

# **UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA INDOAMÉRICA**

**FACULTAD DE INGENIERÍA INDUSTRIAL**

**CARRERA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL**

**TEMA:**

---

**“ESTUDIO DE LA TEORÍA DE COLAS Y SU  
INCIDENCIA EN EL TIEMPO DE ESPERA, DURANTE  
LA VENTA DE TICKETS DE LA OFICINA PRINCIPAL  
DE LA COOPERATIVA DE TRANSPORTE  
INTERPROVINCIAL TOURIS SAN FRANCISCO  
ORIENTAL”**

---

Trabajo de titulación bajo la modalidad Estudio Técnico  
previo a la obtención del título de Ingeniera Industrial

**AUTOR**

Daniela Fernanda Pacheco Espín

**TUTOR:**

Ing. Lorena Cáceres Mg.

**AMBATO-ECUADOR**

**2017**

## **CERTIFICACIÓN**

En mi calidad de tutor del trabajo de Investigación: “**ESTUDIO DE LA TEORIA DE COLAS Y SU INCIDENCIA EN EL TIEMPO DE ESPERA, DURANTE LA VENTA DE TICKETS DE LA OFICINA PRINCIPAL DE LA COOPERATIVA DE TRANSPORTE INTERPROVINCIAL TOURIS SAN FRANCISCO ORIENTAL**”, presentado por la ciudadana Daniela Fernanda Pacheco Espín, CERTIFICO, que dicho proyecto ha sido revisado en todas sus partes y considero que reúne los requisitos y méritos suficientes para ser sometido a la presentación pública y evaluación por parte del tribunal examinador que se designe.

Ambato, marzo del 2017.

---

**Ing. Lorena Cáceres Mg.**

**TUTORA**

## **AUTORÍA DEL TRABAJO DE GRADO**

El presente trabajo de investigación: “**ESTUDIO DE LA TEORIA DE COLAS Y SU INCIDENCIA EN EL TIEMPO DE ESPERA, DURANTE LA VENTA DE TICKETS DE LA OFICINA PRINCIPAL DE LA COOPERATIVA DE TRANSPORTE INTERPROVINCIAL TOURIS SAN FRANCISCO ORIENTAL**”, es absolutamente original, auténtico y personal; en tal virtud el contenido, efectos legales y académicos que se desprenden del mismo son de exclusiva responsabilidad del autor.

Ambato, marzo del 2017

---

***Daniela Fernanda Pacheco Espín***

C.I. 1600391203

**AUTORIZACIÓN POR PARTE DEL AUTOR PARA LA CONSULTA,  
REPRODUCCIÓN PARCIAL O TOTAL, Y PUBLICACIÓN  
ELECTRÓNICA DEL TRABAJO DE TITULACIÓN**

Yo, Daniela Fernanda Pacheco Espín, declaro ser autora del Estudio Técnico, titulado “**ESTUDIO DE LA TEORIA DE COLAS Y SU INCIDENCIA EN EL TIEMPO DE ESPERA, DURANTE LA VENTA DE TICKETS DE LA OFICINA PRINCIPAL DE LA COOPERATIVA DE TRANSPORTE INTERPROVINCIAL TOURIS SAN FRANCISCO ORIENTAL**”, como requisito para optar al grado de “Ingeniera Industrial”, autorizo al Sistema de Bibliotecas de la Universidad Tecnológica Indoamérica, para que con fines netamente académicos divulgue esta obra a través del Repositorio Digital Institucional (RDI-UTI).

Los usuarios del RDI-UTI podrán consultar el contenido de este trabajo en las redes de información del país y del exterior, con las cuales la Universidad tenga convenios. La Universidad Tecnológica Indoamérica no se hace responsable por el plagio o copia del contenido parcial o total de este trabajo.

Del mismo modo, acepto que los Derechos de Autor, Morales y Patrimoniales, sobre esta obra, serán compartidos entre mi persona y la Universidad Tecnológica Indoamérica, y que no tramitaré la publicación de esta obra en ningún otro medio, sin autorización expresa de la misma. En caso de que exista el potencial de generación de beneficios económicos o patentes, producto de este trabajo, acepto que se deberán firmar convenios específicos adicionales, donde se acuerden los términos de adjudicación de dichos beneficios.

Para constancia de esta autorización, en la ciudad de Ambato, a los 10 días del mes de marzo de 2017, firmo conforme:

**Autora:** Daniela Fernanda Pacheco Espín

**Firma:**

**Número de Cédula:** 1600391203

**Dirección:** Barrio Amazonas, calle Bolívar y Manabí

**Correo Electrónico:** pacdani@gmail.com

**Teléfono:** 032888879 - 0983246323

## **APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE GRADO**

El Informe de Investigación Científico, ha sido revisado, aprobado y autorizado su impresión y empastado, previa la obtención del Título de Ingeniero Industrial por lo tanto autorizamos al postulante a la presentación a efectos de su sustentación pública.

Ambato, marzo del 2017

---

**Ing. Patricio Sánchez Mg**  
**PRESIDENTE DEL TRIBUNAL**

---

**Ing. Edwin Ocaña Mg.**  
**MIEMBRO DEL TRIBUNAL**

---

**Ing. Leonardo Cuenca Mg.**  
**MIEMBRO DEL TRIBUNAL**

## **DEDICATORIA**

A Dios, por bendecir mi vida y la de mi familia.

A mi esposo por el apoyo incondicional en todo momento

A mis padres, tío y hermano por su preocupación y su ayuda permanente y desinteresada.

A mis hijos la razón de ser de mi vida.

***Daniela Fernanda***

## **AGRADECIMIENTO**

A mis padres, tío y hermano que estuvieron en todo momento junto a mí. A mis amigos y compañeros por haber sido parte de mi formación académica.

A mi tutora, Ingeniera Lorena Cáceres por su guía y permanente apoyo en la realización del presente trabajo investigativo.

Gracias a los docentes de la querida Facultad de Ingeniería Industrial de la UTI por compartir sus enseñanzas y haber contribuido en mi formación académica y de valores, los llevaré siempre en mi mente.

*Gracias*

## ÍNDICE GENERAL DE CONTENIDOS

Portada.....	i
Certificación.....	ii
Autoría del trabajo de grado.....	iii
Autorización Repositorio Digital.....	iv
Aprobación del tribunal de grado.....	v
Dedicatoria.....	vi
Agradecimiento.....	vii
Índice general de contenidos.....	viii
Índice de tablas.....	x
Índice de figuras.....	xi
Índice de anexos.....	xii
Resumen ejecutivo.....	xiii
Summary.....	xiv

### CAPÍTULO I INTRODUCCIÓN

Tema.....	1
Introducción.....	1
Antecedentes.....	4
Justificación.....	5
Objetivos.....	7
Objetivo general.....	7
Objetivos específicos.....	7

### CAPÍTULO II METODOLOGÍA

Área de estudio.....	8
Enfoque de la investigación.....	8
Justificación de la metodología.....	8
Población y muestra.....	9

Diseño del trabajo.....	11
Procedimiento para la obtención y análisis de datos.....	13
Hipótesis.....	15
Señalamiento de variables.....	15

**CAPÍTULO III**  
**DESARROLLO DE LA INVESTIGACIÓN**

Situación actual.....	16
Estructura del modelo de teoría de colas.....	17
Terminología de las líneas de espera.....	18
Regla de prioridad.....	20
Distribuciones de probabilidad.....	21
Tipos de modelos de colas.....	22
Características del modelo simple M/M/1.....	22
Muestreo de datos.....	24
Simulación.....	30

**CAPÍTULO IV**  
**RESULTADOS Y DISCUSIÓN**

Interpretación de resultados.....	33
Contraste con otras investigaciones.....	35
Verificación de hipótesis.....	36
Decisión.....	40

**CAPÍTULO V**  
**CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

Conclusiones.....	41
Recomendaciones.....	42
Bibliografía	
Anexos	

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Población.....	10
Tabla 2: Operacionalización variable independiente.....	11
Tabla 3: Operacionalización variable dependiente.....	12
Tabla 4: Plan de recolección de información.....	13
Tabla 5: Muestreo de datos lunes 10 de octubre 2016.....	24
Tabla 6: Muestreo de datos martes 11 de octubre 2016.....	25
Tabla 7: Muestreo de datos miércoles 12 de octubre 2016.....	26
Tabla 8: Muestreo de datos jueves 13 de octubre 2016.....	27
Tabla 9: Muestreo de datos viernes 14 de octubre 2016.....	28
Tabla 10: Muestreo de datos sábado 15 de octubre 2016.....	29
Tabla 11: Cálculo de probabilidades.....	31
Tabla 12: Venta de boletos-diciembre del 2016.....	33
Tabla 13: Contraste tiempo promedio de servicio.....	35
Tabla 14: Tiempo promedio de servicio.....	37
Tabla 15: Porcentaje promedio de usuarios que se van.....	37

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Árbol de problemas.....	3
Figura 2: Organigrama.....	16
Figura 3: Sistema de servicio.....	17
Figura 4: Modelo de colas.....	18
Figura 5: Características líneas de espera.....	18
Figura 6: Sistema multicanal, una fase.....	21
Figura 7: Distribuciones de probabilidad.....	21
Figura 8: Curva T-student.....	39

## ÍNDICE DE ANEXOS

**Anexo 1:** Tabla T-Student

**Anexo 2:** Rutas terrestres Cooperativa de Transportes San Francisco

**Anexo 3:** Fotografías

**UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA INDOAMÉRICA**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA INDUSTRIAL**

**“ESTUDIO DE LA TEORIA DE COLAS Y SU INCIDENCIA EN EL TIEMPO DE ESPERA, DURANTE LA VENTA DE TICKETS DE LA OFICINA PRINCIPAL DE LA COOPERATIVA DE TRANSPORTE INTERPROVINCIAL TOURIS SAN FRANCISCO ORIENTAL”**

**Autor:** Daniela Fernanda Pacheco Espín

**Tutor:** Ing. Lorena Cáceres Mg.

**RESUMEN EJECUTIVO**

En todos los actos que desarrolla el ser humano, indiferente de la actividad o función que desempeña, el factor tiempo es fundamental para lograr los objetivos propuestos y que estos sean con los mejores estándares de calidad y en los tiempos lo más reducidos posibles, apreciación que no hace la excepción a quienes desarrollan la actividad de venta de tickets en la Cooperativa de Transporte San Francisco de la ciudad de Puyo y que en los últimos tiempos, el despacho de boletos no ha sido eficiente, causando insatisfacción en los servicios que reciben los usuarios, lo que ha desencadenado en la disminución de venta de pasajes, afectando directamente la productividad.

Cuando se habla de líneas de espera, se refieren a las creadas por clientes o por la Cooperativa, con esto los clientes puede que esperen temporalmente aunque las instalaciones de la Cooperativa sean adecuadas, porque los clientes llegados anteriormente están siendo atendidos.

Por lo expuesto, se ha creído oportuno y necesario realizar un estudio de la teoría de colas en la venta de tickets en las oficina principal de la Cooperativa San Francisco; con la finalidad de encontrar mecanismos viables que permitan solucionar esta problemática, que en fin de cuentas incidirá positivamente en la venta y atención oportuna de boletos y que será muy beneficioso para asegurar ingresos por la venta de pasajes.

**Palabras Clave:** Eficiencia, demanda, orden, productividad, servicios, tiempos.

**UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA INDOAMÉRICA**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA INDUSTRIAL**

**“ESTUDIO DE LA TEORIA DE COLAS Y SU INCIDENCIA EN EL TIEMPO DE ESPERA, DURANTE LA VENTA DE TICKETS DE LA OFICINA PRINCIPAL DE LA COOPERATIVA DE TRANSPORTE INTERPROVINCIAL TOURIS SAN FRANCISCO ORIENTAL”**

**Author:** Daniela Fernanda Pacheco Espín

**Advisor:** Eng. Lorena Cáceres Mg.

**EXECUTIVE SUMMARY**

In all the acts that the human being develops, indifferent to the activity or function that he plays, the time factor is fundamental to achieve the proposed objectives and that these are with the best quality standards and in the shortest possible time, appreciation that Does not make the exception to those who develop the activity of selling tickets at the San Francisco Transportation Cooperative in the city of Puyo and that in recent times, the ticket office has not been efficient, causing dissatisfaction in the services received by users , Which has triggered the decrease in ticket sales, directly affecting productivity.

When talking about waiting lines, they refer to those created by clients or by the Cooperative, with this the clients may wait temporarily even if the Cooperative's facilities are adequate, because clients previously arrived are being served.

For the above, it has been considered opportune and necessary to conduct a study of queuing theory in the sale of tickets in the main office of the Cooperative San Francisco; With the aim of finding viable mechanisms to solve this problem, which in the end will positively affect the sale and timely attention of tickets and that will be very beneficial to secure income from the sale of tickets.

**Descriptors:** Demand, efficiency, order, productivity, services, time.

# **CAPITULO I**

## **INTRODUCCIÓN**

### **Tema**

“Estudio de la teoría de colas y su incidencia en el tiempo de espera, durante la venta de tickets de la oficina principal de la Cooperativa de Transporte Interprovincial Touris San Francisco Oriental”

### **Introducción**

Según las Naciones Unidas en los últimos años, América Latina ha experimentado un alto crecimiento poblacional, lo cual influye en la calidad de vida de las ciudades y por ende en el nivel de exigencia de los servicios públicos.

(ONU, 2015). Uno de estos servicios es el transporte masivo de personas por vía terrestre, en la que se puede evidenciar que las empresas dedicadas a esta actividad se mantienen en el mercado sin tener objetivos claros, con funcionarios poco comprometidos con el bien común y el desconocimiento de la realidad del medio donde desarrollan sus actividades, y como consecuencia de estos actos, el servicio de ventas de tickets cada día se ha vuelto un problema, especialmente porque ha desencadenado en insatisfacción de los servicios por parte de los usuarios.

(UCE, 2015). En el Ecuador, el transporte interprovincial no se aleja de la realidad continental y la mayoría de veces las actividades que se desarrollan, no son debidamente planificadas; es más se mantiene la tradición, y no se aplica nuevas estrategias para agilizar la venta de tickets.

(GADPASTAZA, 2016). En la actualidad, la Provincia de Pastaza se encuentra posicionada como destino turístico gracias a la gestión emprendida por sus autoridades desde el año 2004, año en el cual se pone en marcha uno de los más grandes proyectos de promoción turística a nivel nacional.

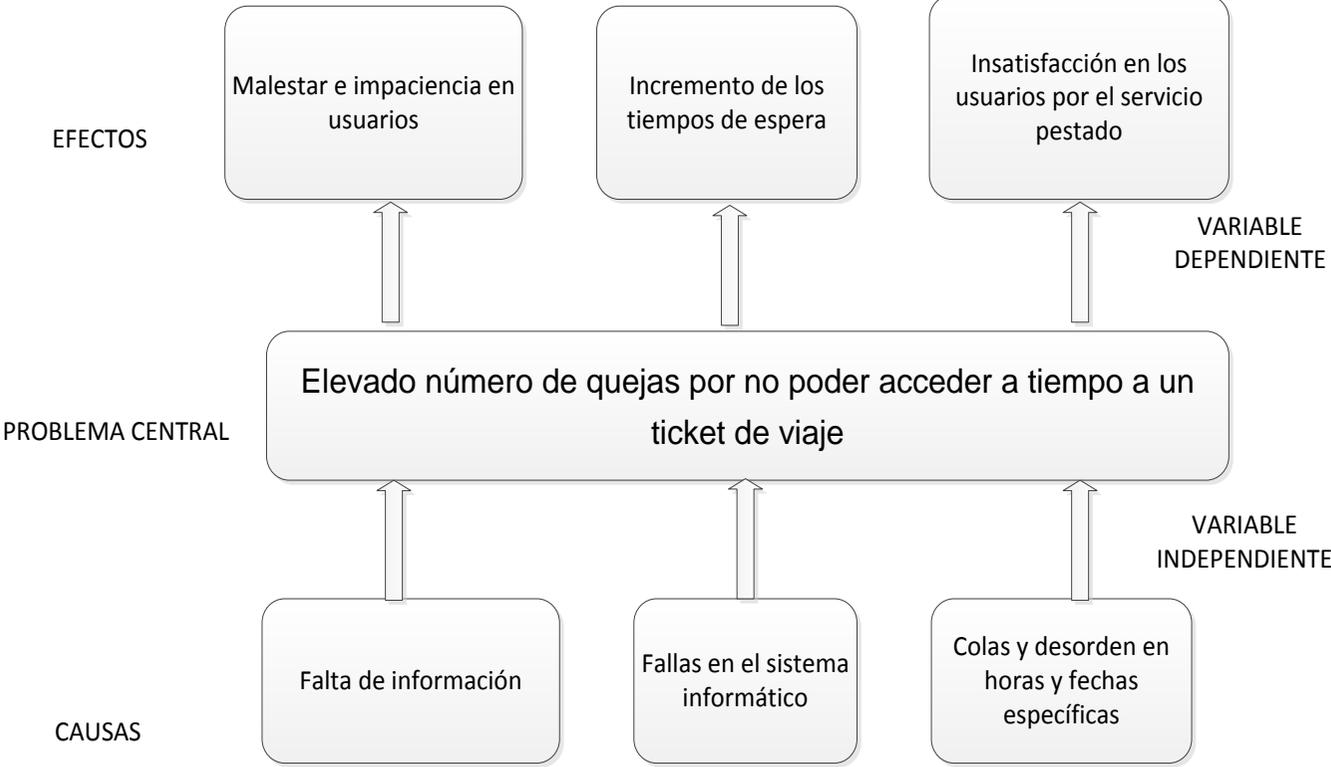
Esto genera un gran flujo de personas que necesitan entrar y salir de la provincia utilizando el servicio de las operadoras de transporte, siendo una de estas la Cooperativa de Transporte Touris San Francisco Oriental, la cual lastimosamente no está preparada para atender la gran demanda de clientes que se presentan en su ventanilla, principalmente en fines de semana y feriados, generando molestias a quienes esperan largos periodos de tiempo hasta ser atendidos.

La lentitud en la venta de tickets es causada por permitir que personal no calificado sea quien atienda a los clientes en ventanilla, además la falta de experiencia genera errores de digitación, de repetición u omisión de números y sobre todo, no permite que se creen relaciones cliente-empresa a largo plazo.

Para evitar este descontento generalizado entre las personas que requieren el servicio, por las grandes aglomeraciones en las ventanillas, es necesario mejorar el sistema de venta a través de la aplicación de un modelo de teoría de colas o líneas de espera, que permita agilizar el tiempo que los clientes esperan para adquirir los servicios de la empresa.

Es finalidad del presente proyecto investigativo, presentar una investigación científica que permita identificar de manera clara y precisa los factores que estarían afectando a la atención de venta de tickets, luego de lo cual se podrá considerar la aplicación de mecanismos viales de solución, lo cual será fundamental en el despacho ágil, eficiente y oportuno de tickets, lo cual incidirá directamente en mejoras del servicio e ingresos económicos, muy necesarios para mantener la flota de transportes en óptimas condiciones.

# ÁRBOL DE PROBLEMAS



**Figura 1:** Árbol de problemas  
**Elaborado por:** Daniela Pacheco

## **Antecedentes.**

(Análisis de líneas de espera a través de teoría de colas y simulación, 2010). “En este trabajo se presenta un contraste entre los modelos de la Teoría de Colas y la Simulación. El principal objetivo es evidenciar como estas dos áreas se complementan mutuamente. Lo anterior debido a que con el modelo matemático se puede validar el modelo de simulación y este último permite al investigador profundizar mucho más en el análisis del sistema de colas objeto de estudio. Para observar lo anterior, se presenta como caso de estudio un sistema de atención en una entidad bancaria, el cual está conformado por una línea de espera “fila Preferencial” y un servidor “El Cajero” encargado de atender los clientes respectivos”. En este artículo académico se hace referencia a un modelo básico de una línea de espera tomando en consideración la entrada, llegada, la capacidad y disciplina de la cola, los tiempos de servicio y la cantidad de servidores.

(Martínez Eraso, 2009). En su tesis doctoral titulada: “análisis de redes de colas modeladas con tiempos entre llegadas exponenciales e híper erlang para la asignación eficiente de los recursos” concluye que:

(Martínez Eraso, 2009). “La elección de la distribución de probabilidad de los tiempos entre llegadas debe ser bien estudiada, ya que ésta determina sustancialmente el comportamiento del sistema y la medición de su desempeño”

(Martínez Eraso, 2009)“En sistemas de colas gobernados por tiempos entre llegadas con alta variabilidad, la distribución Híper-Erlang permite realizar un modelamiento más acertado que lo que la exponencial permite”.

(Martínez Eraso, 2009)“La distribución Híper-Erlang demostró tener un impacto notable en el modelamiento de las colas, su uso es recomendable cuando los sistemas presentan alta variación de los tiempos entre llegada”

Como se puede observar se utilizan términos como el Erlang que es una fórmula que relaciona el grado de servicio y la intensidad de tráfico en una cola.

(Cortéz Cargill, 2011). En su tesis de maestría “Sistema para medir tiempos de espera en colas de supermercado usando visión por computador y métodos estadísticos” concluye que: “Es posible medir tiempos de espera, en un cola formada en una caja de servicio de un supermercado, a partir de técnicas de visión por computador, inteligencia artificial y múltiples vistas. Para esto, hemos construido un preciso sistema de seguimiento de rostros, el cual nos permitió estimar el tiempo de espera del cliente. Este sistema se sustentó, en el nuevo modelo de apariencia propuesto”. En este trabajo de investigación se hace referencia a la aplicación de la tecnología sensorial para en base a seguimiento de rostros fijados en la vista estimar los tiempos de espera y el tiempo que demora en ser atendido un usuario en caja en distintos escenarios.

### **Justificación.**

La vida del ser humano se compone por una sucesión de momentos conectados entre sí, todos en función del tiempo; el día y la noche, la vigilia y el sueño, el trabajo y el descanso por mencionar algunos.

El tiempo es rentabilidad, es productividad, es eficiencia, es competitividad, por ello, se deben realizar todas las actividades, de modo que se optimicen y por ende se aprovechen mejor los recursos humanos y logísticos; de allí la **importancia** del estudio de la teoría de colas y los tiempos de espera.

El tema planteado presenta un gran **impacto**; ya que en función de la producción, también se planifica el tiempo para realizar las distintas actividades de la vida diaria, del trabajo, la atención de clientes externos e internos en las empresas, los desplazamientos, y archivo de documentos, propendiendo siempre a recursos.

Todos los clientes sean de bienes o servicios deben esperar un tiempo entre el requerimiento de su necesidad y despacho del mismo; es decir, la espera se ha convertido en algo cotidiano pero no por ello, aceptable en su totalidad.

Por un lado, los clientes externos buscan rapidez, eficiencia y calidad a la hora de obtener un servicio; y por el otro, quienes brindan el servicio tratan de satisfacer las necesidades con la misma prontitud y eficiencia, no solo para bienestar del cliente, sino también para cubrir con la demanda; por ello la **utilidad** del tema a desarrollarse es de carácter práctico y metodológico para una correcta toma de decisiones.

La Cooperativa de Transporte Interprovincial Touris San Francisco Oriental, tiene como su principal objetivo ofrecer un servicio de calidad para conseguir en todo momento la satisfacción de los clientes como los mayores beneficiados; además, de optimizar los recursos para atenderlos en el menor tiempo posible, sin embargo, con el pasar de los años puede verse que el servicio de venta de tickets ha ido deteriorando su calidad por varios factores que en el desarrollo de la presente investigación la oremos descubriendo

Por lo expuesto el presente trabajo de investigación es importante ya que no existen antecedentes de análisis de colas en la venta de tickets por ventanilla en la Cooperativa de Transporte Interprovincial Touris San Francisco Oriental, por lo que con el estudio y análisis de la presente investigación se podrá determinar científicamente la variabilidad o la frecuencia de llegada de clientes y la rapidez con que son atendidos por parte de los empleados.

Si se optimiza los tiempos en el despacho de tickets, si se cubre la demanda de pasajeros para dirigirse a diferentes partes del país, y si a más de ello se da un servicio de calidad a los usuarios de la Cooperativa de Transportes san francisco, se asegurara el ingreso económico muy necesario para mantener vigente y con los mejores estándares de calidad al servicio de los usuarios, de allí se desprende la justificación, importancia y necesidad de plasmar el presente trabajo investigativo,

que será de mucho **beneficio** para la empresa san Francisco y para los usuarios. De tal manera que se pueda trabajar en los correctivos necesarios para mejorar la agilidad del servicio y procurar la satisfacción del cliente.

Además de que es un estudio **factible** de realizarse ya que existe la predisposición de los funcionarios y empleado de la Cooperativa y el conocimiento por parte de la investigadora en el manejo de datos y aplicación del modelo matemático.

## **Objetivos**

### **Objetivo General.**

Estudiar la teoría de colas y su incidencia en el tiempo de espera, durante la venta de tickets de la oficina principal de la Cooperativa de Transporte Interprovincial Touris San Francisco Oriental.

### **Objetivos Específicos.**

- Determinar la aplicabilidad de la teoría de colas en la venta de tickets en la ventanilla de la oficina principal de la Cooperativa de Transporte Interprovincial Touris San Francisco Oriental.
- Calcular el tiempo de espera de los clientes en el servicio del sistema de ventas de la Cooperativa de Transporte Interprovincial Touris San Francisco Oriental.
- Aplicar el respectivo modelo matemático para el cálculo de la longitud de la cola y el número de clientes en espera.

## **CAPÍTULO II METODOLOGÍA**

### **Área de Estudio**

**Dominio:** Tecnología y sociedad.

**Línea de investigación:** Empresarialidad y productividad

**Campo:** Ingeniería Industrial.

**Área:** Teoría de colas

**Aspecto:** Tiempos de espera

**Objeto de estudio:** Teoría de colas y tiempos de espera

**Período de análisis:** octubre – diciembre del 2016

### **Enfoque**

La presente investigación tiene un enfoque cuantitativo, ya que se recogerán datos numéricos para medir el fenómeno de colas actual y encontrar soluciones, y además la investigación será también cualitativa, ya que se utilizaron datos no numéricos sino más bien conductuales o narrativos a través de la observación y el diálogo directo.

### **Justificación de la metodología**

Bibliográfica Documental.- Para desarrollar esta investigación fue necesario el aporte bibliográfico ya que se utilizaron libros, tesis, publicaciones; además, que gracias a datos históricos se puede evidenciar de alguna manera el crecimiento en

la utilización del transporte interprovincial y por ende en la manera en que son atendidos.

De la misma información recabada, se pudo evidenciar la disminución en la venta de boletos de la Cooperativa de Transportes San Francisco, lo que llevó a realizar la presente investigación a fin de identificar los problemas existentes y considerar proponer soluciones técnicamente confiables y viables a fin de superar los inconvenientes y problemas existentes.

Investigación de Campo.- Por la naturaleza misma de la investigación fue necesario recoger la información en los propios lugares de despacho, que es justamente en donde se evidencia la aglomeración de usuarios a la hora de adquirir los tickets, y adicional se tuvo un dialogo directo con quienes despachan los boletos como también con usuarios del servicio de Transportes San Francisco.

Investigación Exploratoria.- El fenómeno de colas o líneas de espera no es un tema desconocido; sin embargo, en el sistema del transporte terrestre si lo es, ya que no se han realizado estudios previos sobre las líneas de espera en este campo, y es por ello que en esta investigación se aplicó la investigación exploratoria, encargada del estudio de problemas del comportamiento humano y del entorno para brindar inicialmente una visión general de esta realidad.

Investigación Descriptiva.- Partiendo de la premisa que, “describir es medir”, propiedades relevantes en personas, comunidades o cualquier fenómeno a investigar; en esta investigación se han seleccionado parámetros que se han medido independientemente precisamente para describirlas.

### **Población y muestra**

Según (Análisis de líneas de espera a través de teoría de colas y simulación, 2010), se puede pensar que el método más adecuado para recoger datos al analizar un sistema es establecer una plantilla y recoger los datos sobre el sistema cada cierto

tiempo, sin embargo esta fórmula puede arrojar resultados no tan confiables, por cuanto no es el mismo grado de frecuencia e intensidad la venta de boletos, pues difiere de sábados, domingos y feriados, en relación con los otros días de la semana. Para adentrarse en los procedimientos de obtención y análisis de datos, del universo de señoritas despachadoras de tickets a nivel nacional, se tomó a 3 personas que equivale al 10 % de la totalidad de empleados de boletería de la empresa.

De otro lado se toma la muestra con 43 usuarios que equivalen al 2% de pasajeros fieles que utilizan el medio de transporte San Francisco, para trasladarse a diferentes lugares.

Tabla 1: Población

<b>Población</b>	<b>Número de personas</b>
Empleados de boletería	3
Usuarios	43
<b>Total</b>	<b>46</b>

**Fuente:** Cooperativa de transportes San Francisco

**Elaborado por:** Daniela Pacheco

**Diseño del trabajo. (Matriz de operacionalización).**

**Tabla 2:** Operacionalización de la variable independiente: Teoría de colas

Conceptualización	Dimensiones	Indicadores	Interrogantes de la Investigación	Técnicas e instrumentos de investigación.
Es el estudio matemático de las líneas de espera o colas dentro de una red de comunicaciones. Su objetivo principal es el análisis de varios procesos, tales como la llegada de los datos al final de la cola, la espera en la cola, entre otros.	Líneas de espera	Llegada de los clientes La capacidad de la cola La disciplina de la cola Tiempos de servicio Cantidad de servidores	¿Existen momentos en que se acumulen personas en ventanilla?	Técnica: Observación Instrumento: Toma de tiempos
	Procesos	Tiempo de ciclo del proceso Rendimiento del proceso Eficiencia del proceso	¿Cuáles son los cuellos de botella en la atención a usuarios de una ventanilla?	Técnica: Observación Instrumento: Simulación

**Fuente:** Cooperativa de transportes San Francisco

**Elaborado por:** Daniela Pacheco

**Tabla 3:** Operacionalización de la variable dependiente: Tiempo de espera

Conceptualización	Dimensiones	Indicadores	Interrogantes de la Investigación	Técnicas e instrumentos de investigación
<p>El tiempo de espera tiene lugar en la teoría de la decisión, en la cual una regla de espera se caracteriza como un mecanismo que sirve para decidir si continuar o detener un proceso sobre la base de la posición presente y de eventos pasados, y que casi seguramente conduce a una decisión para detener en algún momento de tiempo.</p>	<p>Teoría de la decisión</p> <p>Eventos</p>	<p>Afirmativas</p> <p>Negativas</p> <p>Incertidumbre</p> <p>Probabilidad</p> <p>Sucesos</p> <p>Escenario</p>	<p>¿Cuál es el tiempo de espera aproximado de un usuario en ventanilla?</p> <p>¿Se puede tener certeza de que se un usuario va a ser atendido inmediatamente de haber llegado a ventanilla?</p>	<p>Técnica: Observación.</p> <p>Instrumento: Reporte diario de ventanilla</p> <p>Técnica: Observación</p> <p>Instrumento: Reportes de usuarios atendidos</p>

**Fuente:** Cooperativa de transportes San Francisco

**Elaborado por:** Daniela Pacheco

## Plan de recolección de la información

Para recolectar la información para la investigación se siguieron los siguientes pasos:

- Definición de los sujetos: Personas u objetos que van a ser investigados
- Selección de las técnicas a emplearse en el proceso de recolección de la información:

**Tabla 4:** Plan de Recolección de Información

Preguntas Básicas	Explicación
1. ¿Para qué?	Para alcanzar los objetivos de investigación
2. ¿De qué persona u objetos?	Usuarios de la Cooperativa de transportes
3. ¿Sobre qué aspectos?	Tiempos de espera en la cola
4. ¿Quiénes?	Investigador (Daniela Pacheco)
5. ¿Cuándo?	Octubre – diciembre 2016
6. ¿Dónde?	Cooperativa de Transporte Interprovincial Touris San Francisco oficina principal
7. ¿Cuántas veces?	Las que sean necesarias para sustentar los objetivos de la Investigación
8. ¿De qué técnicas?	Entrevista, observación
9. ¿Con qué?	Simulación, toma de tiempos, reportes
10. ¿En qué situación?	En proceso normal de servicio al usuario

**Fuente:** Cooperativa de transportes San Francisco

**Elaborado por:** Daniela Pacheco

Se investigó y se recabo información tanto de las fuentes de información primarias como secundarias.

### **Fuentes de información primarias**

Se aplicó la técnica de observación y entrevista con instrumentos tales como: toma de tiempos

### **Fuentes de información secundarias**

Se aplicó investigación bibliográfica documental de los diferentes documentos, libros, folletos, manuales, revistas, que contengan información con respecto al tema investigado.

### **Recopilación de información**

Los datos recogidos (datos en bruto) se transforman siguiendo ciertos procedimientos:

- Revisión crítica de la información recogida, es decir limpieza de la información defectuosa: Contradictoria, incompleta, no pertinente, etc.
- Recepción de la recolección, de ciertos casos individuales, para corregir fallas de constelación.
- Tabulación o cuadros según las variables de investigación: cuadros de una sola variable, cuadro con cruce de variables, etc.
- Manejo de información (reajuste de cuadros con casillas vacías o datos tan reducidos cuantitativamente, que no influyen significativamente en los análisis).
- Estudio estadístico de los datos para presentación de resultados.

## **Hipótesis**

La teoría de colas incide en el tiempo de espera, durante la venta de tickets de la oficina principal de la Cooperativa de Transporte Interprovincial Touris San Francisco Oriental.

**H<sub>0</sub>** = La teoría de colas no incide en el tiempo de espera, durante la venta de tickets de la oficina principal de la Cooperativa de Transporte Interprovincial Touris San Francisco Oriental.

**H<sub>1</sub>** = La teoría de colas si incide en el tiempo de espera, durante la venta de tickets de la oficina principal de la Cooperativa de Transporte Interprovincial Touris San Francisco Oriental.

## **Señalamiento de Variables**

### **Variable Independiente**

Teoría de colas

### **Variable Dependiente**

Tiempos de espera

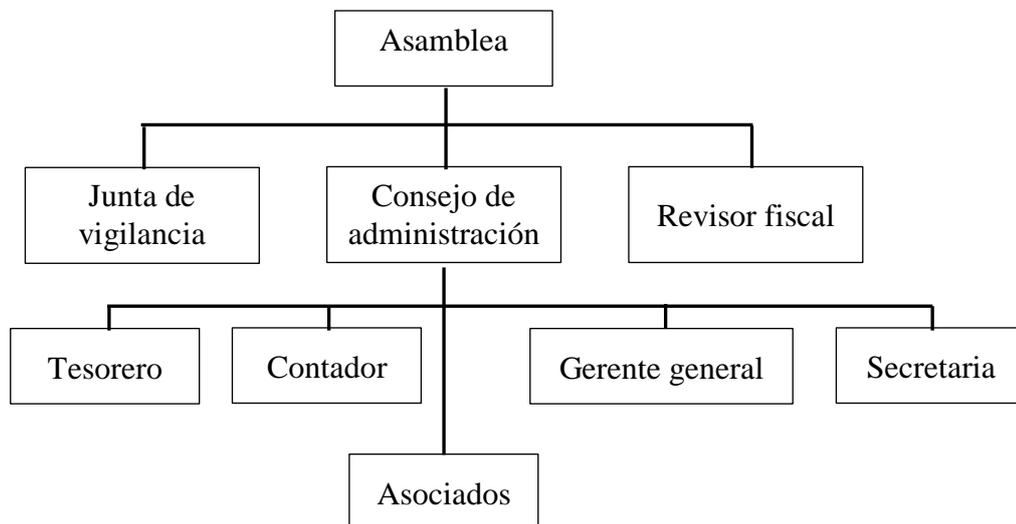
### CAPÍTULO III

## DESARROLLO DE LA INVESTIGACIÓN

#### Situación actual

La oficina principal de la Cooperativa de Transporte Interprovincial Touris San Francisco Oriental, se encuentra ubicado en la ciudad del Puyo, teniendo al momento 23 frecuencias diarias, las mismas que se las puede observar en el Anexo 3.

En cuanto a la organización estructural de la cooperativa se la puede evidenciar en la figura 2.



**Figura 2:** Organigrama actual Cooperativa de transportes San Francisco  
**Elaborado por:** Daniela Pacheco

Para poder realizar el estudio de la teoría de colas y su incidencia en el tiempo de espera, durante la venta de tickets de la oficina principal de la Cooperativa de

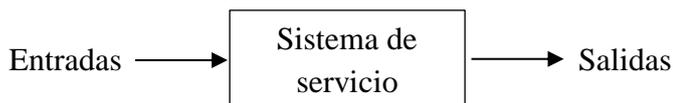
Transporte Interprovincial Touris San Francisco Oriental; es necesario revisar ciertos criterios fundamentales para de esta manera realizar la simulación correspondiente.

### Usos de los modelos de la teoría de colas

Los modelos relacionan

- La llegada de los clientes,
- Las características de procesamiento del sistema de servicio
- Características de las salidas del sistema

### Proceso

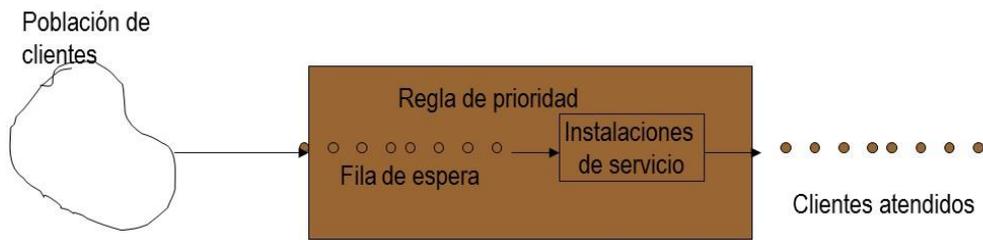


**Figura 3:** Sistema de servicio  
**Fuente:** (Buitrón, 2012)

### Estructura de los modelos

Los modelos contemplan los siguientes elementos

1. Población de clientes: sitio donde se generan los potenciales clientes
2. Filas de espera: formadas por los clientes
3. Instalación del servicio: formado por personas, máquinas, o una combinación para proveer el servicio ( diseño y distribución estadística)
4. Reglas de prioridad: para seleccionar el cliente a atenderse
5. Disciplina de la cola:



**Figura 4:** Modelo de colas  
**Fuente:** (Buitrón, 2012)

### Terminología de las líneas de espera

- **Cola:** línea de espera.
- **Llegada:** una persona, máquina, pieza, etc. que llega y demanda un servicio.
- **Disciplina de cola:** reglas para determinar el orden en el que las llegadas reciben el servicio.
- **Canal:** número de líneas de espera.
- **Fase:** número de pasos a seguir en el servicio.

### Características de las líneas de espera



**Figura 5:** Característica líneas de espera  
**Fuente:** (Buitrón, 2012)

### Características de la llegada

- Distribución de la llegada:
  - ◆ Poisson
  - ◆ Otras
- Patrón de las llegadas:
  - ◆ Aleatoria
  - ◆ Secuencia conocida
- Tamaño de la población:

- ◆ Finita (limitada)
- ◆ Infinita (ilimitada)
- Comportamiento de las llegadas:
  - ◆ Ponerse a la cola y esperar a ser servido
  - ◆ Se niegan a colocarse en la cola
  - ◆ Reniegan, abandonan la cola

### **Características de la línea de espera**

- Tamaño de la cola:
  - ◆ Limitado (finita)
  - ◆ Ilimitado (infinita)
- Prioridad del servicio:
  - ◆ FIFO(FCFS)
  - ◆ SPT(Shortest Processing Time)
  - ◆ EDD (Earliest Due Date)
  - ◆ Regla prioritaria
  - ◆ Otros

### **Características de la población**

- Tamaño de la población:
  - ◆ Finita: cuando el número de clientes presentes es una fracción considerable de la población
    - ◆ Ejemplos: automóviles que llegan al centro de lavado
  - ◆ Infinita: cuando el número de clientes presentes es una fracción pequeña de la población
    - ◆ Ejemplo: máquinas que están esperando para reparación
- Comportamiento de las llegadas:
  - ◆ Cliente paciente: cuando ingresa al sistema y espera ser atendido

- ◆ Cliente impaciente: cuando decide no entrar al sistema o sale de él sin ser atendido
- Patrón de llegadas: clientes llegan al sistema.
  - ◆ Según programa (15 clientes cada hora)
  - ◆ Aleatoriamente: con llegadas independientes uno de otro

Características del dispositivo o sistema del servicio

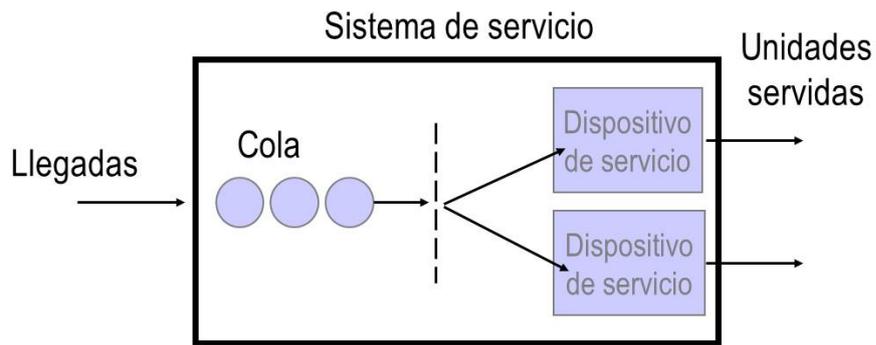
- Número de canales o filas:
  - ◆ Único
  - ◆ Múltiple
- Número de fases en el sistema de servicio:
  - ◆ Único de un solo canal
  - ◆ Único y múltiples canales
  - ◆ Múltiple y un solo canal
  - ◆ Múltiple y múltiples canales

### **Reglas de prioridad**

Determinan a qué cliente se debe atender a continuación

- **FCFS, FIFO:** “a quien llega primero, se le atiende primero”
- **EDD:** concede la preferencia al cliente que tenga la fecha prometida más próxima (Earliest Due Date)
- **SPT:** se atiende al cliente que corresponda el tiempo de procesamiento más corto (Shortest processing time)

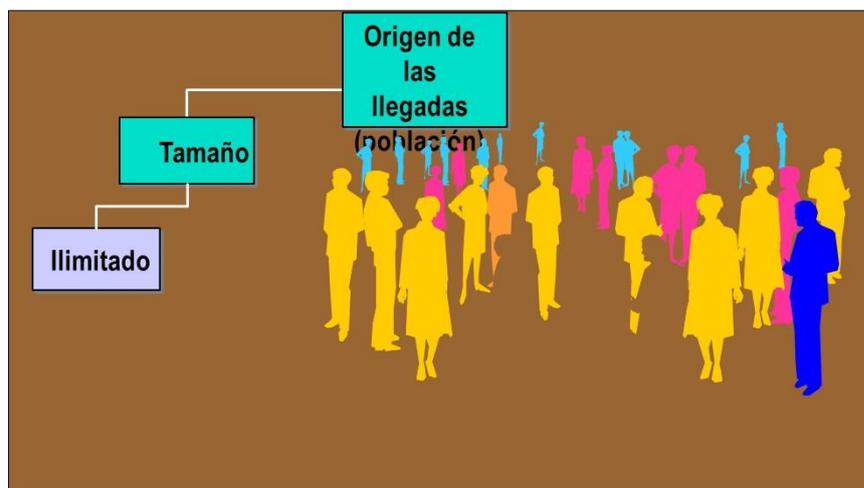
En el caso de la Cooperativa de transportes San Francisco se aplica el sistema multicanal, una fase.



**Figura 6:** Sistema multicanal, una fase  
**Fuente:** (Cooperativa de Transportes San Fco, 2016)

### Distribuciones de probabilidad

Las llegadas al sistema son aleatorias con tiempos de servicio variables, se usan para describir las llegadas mediante distribuciones de probabilidad



**Figura 7:** Distribuciones de probabilidad  
**Fuente:** (Fuentes, 2013)

### Características del modelo de colas básico

- Las llegadas se sirven con disciplina primero llegado, primero servido.
- Las llegadas son independientes de las llegadas anteriores.
- Los patrones de llegada se describen mediante una distribución de probabilidad de Poisson. Los clientes provienen de una población muy grande.

- Los tiempos de servicio varían de un cliente a otro y son independientes entre sí, pero se conoce el tiempo de servicio medio.
- Los tiempos de servicio siguen una distribución de probabilidad exponencial negativa.
- El ritmo de servicio es mayor que el de llegadas.

### **Tipos de modelos de colas**

- Simple (M/M/1): modelo con un solo servidor
  - ◆ Ejemplo: ventanilla de información en unos almacenes.
- Multicanal (M/M/S): modelo de canales múltiples
  - ◆ Ejemplo: mostrador de venta de billetes de una línea aérea.
- Servicio constante (M/D/1)
  - ◆ Ejemplo: túnel de lavado de coches.
- Población limitada
  - ◆ Ejemplo: departamento que tiene sólo 7 taladradoras.

### **Características del modelo simple M/M/1**

- Modelo: sistema de un canal, una fase.
- Origen de la llegada: ilimitado, no rehúsa, no reniega.
- Distribución de llegada: Poisson.
- Cola: ilimitada, una sola cola.
- Disciplina de cola: FIFO (FCFS).
- Distribución del servicio: exponencial negativa.
- Relación: servicio y llegada independientes.
- Ritmo de servicio: ritmo de llegada

### **Ecuaciones del modelo simple (M/M/1)**

Número medio de unidades en cola:  $L_s = \frac{\lambda}{\mu - \lambda}$

$\lambda$  = Velocidad de arribo (clientes que llegan por unidad de tiempo)

$\mu$  = Velocidad de servicio

Tiempo medio en el sistema:  $W_s = \frac{1}{\mu - \lambda}$

$\lambda$  = Velocidad de arribo (clientes que llegan por unidad de tiempo)

$\mu$  = Velocidad de servicio

Número medio de unidades en cola:  $L_q = \frac{\lambda^2}{\mu(\mu - \lambda)}$

$\lambda$  = Velocidad de arribo (clientes que llegan por unidad de tiempo)

$\mu$  = Velocidad de servicio

Tiempo medio en cola:  $W_q = \frac{\lambda}{\mu(\mu - \lambda)}$

$\lambda$  = Velocidad de arribo (clientes que llegan por unidad de tiempo)

$\mu$  = Velocidad de servicio

Utilización del sistema:  $\rho = \frac{\lambda}{\mu}$

$\lambda$  = Velocidad de arribo (clientes que llegan por unidad de tiempo)

$\mu$  = Velocidad de servicio

Con estos antecedentes, se procedió a la toma de datos tomando para ello 43 muestras en donde se puede observar en la tabla 4 adjunta los valores necesarios para aplicar el modelo de teoría de colas. Cabe indicar que la muestra se la tomó en la semana de mayor demanda del lunes 10 al sábado 15 de octubre del 2016.

A la oficina principal de la Cooperativa de Transporte Interprovincial Touris San Francisco Oriental arriban en promedio 43 personas/hora, en la hora de máxima demanda, se estima que los clientes en promedio, ocupan un lugar en la cola de la ventanilla durante 5.0 minutos. Se supone que si un cliente al llegar observa que la ventanilla está llena y hay cinco persona esperando un lugar se marcha, esto es, la

cola está limitada a  $K = s + 5$  lugares, si un cliente al arribar no encuentra lugar se marcha, con estos datos determinar el porcentaje de clientes que se pierden si: el valor de  $s = 6$ .

**Tabla 5:** Muestreo de datos lunes 10 de octubre 2016

LUNES								
MUESTRA	HORA DE LLEGADA	TIEMPO DE ESPERA EN LA COLA	INICIO DE ATENCIÓN	TIEMPO DE ATENCIÓN	FIN DE ATENCIÓN	INTERVALO ENTRE CLIENTES	TIEMPO TOTAL	SERVIDORES
1	14:02	0:12	14:14	0:03	14:06		0:04	1
2	14:05	0:01	14:06	0:02	14:12	0:03	0:07	1
3	14:08	0:04	14:12	0:03	14:17	0:03	0:09	1
4	14:12	0:05	14:17	0:03	14:20	0:04	0:08	1
5	14:16	0:04	14:20	0:03	14:22	0:04	0:06	1
6	14:18	0:04	14:22	0:03	14:24	0:02	0:06	1
7	14:19	0:05	14:24	0:03	14:26	0:01	0:07	1
8	14:22	0:04	14:26	0:03	14:27	0:03	0:05	1
9	14:23	0:04	14:27	0:03	14:30	0:01	0:07	1
10	14:24	0:06	14:30	0:03	14:31	0:01	0:07	1
11	14:24	0:07	14:31	0:03	14:32	0:00	0:08	1
12	14:25	0:07	14:32	0:03	14:34	0:01	0:09	1
13	14:26	0:08	14:34	0:03	14:35	0:01	0:09	1
14	14:27	0:08	14:35	0:03	14:36	0:01	0:09	1
15	14:29	0:07	14:36	0:03	14:38	0:02	0:09	1
16	14:32	0:06	14:38	0:03	14:39	0:03	0:07	1
17	14:33	0:06	14:39	0:03	14:42	0:01	0:09	1
18	14:34	0:08	14:42	0:03	14:44	0:01	0:10	1
19	14:35	0:09	14:44	0:03	14:45	0:01	0:10	1
20	14:36	0:09	14:45	0:03	14:46	0:01	0:10	1
21	14:37	0:09	14:46	0:03	14:48	0:01	0:11	1
22	14:39	0:09	14:48	0:03	14:51	0:02	0:12	1
23	14:40	0:11	14:51	0:03	14:53	0:01	0:13	1
24	14:41	0:12	14:53	0:03	14:55	0:01	0:14	1
25	14:42	0:13	14:55	0:03	14:58	0:01	0:16	1
26	14:42	0:16	14:58	0:03	14:57	0:00	0:15	1
27	14:43	0:14	14:57	0:03	14:58	0:01	0:15	1
28	14:45	0:13	14:58	0:03	15:01	0:02	0:16	1
29	14:46	0:15	15:01	0:03	15:04	0:01	0:18	1
30	14:48	0:16	15:04	0:03	15:07	0:02	0:19	1
31	14:50	0:17	15:07	0:03	15:10	0:02	0:20	1
32	14:51	0:19	15:10	0:03	15:13	0:01	0:22	1
33	14:52	0:21	15:13	0:03	15:16	0:01	0:24	1
34	14:53	0:23	15:16	0:03	15:19	0:01	0:26	1
35	14:53	0:26	15:19	0:03	15:22	0:00	0:29	1
36	14:54	0:28	15:22	0:03	15:25	0:01	0:31	1
37	14:55	0:30	15:25	0:03	15:28	0:01	0:33	1
38	14:56	0:32	15:28	0:03	15:31	0:01	0:35	1
39	14:57	0:34	15:31	0:03	15:34	0:01	0:37	1
40	14:58	0:36	15:34	0:03	15:37	0:01	0:39	1
41	14:58	0:39	15:37	0:03	15:40	0:00	0:42	1
42	14:59	0:41	15:40	0:05	15:45	0:01	0:46	1
43	15:00	0:45	15:45	0:05	15:50	0:01	0:50	1

**Fuente:** Cooperativa de transportes San Francisco

**Elaborado por:** Daniela Pacheco

**Tabla 6:** Muestreo de datos martes 11 de octubre 2016

MARTES								
MUESTRA	HORA DE LLEGADA	TIEMPO DE ESPERA EN LA COLA	INICIO DE ATENCIÓN	TIEMPO DE ATENCIÓN	FIN DE ATENCIÓN	INTERVALO ENTRE CLIENTES	TIEMPO TOTAL	SERVIDORES
1	14:02	0:12	14:14	0:04	14:14		0:12	1
2	14:07	0:07	14:14	0:02	14:15	0:05	0:08	1
3	14:10	0:05	14:15	0:03	14:17	0:03	0:07	1
4	14:12	0:05	14:17	0:02	14:20	0:02	0:08	1
5	14:18	0:02	14:20	0:04	14:22	0:06	0:04	1
6	14:18	0:04	14:22	0:02	14:24	0:00	0:06	1
7	14:18	0:06	14:24	0:01	14:26	0:00	0:08	1
8	14:25	0:01	14:26	0:03	14:27	0:07	0:02	1
9	14:26	0:01	14:27	0:01	14:30	0:01	0:04	1
10	14:27	0:03	14:30	0:01	14:31	0:01	0:04	1
11	14:28	0:03	14:31	0:02	14:32	0:01	0:04	1
12	14:30	0:02	14:32	0:02	14:34	0:02	0:04	1
13	14:30	0:04	14:34	0:04	14:35	0:00	0:05	1
14	14:31	0:04	14:35	0:04	14:36	0:01	0:05	1
15	14:32	0:04	14:36	0:02	14:38	0:01	0:06	1
16	14:33	0:05	14:38	0:04	14:39	0:01	0:06	1
17	14:33	0:06	14:39	0:03	14:42	0:00	0:09	1
18	14:34	0:08	14:42	0:02	14:44	0:01	0:10	1
19	14:35	0:09	14:44	0:02	14:45	0:01	0:10	1
20	14:36	0:09	14:45	0:02	14:46	0:01	0:10	1
21	14:37	0:09	14:46	0:02	14:48	0:01	0:11	1
22	14:39	0:09	14:48	0:02	14:51	0:02	0:12	1
23	14:40	0:11	14:51	0:02	14:53	0:01	0:13	1
24	14:41	0:12	14:53	0:02	14:54	0:01	0:13	1
25	14:43	0:11	14:54	0:02	14:56	0:02	0:13	1
26	14:44	0:12	14:56	0:02	14:57	0:01	0:13	1
27	14:45	0:12	14:57	0:02	14:58	0:01	0:13	1
28	14:45	0:13	14:58	0:02	15:00	0:00	0:15	1
29	14:46	0:14	15:00	0:02	15:02	0:01	0:16	1
30	14:48	0:14	15:02	0:02	15:04	0:02	0:16	1
31	14:50	0:14	15:04	0:02	15:06	0:02	0:16	1
32	14:51	0:15	15:06	0:02	15:08	0:01	0:17	1
33	14:52	0:16	15:08	0:02	15:10	0:01	0:18	1
34	14:52	0:18	15:10	0:02	15:12	0:00	0:20	1
35	14:53	0:19	15:12	0:02	15:14	0:01	0:21	1
36	14:54	0:20	15:14	0:02	15:16	0:01	0:22	1
37	14:55	0:21	15:16	0:02	15:18	0:01	0:23	1
38	14:56	0:22	15:18	0:02	15:20	0:01	0:24	1
39	14:57	0:23	15:20	0:02	15:22	0:01	0:25	1
40	14:58	0:24	15:22	0:02	15:24	0:01	0:26	1
41	14:58	0:26	15:24	0:02	15:26	0:00	0:28	1
42	14:59	0:27	15:26	0:02	15:28	0:01	0:29	1
43	15:00	0:28	15:28	0:02	15:30	0:01	0:30	1

**Fuente:** Cooperativa de transportes San Francisco

**Elaborado por:** Daniela Pacheco

**Tabla 7:** Muestreo de datos miércoles 12 de octubre 2016

MIÉRCOLES								
MUESTRA	HORA DE LLEGADA	TIEMPO DE ESPERA EN LA COLA	INICIO DE ATENCIÓN	TIEMPO DE ATENCIÓN	FIN DE ATENCIÓN	INTERVALO ENTRE CLIENTES	TIEMPO TOTAL	SERVIDORES
1	14:02	0:12	14:14	0:04	14:14		0:12	1
2	14:07	0:07	14:14	0:04	14:15	0:05	0:08	1
3	14:10	0:05	14:15	0:04	14:17	0:03	0:07	1
4	14:12	0:05	14:17	0:04	14:20	0:02	0:08	1
5	14:18	0:02	14:20	0:04	14:22	0:06	0:04	1
6	14:18	0:04	14:22	0:04	14:24	0:00	0:06	1
7	14:18	0:06	14:24	0:04	14:26	0:00	0:08	1
8	14:25	0:01	14:26	0:04	14:27	0:07	0:02	1
9	14:26	0:01	14:27	0:04	14:30	0:01	0:04	1
10	14:27	0:03	14:30	0:04	14:31	0:01	0:04	1
11	14:28	0:03	14:31	0:04	14:32	0:01	0:04	1
12	14:30	0:02	14:32	0:04	14:34	0:02	0:04	1
13	14:30	0:04	14:34	0:04	14:35	0:00	0:05	1
14	14:31	0:04	14:35	0:04	14:36	0:01	0:05	1
15	14:32	0:04	14:36	0:04	14:38	0:01	0:06	1
16	14:33	0:05	14:38	0:04	14:39	0:01	0:06	1
17	14:33	0:06	14:39	0:04	14:42	0:00	0:09	1
18	14:34	0:08	14:42	0:04	14:44	0:01	0:10	1
19	14:35	0:09	14:44	0:04	14:45	0:01	0:10	1
20	14:36	0:09	14:45	0:04	14:46	0:01	0:10	1
21	14:37	0:09	14:46	0:04	14:48	0:01	0:11	1
22	14:39	0:09	14:48	0:03	14:51	0:02	0:12	1
23	14:40	0:11	14:51	0:02	14:53	0:01	0:13	1
24	14:41	0:12	14:53	0:04	14:54	0:01	0:13	1
25	14:43	0:11	14:54	0:04	14:56	0:02	0:13	1
26	14:44	0:12	14:56	0:04	14:57	0:01	0:13	1
27	14:45	0:12	14:57	0:04	14:58	0:01	0:13	1
28	14:45	0:13	14:58	0:04	15:02	0:00	0:17	1
29	14:46	0:16	15:02	0:04	15:06	0:01	0:20	1
30	14:48	0:18	15:06	0:04	15:10	0:02	0:22	1
31	14:50	0:20	15:10	0:04	15:14	0:02	0:24	1
32	14:51	0:23	15:14	0:04	15:18	0:01	0:27	1
33	14:52	0:26	15:18	0:04	15:22	0:01	0:30	1
34	14:52	0:30	15:22	0:04	15:26	0:00	0:34	1
35	14:53	0:33	15:26	0:04	15:30	0:01	0:37	1
36	14:54	0:36	15:30	0:04	15:34	0:01	0:40	1
37	14:55	0:39	15:34	0:04	15:38	0:01	0:43	1
38	14:56	0:42	15:38	0:04	15:42	0:01	0:46	1
39	14:57	0:45	15:42	0:04	15:46	0:01	0:49	1
40	14:58	0:48	15:46	0:04	15:50	0:01	0:52	1
41	14:58	0:52	15:50	0:04	15:54	0:00	0:56	1
42	14:59	0:55	15:54	0:05	15:59	0:01	1:00	1
43	15:00	0:59	15:59	0:05	16:04	0:01	1:04	1

**Fuente:** Cooperativa de transportes San Francisco

**Elaborado por:** Daniela Pacheco

**Tabla 8:** Muestreo de datos jueves 13 de octubre 2016

JUEVES								
MUESTRA	HORA DE LLEGADA	TIEMPO DE ESPERA EN LA COLA	INICIO DE ATENCIÓN	TIEMPO DE ATENCIÓN	FIN DE ATENCIÓN	INTERVALO ENTRE CLIENTES	TIEMPO TOTAL	SERVIDORES
1	14:02	0:12	14:14	0:05	14:14		0:12	1
2	14:07	0:07	14:14	0:05	14:15	0:05	0:08	1
3	14:10	0:05	14:15	0:05	14:17	0:03	0:07	1
4	14:12	0:05	14:17	0:05	14:20	0:02	0:08	1
5	14:18	0:02	14:20	0:05	14:22	0:06	0:04	1
6	14:18	0:04	14:22	0:05	14:24	0:00	0:06	1
7	14:18	0:06	14:24	0:05	14:26	0:00	0:08	1
8	14:25	0:01	14:26	0:05	14:27	0:07	0:02	1
9	14:26	0:01	14:27	0:05	14:30	0:01	0:04	1
10	14:27	0:03	14:30	0:05	14:31	0:01	0:04	1
11	14:28	0:03	14:31	0:05	14:32	0:01	0:04	1
12	14:30	0:02	14:32	0:05	14:34	0:02	0:04	1
13	14:30	0:04	14:34	0:05	14:35	0:00	0:05	1
14	14:31	0:04	14:35	0:05	14:36	0:01	0:05	1
15	14:32	0:04	14:36	0:05	14:38	0:01	0:06	1
16	14:33	0:05	14:38	0:05	14:39	0:01	0:06	1
17	14:33	0:06	14:39	0:05	14:42	0:00	0:09	1
18	14:34	0:08	14:42	0:05	14:44	0:01	0:10	1
19	14:35	0:09	14:44	0:05	14:45	0:01	0:10	1
20	14:36	0:09	14:45	0:05	14:46	0:01	0:10	1
21	14:37	0:09	14:46	0:05	14:48	0:01	0:11	1
22	14:39	0:09	14:48	0:05	14:51	0:02	0:12	1
23	14:40	0:11	14:51	0:05	14:53	0:01	0:13	1
24	14:41	0:12	14:53	0:05	14:54	0:01	0:13	1
25	14:43	0:11	14:54	0:05	14:56	0:02	0:13	1
26	14:44	0:12	14:56	0:05	14:57	0:01	0:13	1
27	14:45	0:12	14:57	0:05	14:58	0:01	0:13	1
28	14:45	0:13	14:58	0:05	15:03	0:00	0:18	1
29	14:46	0:17	15:03	0:05	15:08	0:01	0:22	1
30	14:48	0:20	15:08	0:05	15:13	0:02	0:25	1
31	14:50	0:23	15:13	0:05	15:18	0:02	0:28	1
32	14:51	0:27	15:18	0:05	15:23	0:01	0:32	1
33	14:52	0:31	15:23	0:05	15:28	0:01	0:36	1
34	14:52	0:36	15:28	0:06	15:34	0:00	0:42	1
35	14:53	0:41	15:34	0:04	15:38	0:01	0:45	1
36	14:54	0:44	15:38	0:04	15:42	0:01	0:48	1
37	14:55	0:47	15:42	0:04	15:46	0:01	0:51	1
38	14:56	0:50	15:46	0:04	15:50	0:01	0:54	1
39	14:57	0:53	15:50	0:04	15:54	0:01	0:57	1
40	14:58	0:56	15:54	0:06	16:00	0:01	1:02	1
41	14:58	1:02	16:00	0:05	16:05	0:00	1:07	1
42	14:59	1:06	16:05	0:05	16:10	0:01	1:11	1
43	15:00	1:10	16:10	0:05	16:15	0:01	1:15	1

**Fuente:** Cooperativa de transportes San Francisco

**Elaborado por:** Daniela Pacheco

**Tabla 9:** Muestreo de datos viernes 14 de octubre 2016

VIERNES								
MUESTRA	HORA DE LLEGADA	TIEMPO DE ESPERA EN LA COLA	INICIO DE ATENCIÓN	TIEMPO DE ATENCIÓN	FIN DE ATENCIÓN	INTERVALO ENTRE CLIENTES	TIEMPO TOTAL	SERVIDORES
1	14:02	0:12	14:14	0:03	14:14		0:12	1
2	14:07	0:07	14:14	0:03	14:15	0:05	0:08	1
3	14:10	0:05	14:15	0:03	14:17	0:03	0:07	1
4	14:12	0:05	14:17	0:02	14:20	0:02	0:08	1
5	14:18	0:02	14:20	0:04	14:22	0:06	0:04	1
6	14:18	0:04	14:22	0:02	14:24	0:00	0:06	1
7	14:18	0:06	14:24	0:01	14:26	0:00	0:08	1
8	14:25	0:01	14:26	0:03	14:27	0:07	0:02	1
9	14:26	0:01	14:27	0:03	14:30	0:01	0:04	1
10	14:27	0:03	14:30	0:03	14:31	0:01	0:04	1
11	14:28	0:03	14:31	0:02	14:32	0:01	0:04	1
12	14:30	0:02	14:32	0:02	14:34	0:02	0:04	1
13	14:30	0:04	14:34	0:03	14:35	0:00	0:05	1
14	14:31	0:04	14:35	0:03	14:36	0:01	0:05	1
15	14:32	0:04	14:36	0:03	14:38	0:01	0:06	1
16	14:33	0:05	14:38	0:03	14:39	0:01	0:06	1
17	14:33	0:06	14:39	0:03	14:42	0:00	0:09	1
18	14:34	0:08	14:42	0:02	14:44	0:01	0:10	1
19	14:35	0:09	14:44	0:03	14:45	0:01	0:10	1
20	14:36	0:09	14:45	0:03	14:46	0:01	0:10	1
21	14:37	0:09	14:46	0:03	14:48	0:01	0:11	1
22	14:39	0:09	14:48	0:03	14:51	0:02	0:12	1
23	14:40	0:11	14:51	0:02	14:53	0:01	0:13	1
24	14:41	0:12	14:53	0:04	14:54	0:01	0:13	1
25	14:43	0:11	14:54	0:04	14:56	0:02	0:13	1
26	14:44	0:12	14:56	0:03	14:57	0:01	0:13	1
27	14:45	0:12	14:57	0:03	14:58	0:01	0:13	1
28	14:45	0:13	14:58	0:03	15:01	0:00	0:16	1
29	14:46	0:15	15:01	0:03	15:04	0:01	0:18	1
30	14:48	0:16	15:04	0:03	15:07	0:02	0:19	1
31	14:50	0:17	15:07	0:03	15:10	0:02	0:20	1
32	14:51	0:19	15:10	0:03	15:13	0:01	0:22	1
33	14:52	0:21	15:13	0:03	15:16	0:01	0:24	1
34	14:52	0:24	15:16	0:03	15:19	0:00	0:27	1
35	14:53	0:26	15:19	0:03	15:22	0:01	0:29	1
36	14:54	0:28	15:22	0:03	15:25	0:01	0:31	1
37	14:55	0:30	15:25	0:03	15:28	0:01	0:33	1
38	14:56	0:32	15:28	0:03	15:31	0:01	0:35	1
39	14:57	0:34	15:31	0:03	15:34	0:01	0:37	1
40	14:58	0:36	15:34	0:03	15:37	0:01	0:39	1
41	14:58	0:39	15:37	0:03	15:40	0:00	0:42	1
42	14:59	0:41	15:40	0:05	15:45	0:01	0:46	1
43	15:00	0:45	15:45	0:05	15:50	0:01	0:50	1

**Fuente:** Cooperativa de transportes San Francisco

**Elaborado por:** Daniela Pacheco

**Tabla 10:** Muestreo de datos sábado 15 de octubre 2016

SÁBADO								
MUESTRA	HORA DE LLEGADA	TIEMPO DE ESPERA EN LA COLA	INICIO DE ATENCIÓN	TIEMPO DE ATENCIÓN	FIN DE ATENCIÓN	INTERVALO ENTRE CLIENTES	TIEMPO TOTAL	SERVIDORES
1	14:02	0:12	14:14	0:06	14:14		0:12	1
2	14:07	0:07	14:14	0:06	14:15	0:05	0:08	1
3	14:10	0:05	14:15	0:06	14:17	0:03	0:07	1
4	14:12	0:05	14:17	0:06	14:20	0:02	0:08	1
5	14:18	0:02	14:20	0:06	14:22	0:06	0:04	1
6	14:18	0:04	14:22	0:06	14:24	0:00	0:06	1
7	14:18	0:06	14:24	0:06	14:26	0:00	0:08	1
8	14:25	0:01	14:26	0:06	14:27	0:07	0:02	1
9	14:26	0:01	14:27	0:06	14:30	0:01	0:04	1
10	14:27	0:03	14:30	0:06	14:31	0:01	0:04	1
11	14:28	0:03	14:31	0:06	14:32	0:01	0:04	1
12	14:30	0:02	14:32	0:06	14:34	0:02	0:04	1
13	14:30	0:04	14:34	0:06	14:35	0:00	0:05	1
14	14:31	0:04	14:35	0:06	14:36	0:01	0:05	1
15	14:32	0:04	14:36	0:06	14:38	0:01	0:06	1
16	14:33	0:05	14:38	0:06	14:39	0:01	0:06	1
17	14:33	0:06	14:39	0:06	14:42	0:00	0:09	1
18	14:34	0:08	14:42	0:07	14:44	0:01	0:10	1
19	14:35	0:09	14:44	0:05	14:45	0:01	0:10	1
20	14:36	0:09	14:45	0:04	14:46	0:01	0:10	1
21	14:37	0:09	14:46	0:06	14:48	0:01	0:11	1
22	14:39	0:09	14:48	0:05	14:51	0:02	0:12	1
23	14:40	0:11	14:51	0:06	14:53	0:01	0:13	1
24	14:41	0:12	14:53	0:06	14:54	0:01	0:13	1
25	14:43	0:11	14:54	0:06	14:56	0:02	0:13	1
26	14:44	0:12	14:56	0:06	14:57	0:01	0:13	1
27	14:45	0:12	14:57	0:06	14:58	0:01	0:13	1
28	14:45	0:13	14:58	0:06	15:04	0:00	0:19	1
29	14:46	0:18	15:04	0:06	15:10	0:01	0:24	1
30	14:48	0:22	15:10	0:06	15:16	0:02	0:28	1
31	14:50	0:26	15:16	0:06	15:22	0:02	0:32	1
32	14:51	0:31	15:22	0:06	15:28	0:01	0:37	1
33	14:52	0:36	15:28	0:06	15:34	0:01	0:42	1
34	14:52	0:42	15:34	0:06	15:40	0:00	0:48	1
35	14:53	0:47	15:40	0:06	15:46	0:01	0:53	1
36	14:54	0:52	15:46	0:06	15:52	0:01	0:58	1
37	14:55	0:57	15:52	0:06	15:58	0:01	1:03	1
38	14:56	1:02	15:58	0:06	16:04	0:01	1:08	1
39	14:57	1:07	16:04	0:06	16:10	0:01	1:13	1
40	14:58	1:12	16:10	0:07	16:17	0:01	1:19	1
41	14:58	1:19	16:17	0:07	16:24	0:00	1:26	1
42	14:59	1:25	16:24	0:05	16:29	0:01	1:30	1
43	15:00	1:29	16:29	0:05	16:34	0:01	1:34	1

**Fuente:** Cooperativa de transportes San Francisco

**Elaborado por:** Daniela Pacheco

## Datos

Velocidad de arribo:	$\lambda =$	43	
Tiempo de servicio/cliente:	$t\mu =$	3	
Max de clientes en la cola:	$k =$	9	(k lím = 500)
No. de servidores:	$s =$	1	
Factor de tiempo:	$ft =$	60	
Tamaño de la fuente:	$N =$	999999	

- 1)  $\mu = 60/5 = 12.00$
- 2)  $s \text{ mín} = 73/12.00 = 6.08 \rightarrow 7 \text{ servidores}$
- 3)  $\rho = 73/\{(6.00)(12.00)\} = 1.01$
- 4)  $\lambda = 73 (1 - 1.792E-1) = 59.92$
- 5)  $\lambda - \lambda = 73.00 (1 - 1.792E-1) = 13.084$
- 6)  $w = (5.53)(60)/59.9 = 5.54 \text{ min}$
- 7)  $wq = 5.54 - 5.00 = 0.54 \text{ min}$
- 8)  $Lq = 5.53 - (59.9/12.00) = 0.54$

$\lambda =$  velocidad de arribo (clientes que llegan por unidad de tiempo)

$t\mu =$  tiempo de servicio / cliente

$$\lambda = ft/t\mu$$

$\mu =$  velocidad de servicio

$L =$  Longitud promedio de la cola

$$L = \sum_{n=0}^k nP_n$$

$\lambda =$  clientes que no se van

$\lambda - \lambda =$  Clientes perdidos

$Lq =$  Clientes en espera

$k =$  Máx de clientes que no se van (tamaño de la cola, el cliente  $k+1$ , se va)

$\rho =$  rendimiento - % de tiempo que el servidor está ocupado

$\rho =$  rendimiento real

$w =$  tiempo de espera total

$wq =$  tiempo haciendo cola

$ft =$  factor de tiempo (para convertir unidades de  $\mu$ , a las compatibles con  $\lambda$ )

$N =$  tamaño de la fuente (fuente grande {999,999}  $\Leftrightarrow$  fuente "infinita")

$P_k$  = porcentaje de clientes que se quedan

$$\begin{aligned}
 1) \quad \mu &= \frac{ft}{t_\mu} & 2) \quad s_{\min} &> \frac{\lambda}{\mu} & 3) \quad \rho &= \frac{\lambda}{s\mu} & 4) \quad \bar{\lambda} &= \lambda(1 - P_k) \\
 5) \quad \frac{\lambda - \bar{\lambda}}{\lambda} &= P_k & 6) \quad w &= \frac{L}{\lambda}ft & 7) \quad w_q &= w - t_\mu & 8) \quad L_q &= L - \frac{\bar{\lambda}}{\mu} \\
 P_0 &= \frac{1}{1 + C_1 + C_2 + \dots + C_k} & C_n &= \frac{\lambda_0 \lambda_1 \dots \lambda_{k-1}}{\mu_1 \mu_2 \dots \mu_k}
 \end{aligned}$$

Una vez ingresados los datos en el modelo de simulación de (Rodríguez, 2016) de la Facultad de Ingeniería Civil de la Universidad de Sonora, se procede a calcular las posibles combinaciones, permutaciones y probabilidades de que los 43 individuos sean atendidos en la ventanilla de la Cooperativa de transportes San Francisco, tomando en consideración el número de la muestra, velocidad de arribo y velocidad del servicio, dichos resultados se los puede visualizar en la tabla 11 adjunta.

**Tabla 11:** Cálculo de probabilidades

			$\Sigma C_n = 1834,3$	$P_0 = 0,00055$	$8,1352$	
n	$\lambda$	$\mu$	$C_n$	$P_n$	$nP_n$	$\Sigma P$
0	43,0	0	(0)(20,00) = 1,00	(1,00)(0,00) = 0,0005	0,0000	0,0005
1	43,0	20	(1)(20,00) = 2,15	(2,15)(0,00) = 0,0012	0,0012	0,0017
2	43,0	20	(1)(20,00) = 4,62	(4,62)(0,00) = 0,0025	0,0050	0,0042
3	43,0	20	(1)(20,00) = 9,94	(9,94)(0,00) = 0,0054	0,0163	0,0097
4	43,0	20	(1)(20,00) = 21,37	(21,37)(0,00) = 0,0116	0,0466	0,0213
5	43,0	20	(1)(20,00) = 45,94	(45,94)(0,00) = 0,0250	0,1252	0,0463
6	43,0	20	(1)(20,00) = 98,77	(98,77)(0,00) = 0,0538	0,3231	0,1002
7	43,0	20	(1)(20,00) = 212,36	212,36(0,00) = 0,1158	0,8104	0,2160
8	43,0	20	(1)(20,00) = 456,57	456,57(0,00) = 0,2489	1,9912	0,4649
9	43,0	20	(1)(20,00) = 981,63	981,63(0,00) = 0,5351	4,8162	1,0000
10	43,0	20				

Fuente: Simulador (Rodríguez, 2016)

Elaborado por: Daniela Pacheco

$n$  = número de filas

$\lambda$  = número de usuarios

$\mu$  = velocidad del servicio

$C_n$  = Combinación de  $n$  elementos

$$P_0 = \frac{1}{\sum C_n}$$

$P_n$  = Probabilidad de  $n$  elementos

$nP_n$  = número total de permutaciones

Para calcular  $C_n$  se procede a multiplicar el número de individuos (43) por  $1/20$  que se la velocidad del servicio; obteniendo el valor de 2,15 en la fila 1. Ver tabla 11

Para el cálculo de  $P_n$  se procede a multiplicar  $C_n$  (2,15) por  $P_0$  (0,0005), obteniendo un valor de 0,0012 que se puede visualizar en  $P_n$  fila 2 de la tabla 11.

Para el cálculo de  $nP_n$  se procede a multiplicar  $n$  (1) por el valor de  $P_n$  (0,0012), obteniendo un valor de 0,012 como se observa en la fila 1  $nP_n$  tabla 11.

Para encontrar los valores de  $\sum p$ , se procede a multiplicar el valor de  $P_n$  (0,0012) como ejemplo por el valor anterior de  $\sum p$  de la fila 0 (0,0005); obteniendo un valor de 0,0017 como se lo visualiza en la fila 1 de  $\sum p$  tabla 11.

## CAPÍTULO IV

### RESULTADOS Y DISCUSIÓN

#### Interpretación de resultados

En base a las estadísticas llevadas a efecto en el departamento contable de la empresa, se llegó a determinar, que hasta el mes de julio del año 2016, la afluencia de pasajeros que utilizaban las unidades de la Cooperativa san Francisco, cubrían el 95% de la capacidad total de las unidades. Y en base a las ventas promedio de boletos se pudo determinar el porcentaje de ventas en los meses de octubre a diciembre del 2016; los mismos que se visualizan en la tabla 7.

**Tabla 12:** Venta de boletos octubre – diciembre del 2016

MES	VENTA DE BOLETOS
OCTUBRE	85%
NOVIEMBRE	75%
DICIEMBRE	70%

**Fuente:** Cooperativa de transportes San Francisco

**Elaborado por:** Daniela Pacheco

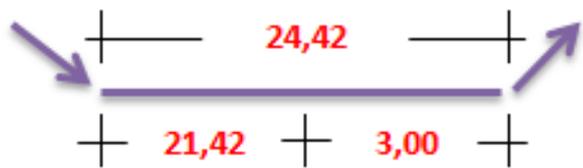
De la tabla 12, se deduce que durante el año 2016, desde el mes de octubre al mes de diciembre de 2016, fue decayendo de manera muy significativa, llegando al mes de diciembre con un decrecimiento en la venta de boletos del 15% en tan solo tres meses, lo que en términos económicos representa una considerable pérdida, que afecta a la productividad de la Empresa de Transporte San Francisco.

Estas estadísticas son un llamado a tomar alternativas y mecanismos, que tienda a recuperar la confianza en los usuarios de la ciudad del Puyo y así recuperar la capacidad operativa de la empresa.

## RESUMEN DE RESULTADOS

velocidad de servicio:	$\mu = 20,00$
no. mínimo de servidores:	$s_{\min} = 3$
rendimiento:	$\rho = 2,1500$
rendimiento real:	$\bar{\rho} = 0,9995$
clientes que llegan:	$\lambda = 43$
clientes que se quedan:	$\bar{\lambda} = 20$
clientes que se van:	$\lambda - \bar{\lambda} = 23$
Longitud de la cola:	$L = 8,14$
Clientes en espera:	$L_q = 7,14$

$w = 24,42$   
 $w_q = 21,42$



Buscar probabilidad:   $P = 0,000545$   
 $5,452E-04$

$\Sigma C_n = 1834,34463$   
 $P_0 = 0,0005452$   
 $P_k = 5,351E-01 \rightarrow 53,51\%$

$P_k$ . Porcentaje de clientes que se van por no ser atendidos a tiempo o que presentan malestar por el tiempo en la atención en la ventanilla es del 53,51%. Dicho valor se deduce de la ecuación  $\frac{\text{clientes que llegan} - \text{clientes que se quedan}}{\text{clientes que llegan}} (100\%)$ . Tomando en consideración el rendimiento real, clientes que llegan, clientes que se quedan, clientes que se van, longitud de la cola, clientes en espera.

De igual manera se realizó el cálculo de tiempo de espera ( $w$ ) y tiempo haciendo cola ( $w_q$ ) que fue de 24,42 y 1,42 minutos respectivamente y se lo puede observar en el resumen de resultados del simulador expuesto en esta página.

De igual forma se procede a realizar un cuadro comparativo entre los tiempos promedios de atención al usuario aplicando el cronometraje en contraste con el simulador.

**Tabla 13:** Contraste tiempos promedio de servicio

Tiempo promedio de servicio		
Días	Cronometraje	Simulador
Lunes	3,00	3,00
Martes	2,00	3,00
Miércoles	4,00	3,00
Jueves	5,00	3,00
Viernes	3,00	3,00
Sábado	6,00	3,00
Total	23,00	18,00

**Fuente:** Cooperativa de transportes San Francisco

**Elaborado por:** Daniela Pacheco

### Contraste con otras investigaciones

Contrastando con investigaciones realizadas sobre teoría de colas y tiempos de espera se pudo determinar que con la implementación del mismo y con el modelo de Simulación se demostró como el sistema conformado por la fila de clientes preferenciales y el oficinista (servidor) asignado, está siendo subutilizado, esto debido a que el porcentaje de utilización es apenas del 65%, quedando un 35% libre, el mismo que puede ser utilizado en favor de otras actividades.

Además de las medidas de desempeño que se hallan tanto con el modelo teórico como con el modelo de simulación, se pueden analizar también otros datos que el modelo arroja. Por ejemplo, al ver los reportes respecto al tiempo promedio que un cliente pasa en el sistema desde que llega a la fila hasta que es atendido en ventanilla, se observa como el 43% de dicho tiempo es asignado a la atención y el porcentaje restante al tiempo de espera por el servicio.

Esto indica claramente, que el tiempo ocioso en ventanilla no es por su rapidez en la atención, sino, por el tiempo entre llegadas que se presenta actualmente, esto quiere decir, que si este tiempo entre llegadas de clientes que son preferenciales se

volviera más corto, se presentaría rápidamente un crecimiento significativo en el número de personas en la fila originando un problema serio para la administración en lo que respecta a la satisfacción de los clientes importantes.

Con lo expuesto se puede confirmar una vez más la importancia de la implementación de modelos de simulación, ya que los mismos permiten profundizar mucho más en el comportamiento del sistema ensayado.

### **Verificación de hipótesis**

Para la comprobación de hipótesis en base al tipo de datos existente, se aplicó el estadígrafo T-Student; el cual se detalla a continuación.

#### **a) Modelo Lógico**

**H<sub>0</sub>** = La teoría de colas no incide en el tiempo de espera, durante la venta de tickets de la oficina principal de la Cooperativa de Transporte Interprovincial Touris San Francisco Oriental.

**H<sub>1</sub>** = La teoría de colas si incide en el tiempo de espera, durante la venta de tickets de la oficina principal de la Cooperativa de Transporte Interprovincial Touris San Francisco Oriental.

#### **b) Modelo Matemático**

H<sub>0</sub>:  $\mu_1 = \mu_2$

H<sub>1</sub>:  $\mu_1 \neq \mu_2$

#### **c) Nivel de significancia**

$\alpha = 0.10$

d) **Cálculo de las desviaciones estándar y de las medias de las muestras**

Se ha tomado en consideración la simulación de la teoría de colas en diferentes escenarios para poder realizar la verificación de la hipótesis.

Los datos para la tabla 14 fueron tomados de las tablas 5 a la 10 calculando el tiempo promedio de atención al usuario.

**Tabla 14:** Tiempo promedio de servicio

Tiempo promedio de servicio		
Días	X <sub>1</sub>	X <sub>1</sub> <sup>2</sup>
Lunes	3,00	9,00
Martes	2,00	4,00
Miércoles	4,00	16,00
Jueves	5,00	25,00
Viernes	3,00	9,00
Sábado	6,00	36,00
Total	23,00	99,00

**Elaborado por:** Daniela Pacheco

Para el cálculo del porcentaje promedio de usuarios que se van de la cola se lo realizó con el simulador obteniendo los datos que se resumen en la tabla 15.

**Tabla 15:** Porcentaje promedio de usuarios que se van

Porcentaje promedio de usuarios que se van		
Meses	X <sub>2</sub>	X <sub>2</sub> <sup>2</sup>
Lunes	53,00	2.809,00
Martes	31,00	961,00
Miercoles	65,00	4.225,00
Jueves	72,00	5.184,00
Viernes	31,00	961,00
Sábado	77,00	5.929,00
Total	329,00	20.069,00

**Elaborado por:** Daniela Pacheco

### Varianza muestral

$$S^2 = \frac{\sum x^2 - \frac{(\sum x)^2}{n}}{n-1}$$

$$S_1^2 = \frac{99 - \frac{(23)^2}{6}}{6-1}$$

$$S_1^2 = 2,17$$

$$S_1 = 1,47$$

$$\bar{x}_1 = \frac{23,00}{6}$$

$$\bar{x}_1 = 3,83$$

$$S_2^2 = \frac{20.069,00 - \frac{(329,00)^2}{6}}{6-1}$$

$$S_2^2 = 405,77$$

$$S_2 = 54,83$$

$$\bar{x}_2 = \frac{329,00}{6}$$

$$\bar{x}_2 = 54,83$$

e) **Combinación de las varianzas de las muestras**

### Varianza combinada

$$Sp^2 = \frac{(n_1-1)(S_1)^2 + (n_2-1)(S_2)^2}{(n_1 + n_2) - 2}$$

$$Sp^2 = \frac{(6-1)(1,47)^2 + (6-1)(20,14)^2}{(6+6)-2}$$

$$Sp^2 = 203,97$$

f) **Determinación “t”**

$$t = \frac{\bar{x}_1 - \bar{x}_2}{\sqrt{S_p^2 \left[ \frac{1}{n_1} + \frac{1}{n_2} \right]}}$$

$$t = \frac{3,83 - 54,83}{\sqrt{203,97 \left[ \frac{1}{6} + \frac{1}{6} \right]}}$$

$$t = \frac{-51,00}{\sqrt{67,99}}$$

$$t = \frac{-51,00}{8,24}$$

$$t = -6,19$$

g) **Grados de libertad**

$$gl = (n_1 + n_2) - 2$$

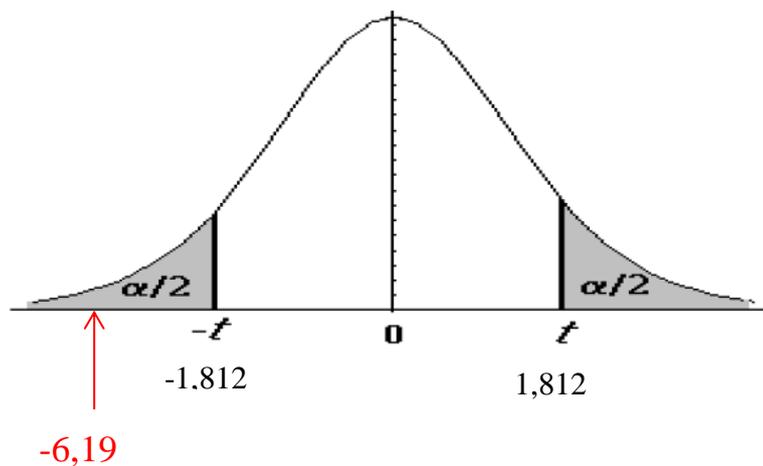
$$gl = (6 + 6) - 2$$

$$gl = 10 \text{ grados de libertad}$$

$$\alpha = \frac{0,10}{2} = 0,05$$

$$t \text{ tabular} = -1,812 \text{ y } +1,812$$

Gráfica “t student”



**Figura 8:** Curva T-Student

**Elaborado por:** Daniela Pacheco

Se compara el parámetro muestral estandarizado y los parámetros críticos.

**Por lo tanto:**

-6,19 es  $< -1,812$ ; por lo que, el valor calculado se encuentra en la región de rechazo; por lo tanto la Hipótesis nula se RECHAZA, y se concluye que la teoría de colas si incide en el tiempo de espera, durante la venta de tickets de la oficina principal de la Cooperativa de Transporte Interprovincial Touris San Francisco Oriental.

.

## **CAPITULO V**

### **CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

#### **Conclusiones**

1. Una vez realizado la simulación de la teoría de colas en la boletería de la Cooperativa san Francisco de Puyo, se llegó a determinar que es aplicable el modelo por cuanto arroja información relevante para la toma de decisiones tal como la longitud de la cola, los tiempos de espera, los clientes en espera, entre otros; encontrando además, que uno de los aspectos para la aglomeración de personas en la venta de boletos, obedece a que aún se mantienen sistemas caducos de facturación, que llevan a cometer errores, especialmente porque por falta de un adecuado registro muchas de las veces, se entrega un boleto de viaje de un asiento a dos personas.
2. En cuanto al tiempo de espera en base a los datos del muestreo obtenido se pudo determinar que es de aproximadamente 24,42 minutos que es un tiempo bastante alto y el tiempo haciendo cola es de aproximadamente de 21,42 minutos para la muestra de 43 individuos.
3. Al momento no se han tomado las decisiones correctas en cuanto a un modelo sistematizado con comunicación con todas las sucursales de la Cooperativa para que el usuario no tenga que esperar en el despacho de su boleto por no contar con la información en cuanto a unidades, asientos y horarios disponibles.

**Recomendaciones:**

1. El personal que labora en diferentes actividades, debe tener una hoja de ruta de actividades diarias, a fin de evitar que se abandone el puesto de boletería que es justamente en donde más se requiere personal.
2. Se debe impulsar un adiestramiento en lo relacionado al clima organizacional, como herramienta útil para la gestión de desempeño y de esta manera optimizar los tiempos de atención y disminuir los tiempos de espera y los tiempos en cola.
3. Se debería automatizar los servicios en base a las tecnologías vigentes, para evitar que un mismo boleto sea destinado a dos personas, la reserva de boletos vía internet o por otros medios, es un medio eficaz para la aglomeración de cola en la venta de boletos, siendo necesario programas computacionales que servirán de mucha ayuda para la eficiencia en el despacho de boletos.

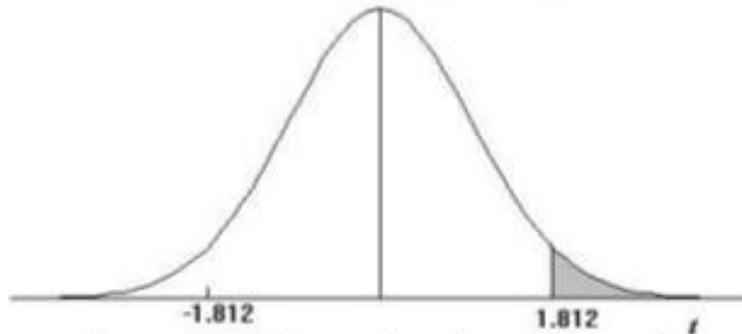
## **Bibliografía**

- Carson, Y. Anu, M. “Simulation Optimization: Methods and Applications”. Winter Simulation Conference. 1997.
- Eppen, G. D.; Gould, F. J. y Schmidt, C. P. Investigación de Operaciones en ciencia Administrativa. Edit. Prentice Hall. 1999.
- Freund, Jhon, Estadística Matemática con Aplicaciones, Editorial Pearson. 2006
- Giraldo. G. Norman. Procesos Estocásticos. Universidad Nacional de Colombia. Medellín. 2006.
- Hillier, Liberman. Introducción a la investigación de operaciones, Mc. Graw. Hill, 1999.
- Mendenhall, William, Estadística Matemática Aplicada. Editorial MG-Hill. 2007.
- Robert G. Sargent, “Verification and Validation of Simulation Models”, Winter Simulation Conference, 1998.
- Soto, J, “Fundamentos Teóricos de Simulación Discreta” Universidad Tecnológica de Pereira, Facultad de Ingeniería Industrial, 2007.
- Winston, W., “Investigación de Operaciones: Aplicaciones y Algoritmos” Cuarta Edición. Editorial Thomson, 2005.

# **Anexos**

Anexo 1: Tabla T-Student

Puntos de porcentaje de la distribución t



Ejemplo

Para  $\phi = 10$  grados de libertad:

$$P\{t > 1.812\} = 0.05$$

$$P\{t < -1.812\} = 0.05$$

$\alpha$ $r$	0,25	0,2	0,15	0,1	0,05	0,025	0,01	0,005	0,0005
1	1,000	1,376	1,963	3,078	6,314	12,706	31,821	63,656	636,578
2	0,816	1,061	1,386	1,886	2,920	4,303	6,965	9,925	31,600
3	0,765	0,978	1,250	1,638	2,353	3,182	4,541	5,841	12,924
4	0,741	0,941	1,190	1,533	2,132	2,776	3,747	4,604	8,610
5	0,727	0,920	1,156	1,476	2,015	2,571	3,365	4,032	6,869
6	0,718	0,906	1,134	1,440	1,943	2,447	3,143	3,707	5,959
7	0,711	0,896	1,119	1,415	1,895	2,365	2,998	3,499	5,408
8	0,706	0,889	1,108	1,397	1,860	2,306	2,896	3,355	5,041
9	0,703	0,883	1,100	1,383	1,833	2,262	2,821	3,250	4,781
10	0,700	0,879	1,093	1,372	1,812	2,228	2,764	3,169	4,587
11	0,697	0,876	1,088	1,363	1,796	2,201	2,718	3,106	4,437
12	0,695	0,873	1,083	1,356	1,782	2,179	2,681	3,055	4,318
13	0,694	0,870	1,079	1,350	1,771	2,160	2,650	3,012	4,221
14	0,692	0,868	1,076	1,345	1,761	2,145	2,624	2,977	4,140
15	0,691	0,866	1,074	1,341	1,753	2,131	2,602	2,947	4,073
16	0,690	0,865	1,071	1,337	1,746	2,120	2,583	2,921	4,015
17	0,689	0,863	1,069	1,333	1,740	2,110	2,567	2,898	3,965
18	0,688	0,862	1,067	1,330	1,734	2,101	2,552	2,878	3,922
19	0,688	0,861	1,066	1,328	1,729	2,093	2,539	2,861	3,883
20	0,687	0,860	1,064	1,325	1,725	2,086	2,528	2,845	3,850
21	0,686	0,859	1,063	1,323	1,721	2,080	2,518	2,831	3,819
22	0,686	0,858	1,061	1,321	1,717	2,074	2,508	2,819	3,792
23	0,685	0,858	1,060	1,319	1,714	2,069	2,500	2,807	3,768
24	0,685	0,857	1,059	1,318	1,711	2,064	2,492	2,797	3,745
25	0,684	0,856	1,058	1,316	1,708	2,060	2,485	2,787	3,725
26	0,684	0,856	1,058	1,315	1,706	2,056	2,479	2,779	3,707
27	0,684	0,855	1,057	1,314	1,703	2,052	2,473	2,771	3,689
28	0,683	0,855	1,056	1,313	1,701	2,048	2,467	2,763	3,674
29	0,683	0,854	1,055	1,311	1,699	2,045	2,462	2,756	3,660
30	0,683	0,854	1,055	1,310	1,697	2,042	2,457	2,750	3,646
40	0,681	0,851	1,050	1,303	1,684	2,021	2,423	2,704	3,551
60	0,679	0,848	1,045	1,296	1,671	2,000	2,390	2,660	3,460
120	0,677	0,845	1,041	1,289	1,658	1,980	2,358	2,617	3,373
$\infty$	0,674	0,842	1,036	1,282	1,645	1,960	2,326	2,576	3,290



**Anexo 3: Fotografías**



Srta. Carmita Olmedo.

Despachadora de tickets en la oficina principal de la Cooperativa de Transporte Touris San Francisco.



Cientes en cola de espera para adquirir su ticket de viaje.



A medida que se van despachando los tickets, la cola y el tiempo de espera en la misma va disminuyendo.