria principal de la empresa, sólo había un paso, pero fue un paso de gigante.

La unidad Línea de Consulta, es una unidad dentro del banco que se creó en el año 2000 como una necesidad ante la consulta por los diferentes productos, procesos, campañas, convenios y reclamos de los Asesores de Ventas, Gerentes de oficina y Supervisores, ya que al no poder atender correctamente a los clientes externos generaban errores a las oficinas, lo cual influenciaban en su nivel de servicios, así como en la eficiencia y el impacto negativo que se lleva el cliente al ser atendido en las diferentes oficinas.

1.4.2. Definición de términos básicos

Call center especializado

Un call center especializado es aquel en que cada uno de los grupos de agentes que lo conforman sólo atiende un único tipo de llamada.

Call center de una sola línea

Es aquel en el que existe un solo grupo de agentes que atiende todos los tipos de llamada existentes, que es el tipo de servicio que realiza la institución en la que se ha efectuado el estudio.

Call center multiskill

Es un híbrido entre los dos definidos anteriormente el cual que busca obtener los beneficios de ambos, existen varios grupos de agentes, cada uno con mejor manejo de un determinado tipo de llamada pero con la capacidad de atender cualquiera de los otros tipos.

De esta manera, en términos de atención los grupos constituyen un único sistema integrado, pero se logra que los agentes tengan alta probabilidad de atender los tipos de llamada que mejor manejan.

Clientes

Término usado en el sistema de colas para referirse a las personas que efectúan llamadas telefónicas para realizar algún tipo de consulta, también a personas esperando líneas telefónicas desocupadas.

Servidores

Este término se usa para referirse al “número de líneas telefónicas” aptas para recibir las llamadas de los clientes y realizar sus consultas.

Llegadas

Es el número de llamadas que llegan a las instalaciones de servicio con el fin de realizar consultas, la tasa esta dada por número de llamadas por unidad de tiempo.

Tasa de Servicio

Este término se usa para designar la capacidad de servicio del sistema y esta dada por el número de llamadas por unidad de tiempo.

Número de servidores

Es la cantidad de servidores de que dispone el sistema para atender a los clientes.

Error cuadrático medio

Una de las técnicas estadísticas de evaluación de modelos, consiste en la suma de las diferencias al cuadrado entre lo real y lo proyectado por el modelo.

$$Error = \frac{\sum_{i=1}^N (p_i - r_i)^2}{N} = \frac{\sum_{i=1}^N e_i^2}{N}$$

p= valor proyectado, r = valor real N = tamaño de la muestra

Productos más consultados

Tarjetas

Es uno de los principales productos por los cuales se recepciona la mayor cantidad de llamadas para consultas, como por ejemplo:

En el caso que un cliente desea una tarjeta de créditos el Asesor de ventas acudirá al servicio con una llamada para verificar si el cliente que esta atendiendo califica al producto, para ello se le dará la información de la calificación que tiene el cliente según Superintendencia de Banca y Seguros (SBS), Archivo Negativo entre otros y se le confirmará si procede o no la solicitud.

Créditos

Se maneja un procedimiento similar al de la calificación y verificación para tarjetas con la diferencia que este trámite es para la obtención de préstamos en efectivo.

Se clasifica como la segunda consulta más solicitada.

Pasivos

Son la consulta con referencia a los diferentes tipos de cuentas de ahorros y corrientes que tiene la entidad financiera.

Se encuentra en la tercera clasificación

Otros

Aquí se resumen las consultas sobre sea ingreso a los aplicativos, fiscalización de documentación, ingreso de reclamos entre otros; por ser la suma de varios productos el valor del porcentaje puede ser mayor.

Estabilidad de un sistema

Sea:

λ : Tasa de llegada o número promedio de llegada de clientes por unidad de tiempo.

μ : Tasa de servicio o número promedio de servicios por unidad de tiempo. Este parámetro representa la máxima capacidad de servicio por servidor.

$\rho = \lambda/\mu$: Factor de utilización del sistema con un canal de servicio o un servidor. Evidentemente ρ debe ser menor que 1 porque de lo contrario, si llegan más clientes que la capacidad de atención que tiene el sistema, se formará una cola cuyo crecimiento será infinito. Si no se cumple esta condición y ρ es mayor que 1, el sistema no tiene solución.

S: Número de servidores o canales de servicio.

$\rho = \lambda/S\mu$: Factor de utilización del sistema cuando hay S servidores.

Para que el sistema de cola tenga solución ρ debe de ser menor que 1.

TS: Esperanza del tiempo o valor esperado de espera de la última llegada para recibir el servicio. Este parámetro responde a la pregunta ¿Cuánto tendré que esperar hasta que me atiendan?

TW: Esperanza del tiempo o valor esperado de espera de la última llegada para abandonar el sistema. Este parámetro responde a la pregunta ¿Dentro de cuánto tiempo saldré de aquí?

$1/\lambda$: Periodo de llegada o tiempo promedio que transcurre entre dos llegadas consecutivas.

$1/\mu$: Tiempo promedio de atención a un cliente.

L_q : Valor esperado del número de clientes formados en la cola.

L: Valor esperado del número de clientes en el sistema, es decir, en la cola y recibiendo el servicio.

$P_m(t)$: Probabilidad de que en el instante "t" de arribo de un cliente a la cola, se encuentren "m" clientes en el sistema. "S" clientes recibiendo servicio y (m – S) clientes formados en la cola.

$P_0(t)$: Probabilidad de que en el instante "t" de arribo de un cliente a la cola, el sistema se encuentre vacío.

1.4.3. Bases teóricas

1.4.3.1. Teoría de Colas

1. Orígenes

El origen de la Teoría de Colas está en el esfuerzo de Agner Krarup Erlang (Dinamarca, 1878 - 1929) en 1909 para analizar la congestión de tráfico telefónico, con el objetivo de cumplir la demanda incierta de servicios en el sistema telefónico de Copenhague. Sus investigaciones lo llevaron a una nueva teoría llamada teoría de colas o de líneas de espera. Esta teoría es ahora una herramienta de valor en negocios debido a que muchos de sus problemas pueden caracterizarse, como problemas de congestión llegada –salida. La teoría de colas es una colección de modelos matemáticos que describen sistemas de

líneas de espera particulares o sistemas de colas. Los modelos sirven para encontrar un equilibrio entre costos del sistema y los tiempos promedio de espera para un sistema dado. El problema es determinar qué capacidad o tasa de servicio proporciona el balance correcto. Esto no es sencillo, ya que un cliente no llega a un horario fijo, es decir, no se sabe con exactitud en que momento llegarán los clientes. También el tiempo de servicio no tiene un horario fijo. Los problemas de “Colas” se presentan permanentemente en la vida diaria, un estudio en EE.UU. concluyó que un ciudadano medio pasa 5 años de su vida esperando en distintas colas, y de ellos casi 6 meses parados en los semáforos.

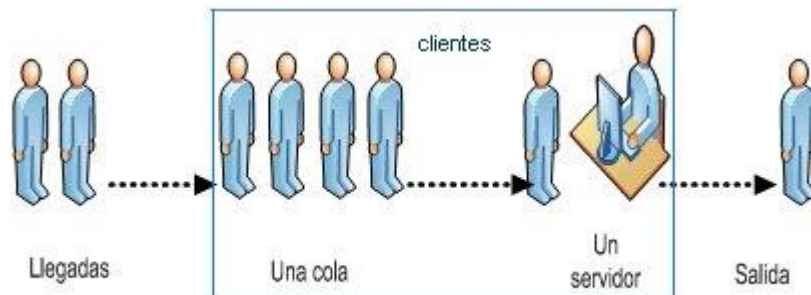
2. Teoría de Colas

Es el estudio matemático del comportamiento de líneas de espera. Estas se presentan cuando "clientes" llegan a un "lugar" demandando un servicio a un "servidor" el cual tiene cierta capacidad de atención, si el servidor no está disponible y el cliente decide esperar, entonces se integra a la línea de espera o cola.

Un sistema de colas se puede describir como: “clientes” que llegan buscando un servicio, esperan si éste no es inmediato, y abandonan el sistema una vez que 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 u otros.

Figura I.8 Sistema una cola y un canal



3. Características de los sistemas de colas

Seis son las características básicas que se utilizan para describir adecuadamente un sistema de colas:

- a) Patrón de llegada de los clientes
- b) Patrón de servicio de los servidores
- c) Disciplina de cola
- d) Capacidad del sistema
- e) Número de canales de servicio
- f) Número de etapas de servicio

Algunos autores incluyen una séptima característica que es la población de posibles clientes.

a. Patrón de llegada de clientes

En situaciones de cola habituales la llegada es estocástica, por tanto es necesario conocer la distribución de probabilidad del tiempo entre llegadas de cliente o del número de llegadas por unidad de tiempo.

También es posible que los clientes sean “impacientes”, es decir, que lleguen a la cola y si es demasiado larga se vayan, o que tras esperar mucho rato en la cola decidan abandonarla. Por último es posible que el patrón de llegadas varíe con el tiempo.

b. Patrones de servicio de los servidores

Los servidores pueden tener un tiempo de servicio variable, en cuyo caso hay que asociarle una función de probabilidad.

El tiempo de servicio también puede variar con el número de clientes en la cola.

c. Disciplina de cola

La disciplina de cola es la manera en que los clientes se ordenan en el momento de ser atendidos entre los de la cola. Cuando se piensa en colas se admite que la disciplina de cola normal es FIFO (atender primero a quien llegó primero); sin embargo, en muchas colas es habitual el uso de la disciplina LIFO (atender primero al

último). También es posible encontrar reglas de secuencia con prioridades, como por ejemplo secuenciar primero las tareas con menor duración o según tipos de clientes. En los sistemas de colas con prioridades, dos son las situaciones generales a considerar. En la primera, llamada en inglés “preemptive”, si un cliente llega a la cola con una orden de prioridad superior al cliente que está siendo atendido, éste se retira dando paso al más importante. Dos nuevos subcasos aparecen: el cliente retirado ha de volver a empezar, o el cliente retorna donde se había quedado. La segunda situación es la denominada “no-preemptive” donde el cliente con mayor prioridad espera a que acabe el que está siendo atendido.

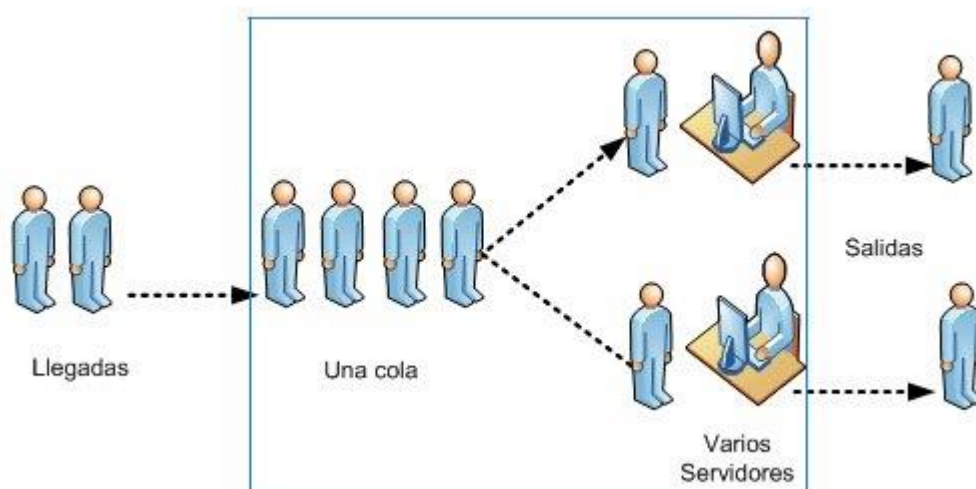
d. Capacidad del sistema

La longitud de la cola puede ser ilimitada. Esta limitación puede ser considerada como una simplificación en la modelización de la impaciencia de los clientes.

e. Número de canales del servicio

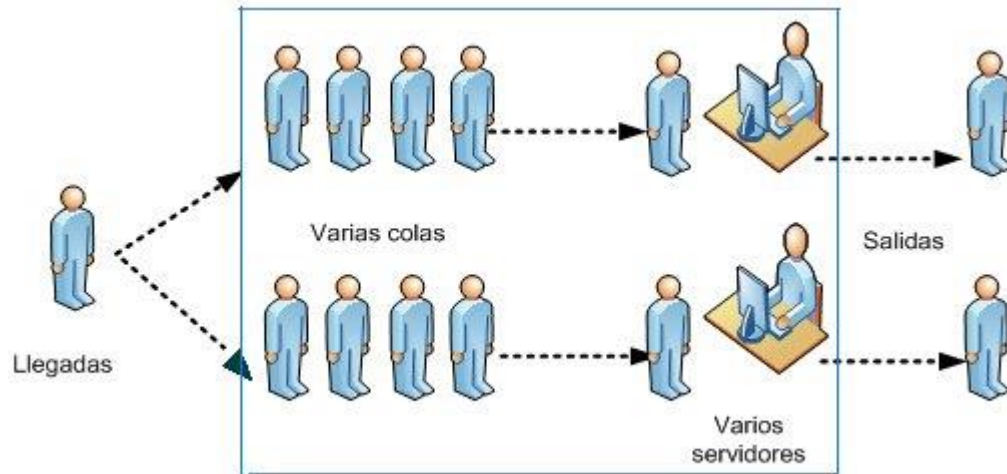
Es evidente que es preferible utilizar sistemas multiservidores con una única línea de espera para todos, que con una cola por servidor. Por tanto, cuando se habla de canales de servicio paralelos, se habla generalmente de una cola que alimenta a varios servidores mientras que el caso de colas independientes se asemeja a múltiples sistemas con sólo un servidor.

Figura I.9 Sistemas de una cola y multicanal



En la figura I.9 se presenta una variante respecto de la figura I.8; se representa una cola de espera y atención multicanal.

Figura I.10 Sistema de varias colas multicanal



En la figura I.10 se presenta dos variantes respecto de la figura I.8; tiene dos colas de espera, y atención multicanal, solo para este caso se presenta de esta manera, sin embargo se podría presentar n colas y multicanal (n servidores)

Se asume que en cualquiera de los dos casos, los mecanismos de servicio operan de manera independiente.

f. Etapas de servicio

Un sistema de colas puede ser unietapa o multietapa. En los sistemas multietapa el cliente puede pasar por dos o más etapas. Una peluquería es un sistema unietapa, salvo que haya diferentes servicios (manicura, maquillaje) y cada uno de estos servicios sea desarrollado por un servidor diferente.

En algunos sistemas multietapa se puede admitir la vuelta atrás o "reciclado", esto es habitual en sistemas productivos, como controles de calidad y reprocesos.

Notación Kendall

La notación Kendall nos permite clasificar los distintos tipos de sistemas de colas según sus características. Consta de 5 símbolos separados por barras.

A/B/X/Y/Z

A: indica la distribución de tiempo entre llegadas consecutivas

B: alude al patrón de servicio de servidores

X: es el número de canales de servicio

Y: es la restricción en la capacidad del sistema

Z: es la disciplina de cola

Tabla I.1 Clasificación de modelos de colas - Notación Kendall

Características	Símbolo	Explicación
Distribución de tiempos de llegadas (A)	M	Exponencial
	D	Determinista
Distribución de tiempos de servicio (B)	Ek	Erlang tipo-k (k=1,2,...)
	Hk	Mezcla de k exponenciales
	PH	Tipo de fase
	G	General
Número de servidores	1,2,...	
Disciplina de cola	FIFO	Servir al primero que llega
	LIFO	El último que llega se sirve primero
	RSS	Selección aleatoria de servicio
	PR	Prioridad
	GD	Disciplina general

El símbolo G representa una distribución general de probabilidad, es decir, que el modo presentado y sus resultados son aplicados a cualquier distribución estadística siempre que sean variables Independientes e Idénticamente Distribuidas (IID).

1.4.3.2. Simulación

Algunos problemas de colas no se pueden resolver mediante métodos analíticos. Entre otras razones podrían citarse la existencia de patrones no normalizados de entrada y de servicio, una gran complejidad del sistema a modelar o la naturaleza de la disciplina de cola. Además, en ocasiones, los resultados analíticos son para un estado estacionario que nunca se alcanza, porque el sistema se interrumpe antes de abandonar el estado transitorio. En estos casos el análisis de las colas mediante simulación puede ser una buena técnica para encontrar la solución al problema.

Hay que destacar, en cualquier caso, que si existen los modelos analíticos, éstos se deberían utilizar. Aunque la simulación permite resolver o aproximar la solución, de muchos problemas no es la panacea, dado que resolver mediante simulación es equiparable a realizar una experimentación. Por tanto, hay que utilizar todas las herramientas asociadas al diseño y análisis de experimentos: Recopilación y Análisis de Datos, experimentación, análisis y consistencia de resultados, etc.

Otro de los inconvenientes del uso de la simulación frente a los métodos analíticos, se presenta cuando el objetivo es el diseño de un sistema y no su evaluación. En ese caso, el análisis por simulación no permite utilizar técnicas de optimización convencionales, aunque hay que admitir que algunas herramientas de simulación incorporan técnicas de optimización estocástica para resolver este tipo de problemas.

1. Elementos de un Modelo de Simulación

Cuatro son los elementos a tener en cuenta al abordar un modelo de simulación aplicando teoría de colas.

- a) Selección de los datos de entrada
- b) Simulación.
- c) Análisis de los resultados
- d) Validación del modelo.

Dado que estamos interesados en modelizar sistemas estocásticos, los datos de entrada deben representar la realidad del modo más fiable posible. En ocasiones se usan estos datos para reconocer la estructura de los datos de entrada.

La ejecución de la simulación actualmente se realiza mediante paquetes informáticos avanzados. El análisis de resultados tiene que ver con el cálculo de la efectividad del sistema mediante las técnicas estadísticas apropiadas.

Además, la validación del modelo es una exigencia que muchas veces se olvida al realizar el modelo de simulación, es que el sistema reaccione como lo hace la realidad.

2. Modelización de las Entradas

La Modelización de las entradas es un requerimiento no sólo de la simulación, sino de cualquier tipo de análisis probabilístico y numérico. Los dos mayores problemas en la modelización de los datos de entrada son la selección de la familia de distribuciones estadísticas la estimación de los parámetros que definen la función de las diferentes entradas.

El primero de los dos problemas es evidentemente el más complicado mientras que el segundo sólo es abordable una vez que se ha resuelto la selección de la familia de distribuciones estadísticas.

En muchos casos los paquetes de simulación suelen llevar una herramienta de ajuste estadístico. Cuando esto no ocurra debemos recurrir a las diferentes técnicas estadísticas para definir tanto las familias como los parámetros.

3. Análisis de Resultados

Alcanzar conclusiones válidas a partir de los resultados, requiere un cuidadoso y gran esfuerzo. Cuando se simulan sistemas estocásticos, no es posible extraer conclusiones a partir de una única simulación que por naturaleza es estadística.

Por tanto, para obtener conclusiones es necesario diseñar y ejecutar experimentos de una manera lógica.

Existen dos tipos de modelos de simulación: continuos o interrumpidos. Un modelo interrumpido simularía por ejemplo un banco que abre a las 8:00 y cierra a las 6:00 p.m., vaciando la cola al final del servicio. Sin embargo un modelo continuo se podría asociar a un sistema productivo donde el trabajo con el que se acaba un día, es con el que se comienza al día siguiente. En este último caso es cuando interesan los resultados en el estado estacionario.

En los sistemas que conducen a modelos interrumpidos el estado estacionario es generalmente irrelevante. Lo que importa es el valor medio calculable al recoger un cierto número de resultados, admitiendo siempre que lo que se obtiene es un valor medio estimado en un intervalo de confianza.

En los sistemas que conducen a modelos continuos el problema es un poco más complicado, porque hay que eliminar de las muestras el estado transitorio, aunque la definición de estado transitorio exigiría el reconocimiento del estado estable y por tanto del estado transitorio. Los más importantes paquetes de simulación llevan incorporado herramientas que realizan estos ejercicios mediante los cuales se pueden calcular los anteriormente citados intervalos de confianza.

4. Validación del Modelo

La validación de los modelos es probablemente el paso más importante, y probablemente también el paso más obviado por aquellos que modelan. Antes de iniciar el proceso de realizar un modelo de simulación es necesario que el modelador se familiarice con el sistema que tiene que estudiar. Para ello es necesario involucrarse en todos los niveles del personal implicado en el proceso que va a ser simulado. En ese caso uno de los problemas que aparece es el exceso de detalles en el modelo que lo convierten en improductivo.

El primer y fundamental paso en la validación es verificar que el programa hace lo que está previsto que haga. Otro paso es definir el grado de credibilidad, es decir hasta que punto los que van a usar el modelo consideran que tiene una utilidad y representa la realidad en la medida que nos interesa. Para ello es necesario que los objetivos del estudio, las medidas de rendimiento y el nivel de detalle deba pactarse y mantenerse en el nivel más simple.

Cuando sea necesario, los resultados de las simulaciones se deben comprobar con la realidad. Si esta no estuviera disponible habría que intentar reproducir modelos teóricos con soluciones conocidas mediante métodos analíticos.

1.5. Metodología

1.5.1. Diseño de la investigación

Tipo de diseño de investigación

El tipo de investigación que se utilizó corresponde al no experimental, transeccional (o transversal) descriptivo.

1. Diseño no experimental

Puesto que no se hizo ninguna manipulación de manera intencional a una o más variables independientes (causas) para analizar las consecuencias de tal manipulación sobre una o más variables dependientes (efectos).

1.1. Diseño transversal o transeccional

Puesto que la información y los datos que sirvieron para el estudio de investigación fueron recolectados en un momento determinado del tiempo, el año 2009.

1.1.1. Diseño transeccional descriptivo

Puesto que se ha necesitado analizar y conocer las características, rasgos, propiedades y cualidades del sistema en estudio en un momento determinado del tiempo.

2. El desarrollo del modelo es analítico y simulado

Para formular el modelo se necesitó conocer los diferentes modelos de la teoría de colas y verificar a cuál de ellos se adapta el sistema en estudio. Una vez utilizada la teoría de colas para obtener algunos resultados se empleó la simulación de sistemas para dar respuesta a preguntas del problema.

1.5.2. Método de investigación

Se empleo el método científico, según la elección del enunciado del problema, construcción del marco teórico, establecimiento de la hipótesis y la prueba de hipótesis, obtenido los resultados se realizó las propuestas derivadas del estudio de investigación.

1.5.3. Población y Muestra

Población

En el caso de los arribos de las llamadas, la población estuvo conformada por las llamadas que llegaron por intervalos de una hora, de todos los meses del año 2009, que constan en los registros de la unidad en estudio.

De la misma manera, para el caso del número de llamadas atendidas por el sistema, también la población la constituyeron las llamadas contestadas por segmentos de una hora, de todos los meses del año 2009.

Para el tiempo requerido en atender una llamada, por cada servidor, la población fue los tiempos registrados por llamadas en todo el año 2009.

Muestra

La muestra estuvo constituida por 500 datos (Tabla II.5) dentro de los cuales se consideran todos los tipos de llamadas que recibe la unidad Línea de Consulta, se ha considerado el reporte de los meses de setiembre, octubre y parte de noviembre del año 2009.

Tipo de muestreo

Se adoptó el tipo de muestreo no probabilístico, en el sentido de que hemos asumido los datos de los días y horas de los últimos meses, mas no hemos escogido al azar cualquier día o mes. Se ha determinado realizar este tipo de muestreo por que el funcionamiento del sistema es más fluido, los servidores (agentes de la línea de consulta) tienen mayor experiencia, responden las consultas mucho más rápido pues tienen mejor dominio sobre los temas de consulta y otros detalles que hacen que sean más eficientes.

1.5.4. Técnicas de investigación

En la recolección de información se utilizó formatos apropiados para el estudio, las fuentes son archivos de reportes diarios y mensuales en algunos casos.

En la recolección de datos se utilizó la observación para analizar el funcionamiento del sistema y poderlo llevar a la plataforma del software de simulación, se utilizó formatos diseñados por el interesado dependiendo del tipo de dato que se iba a recolectar.

CAPITULO II

RECOLECCIÓN, PROCESAMIENTO Y ANÁLISIS DE DATOS

2.1. Recolección de información

Se recopiló la información correspondiente a:

1. Número de servidores:

11 servidores adecuadamente distribuidos en paralelo, cada servidor tiene la capacidad de atender cualquier tipo de consulta para los cuales están designados.

2. Tiempo máximo permisible para atender una llamada:

Es de 2.30 minutos, el cual genera una nota de veinte al personal de la línea de consulta.

3. Horarios de atención:

El horario de atención del sistema es de lunes a viernes de 9:00 a 18:00 horas y sábados de 9:00 a 13:00 horas. Para desarrollar la simulación se considerará días de nueve horas únicamente.

4. Clasificación de tipo de llamada

La institución hace su clasificación de los productos mas consultados, según el reporte histórico de llamadas realizadas a la unidad línea de consulta, los cuales se muestran en la Tabla II.1:

Tabla II.1 Clasificación de productos

Tipo de Producto	Distribución (%)
Tarjetas	38%
Créditos	26%
Pasivos	15%
Otros	21%
Total	100%

2.2. Recolección de datos

2.2.1. Número de llamadas por hora

Son las llamadas que arriban durante el periodo de atención que es de 09:00 a 18:00 horas. Las llamadas se han tomado de los registros de llamadas de la central telefónica del área de línea de consultas de la organización, se han tomado por periodos de 1 hora de los días laborables de los meses de Septiembre, Octubre y parte de Noviembre del año 2009, los cuales se pueden apreciar en las Tablas II.1, Tabla II.2 y Tabla II.3 respectivamente.

Tabla II. 2 Número de Llamadas por hora-Septiembre 2009

Horas		DIAS																					
		1	2	3	4	7	8	9	10	11	14	15	16	17	18	21	22	23	24	25	28	29	30
09:00	10:00	168	141	161	176	159	167	163	170	162	191	182	169	170	175	180	186	171	161	164	139	184	143
10:00	11:00	163	159	166	202	181	156	132	179	152	174	186	162	172	176	174	142	158	162	171	192	179	149
11:00	12:00	184	179	176	166	162	142	166	161	165	171	160	172	159	177	186	175	147	168	190	162	170	164
12:00	13:00	138	169	171	160	170	168	165	168	178	159	181	182	208	170	162	154	164	182	164	164	191	185
13:00	14:00	149	168	159	171	154	156	173	155	178	169	159	192	181	172	171	180	164	163	167	153	173	156
14:00	15:00	173	172	161	160	180	195	179	167	180	163	169	186	139	172	178	152	176	171	177	145	176	192
15:00	16:00	159	159	182	168	157	148	177	171	182	176	164	184	188	165	170	178	144	161	161	166	165	169
16:00	17:00	177	167	160	169	160	188	153	182	174	167	161	166	155	182	184	175	176	156	163	183	174	157
17:00	18:00	161	181	183	156	158	160	173	146	156	177	143	134	182	145	165	177	161	150	155	183	164	165

Tabla II. 3 Número de Llamadas por hora-October 2009

Horas		DIAS																				
		1	2	5	6	7	9	12	13	14	15	16	19	20	21	22	23	26	27	28	29	30
09:00	10:00	183	160	176	173	168	153	187	175	172	168	175	153	164	161	169	172	165	160	173	156	155
10:00	11:00	157	168	168	178	140	174	177	172	167	167	162	187	157	159	186	166	178	138	148	181	167
11:00	12:00	156	163	175	132	182	191	170	160	185	158	166	165	146	141	173	196	182	169	163	158	168
12:00	13:00	167	157	182	159	178	170	162	165	164	182	190	179	156	150	177	139	167	162	155	171	141
13:00	14:00	172	163	160	185	153	165	160	153	184	159	166	168	173	169	145	155	162	161	189	155	145
14:00	15:00	152	173	150	159	169	183	159	180	187	161	173	169	167	149	167	177	143	162	185	178	159
15:00	16:00	180	148	163	160	168	167	168	180	178	141	180	160	169	172	157	162	183	143	160	166	181
16:00	17:00	162	180	180	178	163	172	164	172	159	161	157	165	174	165	157	188	179	146	161	138	184
17:00	18:00	155	167	157	158	170	147	156	160	164	181	190	192	173	162	169	168	169	165	197	167	175

Tabla II. 4 Número de Llamadas por hora-Noviembre 2009

Horas		DIAS																							
		2	3	4	5	6	9	10	11	12	13	16	17	18	19	20	23	24	25	26	27	28	29	30	31
09:00	10:00	179	146	182	159	170	182	149	168	148	172	180	169												
10:00	11:00	167	184	166	172	176	199	169	157	171	175	181	178												
11:00	12:00	177	166	175	158	160	157	161	172	177	171	178	179												
12:00	13:00	171	176	140	178	170	171	171	166	187	177	177	179												
13:00	14:00	171	167	162	150	146	174	178	155	174	164	188	164												
14:00	15:00	168	162	168	175	170	171	153	165	170	177	182													
15:00	16:00	160	179	165	167	191	167	163	164	159	149	175													
16:00	17:00	168	170	161	160	167	171	169	178	178	159	165													
17:00	18:00	179	159	158	160	154	189	197	165	142	153	165													

Tabla II.5 Muestras agrupadas de llamadas que llegan por hora

	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
1	168	141	161	176	159	167	163	170	162	191	182	169	170	175	180	186	171	161	164	139	184	143	169	172	180
2	163	159	166	202	181	156	132	179	152	174	186	162	172	176	174	142	158	162	171	192	179	149	178	175	181
3	184	179	176	166	162	142	166	161	165	171	160	172	159	177	186	175	147	168	190	162	170	164	179	171	178
4	138	169	171	160	170	168	165	168	178	159	181	182	208	170	162	154	164	182	164	164	191	185	179	177	177
5	149	168	159	171	154	156	173	155	178	169	159	192	181	172	171	180	164	163	167	153	173	156	164	164	188
6	173	172	161	160	180	195	179	167	180	163	169	186	139	172	178	152	176	171	177	145	176	192	182	177	170
7	159	159	182	168	157	148	177	171	182	176	164	184	188	165	170	178	144	161	161	166	165	169	175	149	159
8	177	167	160	169	160	188	153	182	174	167	161	166	155	182	184	175	176	156	163	183	174	157	165	159	178
9	161	181	183	156	158	160	173	146	156	177	143	134	182	145	165	177	161	150	155	183	164	165	165	153	142
10	183	160	176	173	168	153	187	175	172	168	175	153	164	161	169	172	165	160	173	156	155	178	149	168	148
11	157	168	168	178	140	174	177	172	167	167	162	187	157	159	186	166	178	138	148	181	167	159	169	157	171
12	156	163	175	132	182	191	170	160	185	158	166	165	146	141	173	196	182	169	163	158	168	171	161	172	177
13	167	157	182	159	178	170	162	165	164	182	190	179	156	150	177	139	167	162	155	171	141	177	171	166	187
14	172	163	160	185	153	165	160	153	184	159	166	168	173	169	145	155	162	161	189	155	145	181	178	155	174
15	152	173	150	159	169	183	159	180	187	161	173	169	167	149	167	177	143	162	185	178	159	146	171	153	165
16	180	148	163	160	168	167	168	180	178	141	180	160	169	172	157	162	183	143	160	166	181	153	167	163	164
17	162	180	180	178	163	172	164	172	159	161	157	165	174	165	157	188	179	146	161	138	184	177	171	169	178
18	155	167	157	158	170	147	156	160	164	181	190	192	173	162	169	168	169	165	197	167	175	185	189	197	165
19	179	146	182	159	170	177	171	171	168	160	175	140	162	168	165	160	170	146	170	191	167	182	199	157	171
20	167	184	166	172	176	166	176	167	162	179	158	178	150	175	167	179	159	158	160	154	174	168	170	161	160

En la Tabla II.5, se puede apreciar la matriz del total de los datos, llamadas que llegan en el lapso de una hora, de los meses de septiembre, octubre y parte de noviembre del año 2009, tal y como se ingresará para realizar el análisis estadístico correspondiente.

2.2.2. Tiempo de duración (minutos) de cada llamada

Es el período de tiempo (minutos) para absolver una consulta por cada servidor, los cuales han sido tomados de los registros de llamadas de la central telefónica de la unidad línea de consulta de la organización, nos manifiestan que estos tiempos lo determinan de la siguiente manera: se contabiliza el número de llamadas atendidas en una hora, así mismo sus correspondientes tiempos requerido en minutos, luego se hace la sumatoria de estos minutos requeridos y se divide entre el total de llamadas atendidas, obteniéndose así los tiempos en promedio de cada llamada. De esta manera es como se realiza los cálculos para todos los periodos de 1 hora de los días laborables de los meses de Septiembre, Octubre y parte de Noviembre del año 2009, los cuales se pueden apreciar en las Tablas II.6, Tabla II.7 y Tabla II.8 respectivamente.

Tabla II. 6 Tiempo de duración de cada llamada (promedio)-Septiembre 2009

Horas		DIAS																																			
		1	2	3	4	7	8	9	10	11	14	15	16	17	18	21	22	23	24	25	28	29	30	31													
09:00	10:00	2.34	2.06	2.39	1.99	2.25	1.96	2.25	1.95	2.31	2.22	2.21	2.29	2.15	2.02	2.01	1.87	2.28	2.15	1.98	1.54	2.21	1.67														
10:00	11:00	2.02	2.05	2.31	2.22	2.19	2.07	2.01	2.03	2.32	2.28	2.37	1.86	2.25	2.33	1.90	1.67	2.17	2.23	1.88	1.86	1.90	2.21														
11:00	12:00	1.85	1.92	1.76	1.99	1.77	2.15	2.30	2.15	1.89	1.79	2.22	1.63	1.75	2.18	1.88	1.91	2.42	2.28	2.23	2.15	2.06	2.28														
12:00	13:00	2.15	2.31	2.18	1.97	1.95	2.20	2.18	2.24	2.28	2.15	1.72	2.30	1.99	2.28	1.98	1.80	2.32	2.11	1.96	2.12	1.97	2.14														
13:00	14:00	1.60	1.95	1.67	2.23	2.30	2.16	2.32	2.19	2.23	1.98	2.16	1.79	2.24	2.33	2.45	2.29	2.31	1.87	2.03	2.17	2.27	1.64														
14:00	15:00	2.42	2.23	2.05	2.42	1.98	2.29	2.35	2.11	2.14	2.14	1.56	2.35	2.09	2.30	2.37	2.25	2.18	2.19	1.81	2.09	1.95	2.09														
15:00	16:00	2.22	2.11	1.97	2.26	2.30	1.84	1.60	2.35	2.31	2.18	2.12	1.90	1.88	2.07	2.27	2.17	2.34	1.98	2.34	2.07	2.02	2.12														
16:00	17:00	1.91	2.06	1.88	1.91	2.36	2.24	2.32	1.65	2.04	1.84	2.30	2.05	2.05	2.31	2.21	2.37	2.10	2.32	2.24	2.08	2.22	1.96														
17:00	18:00	2.29	2.00	2.19	1.91	1.98	2.33	1.97	1.97	2.38	2.19	2.19	2.15	1.85	1.92	2.38	1.99	1.79	2.30	2.23	1.84	1.96	2.04														

Tabla II. 7 Tiempo de duración de cada llamada (promedio)-Octubre 2009

Horas		DIAS																																					
		1	2	5	6	7	9	12	13	14	15	16	19	20	21	22	23	26	27	28	29	30	31																
09:00	10:00	2.29	1.95	2.41	1.88	2.27	2.32	2.15	1.58	2.24	2.14	1.86	1.89	2.25	2.38	1.80	1.77	1.88	2.28	2.24	1.90	2.12																	
10:00	11:00	2.36	2.23	2.10	1.95	2.10	2.33	1.70	2.25	2.10	2.17	2.03	2.10	2.09	1.95	2.27	2.46	2.20	2.09	2.30	2.12	1.84																	
11:00	12:00	2.18	1.80	2.18	2.13	2.23	2.29	2.00	2.36	1.85	1.96	2.14	2.07	1.88	2.11	2.06	2.17	2.12	1.98	2.16	2.38	2.32																	
12:00	13:00	1.90	2.26	1.75	2.11	2.01	2.19	2.20	2.33	1.68	2.27	2.06	2.16	2.16	1.99	2.37	2.24	2.19	2.18	1.94	1.71	2.24																	
13:00	14:00	2.10	2.22	1.59	2.26	1.93	1.92	2.45	2.42	1.84	2.14	2.31	2.13	2.29	2.41	2.18	1.70	1.98	1.97	1.61	1.94	2.22																	
14:00	15:00	2.21	2.20	2.17	2.21	2.25	2.32	1.89	2.01	1.94	2.25	2.39	1.60	2.44	2.06	2.06	2.30	2.32	2.36	2.34	2.25	2.42																	
15:00	16:00	1.68	1.74	2.32	2.31	1.97	1.89	2.13	1.94	2.37	2.29	2.26	2.14	2.45	1.73	1.94	2.37	2.35	2.00	2.36	1.93	2.38																	
16:00	17:00	2.21	2.28	2.28	2.14	2.38	2.26	2.24	2.33	1.76	2.21	1.85	2.16	1.93	2.23	2.12	2.32	2.15	2.25	2.02	1.69	2.32																	
17:00	18:00	2.08	1.88	1.88	2.30	1.79	1.65	2.29	1.82	1.72	2.20	2.22	2.25	2.14	1.87	2.05	2.29	2.07	1.94	2.26	1.96	2.13																	

Tabla II. 8 Tiempo de duración de cada llamada (promedio)-Noviembre 2009

Horas		DIAS																																					
		2	3	4	5	6	9	10	11	12	13	16	17	18	19	20	23	24	25	26	27	28	29	30	31														
09:00	10:00	1.78	2.24	1.87	2.10	2.16	1.91	2.05	2.41	2.37	1.96	2.02	1.95	2.03																									
10:00	11:00	1.85	2.20	2.07	1.66	2.26	2.08	2.17	2.28	2.03	1.81	2.18	2.27	2.18																									
11:00	12:00	2.34	1.87	2.20	1.74	2.47	2.32	2.14	2.14	1.81	2.13	2.08	2.45	2.14																									
12:00	13:00	1.88	1.72	2.38	1.74	1.85	2.02	2.18	1.92	2.24	2.10	2.18	2.18	2.33																									
13:00	14:00	2.01	1.80	2.26	2.31	2.26	2.25	2.26	2.38	1.70	1.91	2.10	2.11	2.09																									
14:00	15:00	2.31	2.26	1.81	1.71	2.29	1.92	1.80	2.19	2.09	2.10	2.17	2.16																										
15:00	16:00	2.15	2.25	1.79	2.21	2.14	2.11	2.04	1.93	2.33	2.34	2.06	1.83																										
16:00	17:00	2.47	1.75	2.15	2.26	2.27	1.76	1.71	1.98	2.31	1.67	2.37	1.99																										
17:00	18:00	1.79	2.25	2.14	2.15	2.24	1.86	2.24	2.15	2.28	2.37	2.37	2.16																										

Tabla II.9 Muestras agrupadas de Tiempo de duración de cada llamada (minutos)

Nº	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
1	2.34	2.06	2.39	1.99	2.25	1.96	2.25	1.95	2.31	2.22	2.21	2.29	2.15	2.02	2.01	1.87	2.28	2.15	1.98	1.54	2.21	1.67	1.78	2.24	1.87
2	2.02	2.05	2.31	2.22	2.19	2.07	2.01	2.03	2.32	2.28	2.37	1.86	2.25	2.33	1.90	1.67	2.17	2.23	1.88	1.86	1.90	2.21	1.85	2.20	2.07
3	1.85	1.92	1.76	1.99	1.77	2.15	2.30	2.15	1.89	1.79	2.22	1.63	1.75	2.18	1.88	1.91	2.42	2.28	2.23	2.15	2.06	2.28	2.34	1.87	2.20
4	2.15	2.31	2.18	1.97	1.95	2.20	2.18	2.24	2.28	2.15	1.72	2.30	1.99	2.28	1.98	1.80	2.32	2.11	1.96	2.12	1.97	2.14	1.88	1.72	2.38
5	1.60	1.95	1.67	2.23	2.30	2.16	2.32	2.19	2.23	1.98	2.16	1.79	2.24	2.33	2.45	2.29	2.31	1.87	2.03	2.17	2.27	1.64	2.01	1.80	2.26
6	2.42	2.23	2.05	2.42	1.98	2.29	2.35	2.11	2.14	2.14	1.56	2.35	2.09	2.30	2.37	2.25	2.18	2.19	1.81	2.09	1.95	2.09	2.31	2.26	1.81
7	2.22	2.11	1.97	2.26	2.30	1.84	1.60	2.35	2.31	2.18	2.12	1.90	1.88	2.07	2.27	2.17	2.34	1.98	2.34	2.07	2.02	2.12	2.15	2.25	1.79
8	1.91	2.06	1.88	1.91	2.36	2.24	2.32	1.65	2.04	1.84	2.30	2.05	2.05	2.31	2.21	2.37	2.10	2.32	2.24	2.08	2.22	1.96	2.47	1.75	2.15
9	2.29	2.00	2.19	1.91	1.98	2.33	1.97	1.97	2.38	2.19	2.19	2.15	1.85	1.92	2.38	1.99	1.79	2.30	2.23	1.84	1.96	2.04	1.79	2.25	2.14
10	2.29	1.95	2.41	1.88	2.27	2.32	2.15	1.58	2.24	2.14	1.86	1.89	2.25	2.38	1.80	1.77	1.88	2.28	2.24	1.90	2.12	2.10	2.16	1.91	2.05
11	2.36	2.23	2.10	1.95	2.10	2.33	1.70	2.25	2.10	2.17	2.03	2.10	2.09	1.95	2.27	2.46	2.20	2.09	2.30	2.12	1.84	1.66	2.26	2.08	2.17
12	2.18	1.80	2.18	2.13	2.23	2.29	2.00	2.36	1.85	1.96	2.14	2.07	1.88	2.11	2.06	2.17	2.12	1.98	2.16	2.38	2.32	1.74	2.47	2.32	2.14
13	1.90	2.26	1.75	2.11	2.01	2.19	2.20	2.33	1.68	2.27	2.06	2.16	2.16	1.99	2.37	2.24	2.19	2.18	1.94	1.71	2.24	1.74	1.85	2.02	2.18
14	2.10	2.22	1.59	2.26	1.93	1.92	2.45	2.42	1.84	2.14	2.31	2.13	2.29	2.41	2.18	1.70	1.98	1.97	1.61	1.94	2.22	2.31	2.26	2.25	2.26
15	2.21	2.20	2.17	2.21	2.25	2.32	1.89	2.01	1.94	2.25	2.39	1.60	2.44	2.06	2.06	2.30	2.32	2.36	2.34	2.25	2.42	1.71	2.29	1.92	1.80
16	1.68	1.74	2.32	2.31	1.97	1.89	2.13	1.94	2.37	2.29	2.26	2.14	2.45	1.73	1.94	2.37	2.35	2.00	2.36	1.93	2.38	2.21	2.14	2.11	2.04
17	2.21	2.28	2.28	2.14	2.38	2.26	2.24	2.33	1.76	2.21	1.85	2.16	1.93	2.23	2.12	2.32	2.15	2.25	2.02	1.69	2.32	2.26	2.27	1.76	1.71
18	2.08	1.88	1.88	2.30	1.79	1.65	2.29	1.82	1.72	2.20	2.22	2.25	2.14	1.87	2.05	2.29	2.07	1.94	2.26	1.96	2.13	2.15	2.24	1.86	2.24
19	2.41	2.28	2.14	1.92	2.38	2.19	1.93	1.98	2.15	1.96	1.81	2.13	2.10	1.91	2.10	2.34	1.67	2.37	1.95	2.27	2.45	2.18	2.11	2.16	1.83
20	2.37	2.03	1.81	2.24	1.70	2.09	2.33	2.31	2.28	2.02	2.18	2.08	2.18	2.10	2.17	2.06	2.37	2.37	2.03	2.18	2.14	2.33	2.09	1.99	2.16

En la Tabla II.9, se puede apreciar la matriz del total de los datos, tiempo de duración minutos en promedio, de cada llamada correspondiente a los meses de septiembre, octubre y parte de noviembre del año 2009, tal y como se ingresará para realizar el análisis estadísticos correspondiente.

2.2.3. Número de llamadas atendidas por hora

Son las llamadas atendidas por el sistema en el lapso de una hora, son datos facilitados por la entidad en estudio, son de seis días consecutivos correspondientes al mes de noviembre del año 2009.

Tabla II.10 N° de Llamadas atendidas/hora por el sistema

Día	Fecha	No	09:00	10:00	11:00	12:00	13:00	14:00	15:00	16:00	17:00	Total Llamad.	Prom.
			10:00	11:00	12:00	13:00	14:00	15:00	16:00	17:00	18:00		
LUN	05/10/2009	1	143.00	149.00	181.00	137.00	143.00	137.00	169.00	184.00	183.00	1426.00	158.44
MAR	06/10/2009	2	138.00	161.00	183.00	147.00	130.00	138.00	151.00	171.00	181.00	1400.00	155.56
MIE	07/10/2009	3	138.00	162.00	182.00	166.00	134.00	137.00	162.00	171.00	158.00	1410.00	156.67
JUE	08/10/2009	4	138.00	149.00	162.00	141.00	139.00	134.00	134.00	134.00	165.00	1296.00	144.00
VIE	09/10/2009	5	142.00	139.00	158.00	149.00	145.00	131.00	126.00	147.00	165.00	1302.00	144.67
LUN	12/10/2009	6	141.00	143.00	147.00	154.00	141.00	143.00	145.00	138.00	140.00	1292.00	143.56
Total												8126.00	150.48

2.3. Procesamiento y análisis de datos

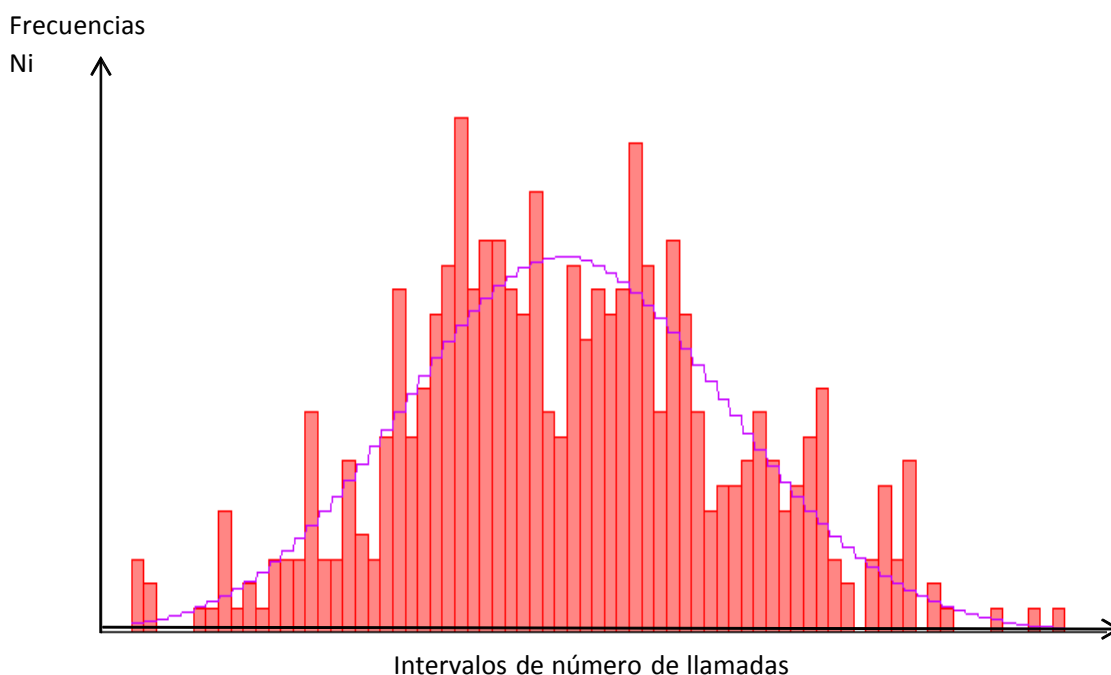
2.3.1. Tratamiento estadístico

2.3.1.1. Número de llamadas por hora

Se han recolectado 500 datos (Figura II.5) correspondientes al número de llamadas por hora durante los días de atención en los meses de setiembre, octubre y parte de noviembre del 2009, los cuales son ingresados al software Arena Versión 10 para determinar que distribución se ajusta mejor a los datos.

El ajuste automático, lo que hace es realizar las pruebas de bondad del ajuste para todas las distribuciones aplicando la prueba Chi Cuadrado y de Kolmogorov Smirnov, y elige aquel o aquellos que mejor se ajusten a los datos, en este caso la distribución de Poisson es la que mejor se ajusta a los datos, lo que se aprecia en el grafico siguiente.

Figura II.1 Grafica de los datos (muestras)



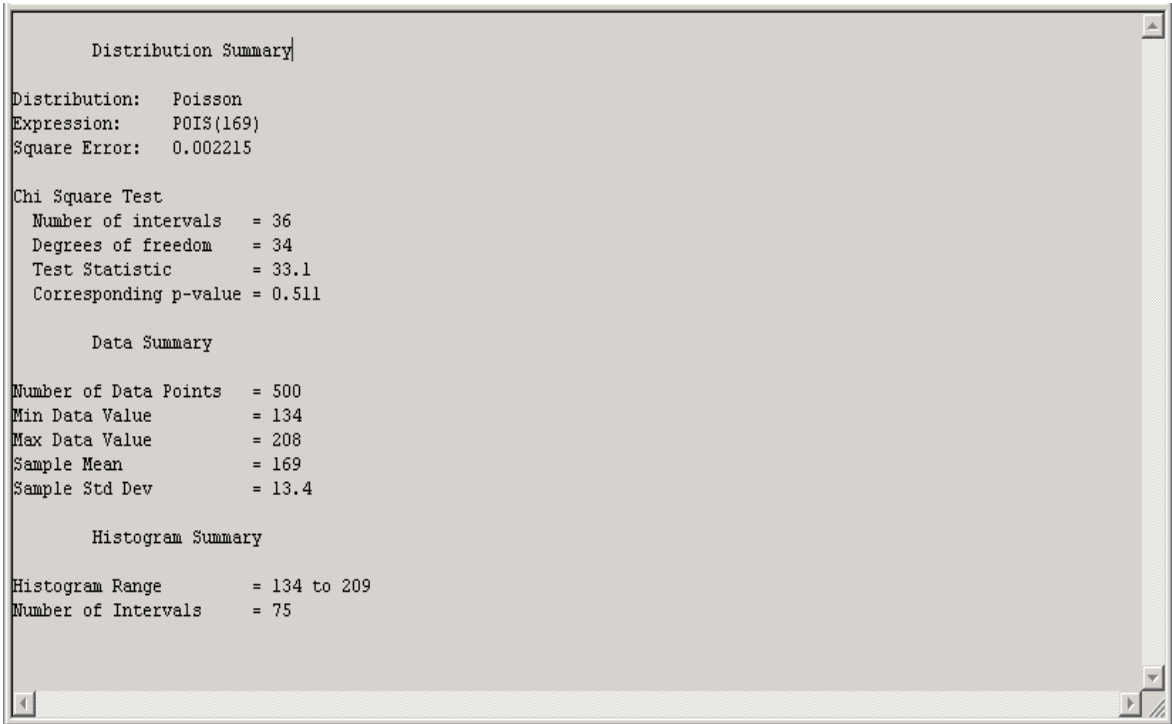
Se puede apreciar en la Figura II.1 que en el eje de las abscisas se representan los 75 intervalos de las muestras que el software Arena ha determinado.

Estos intervalos se han construido de la siguiente manera: para construir el primer intervalo, se inicia con el valor mínimo de la muestra, en este caso 134, para encontrar el valor final se le incrementa la amplitud del intervalo, el cual no muestra el software; así se va haciendo los cálculos hasta llegar al último intervalo.

En el eje de las Ordenadas tenemos las frecuencias absolutas (N_i) de cada una de las muestras, siendo estas el número de llamadas que están dentro de un intervalo. También se aprecia el ajuste de la distribución adecuada a los datos que el software nos sugiere.

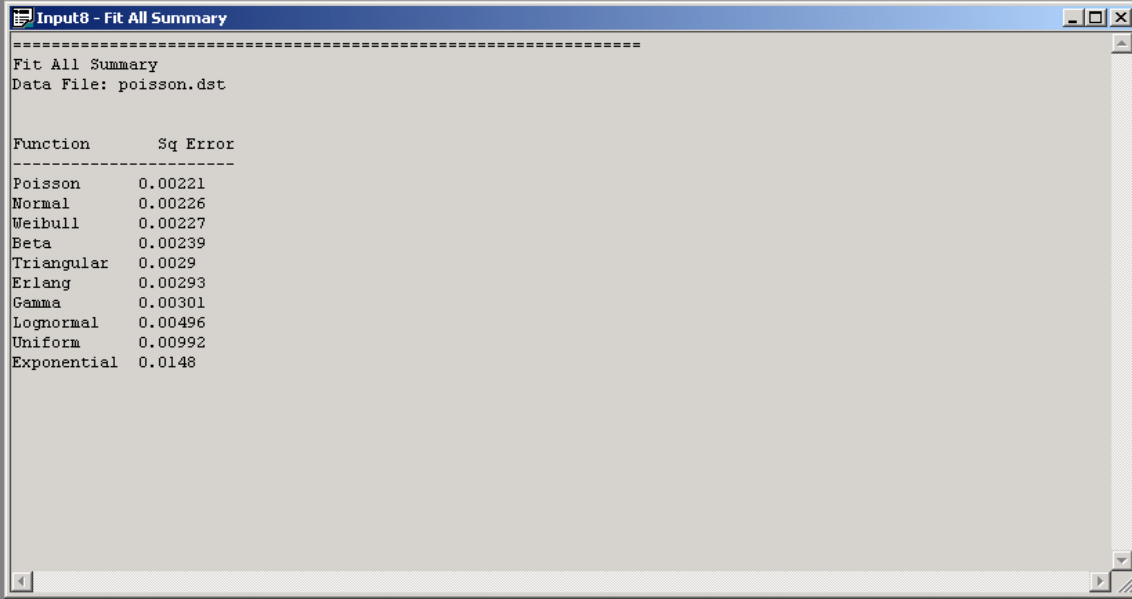
Para mayor comprensión de la prueba de Kolmogorv-Smirnov se aconseja revisar MITACC [4] pp. 415.

Tabla II.11 Resultado de la prueba de ajuste del N° de llamadas/hora
(Distribución de Poisson)



Según el software, Arena Versión 10 la distribución de Poisson es la que mejor se ajusta los datos procesados, con un error cuadrático medio mínimo de 0.002215, como se observa en la Tabla II.12; Le siguen las distribuciones Normal y Weibull, pudiendo adoptarse cualquiera de ellas para realizar el estudio.

Tabla II.12 Error cuadrático medio de todas las distribuciones aplicadas al N° de llamadas/hora



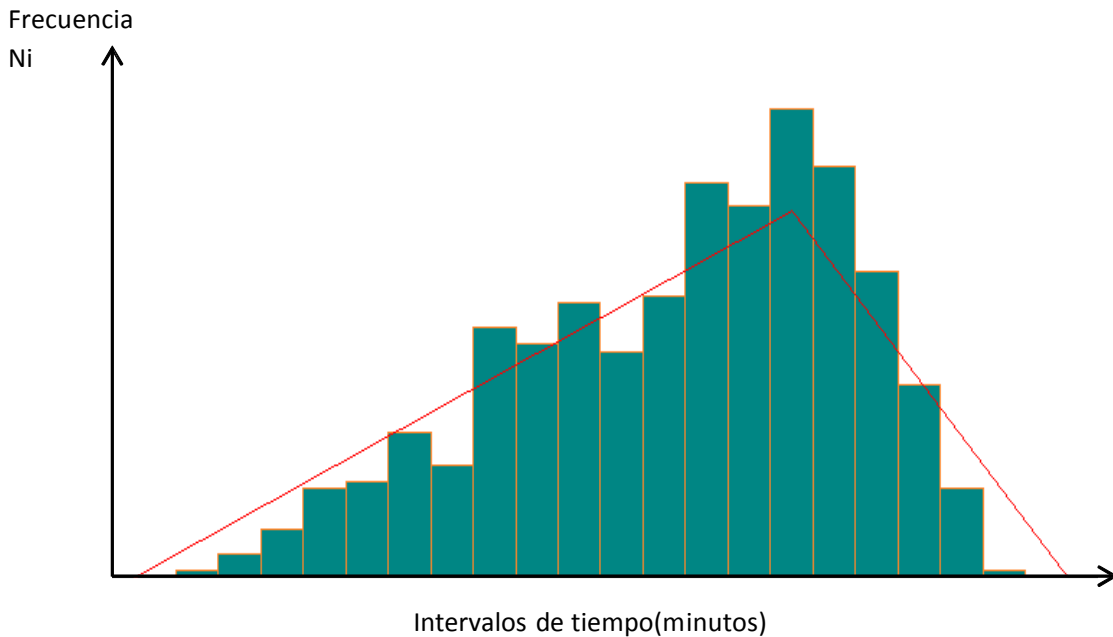
Function	Sq Error
Poisson	0.00221
Normal	0.00226
Weibull	0.00227
Beta	0.00239
Triangular	0.0029
Erlang	0.00293
Gamma	0.00301
Lognormal	0.00496
Uniform	0.00992
Exponential	0.0148

2.3.1.2. Tiempo de duración de cada llamada

Para el tiempo de duración de cada llamada, se ha recolectado 500 datos (tabla II.3) de días diferentes, de los meses de septiembre, octubre y parte de noviembre del año 2009, los cuales son ingresados al software Arena Versión 10 para realizar el ajuste respectivo y determinar qué distribución se ajusta mejor a los datos.

Al realizar las pruebas de bondad del ajuste para todas las distribuciones aplicando las pruebas Chi Cuadrada y de Kolmogorov-Smirnov, se elige aquel o aquella que mejor se ajuste a los datos, en este caso la distribución Triangular es la que mejor se ajusta a los datos, como se aprecia en la Figura II.2.

Figura II.2 Grafica del tiempo de duración de cada llamada



Se puede apreciar en la Figura II.2 que en el eje de las abscisas se representan los 22 intervalos de las muestras que el software Arena ha determinado.

Estos intervalos se han construido de la misma manera que en el caso de los datos de los números de llamadas que llegan al sistema, en este caso el valor mínimo del intervalo es 1.54 y el máximo es 2.57 minutos.

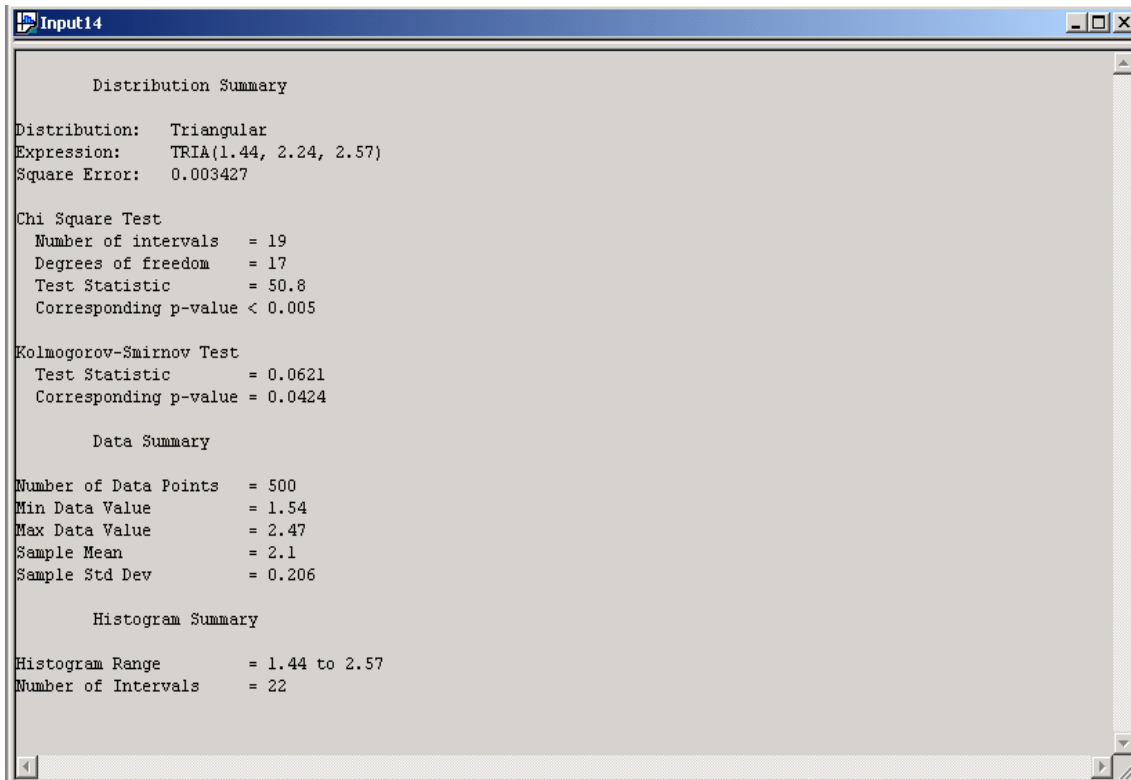
En los ejes de las Ordenadas se representan las frecuencias absolutas de los datos que pertenezcan a un intervalo.

Para mayor comprensión de la prueba de Kolmogorv-Smirnov se aconseja revisar MITACC [4] pp. 415.

En el eje de las Ordenadas tenemos las frecuencias absolutas (N_i) de cada una de las muestras, siendo estas el número de llamadas que están dentro de un intervalo. También se aprecia el ajuste de la distribución adecuada a los datos que el software nos sugiere.

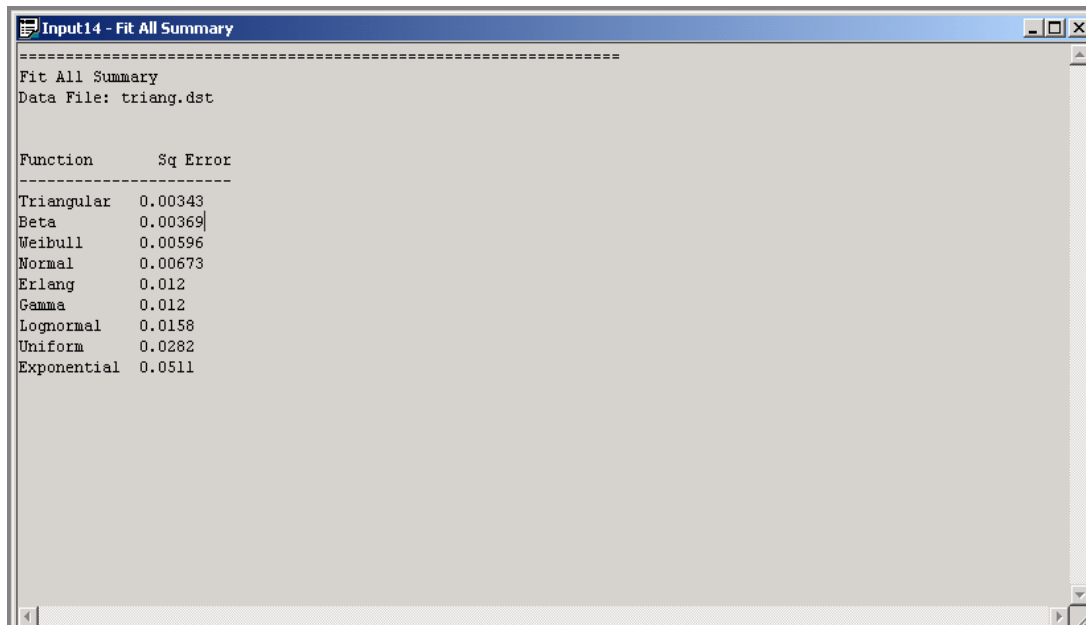
Se puede apreciar el gráfico del conjunto de datos y el ajuste de la distribución adecuada a los datos que el software nos sugiere.

Tabla II.13 Resultado de la prueba de ajuste del tiempo de duración de cada llamada (Distribución Triangular)



El software Arena Versión 10, nos sugiere que la distribución Triangular es la que mejor se ajusta a los datos procesados, con un error cuadrático medio muy pequeño que es de 0.003427

Tabla II.14 Error cuadrático medio de todas las distribuciones aplicadas al tiempo de duración de cada llamada (minutos)



```

Input14 - Fit All Summary
=====
Fit All Summary
Data File: triang.dst

Function      Sq Error
-----
Triangular    0.00343
Beta          0.00369
Weibull       0.00596
Normal        0.00673
Erlang        0.012
Gamma         0.012
Lognormal     0.0158
Uniform       0.0282
Exponential   0.0511
    
```

Se puede apreciar que la distribución Triangular es la que tiene el menor error cuadrático medio, por ende se concluye que esta es la distribución que mejor se ajusta a los datos, seguido por la distribución Beta, Weibull y Normal pudiendo adoptarse cualquiera de ellas, puesto que su error cuadrático medio es cercano a la de la distribución Triangular, Tabla II.14.

2.3.2. Resultados del tratamiento estadístico de datos

Después de realizar el tratamiento estadístico hemos determinado resultados importantes para la construcción de nuestro modelo de simulación, entre ellos tenemos:

1. Las llamadas por hora tiene una distribución de Poisson con tasa de arribo 169 llamadas por hora.

$$\lambda = 169 \text{ Llamadas por hora}$$

2. El tiempo de duración de cada llamada tiene una distribución Triangular, con una duración mínima por cada llamada de 1.44 minutos, un promedio 2.24 minutos y una duración máxima de 2.57 minutos.

3. Tasa de Atención del sistema, es la capacidad de atención del sistema en la actualidad, según cálculos realizados en la Tabla II.10.

$\mu = 150.48$ Llamadas atendidas por hora

CAPITULO III

EL MODELO

3.1 El modelos de colas

El modelo de colas en forma general es el siguiente:

A/B/X/Y/Z

A: nos indica la distribución de tiempo entre llegadas consecutivas, vienen a ser las llamadas de los clientes internos que arriban al sistema, en este caso la distribución de Poisson, la cual se representa con el símbolo G según la metodología de Kendall indicada en la Tabla I.1.

B: Esta notación alude al patrón de servicio de los servidores, que es el tiempo promedio de atención por cada llamada, en este caso la distribución Triangular, representada con el símbolo G según la metodología de Kendall indicada en la Tabla I.1

X: Es el número de canales de servicio, la notación indica la cantidad de servidores o agentes de la unidad línea de consulta dentro del sistema que están en paralelo; se representará con el valor numérico 11 según la metodología de Kendall indicada en la Tabla I.1.

Y: es la restricción en la capacidad del sistema, representa la cantidad de llamadas en línea que están siendo atendidas por los agentes más las llamada en espera; pero para

el presente trabajo de investigación no se va a considerar la cantidad de llamadas en espera, pues las llamadas en espera se encuentran fuera del sistema y son virtuales y están fuera de nuestro control. No determinaremos la longitud de la cola puesto que no ocupa un espacio físico; en este caso esta notación se representará con el valor numérico 11 según la metodología de Kendall indicada en la Tabla I.1

Z: es la disciplina de cola, en este caso según la notación de Kendall se considera la disciplina FIFO (primero en llegar primero en ser atendido) según la Tabla I.1

Entonces el modelo particular para el presente trabajo de investigación es el siguiente

Poisson/Triangular/11/11/FIFO

De ahora en adelante cuando hablemos del modelo, tomaremos como referencia el modelo particular definido.

Para la resolución del modelo, tenemos los siguientes datos

1. Número promedio de llamadas por hora

$$\lambda = 169 \text{ Llamadas por hora}$$

2. Número promedio de llamadas atendidas por hora

$$\mu = 150.48 \text{ Llamadas por hora}$$

3. Número de servidores del sistema

$$s = 11$$

4. Verifiquemos si el estado del sistema es estable

De la relación:

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

Remplazando los valores tenemos lo siguiente:

$$\rho = \frac{169}{150.48} = 1.123$$

Pues como sabemos si $\rho > 1$ el sistema no está en estado estable, por tanto habrá cola infinita, puesto que la tasa de arribo es mayor que la tasa de servicio del sistema.

Entonces ahora determinemos cual es el número de servidores que debemos adicionar para que el sistema esté bajo control y encuentre la estabilidad.

Como μ es la tasa de servicio del sistema, entonces podemos determinar la tasa de servicio de cada servidor.

Sea μ_1 , la tasa de servicio de un servidor, entonces:

$$\mu_1 = \frac{\mu}{s} = \frac{150.48}{11} = 13.68 \text{ Llamadas atendidas por hora}$$

Es la tasa de cada servidor, los servidores que se va a adicionar se asumen que tendrán las mismas tasas de servicio.

Supongamos que consideramos un servidor más, es decir $s = 12$, entonces tendremos que la tasa de servicio del sistema será

$$\mu = s\mu_1 = 12(13.68) = 164.16 \text{ Llamadas atendidas por hora}$$

Ahora reemplazando tenemos lo siguiente:

$$\rho = \frac{169}{164.16} = 1.029$$

Como $\rho > 1$ el sistema aun no está bajo control, en consecuencia seguirá habiendo cola infinita, puesto que la tasa de arribo aún es mayor que la tasa de servicio del sistema.

Si adicionamos un servidor más, es decir $s = 13$, entonces tendremos que la tasa de servicio del sistema será

$$\mu = s\mu_1 = 13(13.68) = 177.84 \text{ Llamadas atendidas por hora}$$

Remplazando obtenemos lo siguiente:

$$\rho = \frac{169}{177.84} = 0.95$$

Como $\rho < 1$, el sistema ya está bajo control, se garantiza que se atenderá a todos los clientes en cola, puesto que la tasa de arribo es menor que la tasa de servicio del sistema.

Como ya se ha determinado el número de servidores adecuado que se debe adicionar para controlar el sistema, ahora se va a diseñar el modelo de simulación con los datos determinados, porque lo que interesa es mejorar el índice de servicio.

3.2 El modelo de Simulación

Tenemos la representación del sistema “línea de consulta por teléfono” implementado en el software Arena versión 10, explicamos los módulos utilizados.

3.2.1 El tipo de simulación

El tipo de simulación que hemos adoptado es el “de eventos discretos”, que es una secuencia de eventos contables, asumiendo que nada importante ocurre entre estos eventos.

El sistema propuesto es un sistema de servicio cuyos componentes son los 11 asesores en línea (servidor) y una cola virtual.

Las variables son:

3.2.1.1. Variables exógenas

- Arribo de llamadas

3.2.1.2. Variables de estado

- Número de llamadas en el sistema
- Uso del servicio
- Número de clientes en la cola virtual

3.2.1.3. Variables endógenas

- Tiempo promedio desocupado de los servidores
- Tiempo promedio de permanencia en el sistema
- Crear llamadas entrantes

3.2.1.4. Parámetros

- Tiempo medio de atención por cliente
- Tasa de arribos

Son eventos en este sistema los arribos de llamadas, el inicio y fin de servicios prestados para cada una de estas llamadas.

Al simular se constituye una historia de estados del sistema, que está relacionada con la historia de estos eventos.

Al construir esta historia debe tomarse en cuenta el tiempo. En este proceso de simulación se distinguen tres tiempos:

1. Tiempo real

Es el tiempo que fluye continuamente durante la simulación.

2. Tiempo Simulado

A diferencia del tiempo real, el reloj no se encarga de todos los valores ni fluye de manera continua; más bien va del tiempo de un evento al tiempo del siguiente evento programado. Puesto que nada cambia entre los eventos, no hay necesidad de desperdiciar tiempo (real).

3. Tiempo de ejecución

En este caso el tiempo que vamos a simular es de 10 días, cada día de 9 horas, equivalente a 540 minutos, pues es la unidad de la simulación.

Uno de los aspectos más importantes en la ejecución del experimento de simulación es el método usado para avanzar el tiempo simulado, en este caso se utiliza el avance de tiempo por eventos o incremento variable, el tiempo simulado avanza cada vez al instante de ocurrencia del siguiente evento.

Crear llamadas entrantes

Es lo que origina la actividad del sistema, aquí se ingresan el tiempo de arribo de cada cliente, el arribo es de una unidad por intervalo de tiempo y el tiempo entre llamadas tiene una distribución exponencial, el número de llamadas por hora tiene una distribución de Poisson con media 169 llamadas/hora.

Horario de atención

En este módulo lo que se condiciona es que de las llamadas que arriban al sistema solo serán atendidas siempre que lleguen dentro de las 09 horas o 540 minutos en que se realiza cada corrida de simulación. En caso contrario simplemente se rechazarán y se contabilizarán como llamadas llegan después del cierre de atención.

Está disponible una línea de atención

Es otra condición que al recibir una llamada verifica si hay alguna línea disponible, si la hay el sistema permite ingresar la llamada a la línea de consulta y se contabiliza como llamadas atendidas. Caso contrario da el tono de ocupado, el cual hará que el cliente espere y vuelva a marcar o simplemente abandona el sistema, esta decisión escapa al sistema porque es una decisión del cliente, en los dos casos simplemente serán considerados como nuevos arribos.

Determinar tipo de Consulta

Esta condición simplemente se realiza tomando como base la tasa de tipos de llamadas que ocurren, hace una asignación según un porcentaje, siendo ésta de cuatro tipos con tasas especificadas.

Aumentar llamadas en línea

Este módulo lleva la cuenta de las llamadas en línea en el sistema, de esta forma si el número de llamadas es igual al número de servidores, significa que todos los servidores están ocupados y ninguna llamada debe ingresar, y si es menor entonces quiere decir que hay servidores desocupados, en ningún momento las llamadas en línea deben ser superiores al número de servidores.

Absolver consultas

Este módulo es el que realiza las operaciones de absolver consultas, a lo más puede albergar 11 llamadas, puesto que es el número de servidores disponibles, a este módulo se le asigna una tasa de servicio, en este caso tiene una distribución Triangular, que viene a ser el tiempo que demora un servidor en atender una llamada, como mínimo demora 1.44, en promedio 2.24 y como máximo 2.57 minutos.

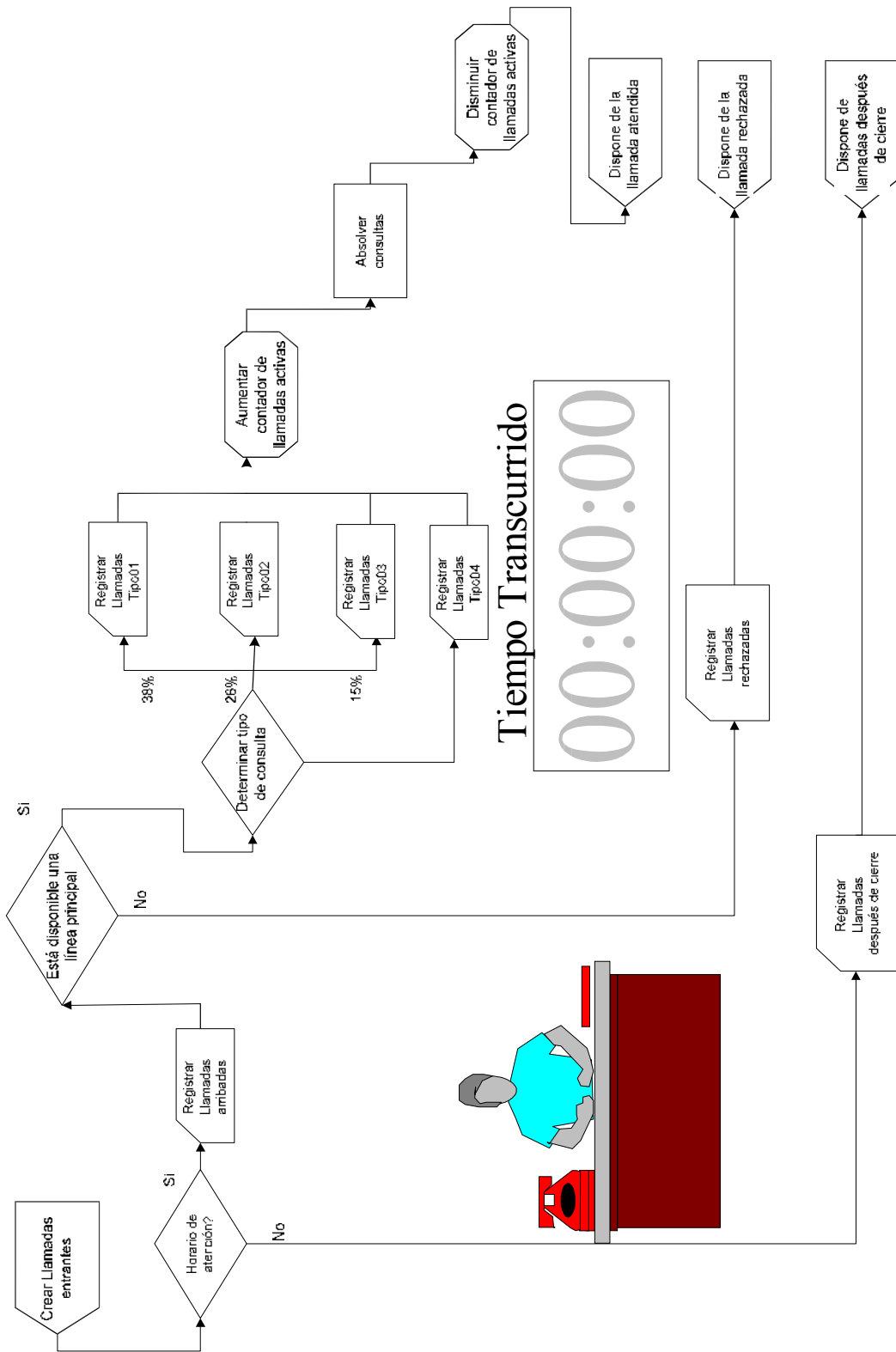
Disminuir contador de llamadas activas

Cada vez que finaliza la atención de una llamada hace su abandono del sistema y de inmediato debe disminuir la cantidad de llamadas en línea dentro del sistema, para permitir el ingreso de nuevas llamadas, de eso se encarga este modulo.

Registrar llamadas después del cierre

Una vez cerrada la atención de servicios del sistema que ocurre las 18:00 horas todos los días, eso no quiere decir que las llamadas que hayan ingresado al sistema no se les deba completar el servicio, no de ninguna manera, tienen que terminarse de brindarles el servicio aunque el horario de atención supere al horario establecido y mientras esto ocurre dentro del sistema fuera de ella tampoco se detiene la actividad siguen llegando llamadas, pero el sistema no los acepta, pero los contabiliza, esto hasta que culminen las actividades dentro del sistema, pudiendo ser uno, dos o más de tres minutos tal vez, dependiendo de la duración de la consulta del último cliente, estas llamadas se almacena en este modulo.

Figura III.1 El modelo de Simulación en Arena 10



3.2 Validación y Experimentación del modelo de Simulación

3.3.1 Validación con datos actuales

En la Tabla III.1, tenemos la información del área de líneas de consulta del banco, en el cual se aprecia los sucesos diarios desde el lunes 02 de noviembre al viernes 27 de noviembre del 2009, los días son de lunes a viernes de 09:00 a 18:00 horas son datos reales más recientes donde se muestra el comportamiento del sistema. Los promedios son los siguientes:

Número de llamadas que llegaron por día (q)	: 1608.45
Número de llamadas atendidas por día (p)	: 1398.05
Llamadas rechazadas y/o abandonadas por día	: 210.40
Índice de servicio(x)	: 86.92%

Para realizar el cálculo del índice de servicio se utilizó la siguiente relación:

$$x = \frac{p}{q} 100\% \quad x = \frac{1398.05}{1608.45} 100\% = 86.92\%$$

Tabla III.1 Registros de información real noviembre 2009
Horario de atención de lunes a viernes de 9.00a.m a 6.00p.m.

Nº	Date		Entered Inbound	Answered Inbound	Indice de Servicio	Abandoned calls
	domingo	01-Nov-09				
1	lunes	02-Nov-09	1562.00	1408.00	90.14	154.00
2	martes	03-Nov-09	1656.00	1406.00	84.90	250.00
3	miércoles	04-Nov-09	1618.00	1407.00	86.96	211.00
4	jueves	05-Nov-09	1589.00	1382.00	86.97	207.00
5	viernes	06-Nov-09	1643.00	1421.00	86.49	222.00
6	lunes	09-Nov-09	1685.00	1299.00	77.09	386.00
7	martes	10-Nov-09	1657.00	1439.00	86.84	218.00
8	miércoles	11-Nov-09	1609.00	1471.00	91.42	138.00
9	jueves	12-Nov-09	1512.00	1398.00	92.46	114.00
10	viernes	13-Nov-09	1595.00	1460.00	91.54	135.00
11	lunes	16-Nov-09	1555.00	1421.00	91.38	134.00
12	martes	17-Nov-09	1544.00	1340.00	86.79	204.00
13	miércoles	18-Nov-09	1649.00	1421.00	86.17	228.00
14	jueves	19-Nov-09	1512.00	1329.00	87.90	183.00
15	viernes	20-Nov-09	1493.00	1360.00	91.09	133.00
16	lunes	23-Nov-09	1597.00	1381.00	86.47	216.00
17	martes	24-Nov-09	1594.00	1319.00	82.75	275.00
18	miércoles	25-Nov-09	1666.00	1426.00	85.59	240.00
19	jueves	26-Nov-09	1619.00	1371.00	84.68	248.00
20	viernes	27-Nov-09	1814.00	1502.00	82.80	312.00
TOTAL			32169.00	27961.00	86.92	4208.00

Promedio	1608.45	1398.05	86.92	210.40
----------	---------	---------	-------	--------

Una vez construido el modelo de simulación se realizó la experimentación para demostrar que los datos como: el número de llamadas que llegan y el número de llamadas contestadas, son los que se ajustan a la realidad, para ello se consideró la siguiente información:

No de servidores : 11 personas
 No de Iteraciones : 10
 Unidad de tiempo : Minutos
 Minutos totales por Iteración : 540 Minutos
 Horas totales por Iteración : 9 Horas
 Días totales por Iteración : 1 día
 Tasa de arribos : Poisson (169) llamadas por hora
 Tasa de servicio de un servidor : Triangular (1.44, 2.24, 2.57) minutos por llamada.

Figura III.2 El modelo en plena ejecución

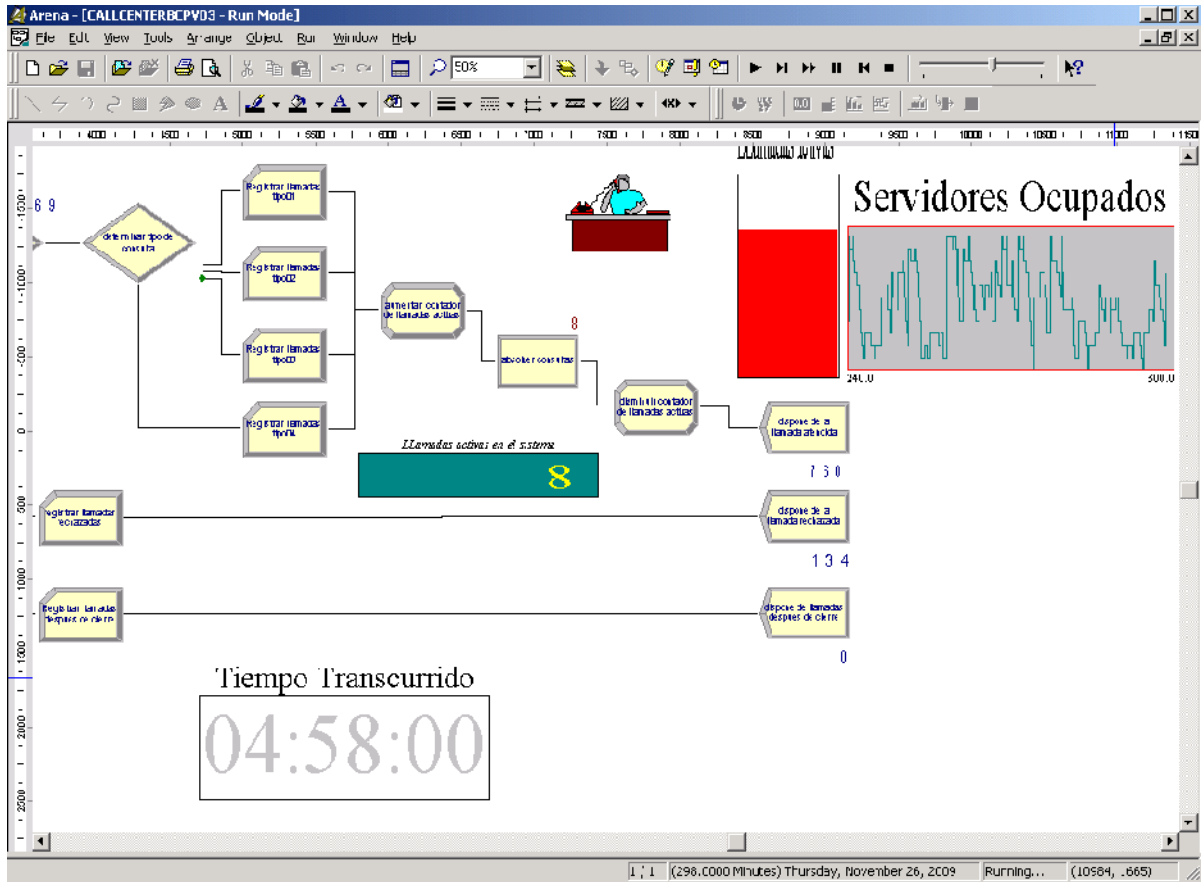
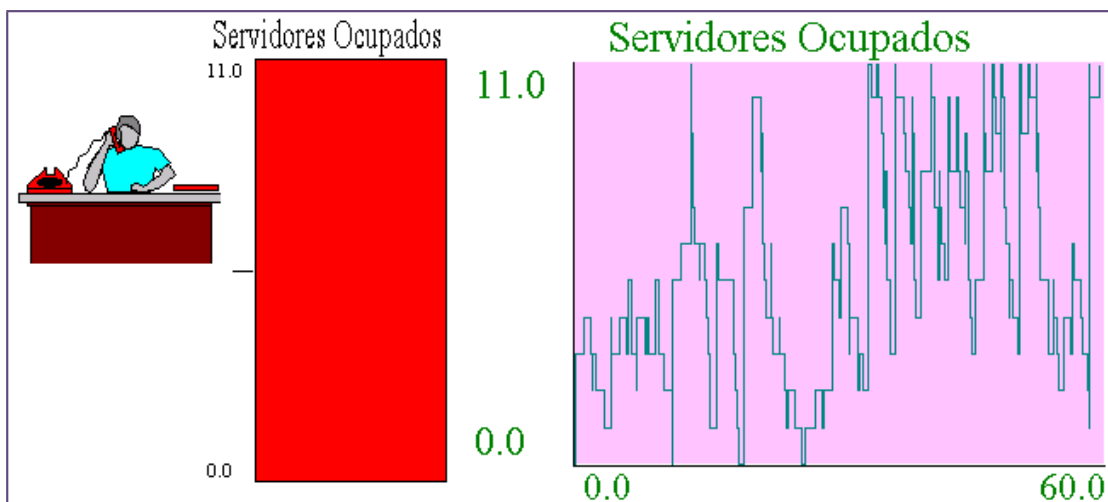


Figura III.3 Gráfico de la actividad de los 11 servidores



La Figura III.3 muestra el comportamiento que tienen los 11 servidores en el transcurso de los primeros 60 minutos de los 540 minutos en simulación, podemos observar lo siguiente:

1. Los picos nos indican que los 11 servidores están ocupados, los cuales si bien se repiten con frecuencia no son constantes, en estos casos las llamadas que arriben simplemente será rechazadas, en estos 60 minutos de simulación se han presentado 13 veces en que la totalidad de servidores o agentes estuvieron ocupados.
2. También existen casos en que los servidores están totalmente desocupados, es decir no hay llamadas dentro del sistema y tampoco arriban llamadas, en este caso se dan los tiempos ociosos de los servidores, en estos 60 minutos de simulación se han presentado 3 veces.
3. Esto nos quiere decir que la totalidad de los servidores no son utilizados en su integridad frecuentemente, hay momentos en que están ociosos, por eso se puede anticipar que no se debe incrementar desmedidamente el número de servidores con el fin de atender la totalidad de llamadas que llegan, porque existirían momentos en los cuales estarían la totalidad de estos servidores ociosos.

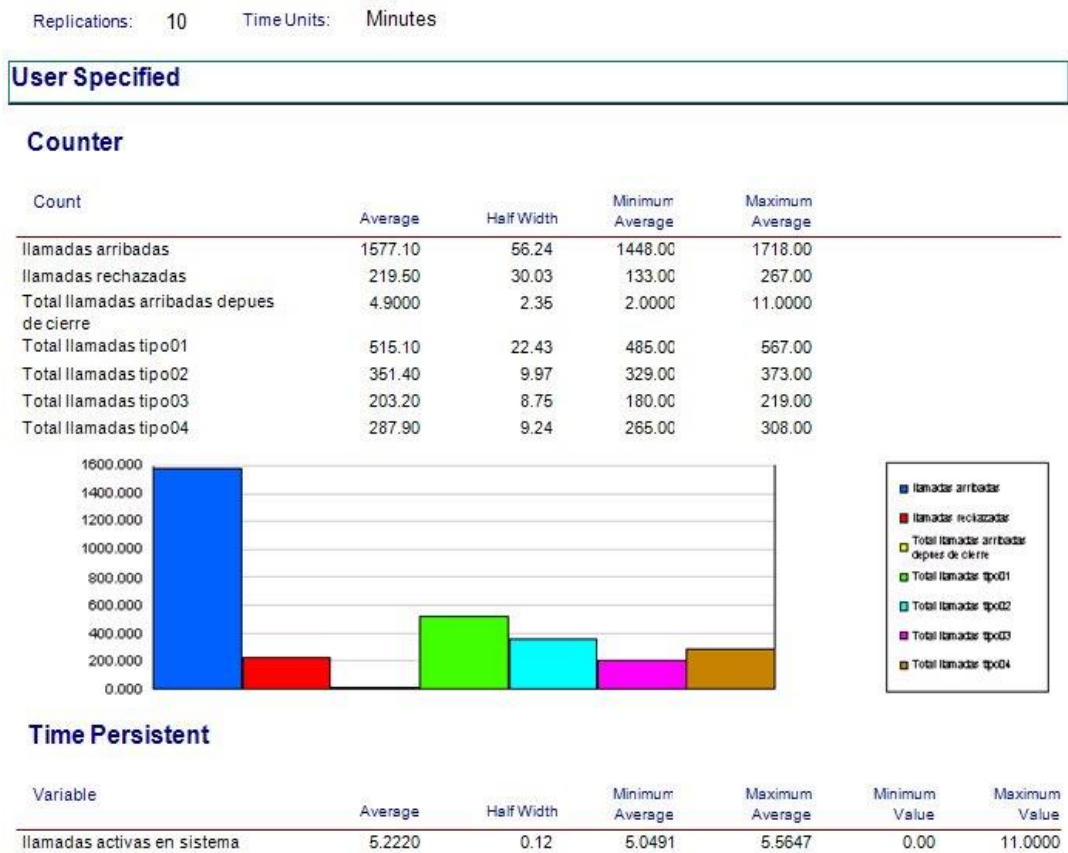
Por otro lado la Tabla III.2 muestra los resultados obtenidos con la simulación, de 10 repeticiones equivalente a 10 días de 540 minutos cada uno, dentro de estos resultados el más importante es:

Al realizar la simulación se obtiene un índice de servicio de 86.16% que está muy cerca al índice de servicio que se tiene actualmente en el área línea de consulta de la organización, siendo este de 86.92%, de esta manera el sistema garantiza que los datos que se determinarán al aumentar los dos servidores que sugiere el modelo de colas se ajustará lo bastante cercano a la realidad.

Statistic Name	Statistic Type	Database Category	Rep 1	Rep 2	Rep 3	Rep 4	Rep 5	Rep 6	Rep 7	Rep 8	Rep 9	Rep 10	Prom.
llamadas arribadas	COUNTER VALUE	User Specified	1606.00	1547.00	1495.00	1643.00	1633.00	1718.00	1528.00	1448.00	1557.00	1596.00	1577.10
llamadas rechazadas	COUNTER VALUE	User Specified	226.00	198.00	185.00	225.00	267.00	266.00	211.00	133.00	218.00	266.00	219.50
Total llamadas arribadas depues de cierre	COUNTER VALUE	User Specified	2.00	3.00	9.00	8.00	5.00	2.00	2.00	3.00	4.00	11.00	4.90
Total llamadas tipo01	COUNTER VALUE	User Specified	544.00	486.00	514.00	560.00	515.00	567.00	485.00	501.00	485.00	494.00	515.10
Total llamadas tipo02	COUNTER VALUE	User Specified	351.00	349.00	351.00	362.00	349.00	373.00	345.00	329.00	370.00	335.00	351.40
Total llamadas tipo03	COUNTER VALUE	User Specified	201.00	206.00	180.00	219.00	208.00	217.00	193.00	212.00	191.00	205.00	203.20
Total llamadas tipo04	COUNTER VALUE	User Specified	284.00	308.00	265.00	277.00	294.00	295.00	294.00	273.00	293.00	296.00	287.90
absolver consultas Accum NVA Time	OUTPUT VALUE	Process	2878.45	2806.58	2734.28	2942.99	2846.26	3011.85	2744.98	2749.66	2778.48	2768.14	2826.17
absolver consultas Accum Wait Time	OUTPUT VALUE	Process	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
absolver consultas Number In	OUTPUT VALUE	Process	1380.00	1349.00	1310.00	1418.00	1366.00	1452.00	1317.00	1315.00	1339.00	1330.00	1357.60
absolver consultas Number Out	OUTPUT VALUE	Process	1380.00	1349.00	1310.00	1418.00	1366.00	1452.00	1317.00	1315.00	1339.00	1330.00	1357.60
llamadas durant proceso de atencion.NumberIn	OUTPUT VALUE	Entity	1608.00	1550.00	1504.00	1651.00	1638.00	1720.00	1530.00	1451.00	1561.00	1607.00	1582.00
llamadas durant proceso de atencion.NumberOut	OUTPUT VALUE	Entity	1608.00	1550.00	1504.00	1651.00	1638.00	1720.00	1530.00	1451.00	1561.00	1607.00	1582.00
Numero de servidores.NumberSeized	OUTPUT VALUE	Resource	1380.00	1349.00	1310.00	1418.00	1366.00	1452.00	1317.00	1315.00	1339.00	1330.00	1357.60
Numero de servidores.ScheduledUtilization	OUTPUT VALUE	Resource	0.48	0.47	0.46	0.49	0.48	0.51	0.46	0.46	0.47	0.46	0.47
System NumberOut	OUTPUT VALUE	System	1608.00	1550.00	1504.00	1651.00	1638.00	1720.00	1530.00	1451.00	1561.00	1607.00	1582.00
absolver consultas.NVATimePerEntity	TALLY AVERAGE	Process	2.09	2.08	2.09	2.08	2.08	2.07	2.08	2.09	2.08	2.08	2.08
absolver consultas.TotalTimePerEntity	TALLY AVERAGE	Process	2.09	2.08	2.09	2.08	2.08	2.07	2.08	2.09	2.08	2.08	2.08
absolver consultas.WaitTimePerEntity	TALLY AVERAGE	Process	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
llamadas activas en sistema Value	DSTAT AVERAGE	User Specified	5.32	5.18	5.05	5.44	5.26	5.56	5.08	5.08	5.13	5.11	5.22
llamadas durant proceso de atencion.NVATime	TALLY AVERAGE	Entity	1.79	1.81	1.82	1.78	1.74	1.75	1.79	1.90	1.78	1.72	1.79
llamadas durant proceso de atencion.OtherTime	TALLY AVERAGE	Entity	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
llamadas durant proceso de atencion.TotalTime	TALLY AVERAGE	Entity	1.79	1.81	1.82	1.78	1.74	1.75	1.79	1.90	1.78	1.72	1.79
llamadas durant proceso de atencion.TranTime	TALLY AVERAGE	Entity	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
llamadas durant proceso de atencion.VATime	TALLY AVERAGE	Entity	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
llamadas durant proceso de atencion.WaitTime	TALLY AVERAGE	Entity	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
llamadas durant proceso de atencion.WIP	DSTAT AVERAGE	Entity	5.32	5.18	5.05	5.44	5.26	5.56	5.08	5.08	5.13	5.11	5.22
Numero de servidores.NumberBusy	DSTAT AVERAGE	Resource	5.32	5.18	5.05	5.44	5.26	5.56	5.08	5.08	5.13	5.11	5.22
Numero de servidores.NumberScheduled	DSTAT AVERAGE	Resource	11.00	11.00	11.00	11.00	11.00	11.00	11.00	11.00	11.00	11.00	11.00
Numero de servidores.Utilization	DSTAT AVERAGE	Resource	0.48	0.47	0.46	0.49	0.48	0.51	0.46	0.46	0.47	0.46	0.47
INDICE DE SERVICIO			85.93%	87.20%	87.63%	86.31%	83.65%	84.52%	86.19%	90.81%	86.00%	83.33%	86.16%

Tabla III.2 Datos Simulados con 11 servidores 540 minutos/día

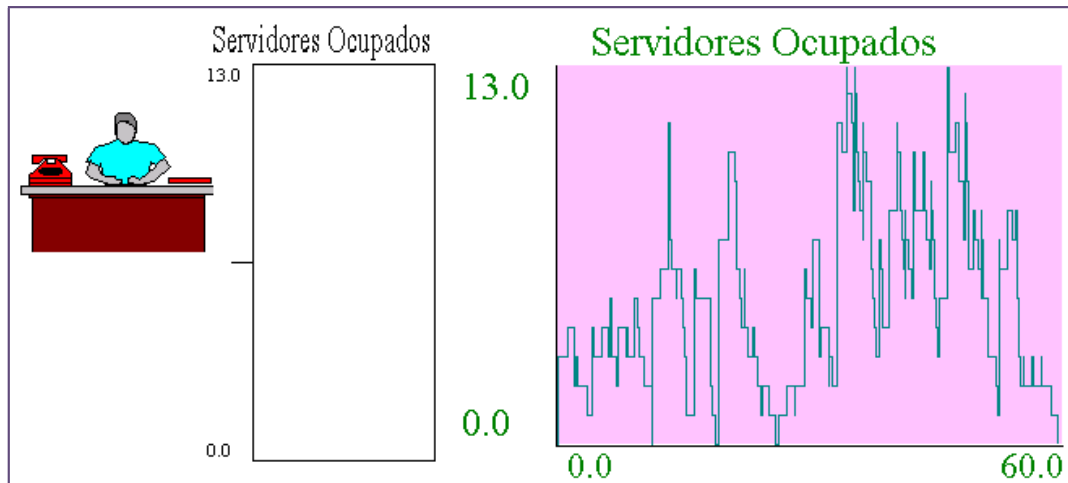
Figura III.4 Reporte generado por el software Arena 10



3.3.2 Experimentación con datos determinados por el modelo de colas

- No de servidores : 13 personas
- No de Iteraciones : 10
- Unidad de tiempo : Minutos
- Minutos totales por Iteración : 540 Minutos
- Horas totales por Iteración : 9 Horas
- Días totales por Iteración : 1 día laborable
- Días totales por Iteración : 1 día
- Tasa de arribos : Poisson (169) llamadas por hora
- Tasa de servicio de un servidor : Triangular (1.44, 2.24, 2.57) minutos por llamada.

Figura III.5 Gráfico de la actividad de los 13 servidores



La Figura III. 5 muestra el comportamiento que tienen los 13 servidores en el transcurso de los primeros 60 minutos de los 540 en simulación, podemos observar lo siguiente:

4. En este caso los picos no se repiten con frecuencia, esto quiere decir que las llamadas que arriban pocas veces encontraran los servidores ocupados, entonces las llamadas rechazadas serán menos que en el caso anterior; en los primeros 60 minutos de simulación solo se han presentado 3 veces, diez unidades menos que en el caso anterior.
5. En cuanto a los servidores desocupados, esto se da cuando no hay llamadas en el sistema y tampoco llegan, en los 60 minutos que van de simulación, Figura III.5, se han presentado 4 veces (los picos hacia abajo), superando al caso con 11 servidores en una unidad.
6. Esto quiere decir que la totalidad de los servidores no son utilizados en su integridad frecuentemente, hay momentos en que están ociosos, por ello tomando en cuenta lo determinado por el modelo de colas solo se ha incrementado dos servidores, para cumplir de la mejor manera la atención a las consultas por teléfono.

Por otro lado la Tabla III.3 muestra los resultados obtenidos con la simulación, de 10 repeticiones equivalente a 10 días de 540 minutos cada uno, dentro de estos resultados el más importante es:

El índice de servicio, se obtiene un índice de servicio de 90.94% que está muy cerca al sugerido por la empresa como política interna, que es 92%.

Statistic Name	Statistic Type	Database Category	Rep 1	Rep 2	Rep 3	Rep 4	Rep 5	Rep 6	Rep 7	Rep 8	Rep 9	Rep 10	Prom.
llamadas arribadas	COUNTER VALUE	User Specified	1596.00	1582.00	1600.00	1530.00	1543.00	1705.00	1544.00	1578.00	1585.00	1557.00	1582.00
llamadas rechazadas	COUNTER VALUE	User Specified	160.00	121.00	154.00	95.00	158.00	181.00	132.00	131.00	174.00	131.00	143.70
Total llamadas arribadas depues de cierre	COUNTER VALUE	User Specified	9.00	1.00	3.00	2.00	9.00	9.00	5.00	11.00	2.00	5.00	5.60
Total llamadas tipo01	COUNTER VALUE	User Specified	541.00	543.00	544.00	538.00	523.00	582.00	504.00	526.00	518.00	533.00	535.20
Total llamadas tipo02	COUNTER VALUE	User Specified	370.00	391.00	373.00	374.00	375.00	418.00	398.00	352.00	379.00	378.00	380.80
Total llamadas tipo03	COUNTER VALUE	User Specified	211.00	233.00	212.00	237.00	196.00	222.00	201.00	221.00	202.00	231.00	216.60
Total llamadas tipo04	COUNTER VALUE	User Specified	314.00	294.00	317.00	286.00	291.00	302.00	309.00	348.00	312.00	284.00	305.70
absolver consultas Accum NVA Time	OUTPUT VALUE	Process	2992.98	3045.89	3002.54	2955.30	2884.24	3154.84	2950.49	3021.33	2937.55	2983.50	2992.87
absolver consultas Accum Wait Time	OUTPUT VALUE	Process	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
absolver consultas Number In	OUTPUT VALUE	Process	1436.00	1461.00	1446.00	1435.00	1385.00	1524.00	1412.00	1447.00	1411.00	1426.00	1438.30
absolver consultas Number Out	OUTPUT VALUE	Process	1436.00	1461.00	1446.00	1435.00	1385.00	1524.00	1412.00	1447.00	1411.00	1426.00	1438.30
llamadas durant proceso de atencion.NumberIn	OUTPUT VALUE	Entity	1605.00	1583.00	1603.00	1532.00	1552.00	1714.00	1549.00	1589.00	1587.00	1562.00	1587.60
llamadas durant proceso de atencion.NumberOut	OUTPUT VALUE	Entity	1605.00	1583.00	1603.00	1532.00	1552.00	1714.00	1549.00	1589.00	1587.00	1562.00	1587.60
Numero de servidores.NumberSeized	OUTPUT VALUE	Resource	1436.00	1461.00	1446.00	1435.00	1385.00	1524.00	1412.00	1447.00	1411.00	1426.00	1438.30
Numero de servidores.ScheduledUtilization	OUTPUT VALUE	Resource	0.43	0.43	0.43	0.42	0.41	0.45	0.42	0.43	0.42	0.42	0.43
System.NumberOut	OUTPUT VALUE	System	1605.00	1583.00	1603.00	1532.00	1552.00	1714.00	1549.00	1589.00	1587.00	1562.00	1587.60
absolver consultas.NVATimePerEntity	TALLY AVERAGE	Process	2.08	2.08	2.08	2.06	2.08	2.07	2.09	2.09	2.08	2.09	2.08
absolver consultas.TotalTimePerEntity	TALLY AVERAGE	Process	2.08	2.08	2.08	2.06	2.08	2.07	2.09	2.09	2.08	2.09	2.08
absolver consultas.WaitTimePerEntity	TALLY AVERAGE	Process	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
llamadas activas en sistema Value	DSTAT AVERAGE	User Specified	5.53	5.63	5.56	5.47	5.33	5.83	5.45	5.58	5.43	5.51	5.53
llamadas durant proceso de atencion.NVATime	TALLY AVERAGE	Entity	1.86	1.92	1.87	1.93	1.86	1.84	1.90	1.90	1.85	1.91	1.89
llamadas durant proceso de atencion.OtherTime	TALLY AVERAGE	Entity	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
llamadas durant proceso de atencion.TotalTime	TALLY AVERAGE	Entity	1.86	1.92	1.87	1.93	1.86	1.84	1.90	1.90	1.85	1.91	1.89
llamadas durant proceso de atencion.TranTime	TALLY AVERAGE	Entity	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
llamadas durant proceso de atencion.VATime	TALLY AVERAGE	Entity	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
llamadas durant proceso de atencion.WaitTime	TALLY AVERAGE	Entity	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
llamadas durant proceso de atencion.WIP	DSTAT AVERAGE	Entity	5.53	5.63	5.56	5.47	5.33	5.83	5.45	5.58	5.43	5.51	5.53
Numero de servidores.NumberBusy	DSTAT AVERAGE	Resource	5.53	5.63	5.56	5.47	5.33	5.83	5.45	5.58	5.43	5.51	5.53
Numero de servidores.NumberScheduled	DSTAT AVERAGE	Resource	13.00	13.00	13.00	13.00	13.00	13.00	13.00	13.00	13.00	13.00	13.00
Numero de servidores.Utilization	DSTAT AVERAGE	Resource	0.43	0.43	0.43	0.42	0.41	0.45	0.42	0.43	0.42	0.42	0.43
IINDICE DE SERVICIO			0.8997	0.9235	0.9038	0.9379	0.8976	0.8938	0.9145	0.917	0.8902	0.9159	90.94%

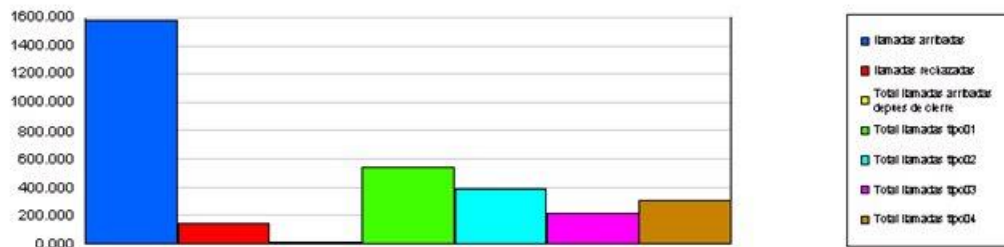
Figura III. 6 Reporte generado por el software Arena 10

Replications: 10 Time Units: Minutes

User Specified

Counter

Count	Average	Half Width	Minimum Average	Maximum Average
Llamadas arribadas	1582.00	35.34	1530.00	1705.00
Llamadas rechazadas	143.70	18.82	95.0000	181.00
Total llamadas arribadas después de cierre	5.6000	2.59	1.0000	11.0000
Total llamadas tipo01	535.20	14.85	504.00	582.00
Total llamadas tipo02	380.80	12.80	352.00	418.00
Total llamadas tipo03	216.60	10.32	196.00	237.00
Total llamadas tipo04	305.70	13.62	284.00	348.00



Time Persistent

Variable	Average	Half Width	Minimum Average	Maximum Average	Minimum Value	Maximum Value
Llamadas activas en sistema	5.5307	0.10	5.3260	5.8269	0.00	13.0000

CAPITULO IV

RESULTADOS

3.3. Resultados con el modelo de colas

Con el modelo de colas lo que se quiso es determinar el número de servidores adicionales que se debió incorporar a la línea de consultas por teléfono, de esta manera al adoptar el modelo tipo: una cola, múltiples servidores y en paralelo, entonces se procedió a calcular el factor de utilización del sistema:

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

Para el sistema de colas con 11 servidores, $\lambda = 169$ Arribo de llamadas por hora y $\mu = 150.48$ Llamadas atendidas por hora, se obtuvo el siguiente resultado, $\rho = 1.23$ Por ser mayor que la unidad, quiere decir que llegan más clientes al sistema por unidad de tiempo de los que se les puede dar servicio y, por lo tanto, se forma una línea de espera en crecimiento sin límite. Este valor de $\rho > 1$ nos indica también la necesidad de añadir al sistema más servidores, hasta que se logre que el factor de utilización del sistema con servidores múltiples, sea menor a uno, es decir $\rho < 1$

Para el caso se determinó que añadiendo dos servidores al sistema se consigue un factor de utilización del sistema menor que la unidad, es decir $\rho < 1$, ($\rho = 0.95$) teniendo entonces un total de 13 servidores.

Una vez determinado el número de servidores adicionales a incrementar, se procedió a realizar las simulaciones, primero para validar los datos del sistema actual, luego para hacer el pronóstico del índice de servicio con los datos determinados por el modelo de colas.

3.4. Resultado con el modelo de simulación

3.4.1. Validación del modelo de simulación

El primer y fundamental paso que hemos realizado para la validación del modelo fue verificar que el programa hace lo que estuvo previsto que haga. El otro paso fue definir el grado de credibilidad, es decir hasta qué punto representa la realidad en la medida que nos interesa. Para ello hemos realizado una comparación de los resultados de las simulaciones con la realidad, los cuales detallamos a continuación.

Tabla IV.1 Cuadro comparativo de datos reales y experimentales con 11 servidores

Descripcion	Realidad	Modelo
Llamadas	1608.45	1577.10
Llamadas rechazadas	210.40	219.50
Llamadas contestadas	1398.05	1357.60
Indice de servicio	86.92%	86.16%
Nº de servidores	11.00	11.00

Con respecto a las llamadas que llegan, se observa que hay diferencias pero son muy pequeñas, entre los datos reales y los obtenidos por el modelo.

En cuanto a las llamadas rechazadas también están más cerca aun los resultados. Con respecto a las llamadas contestadas, reflejan diferencias pequeñas, y el más importante de los datos, el índice de servicio que es lo que nos interesa, como se puede apreciar hay una diferencia, pero esta es mínima; de esta manera podemos concluir que los datos simulados representan objetivamente a la realidad, es decir el modelo hace lo que se esperaba y muestra un elevado grado de confiabilidad.

3.4.2. Experimentación con el modelo de simulación

Luego de haber realizado el proceso de validación del modelo de simulación, se procedió a realizar la experimentación correspondiente y se obtuvo los siguientes resultados, que se muestran en el cuadro resumen siguiente.

Tabla IV.2 Cuadro comparativo de datos reales y experimentales con 13 servidores

Descripcion	Realidad	Experimental
Llamadas	1608.45	1582.00
Llamadas rechazadas	210.40	143.70
Llamadas contestadas	1398.05	1438.30
Indice de servicio	86.92%	91.00%
Nº de servidores	11.00	13.00

Como se aprecia en las columna de Realidad tiene que ser lo mismo que para la validación del modelo, sin embargo en la columna de los datos experimentales es donde se muestra las variaciones generadas por el aumento de los dos servidores; con respecto a las llamadas que llegan son casi los mismos, salvo alguna diferencia puesto que los simulados son aleatorios, en las llamadas rechazadas si hay una variación considerable, ha disminuido, pues al haber realizado el incremento de los servidores a 13, lo que ha sucedido es que se ha podido atender a un número mayor de llamadas que llegan, esto se puede apreciar en el rubro de llamadas contestadas; con respecto al índice de servicios que es lo que nos interesa directamente, se puede apreciar que aumenta del 86.92% que es en la actualidad a una tasa de 91%, aunque no alcanza a la tasa fijada por la institución (92%), está a un punto de diferencia, lo cual se puede subsanar con algunos ajustes internos al momento de efectuar los servicios. Sería fácil alcanzar este índice del 92% incrementando más servidores, pero no es el caso, pues habría más servidores ociosos que trabajando y en algún momento eso sería un perjuicio para la organización, que no es recomendable económicamente.

CONCLUSIONES

Al culminar el presente trabajo de investigación se ha podido obtener las siguientes conclusiones:

1. Uno de los objetivos principales del presente estudio de investigación es demostrar que las herramientas de la investigación de operaciones no solo se pueden utilizar en entidades donde existan procesos de producción, también se puede aplicar en entidades que brindan servicios, como en este caso.
2. La Teoría de Colas, a través del modelo adecuado a nuestro sistema, nos permitió determinar el número de servidores que se debe incrementar para mantener el sistema bajo control, siendo éste de dos servidores.
3. Una vez determinado el número óptimo de servidores adicionales, empleamos otra de las herramientas útiles de la Investigación de Operaciones como es la Simulación de Sistemas, nos permitió realizar la simulación para conocer las variaciones que generaría tal incremento de servidores.
4. Con los resultados obtenidos al aplicar la Teoría de Colas y la Simulación de Sistemas se pudo demostrar que al aumentarse el número de servidores en dos unidades la tasa de servicio del sistema se incrementaría al 91%, siendo éste muy cercano (92%) a lo planteado por la empresa como política interna, tomando en cuenta que el índice de servicio actual es del 86%.
5. Este trabajo de investigación puede ser utilizado por aquellas empresas que brindan este tipo de servicio para lograr una mayor eficiencia.
6. Hoy en día un gran número de empresas ofrecen este tipo de servicio o similares, los clientes en la actualidad son más escasos y siempre están buscando donde los atiendan más rápido y mejor, es por ello que el estudio está orientado a resolver esa problemática, responder de la manera mas rápida a los clientes.

RECOMENDACIONES

La política interna de la organización sugiere que el índice de servicio debe ser del 92%, y lo que se ha determinado es que se llega al 91%, sujeto a variación, podría en algunos casos superar o bajar en otros, esto según como se manejen algunos factores que son controlables.

En el caso de los clientes internos, ellos se ven urgidos por llamar a esta línea cuando desconocen alguna información, entonces también se podría reducir el número de llamadas de estos usuarios, implementando ciertas medidas:

1. Se debe realizar, dentro de sus reuniones mensuales de Asesoras de ventas y gerentes de oficina, una capacitación de los últimos cambios y nuevos procesos que se han implementado en el mes.
2. No se debe llamar para realizar consultas sobre operaciones que tengan que ver con aplicativos a las cuales no se tiene acceso, son llamadas innecesarias que saturan la línea.
3. No se debe llamar para consultar anexos de personal interno de otras áreas ni la ubicación de agencias, ya que hay un directorio de teléfonos para que lo consulten en la página web de la entidad financiera.
4. Se deberá crear una ficha producto o resumen, que sea una ayuda memoria que permitirá verificar la documentación según el tipo y categoría a la cual pertenece un cliente externo, cuando desee solicitar un producto de nuestra entidad.
5. Se debe generar un ranking mensual de las agencias con la mayor cantidad de consultas, para reportarlo al área de calidad que informe a los gerentes de oficina y regionales de que dicha agencia necesita mayor capacitación.

6. Realizar una mejor capacitación con el personal nuevo que ingresa a la entidad financiera antes de asignarles una oficina.

De esta manera se conseguiría que:

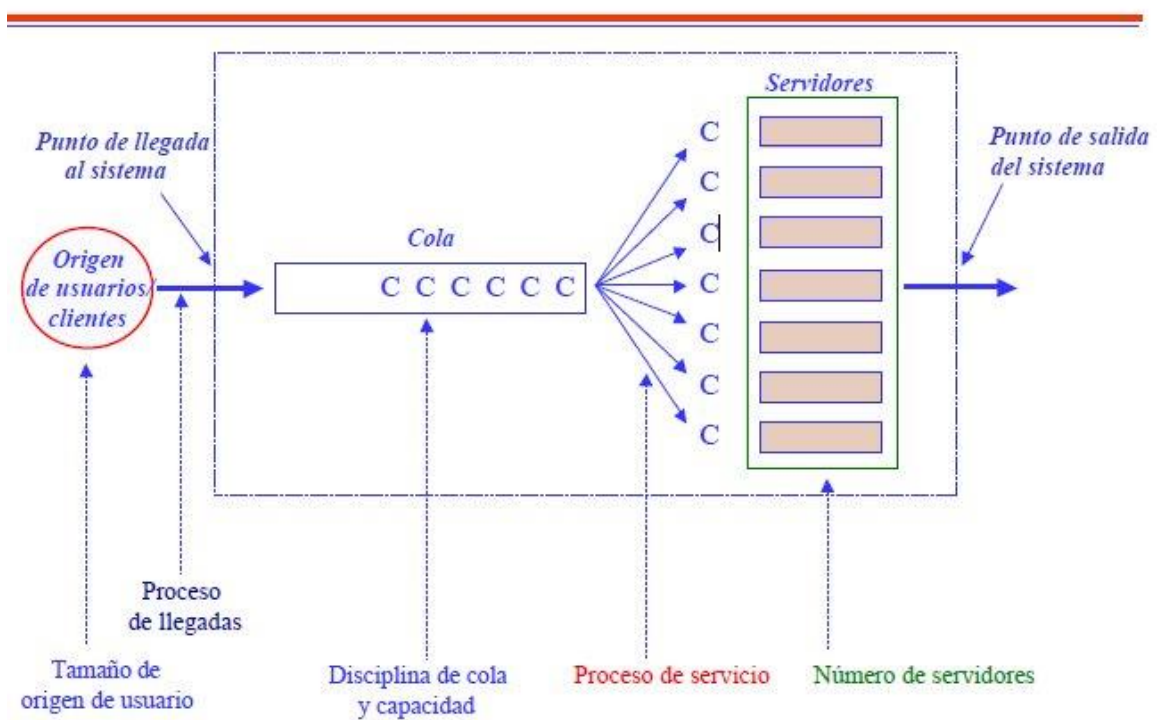
- Disminuyan las llamadas por consultas innecesarias
- Se descongestione la unidad líneas de consultas.
- Disminuirían significativamente las llamadas rechazadas
- El índice de servicios supere inclusive el 92%, sin la necesidad de aumentar más servidores que incrementarían más los costos.

BIBLIOGRAFÍA

1. CARRASCO DÍAZ S., “Metodología de Investigación Científica”, Editorial San Marcos, Lima, 2009
2. HILLIER Frederick S.; LIEBERMAN Gerald J., “Introducción a la Investigación de Operaciones”, Editorial Mc Graw Hill, México D.F., 1999.
3. KAMLESH Mathur; SOLOW Daniel, “Investigación de Operaciones el arte de la toma de Decisiones”, Editorial Prentice-Hall Inc., México, 1996.
4. KELTON, RANDALL, SADOWSKI, “Simulación con software Arena”, Editorial Prentice-Hall Inc., México, 2008.
5. MITACC MEZA, Máximo, “Tópicos de Inferencia Estadística”, Editorial Thales S.R.L., Perú, 1999.
6. PRAWDA WITENBERG, Juan, “Métodos y Modelos de Investigación de Operaciones”, Vol. I. Editorial Limusa S.A., México, 1976.
7. WINSTON L. Wayne, “Investigación de Operaciones”, Grupo Editorial Iberoamericana S.A. de C.V., México, 1994.

ANEXO

Sistema de colas genérico



Fórmulas para la cola M/M/1

- $\lambda_k = \lambda, \mu_k = \mu, \forall k$.
- La condición de estabilidad (la ergodicidad) es que $\rho = \frac{\lambda}{\mu} < 1$.

PROCESO	DISTRIBUCIÓN DE LA VARIABLE	PARÁMETROS DE RENDIMIENTO
N = número de clientes en el sistema.	$N \hookrightarrow Geom(\rho), \rho = \frac{\lambda}{\mu}$, $P(N = k) = (1 - \rho)\rho^k$.	$L = E(N) = \frac{\rho}{1 - \rho}$.
N_q = número de clientes en la cola. $N_q \in \{0, 1, 2, \dots\}$.	$P(N_q = k) = \begin{cases} p_0 + p_1, & k = 0 \\ p_k, & k > 0 \end{cases}$.	$L_q = E(N_q) = \frac{\rho^2}{1 - \rho}$. $L_q = L - (1 - p_0)$.
N'_q = tamaño de la cola si no está vacía. $N'_q \in \{1, 2, 3, \dots\}$.	$P(N'_q = k) = \frac{p_{k+1}}{\rho^k}$.	$L'_q = E(N'_q) = \frac{1}{1 - \rho}$.
T_q = tiempo en la cola.	$W_q(t) = \begin{cases} 1 - \rho, & t = 0 \\ 1 - \rho e^{-\mu(1-\rho)t}, & t > 0 \end{cases}$. ($W_q(t)$ es la fc. de distribución.) $w_q(t) = \rho(1 - \rho)e^{-\mu(1-\rho)t}$. ($w_q(t)$ es la fc. de densidad.)	$W_q = E(T_q) = \frac{\rho}{\mu(1 - \rho)}$.
T = tiempo en el sistema.	$T \hookrightarrow exp(\mu - \lambda)$. $W(t) = 1 - e^{-(\mu - \lambda)t}$.	$W = E(T) = \frac{1}{\mu - \lambda}$.

Relaciones entre los parámetros de rendimiento

PARÁMETROS	VALIDEZ DE LA RELACIÓN
$W = W_q + \frac{1}{\mu}$	Se da siempre.
$L = \lambda W, \quad L_q = \lambda W_q$	Se da en sistemas ergódicos.
$L = L_q + 1 - p_0$	Se da en sistemas con un único servidor y servicio de uno en uno.
$L = L_q + \frac{\lambda}{\mu}$	Se da en sistemas ergódicos.
$p_0 = 1 - \frac{\lambda}{\mu}$	Se da en sistemas con un único servidor y servicio de uno en uno.
$W_q = \frac{L}{\mu}$	Se da solo en sistemas de colas M/M/1 y similares.