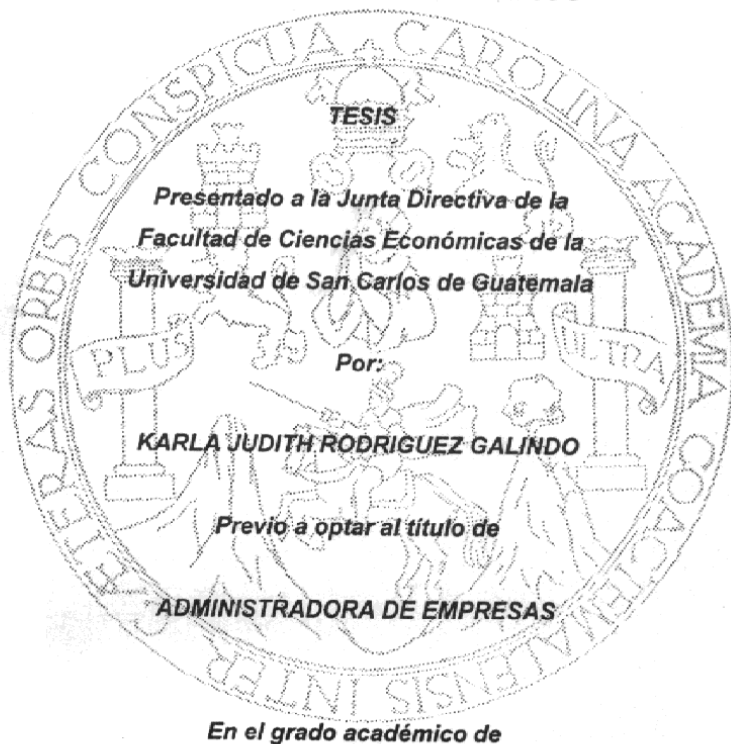


**UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA**  
**FACULTAD DE CIENCIAS ECONÓMICAS**

**LAS LINEAS DE ESPERA Y SU APLICACIÓN EN LA PRESTACIÓN**  
**DE LOS SERVICIOS BANCARIOS**



**LICENCIADA**

**Guatemala, abril de 1,998**

JUNTA DIRECTIVA DE LA FACULTAD DE  
CIENCIAS ECONÓMICAS DE LA  
UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA

Decano	Lic. Donato Santiago Monzón Villatoro
Secretario	Licda. Dora Elizabeth Lemus Quevedo
Vocal 1°.	Lic. Jorge Eduardo Soto
Vocal 2°.	Lic. Andrés Castillo Nowell
Vocal 3°	Lic. Víctor Hugo Recinos Salas
Vocal 4°.	P.C. Julissa Marisol Pinelo Machorro
Vocal 5°.	P.C. Miguel Angel Tzoc Morales

TRIBUNAL QUE PRACTICO  
EL EXAMEN GENERAL PRIVADO

Presidente	Lic. Alvaro Salguero y Salguero
Secretario	Lic. Luis Rodolfo Arias Monterroso
Examinador	Lic. Danilo Alfonso Mendoza Zarceño
Examinador	Lic. Oscar Manuel Osorio
Examinador	Licda. Hiliana Amarilis Cardona Recinos.

Guatemala, 22 de octubre de 1,997

Licenciado  
Donato Monzón  
Decano  
Facultad de Ciencias Económicas

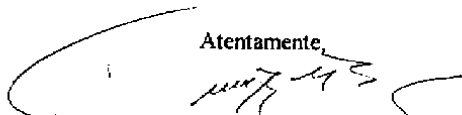
Señor Decano:

Sírvase encontrar adjunta a la presente la tesis de la estudiante **KARLA JUDITH RODRIGUEZ GALINDO**, carnet universitario número 85-13386, titulada **LAS LINEAS DE ESPERA Y SU APLICACION EN LA PRESTACION DE LOS SERVICIOS BANCARIOS**, para que continúe el trámite conforme los procedimientos académicos establecidos por nuestra facultad, previo a su impresión.

Considero que la misma cumple con los requisitos establecidos por la Facultad de Ciencias Económicas, por lo que respetuosamente la someto a su consideración.

Por su atención a la presente quedo agradecido.

Atentamente,



Licenciado Carlos Rolando Morales Rodríguez  
Colegiado No. 3789  
Asesor

Adjunto: Plan de Investigación

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS  
DE GUATEMALA



FACULTAD DE  
CIENCIAS ECONOMICAS

Edificio "S-8"

Ciudad Universitaria, Zona 13  
Guatemala, Centroamérica

**DECANATO DE LA FACULTAD DE CIENCIAS ECONOMICAS. GUATEMALA,  
VEINTIDOS DE ABRIL DE MIL NOVECIENTOS NOVENTA Y OCHO.**

Con base en el dictamen emitido por el Lic. Carlos Rolando Morales Rodríguez, quien fuera designado Asesor y la opinión favorable del Director de la Escuela de Administración de Empresas, se acepta el trabajo de Tesis denominado: "LAS LINEAS DE ESPERA Y SU APLICACIÓN EN LA PRESTACION DE LOS SERVICIOS BANCARIOS", que para su graduación profesional presentó la estudiante KARLA JUDITH RODRIGUEZ GALINDO, autorizándose su impresión.

Atentamente,

"ID Y ENSEÑAD A TODOS"

LICDA. DORA ELIZABETH LEMUS QUEVEDO  
SECRETARIA



LIC. DONATO MONZON VILLATORO  
DECANO



## ACTO QUE DEDICO

- A Dios : Que con sabiduría me mostró el camino hacia el conocimiento y la inteligencia.
- A mis padres : Que mi triunfo sea una muestra de amor y recompensa a sus esfuerzos.
- A mi Esposo : Gracias por el apoyo, paciencia y perseverancia.
- A mis hijas : Que mi triunfo les sirva de ejemplo a lo largo de sus vidas.
- A mis hermanos : Gracias por compartir los anhelos de mi vida.
- A mi familia : Con cariño especial.
- A mis amigos : Por estar conmigo a lo largo del camino y no dejarme desfallecer.

## RECONOCIMIENTO

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA

Especialmente a la Facultad de Ciencias  
Económicas.

- A mi asesor : Lic. Carlos Rolando Morales R.  
Gracias por el tiempo y la dedicación  
brindada para culminar esta etapa de mi  
vida.
- A : Lic. Luis Vásquez Vides  
Por su orientación y apoyo incondicional.
- A : Licda. Elsa Nuila  
Agradecimiento sincero.
- A : Lic. Otto Morales  
Gracias por su apoyo incondicional.
- A : Banco del Agro, S.A.  
Por la colaboración y apoyo brindado.

## ÍNDICE

INTRODUCCIÓN		i	
CAPITULO I	MARCO TEÓRICO	1	
	A. DESCRIPCIÓN TEÓRICA DEL MODELO		
	1	Modelo	1
	2	Terminología	3
	3	Naturaleza	5
	B. MODELO DE COLAS		
	1	Teoría de Colas	6
	3	Estructura básica de los modelos	8
	4	Manejo y cálculo matemático	12
	C. SERVICIOS EXISTENTES EN EL SISTEMA BANCARIO	15	
	1	Depósito y retiro de fondos	16
	2	Operaciones crediticias	16
	3	Prestamos y cobros	17
	4	Compra venta de divisas	17
CAPITULO II	DESCRIPCIÓN DEL FUNCIONAMIENTO DE UNA INSTITUCIÓN BANCARIA	18	
	A. Area de investigación		
	1	Área física	18
	B. Descripción del proceso de atención a usuario	19	
	C. Jornada de trabajo	20	
	D. Situación actual de la línea de espera	21	
	E. Comportamiento del usuario ante la cola	23	
CAPITULO III	APLICACIÓN DEL MODELO DE COLAS AL SISTEMA BANCARIO	24	
	A. METODOLOGÍA DEL ESTUDIO	24	
	1	Determinación de la muestra	24
	2	Recolección de datos	25
	3	Corrección de datos	25
	4	Tabulación de datos	26
	5	Aplicación del modelo	28
	a. Sistemas de jornada matutina		
	a.1	Tiempo de llegada	28
	a.2	Tasa Media de servicio	29
	a.3	Número de estaciones	29
	a.4	Sistema vacío	29
	a.5	Promedio de clientes	30
	a.6	Promedio de tiempo de espera	31
	a.7	Promedio de tiempo dentro del sistema	32
	a.8	Promedio de número de clientes	32

b.	Sistemas de jornada matutina	
b.1	Tiempo de llegada	33
b.2	Tasa media de servicio	34
b.3	Número de estaciones	34
b.4	Sistema vacío	34
b.5	Promedio de clientes	35
b.6	Promedio de tiempo de espera	36
b.7	Promedio de tiempo dentro del sistema	37
b.8	Promedio de número de clientes	37
<b>B.</b>	<b>ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE DATOS</b>	<b>38</b>
1	Condición del espacio físico	38
2	Limitaciones encontradas	40
3	Requerimientos del modelo	41
4	Tiempo de aplicación del modelo	44
<b>C.</b>	<b>MEDIDAS QUE DEBEN ADOPTARSE PARA MEJORAR LA ATENCIÓN DEL SERVICIO AL PÚBLICO</b>	<b>44</b>
1	Estructura administrativa	45
2	Recursos humanos	45
3	Instalaciones físicas	46
4	Tecnología	49
	<i>CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES</i>	
	CONCLUSIONES	50
	RECOMENDACIONES	52
	BIBLIOGRAFÍA	54
	ANEXOS	



## ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo No.	Título	
1	Diagrama de flujo del proceso de atención al usuario	56
2	Plano No. 1 de distribución antigua de la agencia bancaria localización de mobiliario y equipo así como de las cajas de los receptores-pagadores	57
3	Plano No. 2 propuesta de distribución y localización de mobiliario y equipo, cajas de receptores-pagadores y situación actual de la agencia bancaria	58
4.	Aplicación matemática del modelo propuesto	
	a. Sistemas de jornada matutina	
	a.1 Tiempo de llegada	59
	a.2 Tasa media de servicio	59
	a.3 Número de estaciones	60
	a.4 Sistema vacío	60
	a.5 Promedio de clientes	61
	a.6 Promedio de tiempo de espera	62
	a.7 Promedio de tiempo dentro del sistema	62
	a.8 Promedio de número de clientes	63
	b. Sistemas de jornada matutina	
	b.1 Tiempo de llegada	64
	b.2 Tasa media de servicio	64
	b.3 Número de estaciones	65
	b.4 Sistema vacío	65
	b.5 Promedio de clientes	66
	b.6 Promedio de tiempo de espera	67
	b.7 Promedio de tiempo dentro del sistema	68
	b.8 Promedio de número de clientes	68

## ÍNDICE DE GRÁFICAS

No.	Título	
1.	Modelos de Colas	10
2.	Sistemas de Colas	11

## INTRODUCCIÓN

Cuando se habla de teoría de colas, vienen a la mente las innumerables ocasiones en las cuales se forma parte de una de ellas. En estos días es casi imposible poder hablar de la obtención de algún bien o servicio sin que en ella se acompañe de una línea de espera antes de recibir, comprar o adquirir este bien o servicio.

La permanencia en una línea de espera implica un costo de oportunidad en que, el tiempo que se invierte en la misma, puede ser utilizado en otras actividades más productivas. En este medio, por la gran cantidad de personas en busca de un satisfactor a sus necesidades, así como la poca competencia que han tenido las empresas para hacer efectiva la prestación de un servicio, no se le ha dado la importancia que merece el cliente.

No obstante lo anterior, el auge desarrollado recientemente en el sector financiero del país, así como el proceso de globalización en el que se ha visto involucrado obligan a las empresas que prestan este tipo de servicios a replantear el concepto de servicio al cliente. Lo anterior hace que sea de trascendental importancia conocer cuáles son los factores que el cliente identifica como satisfactor de su necesidad.

Estos aspectos obligan a plantear la necesidad de realizar una investigación en una institución en la que se pudiera observar el comportamiento de la línea de espera.

Así mismo debería llenar los siguientes requisitos: la existencia de una cola, usuarios, la prestación de un servicio, un modelo matemático a analizar y la disposición de las autoridades para apoyar el estudio, así como la aplicación de las recomendaciones derivadas del mismo.

Los resultados obtenidos, a través de la aplicación del modelo matemático denominado Teoría de Colas o Líneas de Espera, permitieron la implementación de las recomendaciones propuestas que incidieron en la disminución del tiempo que las personas permanecen en la cola.

La acumulación de usuarios en busca de un servicio bancario y un retraso en la obtención de este servicio -la existencia de una cola-, permite proponer la forma de agilizar los procesos de atención al cliente. Para este caso en particular se contó con el apoyo de los empleados quienes están en la disposición de prestar el servicio en forma mucho más rápida sin demérito de la calidad del mismo.

Como resultado de la observación directa y el cálculo de los tiempos de entrada y salida de las personas que hacen uso de los servicios bancarios, en las diferentes jornadas de trabajo que ofrecen las agencias y la estructura física de las instalaciones, así como los bienes muebles con que cuenta, se desarrolló un estudio de teoría de colas que se basó en los elementos anteriormente descritos y así implementar medidas correctivas en el tiempo de demora en la prestación de los servicios bancarios.

En este estudio se incluye la conceptualización de la Teoría de Colas, en el marco teórico, su estructura básica, las aplicaciones con sus características generales y la estructura del proceso. Además, se plantea la situación actual de la institución bancaria, los diferentes servicios que presta al usuario, cuál es el proceso de atención y sobre todo, el comportamiento del usuario ante la cola.

La metodología que se empleó en la investigación describe el modelo propuesto, así como los resultados de su aplicación práctica. Con ello se espera haber contribuido, en forma eficiente, a la mejora de la prestación de los servicios bancarios.

Luego de realizar los estudios correspondientes, los cálculos matemáticos, la redistribución de las instalaciones físicas de la agencia bancaria, el aumento de una estación de servicio en la otra agencia y la colaboración de las autoridades del banco en el sentido de poner en marcha las recomendaciones, se llegó a determinar que estas medidas ayudan, efectivamente, a la mejora de los servicios ofrecidos.

## CAPITULO I

### MARCO TEÓRICO

#### A. DESCRIPCIÓN TEÓRICA DEL MODELO

##### A.1 MODELO:

Es una representación simplificada e idealizada de una situación u objetos reales que muestran las relaciones (directas o indirectas) y las interrelaciones de la acción en términos de causa y efecto. Un modelo, para ser completo debe ser representativo de aquellos aspectos de la realidad que se está investigando.

Se refiere a que, cuando se puede establecer cuál es la situación de causa y efecto de un problema, al ser investigado, se puede decir que es un modelo representativo de la situación actual.

Es bien conocido el papel extraordinario que desempeñan las matemáticas en el estudio de las leyes del mundo real, la matemática no tiene relación en la investigación de los fenómenos reales, sino que sólo con sus modelos matemáticos.

"La unión de las matemáticas con los fenómenos del mundo que nos rodea se realiza en dos direcciones:

Primero: Abstrayendo de muchos hechos secundarios se construye un modelo matemático que refleja las regularidades principales del fenómeno que se estudia. En este modelo se utilizan conceptos matemáticos y se formulan axiomas los cuales satisfacen estos conceptos. Luego en el marco del modelo matemático construido de los axiomas se deducen varios corolarios enunciados en forma de teoremas y lemas.

Segundo: Por último nuevos hechos matemáticos obtenidos en el modelo, vienen interpretados en las nociones primarias de los fenómenos reales.

Esto permite comprobar la utilidad del modelo matemático y emplear en la práctica los cálculos matemáticos efectuados en el modelo." <sup>1</sup>

Las conclusiones prácticas son suficientemente fiables, si el modelo construido representa los aspectos esenciales del fenómeno en estudio.

Los modelos se pueden clasificar según sus funciones, propósitos, dimensiones, temas o grados de abstracción. En general, existen tres tipos de modelos: analógicos, icónicos y simbólicos o matemáticos.

Los modelos matemáticos son aquellos que toman la forma de cifras y símbolos, usan comúnmente ecuaciones que son concisas y fáciles de comprender. Estos modelos serán los que utilizaremos principalmente en este estudio.

"Los modelos matemáticos pueden separarse en dos categorías: Probabilísticos, los que se basan en la probabilidad y que se ocupan de incertidumbres y los determinísticos, que usan valores precisos y determinados. Ambos modelos se ocupan de acontecimientos o eventos presentes o futuros". <sup>2</sup>

---

<sup>1</sup> Zajarov, V. Teoría de las probabilidades, Editorial MIR, Moscú 1,985 pp 9

<sup>2</sup> Thiernauf Robert J. Frosse Richard, A. Toma de decisiones por medio de Investigación de Operaciones, México 1974, LIMUSA, pp. 24 - 27

## 2. TERMINOLOGÍA:

Dentro del tema de los modelos matemáticos se tienen conceptos tales como:

**Modelo:** Representación o abstracción de una situación u objetos reales, que muestran relación directa o indirecta.

**Modelo Matemático:** Es aquel que toma la forma de cifras y símbolos.

**Modelo Icónico:** Es concreto. Es una representación física de algún objeto de la vida real a escala diferente o en forma idealizada.

**Modelo Simbólico:** Es un modelo abstracto, generalmente utiliza símbolos matemáticos.

**Modelo Determinístico:** Es una representación matemática de un proceso u operación en la cual, todas las variables de entrada son conocidas con exactitud.

**Modelo Probabilístico:** "Es una representación matemática de un proceso u operación, en la que, cuando menos, una de las principales variables es de naturaleza incierta."<sup>3</sup>

**Cliente/usuario:** Unidad que llega requiriendo algún servicio. Los clientes pueden ser personas, máquinas, partes, etc.

---

<sup>3</sup> Prado Díaz, Sandra Jeanette, Aplicación de la Teoría de Colas a Instituciones que Brindan Atención Médica, Tesis de Facultad de Ciencias Económicas, Universidad de San Carlos de Guatemala, 1987.



**Cola (Línea de espera):** Número de clientes que esperan ser atendidos. Normalmente la cola no incluye al cliente que está siendo atendido.

**Canal de Servicio:** Es el proceso o sistema que está efectuando el servicio para el cliente.

**Tasa de Llegada:** "Tasa (clientes por período de tiempo) a la cual llegan los clientes para ser atendidos. La suposición con respecto a la distribución de este valor tiene un efecto grande en el modelo matemático. La tasa de llegada está distribuida aleatoriamente según la Distribución de Poisson".<sup>4</sup>

**Tasa de Servicio:** Tasa que indica el porcentaje que puede atender determinada cola o canal de servicio.

**Prioridad:** Método de decidir cuál será el próximo cliente atendido. La suposición más frecuente consiste en atender primero al que llegó primero.

**Tamaño de la población:** Número de clientes que pueden solicitar servicio en el sistema. La población puede ser clasificada como finita o infinita dependiendo del número de elementos que la conformen y las características de los mismos.

**Distribución de tasas de llegada (servicio):** Es un modelo Probabilístico que sirve para pronosticar el número de llegadas y/o tiempos de servicio, la más frecuente es la de Poisson

---

<sup>4</sup> Prado Díaz, Sandra Jeanette, Aplicación de la Teoría de Colas a Instituciones que Brindan Atención Médica, Tesis de Facultad de Ciencias Económicas, Universidad de San Carlos de Guatemala, 1,987.

(distribución probabilística que describe el número de<sup>5</sup> ocurrencias aleatorias en un período determinado).<sup>5</sup>

Número esperado en la cola: Número de clientes que esperan ser atendidos.

Tiempo esperado en la cola: Tiempo estimado de espera de un cliente para ser atendido.

Tiempo esperado en el sistema: Tiempo estimado que el cliente o usuario tarda dentro del sistema, más el que emplea mientras es atendido.

Sistema de un solo canal: Sistema de cola dentro del cual sólo hay un centro de servicio.

Sistema de canales múltiples: Sistema en la que las instalaciones de servicio están dispuestas en paralelo.

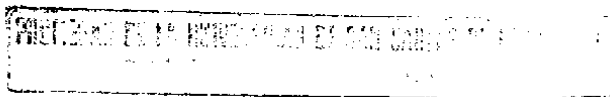
Sistema de líneas de Espera: Todas las unidades que se encuentran, ya sea en la fila esperando ser atendidas, o siendo atendidas en realidad

### A.3 NATURALEZA:

"Un modelo matemático comprende principalmente tres conjuntos básicos de elementos, estos son: Variables y parámetros de decisión, son las incógnitas (o decisiones) que

---

Prado Diaz, Sandra Jeannette, Aplicación de la Teoría de Colas a Instituciones que Brindan Atención Médica, Tesis de Facultad de Ciencias Económicas, Universidad de San Carlos de Guatemala, 1,987.



deben determinarse resolviendo el modelo. Los parámetros son valores conocidos que relacionan las variables de decisión con las restricciones y la función objetivo. Los parámetros pueden ser determinísticos o Probabilísticos (estocásticos).

Restricciones que restrinjan las variables de decisión a un rango de valores factibles.

Función Objetivo, define la medida de efectividad del sistema como una función matemática de las variables de decisión.”<sup>6</sup>

El uso de modelos no es nuevo. Abundan en cada organización. Como ejemplo, se puede citar el presupuesto anual, el cual es un modelo de cómo se espera operar y cuánto será necesario gastar en cada renglón presupuestal. Permite combinar muchos factores a la vez. Al aplicar las matemáticas se puede llegar a solucionar problemas complejos que pudieran resolverse con enfoques más convencionales.

Los modelos permiten experimentar. Al construir un modelo se puede efectuar análisis de sensibilidad al alterar los datos de entrada y observar lo que sucede al resultado al determinar los factores más importantes sobre un período con condiciones variables.

## B. MODELOS DE COLAS

### B.1 TEORIA DE COLAS:

“La teoría de colas comprende el estudio matemático de las colas, o líneas de espera. Por supuesto, la formación de líneas de espera es un fenómeno común que se presenta siempre

---

<sup>6</sup> Moskowitz, Herbert, Wright, Gordon P., Investigación de Operaciones, México, Prentice Hall Hispanoamericana, S.A.

que la demanda actual de un servicio es mayor que la capacidad actual para proporcionar ese servicio."<sup>7</sup>

Toda clase de negocio, industria, escuelas y hospitales, sean grandes o pequeños, tienen problemas de colas. Muchos de ellos se pueden beneficiar con un análisis de investigación de operaciones para determinar las condiciones de costo mínimo y máximo rendimiento. Sin embargo, las suposiciones requeridas para utilizar matemáticas sencillas, frecuentemente convierten el modelo en una representación poco ajustada a la realidad, por ello es que se recurre a la utilización de la teoría de colas.

"Las líneas de espera conocidas como colas, ocurren cuando algún empleado, parte, máquina o unidad, debe esperar por servicio debido a que la facilidad de servicio, operando a capacidad, está temporalmente imposibilitada para prestar ese servicio".<sup>8</sup>

La solución a los problemas de colas consiste en agilizar apropiadamente la tasa de servicio proceso con la tasa de llegada de trabajos a realizar. En los negocios se intenta alcanzar el tiempo medio tal que las colas sean lo suficientemente cortas para minimizar el tiempo de espera de los clientes.

Los clientes llegan a una cola y esperan hasta que se les proporcione el servicio. Si el sistema está vacío, el cliente que llega puede ser atendido inmediatamente. Después de que el

---

<sup>7</sup> Hillier/Girberman, Introducción a la Investigación de Operaciones, México, Mc-Graw Hill

<sup>8</sup> Levin, Richard L., Kirkpatrick, Charles A., Enfoques Cuantitativos a la Administración, México 1987, CECSA, pp. 530

servicio se completa el cliente abandona el sistema.

La tasa a la cual llegan los clientes para ser atendidos se denomina tasa de llegada. Sus unidades son clientes por hora, clientes por día, etc. La tasa a la cual la unidad de servicio puede atender al cliente se denomina tasa de servicio ( $\mu$ ). Esta tasa tiene unidades iguales a las de llegada y representa la máxima capacidad de servicio, suponiendo que la unidad de servicio no esté ociosa.

### B.3 ESTRUCTURA BÁSICA DE LOS MODELOS DE COLAS

Existen cuatro estructuras básicas en las situaciones de la línea de espera que describen las condiciones generales en el lugar de servicio. La situación más simple ocurre cuando las unidades que llegan forman una sola línea que espera recibir el servicio mediante una sola instalación de procesamiento. Por ejemplo, una barbería atendida por un peluquero. Esto es lo que se conoce como caso de una sola fase y de un solo canal.

Si aumenta el número de estaciones de procesamiento (dos o más peluqueros), pero aún se mantiene una línea de espera, se tiene el caso de un canal múltiple y una sola fase, ya que un cliente puede ser atendido por cualquiera de los peluqueros.

Una línea de ensamble sencilla tiene cierto número de medios de servicio que están en serie. Es el caso de un solo canal y fase múltiple. Finalmente, se da el caso de canal y

9  
fase múltiples, el cual podría ejemplificarse por medio de dos o más líneas paralelas de producción.

"Las variaciones de las cuatro estructuras básicas pueden encontrarse en la disciplina de la cola, es decir, el orden en el cual los insumos son tomados de la línea de espera. Se ha implicado en los diagramas una disciplina de cola en donde se atiende primero a los que llegan primero, pero obviamente, podrían usarse los sistemas de prioridad. También podrían existir combinaciones de las estructuras básicas." 9

La estructura básica está formada por las tres partes del sistema de colas; primero la población en busca de servicio, segundo la cola o línea de espera misma y la tercera la facilidad o centro de servicio.

Cada una de estas tres partes tiene características descritas en un lenguaje específico. La longitud de la cola se clasifica como limitada o ilimitada. Las longitudes de cola limitada son generalmente causadas por falta de espacio. Cuando el espacio es grande se puede suponer que la cola crece en una longitud infinita.

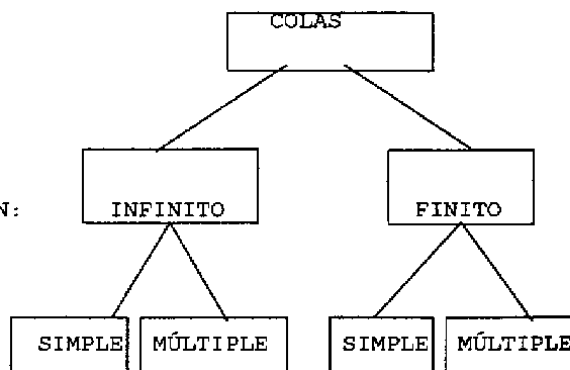
Los modelos de colas se pueden dividir en clases, dependiendo de los tipos de problemas, el tamaño de la población puede ser finita o infinita, y por el número de canales, sería simple o multicanal (gráfica # 1).

GRAFICA # 1  
MODELOS DE COLAS

TIPO DE PROBLEMA:

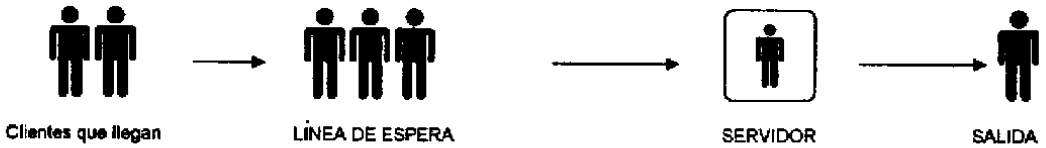
TAMAÑO DE LA POBLACIÓN:

NÚMERO DE CANALES:

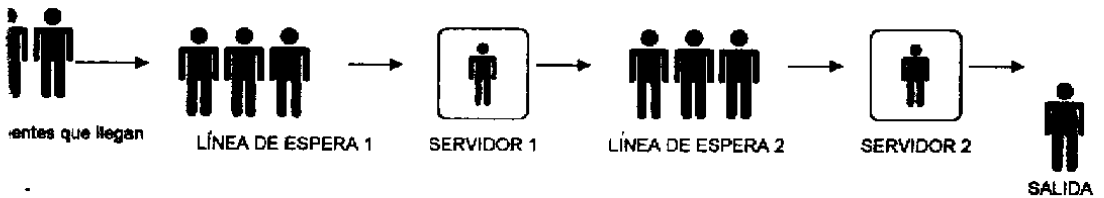


La distribución física de los sistemas de colas descritos por canales y fases se muestra en la gráfica # 2:

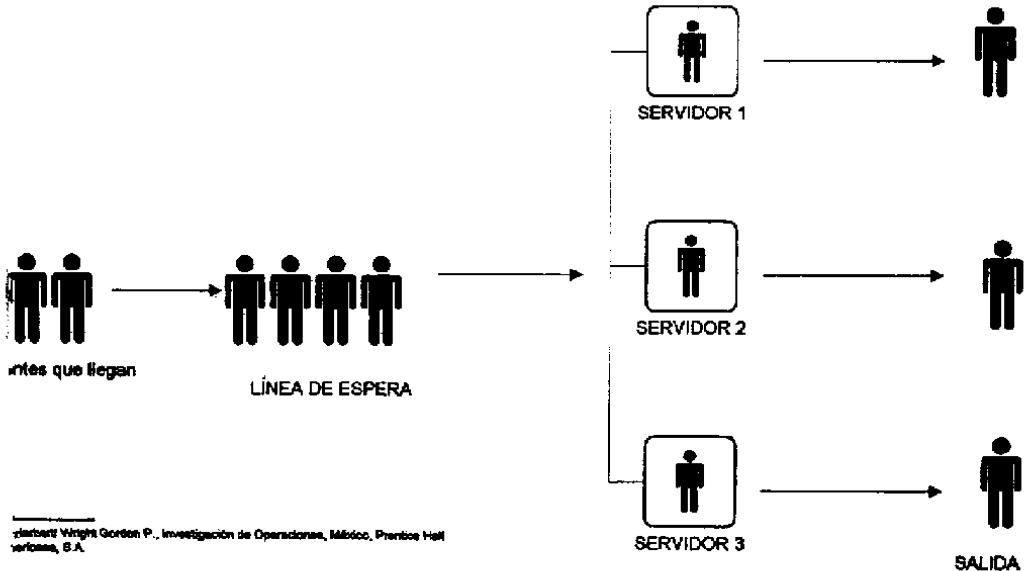
**GRÁFICA # 2**  
**SISTEMAS DE COLAS**  
**UN SOLO SERVIDOR**



**MULTISERVIDOR MULTICOLA UN SOLO CANAL**



**SISTEMA DE COLA SIMPLE CON SERVICIO MÚLTIPLE**





#### 4. MANEJO Y CALCULO MATEMÁTICO

Para la aplicación del modelo matemático al estudio, es necesario utilizar varias fórmulas, que permiten una mejor comprensión e interpretación de los datos obtenidos. Las fórmulas que se utilizarán son las siguientes:

##### 1 TIEMPO DE LLEGADA ( $\lambda$ ):

fórmula:  $1/\lambda$

$\lambda$  = número promedio de usuarios o tasa media de llegadas

$\mu$  = promedio poblacional de clientes atendidos o tasa media de servicio.

##### 2 TASA MEDIA DE SERVICIO ( $\mu$ ):

Muestra cuántos clientes son atendidos por cada canal de servicio.

Fórmula :  $1/\mu$

donde:

$$\mu = \mu_1 + \mu_2 \dots \mu_n/k$$

$\mu_1 + \mu_2 \dots \mu_n$  = sumatoria de los clientes atendidos en cada canal

##### 3 NÚMERO DE ESTACIONES DE SERVICIO (k):

K = número de estaciones de servicio

## 4 SISTEMA VACÍO (Po):

Fórmula =

$$P_0 = \frac{1}{\left[ \sum_{n=0}^{k-1} \binom{k-1}{n} \left( \frac{\lambda}{\mu} \right)^n \right] + \binom{k-1}{k} \frac{k \mu}{k\mu - \lambda}}$$

Donde:

- k = número de canales de servicio  
 $\lambda$  = Número promedio de llegadas  
 $\mu$  = Tasa media de servicio

## 5 PROMEDIO DE CLIENTES QUE ESPERAN SERVICIO (Lq):

Fórmula

$$L_q = \frac{\lambda \times \mu \left( \frac{\lambda}{\mu} \right)^k \times P_0}{(k-1)k! \left( (\mu \times k) - \lambda \right)^2}$$

Donde:

- Po = Sistema vacío  
 $\mu$  = Tasa media de servicio  
 $\lambda$  = Número promedio de llegadas  
k = número de canales de servicio

6 PROMEDIO DE TIEMPO DE ESPERA (Wq) :

Fórmula

$$Wq = \frac{\mu \left( \frac{\lambda}{\mu} \right)^4}{(k-1) k! \left( (k \times \mu) - \lambda \right)^2} \times P_0$$

Donde:

Po = Sistema vacío

μ = Tasa media de servicio

λ = Número promedio de llegadas

k = número de canales de servicio

7 PROMEDIO DE TIEMPO QUE PASA UN USUARIO EN EL SISTEMA (W) :

Fórmula

$$W = \frac{\mu \left( \frac{\lambda}{\mu} \right)^4}{(k-1) k! \left( (k \times \mu) - \lambda \right)^2} \times P_0 + \frac{1}{\mu}$$

Donde:

Po = Sistema vacío

μ = Tasa media de servicio

λ = Tiempo medio de llegada

k = número de canales de servicio

8 PROMEDIO DE NÚMERO DE CLIENTES EN EL SISTEMA (L):

Fórmula

$$L = \frac{\lambda \times \mu (\lambda / \mu)^k \times P_0}{(k-1)k! (\mu \times k - \lambda)} + \frac{\lambda}{\mu}$$

Donde:

$P_0$  = Sistema vacío

$\mu$  = Tasa media de servicio

$\lambda$  = Número promedio de llegada

$k$  = número de canales de servicio

### C. SERVICIOS EXISTENTES EN EL SISTEMA BANCARIO

El sistema bancario guatemalteco comprende instituciones que ofrecen al cliente servicios de seguridad de sus bienes monetarios. Para desarrollar y cumplir con el compromiso adquirido, descentralizan sus funciones en varios departamentos, con ello se logra abarcar en forma más eficiente los servicios que presta un banco.

De entre los servicios que presta una institución bancaria, se seleccionaron algunos que son importantes para el desarrollo del estudio. A continuación se describen las funciones que realizan los departamentos involucrados en éste.

## 1 DEPÓSITO Y RETIRO DE FONDOS

Este departamento es el encargado de la captación de fondos mediante ahorro y depósito retiros monetarios y pago de cheques. Tiene la responsabilidad de ofrecer al usuario un servicio eficiente, con el menor tiempo posible de espera. Aquí se centra el mayor número de operaciones que los clientes realizan dentro de la institución bancaria.

Este departamento cuenta con personal que se desempeñan como receptores-pagadores. Tienen a su cargo prestar el servicio al cliente en cada ventanilla de servicio. Además se encuentra el supervisor de Receptores-pagadores, cuya tarea es la de velar porque sus subordinados tengan un buen trato con el cliente y, a la vez, el servicio sea más eficiente.

## 2 OPERACIONES CREDITICIAS

Este departamento atienden a los usuarios que solicitan préstamos de diferentes tipos. Dentro de éstos están los créditos hipotecarios, fiduciarios y prendarios.

El banco puede otorgar préstamos para diferentes fines. Los más frecuentes son los de vivienda, seguidos por los agrícolas y los ganaderos.

Este departamento es el segundo en atención al cliente, ya que la afluencia de usuarios es numerosa y la demanda de este tipo de operaciones en la actualidad es importante.

### 3 PRÉSTAMOS Y COBROS

Se encarga de conciliar convenios entre la institución y el cliente relacionados con aspectos crediticios tales como: plazo del crédito, forma de pago y cobro. Además vela por la puntualidad y corrección del pago.

Sus funciones suelen ser bastante eficientes, ya que de ello depende que el cliente este pendiente de pagar su crédito, que los atrasos si es que los hay, no perjudique al banco.

### 4 COMPRA Y VENTA DE DIVISAS

Entre los servicios que se prestan al cliente se encuentra la compra y venta de moneda extranjera. La moneda más comercializada es el Dólar Americano, la cual es comprada y ofrecida al usuario en forma de giros monetarios o en efectivo.

El Banco toma en cuenta la tasa que fija el Banco de Guatemala y le suman un porcentaje de servicio para situar el precio al que negociarán la compra y venta de Divisas.

## CAPITULO II

### DESCRIPCIÓN DEL FUNCIONAMIENTO DE UNA INSTITUCIÓN BANCARIA

#### A. ÁREA DE INVESTIGACIÓN:

El campo de investigación para este estudio será el departamento de Caja y Depósitos Monetarios, dentro de la agencia de la 17 calle de la zona 1 y la agencia de la Avenida Bolívar, zona 8. Estas agencias bancarias cuentan con una afluencia numerosa de usuarios que realizan en ellas sus transacciones bancarias. Cuentan con un Departamento de Caja y Depósitos Monetarios en el que se puede tomar tiempos para estudiar la tendencia de la línea de espera.

El área puede delimitarse de la siguiente forma:

#### 1 ÁREA FÍSICA:

La agencia bancaria de la 17 calle cuenta con un espacio físico en el que se ubican los receptores pagadores, la secretaria de atención al público, el Gerente de Agencia y el guardia de seguridad. En la sección de Anexos, plano No. 1 se puede observar el espacio físico en el que se presenta la distribución tanto del personal como del mobiliario y el recorrido de la cola.

Esta distribución del espacio es incómoda tanto para el usuario como para el fluido de la cola.

La agencia de la Avenida Bolívar presenta un área reducida, pero adecuada para realizar sus funciones. Cuenta con

los mismos departamentos de servicio que la agencia de la 17<sup>a</sup> calle. La cola es sencilla, realiza un recorrido pequeño y se organiza una cola para tres estaciones de servicio.

## B. DESCRIPCIÓN DEL PROCESO DE ATENCIÓN A USUARIOS

El servicio se inicia cuando el usuario entra a la agencia y se dirige al mostrador de boletas. Llena sus formularios y luego busca la entrada a la cola para poder llegar al receptor pagador. Entra al tiempo de espera que tiene que recorrer dentro de la cola. Cuando llega al fin de la cola presenta sus formularios al receptor pagador, quien compara la información del formulario con la del sistema de computación: el número de la cuenta que se afectará y a la verificación de los datos que se presentan en los documentos de identificación, así como la autenticidad del documento (para fines del estudio supondremos el cambio de un cheque). Luego de la verificación procede, inmediatamente, a procesar la información en su sistema de computo para actualizar los saldos de la cuenta afectada y realiza el conteo del dinero para luego entregárselo al cliente.

Adicionalmente, el cajero, sella los documentos y guarda copia de la transacción realizada en su archivo provisional y en su caja por medio del sistema de cómputo.

El cliente toma su dinero, lo cuenta, revisa sus documentos personales y sale de la línea de atención. Se dirige a la salida debidamente señalizada. Si no tiene otra operación que realizar sale de la agencia bancaria, dando por terminado el proceso.



Para visualizar el proceso se presenta un diagrama de flujo en la sección de anexos, en el cuadro No. 1 que ayudará a entender los pasos a seguir en el proceso de atención al público por parte de los receptores pagadores de las agencias bancarias estudiadas.

### C. JORNADAS DE TRABAJO

Las agencias bancarias cuentan con un horario de atención al público para efectuar las transacciones comerciales que se deseen, acorde con las necesidades de los usuarios. Toda la jornada laboral del receptor-pagador está disponible para que los clientes realicen sus operaciones bancarias.

Para atender al usuario, las agencias estudiadas cuentan con dos jornadas de trabajo:

#### MATUTINA:

Inicia sus operaciones a las 9:00 AM y concluye a las 2:00 P.M.

#### VESPERTINA:

Inicia operaciones a las 2:00 P.M. y concluye a las 6:00 P.M.

#### D. SITUACIÓN ACTUAL DE LA LÍNEA DE ESPERA

Para desarrollar el tema, se dividirá en dos partes: una descripción de la agencia bancaria de la 17 calle y, luego, la de la Avenida Bolívar.

##### AGENCIA BANCARIA 17 CALLE

La línea de espera o cola dentro de la agencia bancaria se encuentra muy limitada en su recorrido por las siguientes razones:

- el espacio físico destinado al recorrido de la cola es demasiado corto y en extremo dificultoso por la forma en que se colocan los postes indicadores y delimitadores del recorrido de la misma.
- la forma de "U" que se le da al recorrido de la cola no es adecuada para la gran demanda que se tiene en esta agencia.
- se sufre de incomodidad por lo estrecho del espacio para formar la cola y la cantidad de usuarios que necesita realizar operaciones en esta agencia.

Adicionalmente al poco espacio físico para la cola, se debe de tomar en cuenta que la misma debe ser atendida por cuatro receptores pagadores quienes atienden a las personas que van llegando a la estación de servicio. El control es efectivo pero se ve afectado cuando el usuario solicita apertura de cuentas nuevas y esta persona no hace cola sino es asignada a determinado receptor pagador por lo que el flujo normal de la

cola se interrumpe. Sin embargo ésta es una política de <sup>22</sup> trabajo.

#### AGENCIA BANCARIA AVENIDA BOLIVAR

En la agencia de la Avenida Bolívar las características de la línea de espera son las siguientes:

- El lugar es pequeño e incómodo al transitar por la cola, ya que la agencia cuenta con cuatro estaciones de servicio, pero sólo tres atienden a los usuarios.
- La afluencia de personas en busca de los servicios que ofrece la agencia es grande. Debido a su ubicación en un área comercial.
- La cola en su recorrido adquiere la forma de zigzag, lo que permite la inclusión de más usuarios dentro de la cola. Sin embargo el espacio entre uno y otro es sumamente reducido, lo cual genera incomodidad.
- Cuando se abren cuentas nuevas, las personas no hacen la cola sino que son remitidas a un receptor-pagador con lo que la cola sufre demora.
- La distribución física del mobiliario y equipo de la agencia está acorde con el área.

### E. COMPORTAMIENTO DEL USUARIO ANTE LA COLA

Cuando el usuario entra a la agencia bancaria se sitúa al inicio de la cola y espera para poder realizar sus transacciones bancarias. Luego de permanecer por un lapso de tiempo dentro de la misma la incomodidad es sensible debido al calor, el excesivo número de usuarios que permanecen en la cola y el espacio reducido de que cada persona dispone.

La permanencia prolongada dentro de la cola hace que el usuario se moleste. Este tiempo de espera los propician los depósitos voluminosos.

La conducta de rechazo que el usuario manifiesta ante la demora al servicio son comprensibles ya que todas desean ser atendidos rápido y eficientemente.

### CAPITULO III

#### APLICACIÓN DEL MODELO DE COLAS AL SISTEMA BANCARIO

##### A. METODOLOGÍA DEL ESTUDIO

Para evaluar el comportamiento de las líneas de espera o cola y de la modalidad que se está utilizando es necesario contar con un método de investigación que se desarrolle en las siguientes etapas:

##### 1. DETERMINACIÓN DE LA MUESTRA:

Para realizar el estudio se procedió a escoger dos agencias bancarias en la que la afluencia de usuarios oscilara de mediana a mayor. Su ubicación debía ser accesible para quienes la utilizaran y que se permitiera la toma de datos y tiempos. Se seleccionó las agencias del Banco del Agro, S.A. de la 17 calle de la zona 1, y la de la Avenida Bolívar de la zona 8.

Una vez seleccionadas las agencias para el estudio, se dio inicio a la observación, para familiarizarse con el ambiente dentro de las mismas.

Con el aval de las autoridades de la oficina central, se explicó a los jefes de agencia cual sería el sistema de trabajo. Este consistió en observar al público dentro de las instalaciones de las agencias, verificar el tiempo de la cola y tomar el tiempo de servicio de los receptores pagadores, al atender al usuario.

## 2. RECOLECCIÓN DE DATOS

Luego de contar con la autorización de los jefes de agencia del banco, se procedió a la recolección de datos de la siguiente forma:

- Se utilizó el método de la observación para conocer en mejor forma el manejo de las cajas receptoras pagadoras de la agencia.
- Cuando el usuario ingresó a la cola se le entregó una tarjeta en la que escribía la hora de entrada y el tiempo de llegada al final de la cola. Inicialmente se había explicado al usuario el objetivo del estudio a realizar.
- Por medio de un cronómetro se procedió a tomar los tiempos, tanto de llegada a la cola como el de llegada ante el receptor.
- Se tomó el tiempo que se utiliza para la atención de cada usuario. Se observó el comportamiento de las demás personas dentro de la cola.
- Todo esto se realizó para precisar el tiempo que transcurre desde la entrada a la cola, el que tarda el recorrido de la misma, hasta la determinación del tiempo de atención que el receptor-pagador dedica a cada usuario.

## 3. CORRECCIÓN DE DATOS

En un cuadro se registra los datos de entrada y salida de los usuarios a las cajas receptoras pagadoras de las agencias

bancarias. Se procedió a la verificación de datos y a la <sup>26</sup> determinación de las posibles fuentes de error al tomar la muestra.

Llegando a la fase de corrección de datos, se sabe que información se tiene y, cual hace falta para poder llegar a tener todos los datos necesarios dentro de la investigación, para poder realizar en mejor forma los cálculos exactos y, mostrar la realidad que se presenta en la agencias bancarias.

#### 4. TABULACIÓN DE DATOS

En varias tablas se registró las entradas y salidas de los usuarios a la cola. Se determinó así el tiempo exacto de atención. Las tablas sirvieron para consignar el tiempo real de las operaciones en cada una de las estaciones de servicio.

Cada tabla se elaboró con un resumen de dos horas (120 minutos) de atención al público.

A continuación se presenta, a manera de ejemplo, una de las tablas que se utilizó para la toma de tiempos.

**EJEMPLO DE UNA TABLA DE  
TIEMPO DE ENTRADA Y SALIDA DEL SISTEMA**

RECEPTOR PAGADOR 1	RECEPTOR PAGADOR 2	RECEPTOR PAGADOR 3	RECEPTOR PAGADOR 4
10.48 - 11.07	00.33 - 03.12	00.00 - 01.08	14.32 - 15.55
13.22 - 15.22	07.17 - 08.18	03.47 - 06.02	24.27 - 25.20
15.46 - 16.21	09.50 - 10.50	07.00 - 07.31	28.13 - 29.00
19.44 - 21.40	11.26 - 11.49	09.22 - 10.13	30.05 - 34.14
23.29 - 24.57	12.58 - 13.44	10.15 - 11.49	35.15 - 50.18
25.00 - 26.39	14.16 - 14.55	13.25 - 15.08	51.25 - 05.02
26.42 - 27.49	15.04 - 15.46	15.19 - 17.00	05.31 - 28.14
28.00 - 30.25	20.39 - 21.22	21.00 - 22.29	29.00 - 37.45
31.10 - 33.32	22.03 - 25.14	23.10 - 24.13	38.09 - 50.18
33.38 - 34.36	25.17 - 26.01	24.17 - 24.32	51.04 - 59.56
34.40 - 36.23	26.04 - 27.41	24.35 - 25.21	
36.27 - 37.05	27.45 - 28.21	25.25 - 26.53	
37.08 - 38.19	31.32 - 35.00	26.58 - 32.00	
38.33 - 39.00	35.12 - 38.56	32.04 - 33.32	
40.22 - 41.22	46.25 - 48.08	34.20 - 37.00	
45.57 - 48.04	49.10 - 50.18	37.14 - 41.09	
48.36 - 52.00	55.08 - 56.16	42.14 - 42.57	
52.02 - 54.21	07.11 - 09.12	47.34 - 48.08	
01.28 - 04.38	09.15 - 10.51	48.30 - 49.30	
05.42 - 08.01	17.13 - 17.38	50.52 - 52.38	
08.16 - 09.58	19.38 - 21.16	52.41 - 53.30	
19.32 - 20.37	21.27 - 22.20	53.34 - 56.10	
21.12 - 23.24	22.27 - 25.48	02.04 - 03.40	
23.27 - 25.01	32.22 - 33.59	07.22 - 10.05	
25.05 - 25.50	34.04 - 37.50	11.02 - 11.44	
30.24 - 34.04	42.54 - 43.23	12.00 - 14.10	
34.10 - 34.55	45.08 - 46.43	14.32 - 16.05	
45.53 - 47.30	46.53 - 48.31	19.26 - 20.07	
47.35 - 48.37	48.45 - 50.25	21.00 - 28.45	
48.50 - 55.59	51.02 - 58.15	28.55 - 35.56	

Referencia : Tiempo en minutos y segundos.

Fuente : Investigación directa.



Al aplicar el modelo al caso práctico, se debe tomar en cuenta que el método que se utilizó fue el de la observación directa. De acuerdo con ello se procedió a la toma de tiempos de entrada y salida de la cola, el tiempo que espera el usuario en la cola, y, principalmente, el comportamiento del cliente dentro de ella.

Para la agencia bancaria de la 17 calle de la zona 1

La agencia bancaria cuenta con cuatro receptores pagadores, a los que se llega luego de hacer una cola, la cual tiene un recorrido y una sola entrada al servicio. Es decir que es un servicio de "primero en llegar primero en ser atendido" y así sucesivamente. Bajo esta modalidad se forma una sola línea y cuando se llega a la cabeza se puede entrar a uno de los cuatro canales de servicio.

Se analizó el servicio que se presta en la jornada matutina

**a. Sistema de jornada matutina**

a.1 NÚMERO PROMEDIO DE LLEGADA ( $\lambda$ ), se obtiene mediante una distribución de poisson en la cual el número de usuarios registrado en un período de 2 horas (120 minutos) es igual a 106 usuarios. Entonces el parámetro es de 0.88 ( $\lambda = 106/120 = 0.88$ )

Tiempo medio de llegadas =  $1/\lambda = 1/0.88 = 1.14$

Un minuto con 14 centésimas de minuto.

a.2 TASA MEDIA DE SERVICIO ( $\mu$ ), en donde se muestra cuántos clientes son atendidos por cada receptor-pagador:

Fórmula :  $1/\mu$

donde:

$$\mu = \mu_1 \dots \mu_n/n$$

$$\mu_1 = 30/120 = 0.25$$

$$\mu_2 = 32/120 = 0.27$$

$$\dots\dots\dots 1.01/4 = 0.25$$

$$\mu_3 = 31/120 = 0.26$$

$$\mu_4 = 28/120 = 0.23$$

La tasa máxima posible de servicio es  $\mu = 0.25$ . Esto implica que el tiempo medio de servicio es de cuatro minutos

$$1/\mu = 1/0.25 = 4.00$$

a.3 NÚMERO DE ESTACIONES DE SERVICIO (k):

k = 4 receptores pagadores

a.4 SISTEMA VACÍO ( $P_0$ ):

Fórmula =

$$P_0 = \frac{1}{\sum_{n=0}^{k-1} \left( \frac{1}{n!} \right) \left( \frac{\lambda}{\mu} \right)^n + \left( \frac{1}{k!} \right) \frac{k \mu}{k\mu - \lambda}}$$

Sustituyendo:

$$k = 4$$

$$\lambda = 0.88$$

$$\mu = 0.25$$

$$P_0 = \frac{1}{\left[ \sum_{n=0}^{k-1} \frac{(-1)^n}{n!} \left( \frac{0.88}{0.25} \right)^n \right] + \frac{(-1)^k}{k!} \frac{4 \times 0.25}{(4 \times 0.25) - 0.88}}$$

$$P_0 = \frac{1}{1 + 0.04166667 (153.52) (8.33)}$$

$$P_0 = 0.018$$

La probabilidad de que el sistema este vacío es de un 0.018%

a.5 PROMEDIO DE CLIENTES QUE ESPERAN SERVICIO (o promedio de longitud media de la cola)  $(L_q)$ :

Fórmula

$$L_q = \frac{\lambda \times \mu (\lambda / \mu)^4}{(k-1)! \left( (\mu \times k) - \lambda \right)^2} \times P_0$$

Sustituyendo:

$$P_0 = 0.018$$

$$\mu = 0.25$$

$$\lambda = 0.88$$

$$k = 4$$

$$L_q = \frac{0.88 \times 0.25 (0.88 / 0.25)^4}{(4-1)! \left( (0.25 \times 4) - 0.88 \right)^2} \times 0.08571$$

$$Lq = \frac{33.7748 \times 0.018}{0.0864}$$

$$Lq = 7.03$$

El número esperado de usuarios que permanecen en la cola es de 7 personas, sin incluir a quien está recibiendo el servicio.

a.6 PROMEDIO DE TIEMPO QUE ESPERA UN CLIENTE ANTES DE DARLE SERVICIO ( $Wq$ ):

Fórmula

$$Wq = \frac{\mu \left( \frac{\lambda}{\mu} \right)^k}{(k-1)! \left( (k \times \mu) - \lambda \right)^2} \times P_0$$

Sustituyendo:

$$P_0 = 0.018$$

$$\mu = 0.22$$

$$\lambda = 0.88$$

$$k = 4$$

$$Wq = \frac{0.25 \left( \frac{0.88}{0.25} \right)^4}{(4-1)! \left( (4 \times 0.25) - 0.88 \right)^2} \times 0.018$$

$$Wq = \frac{38.3805}{0.0864} \times 0.018$$

$$Wq = 7.995$$

El tiempo que espera un cliente en la cola es de ocho minutos, antes de ser atendido.

a.7 PROMEDIO DE TIEMPO QUE PERMANECE UN USUARIO EN EL SISTEMA (W):

Fórmula

$$W = \frac{\mu \left( \frac{\lambda}{\mu} \right)^4}{(k-1)! \left( (k \times \mu) - \lambda \right)} \times \frac{P_0}{2} + \frac{1}{\mu}$$

Sustituyendo:

P<sub>0</sub> = 0.018

μ = 0.22

λ = 0.88

k = 4

$$W = \frac{0.25 \left( \frac{0.88}{0.25} \right)^4}{(4-1)! \left( (4 \times 0.25) - 0.88 \right)} \times 0.018 + \frac{1}{0.25}$$

W = 7.995 + 4

W = 12

Cada usuario tarda 12 minutos en la línea de espera, sin contar el tiempo de servicio.

a.8 PROMEDIO DE NÚMERO DE CLIENTES EN EL SISTEMA (L):

Fórmula

$$L = \frac{\lambda \times \mu \left( \frac{\lambda}{\mu} \right)^4}{(k-1)! \left( (\mu \times k) - \lambda \right)} \times P_0 + \frac{\lambda}{\mu}$$

Sustituyendo:

$$P_0 = 0.018$$

$$\mu = 0.22$$

$$\lambda = 0.88$$

$$k = 4$$

$$L = \frac{0.88 \times 0.25 (0.88/0.25)^4}{(4-1)! \left( (0.25 \times 4) - 0.88 \right)} \times 0.018 + \frac{0.88}{0.25}$$

$$L = 7.03 + 3.52$$

$$L = 10.55$$

Existen 11 usuarios en el sistema, tanto en la cola como quienes están recibiendo el servicio.

Para la agencia bancaria de la Avenida Bolívar, zona 8

La agencia bancaria cuenta con cuatro receptores-pagadores, de los cuales sólo tres prestan el servicio de atención a los usuarios. A ellos se llega luego de hacer una cola con una entrada, en cuya salida se encuentran con tres canales de servicios. Se atiende primero al que entra primero y así sucesivamente.

Se analiza el servicio prestado en la jornada Vespertina, la cual se interpreta de la siguiente manera

**b. Sistema de jornada vespertina :**

b.1 NÚMERO PROMEDIO DE LLEGADA ( $\lambda$ ), se obtiene mediante una distribución de poisson, en la cual el número de usuarios registrado en un período de 2 horas (120 minutos) es igual a 82 usuarios. Entonces, el parámetro es de 0.68% ( $\lambda = 82/120 = 0.68$ )

Tiempo medio de llegadas =  $1/\lambda = 1/0.68 = 1.47$

Un minuto con 47 centésimas de minuto.

b.2 TASA MEDIA DE SERVICIO ( $\mu$ ), donde se muestra cuántos clientes son atendidos por cada receptor-pagador:

Fórmula :  $1/\mu$

donde:

$$\mu_1 = 30/120 = 0.25$$

$$\mu_2 = 33/120 = 0.28$$

$$\mu_3 = 0.76/3 = 0.25$$

$$\mu_3 = 27/120 = 0.23$$

La tasa máxima posible de servicio es  $\mu = 0.22$ . Esto implica que el tiempo medio de servicio es de cuatro minutos.

$$1/\mu = 1/0.25 = 4$$

b.3 NÚMERO DE ESTACIONES DE SERVICIO ( $k$ ):

$k = 3$  receptores pagadores

b.4 SISTEMA VACÍO ( $P_0$ ):

Fórmula =

$$P_0 = \frac{1}{\left[ \sum_{n=0}^{k-1} \left( \frac{1}{n!} \right) \left( \frac{\lambda}{\mu} \right)^n \right] + \left( \frac{1}{k!} \right) \frac{k \mu}{k \mu - \lambda}}$$

Sustituyendo:

$$n = 3$$

$$\lambda = 0.68$$

$$\mu = 0.25$$

$$P_0 = \frac{1}{\sum_{n=0}^{k-1} \left( \frac{-1}{n!} \right) \left( \frac{0.68}{0.25} \right)^n + \left( \frac{-1}{k!} \right) \frac{4 \times 0.25}{(4 \times 0.25) - 0.68}}$$

$$P_0 = \frac{1}{1 + 0.1666667 (20.123648) 10.71428571}$$

$$P_0 = 0.027$$

La probabilidad de que el sistema este vacío es de un 0.027%

b.5 PROMEDIO DE CLIENTES QUE ESPERAN SERVICIO (o promedio de longitud media de la cola) ( $L_q$ ):

Fórmula

$$L_q = \frac{\lambda \times \mu \left( \frac{\lambda}{\mu} \right)^4 \times P_0}{(k-1)! \left( (\mu \times k) - \lambda \right)^2}$$

Sustituyendo:

$$P_0 = 0.027$$

$$\mu = 0.68$$

$$\lambda = 0.25$$

$$k = 3$$

$$L_q = \frac{0.68 \times 0.25 \left( \frac{0.68}{0.25} \right)^4 \times 0.027}{(3-1)! \left( (0.25 \times 3) - 0.68 \right)^2}$$



$$Lq = \frac{3.42102016 \times 0.027}{0.0098} =$$

$$Lq = 9.425$$

El número esperado de usuarios que están haciendo cola es de 10 personas, sin incluir a quien está recibiendo el servicio.

b.6 PROMEDIO DE TIEMPO DE ESPERA ( $Wq$ ):.

Fórmula

$$Wq = \frac{\mu (\lambda / \mu)^n}{(n-1) n! ((n \times \mu) - \lambda)^2} \times P_0$$

Sustituyendo:

$$P_0 = 0.027$$

$$\mu = 0.25$$

$$\lambda = 0.68$$

$$n = 3$$

$$Wq = \frac{0.25 (0.68 / 0.25)^3}{(3-1) ! ((3 \times 0.25) - 0.68)^2} \times 0.027$$

$$Wq = \frac{5.030912}{0.0098} \times 0.027$$

$$Wq = 13.86$$

El tiempo de cola que espera un cliente antes de ser atendido es de 13 minutos con 86 centésimas de minuto.

b.7 PROMEDIO DE TIEMPO QUE PASA UN USUARIO EN EL SISTEMA (W): 37

Fórmula

$$W = \frac{\mu (\lambda / \mu)^k}{(k-1)! ((k \times \mu) - \lambda)^2} \times P_0 + \frac{1}{\mu}$$

Sustituyendo:

$$P_0 = 0.027$$

$$\mu = 0.25$$

$$\lambda = 0.68$$

$$k = 3$$

$$W = \frac{0.25 (0.68/0.25)^3}{(3-1)! ((3 \times 0.25) - 0.68)^2} \times 0.027 + \frac{1}{0.25}$$

$$W = 13.86 + 4$$

$$W = 17.86$$

Cada usuario tarda 17 minutos con 86 centésimas de minuto en la línea de espera sin contar el tiempo de servicio.

b.8 PROMEDIO DE NUMERO DE CLIENTES EN EL SISTEMA (L):

Fórmula

$$L = \frac{\lambda \times \mu (\lambda / \mu)^n}{(n-1)! ((\mu \times n) - \lambda)^2} \times P_0 + \frac{\lambda}{\mu}$$

Sustituyendo:

$$P_0 = 0.027$$

$$\mu = 0.25$$

$$\lambda = 0.68$$

$$k = 3$$

$$L = \frac{0.68 \times 0.25 (0.68/0.25)^4}{(3-1)! \left( (0.25 \times 3) - 0.68 \right)^2} \times 0.027 + \frac{0.68}{0.25}$$

$$L = 349.08368 \times 0.027 + 2.72$$

$$L = 12.14$$

Existen 13 usuarios en el sistema, tanto en la cola como recibiendo el servicio.

## B. ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE DATOS

### 1 CONDICIÓN DEL ESPACIO FÍSICO

Las instalaciones que ocupa la agencia bancaria de la 17 calle de la zona 1, esta geográficamente bien ubicada. Cuenta con una afluencia grande de usuarios. Desde luego, el sector comercial influye en la gran demanda de este servicio.

Se debe tomar en cuenta que la localización es adecuada y la cercanía de agencias bancarias de otros Bancos, la ubica dentro de la competencia en este segmento de mercado.

La condición física de la agencia es buena. Aunque deteriorados, sus muebles de material resistente al uso diario reciben mantenimiento adecuado al igual que todos los bienes inmuebles de la agencia.

El equipo de computación con el que realizan las operaciones es de modelo reciente. Su sistema de cómputo se actualiza, dependiendo de las necesidades,

que demande, esto para satisfacer de una u otra forma la atención a los usuarios.

La distribución del espacio físico de la agencia, es inadecuado por lo que propicia incomodidad en la fila de espera. La cola tiene un recorrido corto en espacio lateral reducido.

En la sección de anexos en el plano anexo No. 1, se muestra la distribución física, tanto de la ubicación exacta de las personas que laboran en la agencia, como de los bienes muebles que se utilizan para la prestación de los servicios.

Para la agencia de la Avenida Bolívar zona 8, la situación es la siguiente:

El área que ocupa el local de la agencia bancaria se encuentra situada en una avenida que es bastante frecuentada por personas particulares, comerciantes y, sobre todo, por dueños de comercios cercanos.

El local es pequeño, lo que la permanencia prolongada en la cola se torne incomoda.

El equipo de cómputo de la agencia bancaria está en las mismas condiciones que el de la 17 calle.

La distribución física del mobiliario y equipo concuerda con el espacio disponible.

## 2 LIMITACIONES ENCONTRADAS

Las agencias bancarias son altamente competitivas en su campo de desempeño. Se debe hacer notar que las limitantes encontradas no corresponden a la prestación deficiente del servicio o mal manejo de las cuentas, sino a la ubicación física del espacio que se tiene destinado para la cola, así como al número de receptores-pagadores que atienden a los usuarios.

El área donde se encuentra localizada la línea de espera, de la agencia de la 17 calle, que se empieza a formar cuando llegan los clientes en busca del servicio, se reduce tanto en su ancho como en su recorrido en forma de "U".

Otra limitante no tan significativa como la de la cola, corresponde al mobiliario y equipo de que se dispone, el cual está dañado por el paso del tiempo y, a pesar del buen mantenimiento que se le brinda por parte del personal de apoyo y el uso adecuado por parte de los trabajadores del banco, no deja de constituir limitación.

Para la agencia de la avenida Bolívar, la limitante que predomina sobre las descritas anteriormente, es la falta de receptores-pagadores para atender la gran demanda de usuarios que llega a ella. Se hace necesario que se habilite la cuarta estación de servicio.

41

El horario esta en concordancia con las necesidades, ya que coincide con las horas hábiles que tienen los comercios. Por lo cual, el horario no es un factor limitante en el servicio prestado.

Todas las limitaciones encontradas en esta investigación se identificaron a través del método de observación directa. Las horas en las cuales se obtuvo la información fueron diversas ya que se tomó el tiempo tanto, en días superpoblados de usuarios, como en días en los que la demanda de atención fue menor.

### 3 REQUERIMIENTOS DEL MODELO

El objetivo principal de este trabajo es el de hacer que un modelo de cola sea funcional y proporcione al usuario un desenvolvimiento más cómodo y rápido al transitar dentro de la misma y, al mismo tiempo, le sea prestado un buen servicio al llegar al final de la línea de espera.

Para la agencia de la 17 calle de la zona 1 se sugiere un modelo que se describe a continuación:

Se presenta un nuevo modelo de cola basado en la corrección de los errores que presenta la actual línea de espera. Este modelo proporcionará la consecución del objetivo deseado.

Para poder llegar a desarrollar un nuevo modelo de cola, se deben tomar en cuenta las siguientes condiciones:

- la distribución del área física
- el cambio de mobiliario y equipo
- disponibilidad de apoyo del equipo operativo y administrativo.

El personal de la agencia bancaria en estudio, esta anuente a los cambios que propicien una mejor atención al usuario más rápida, eficiente y cómoda. Esta actitud permitirá superar de mejor forma las limitantes que se pudieran dar en el transcurso de la implementación de la nueva estructura de la línea de espera.

Los requerimientos que se deben tomar en cuenta para el mejor desarrollo del modelo serán:

- Actitud positiva al cambio tanto en el personal operativo (receptor-pagador) como en el personal administrativo (secretarias, Jefe de agencia).
- Disponibilidad de recursos económicos para poder efectuar el cambio de mobiliario y equipo de la agencia bancaria.
- Contar con el apoyo de la Gerencia General del Banco, para realizar los cambios propuestos.

Para la agencia de la avenida Bolívar, el <sup>43</sup>  
modelo propuesto se describe a continuación:

- Por la naturaleza de los servicios prestados en la agencia bancaria, es necesario que se habilite para el servicio una estación más. Con esto se estaría dotando de cuatro estaciones de servicio, las cuales prestarán un servicio mejor y más rápido
- La habilitación no supondrá costo adicional de mobiliario y equipo, ya que se cuenta con espacio en el mostrador de los receptores-pagadores, y el equipo de cómputo está disponible. La persona encargada de la cuarta estación se encuentra actualmente cubriendo operaciones varias, lo que significa que ayuda a verificar datos, hacer cheques de caja, etc., a las tres personas que atienden las cajas.

Los requerimientos que se deben tomar en cuenta, para el mejor desarrollo del modelo se citan a continuación:

- Actitud positiva al cambio, tanto en el personal operativo (receptor-pagador) como en el administrativo (secretarias, Jefe de agencia).
- Contar con el apoyo de la Gerencia General del Banco, para poder realizar los cambios propuestos.

PROPIEDAD DE LA UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
Central



#### 4. TIEMPO DE APLICACIÓN DEL MODELO

El tiempo necesario para poder saber si el cambio efectuado en la agencia bancaria fue el correcto y detectar alguna falla, se estima que puede ser de 30 días de servicio. Este tiempo es necesario ya que será, a través de la observación directa que se establecerá cómo reacciona el usuario ante tal cambio. El tiempo que se invertirá en acomodar el área física de la agencia para poder operar el cambio, también se incluye en este período.

Se podrán evaluar aspectos tales como, la frecuencia de personas que se ven dentro de la cola y cual es su reacción ante los cambios efectuados; el mejor acondicionamiento de la ubicación de las cajas receptoras y el mejor manejo por parte de los receptores-pagadores.

De acuerdo con los resultados obtenidos, se podrá conocer la efectividad del nuevo modelo.

#### C. MEDIDAS QUE DEBEN ADOPTARSE PARA LA MEJOR ATENCIÓN DEL SERVICIO AL PÚBLICO

Tomando en cuenta todos los factores observados, directamente, en el estudio, se pudo asegurar que la población en busca del servicio prestado por el banco tiende a mantenerse constante salvo algunos días del mes en que se nota un cambio, ya que tiende a incrementarse.

Para lograr óptimos resultados al prestar los servicios, se debe tomar varias medidas efectivas de tal manera que el usuario quede completamente satisfecho al utilizar los servicios de las agencias bancarias.

**1. ESTRUCTURA ADMINISTRATIVA**

El servicio prestado por los receptores-pagadores, se califica de bueno. Se atiende al usuario en una forma agradable, eficiente y con rapidez.

Tanto el servicio que presta la secretaria de atención al público como el Jefe de agencia, se califica como efectivo.

**2. RECURSOS HUMANOS**

Todos los empleados de las agencias bancarias, desde el nivel de Jefatura hasta el de apoyo y servicios, están concientes de que al ofrecer una buena atención se logrará que el usuario prefiera utilizar los servicios prestados por estas agencias y se sienta cómodo dentro del edificio y al realizar sus operaciones bancarias.

Las medidas a tomar pueden complementarse con una fase de charlas, sobre cómo obtener mejores resultados al realizar las labores en forma rápida y de buena calidad. No deben olvidarse de brindarle una sonrisa al cliente, por muy cansados que estos se sientan. El empleado debe estar motivado para continuar con este tipo de servicios que ayuda a que estas agencias bancarias sean preferidas sobre la competencia.

Para la agencia bancaria de la 17 calle de la zona 1:

El cambio propuesto es el de mejorar en un 100% el área física de la agencia bancaria, ya que se logró determinar que lo que determine que la línea de espera sea insuficiente y en extremo incomoda para el público, es la forma en que está distribuida el área física de la agencia bancaria. Esto implica que la remodelación que se le dará a la misma logrará reducir el tiempo de espera para los usuarios.

Tomando en cuenta que el objetivo es propiciar la rapidez en la prestación de los servicios bancarios, se deben efectuar los cambios necesarios para lograr el objetivo.

Para lograr la transformación y obtener mejores resultados debe saberse cuáles serán los cambios a efectuarse, los cuales se detallan a continuación

a) El espacio físico de la agencia bancaria puede adecuarse para desarrollar los cambios. En los anexos del estudio, en el plano No. 1, se puede observar la forma en que están distribuidos los muebles y equipo de la agencia bancaria, asimismo la forma y ubicación de la actual línea de espera.

En la gráfica del plano No. 1 en la sección de anexos, se aprecia que el espacio destinado para el tránsito de la cola es insuficiente e incomodo. El área total de la agencia bancaria es de 8 metros de ancho por 12 metros de fondo, y el espacio destinado a la cola tiene un ancho de 1.25 metros

y el recorrido en su forma es de aproximadamente 6 metros hasta la línea amarilla. 47

- b) El mobiliario con el que cuenta la agencia bancaria esta en proceso de deterioro, lo cual resta presentación y comodidad para el usuario. Debido a que el espacio es mínimo, la sala de espera alberga poco mobiliario y, en días de mucha afluencia, se torna insuficiente para la cantidad de usuarios que esperan ser atendidos por la secretaria de atención al público.
- c) Es necesario que el empleado mantenga el nivel de eficiencia al prestar sus servicios al público.

Para poner en marcha el cambio que se efectuará se debe tomar en cuenta al personal que labora en la agencia bancaria. Debe hacérseles saber cuáles serán los cambios y las causas que los propician para lograr su cooperación. Esta actitud genera dinamismo e identificación con el proceso.

Una vez lograda la actitud positiva de los empleados, se deben buscar los recursos necesarios y la autorización de la Gerencia General por medio del Departamento Administrativo. Con ello se cubrirán los trámites internos.

En el Plano No. 2 de la sección de anexos se presenta en forma gráfica la nueva ubicación y distribución física que se implementará para poder prestar los servicios bancarios en una mejor forma.

Este plano es una propuesta que para realizarla cuenta con la aprobación de las autoridades del banco. Se observa que la nueva ubicación de la cola se sitúa frente a la puerta de ingreso a la agencia y tiene un ancho de 1.50 metros y un recorrido en forma de "ues" de 10 metros de largo. Esto permitirá que más personas formen parte de la cola. El espacio para recorrerlo es más ancho y cómodo para el usuario.

La redistribución de la ubicación del mobiliario, pretende mejorar el ornato de la agencia y proporcionar la comodidad del usuario. Se hará un cambio de mobiliario y de ubicación de escritorios en las áreas donde se crea que mejorará el servicio. En la sección de anexos, el plano No.2 se muestra la nueva forma de sala de espera, tanto en mobiliario, como en ubicación. Asimismo, al ubicarlo en esta área, se pudo aumentar el número de sillas que formarán parte de la sala de espera y atención por parte de la secretaria de atención al público.

Durante el transcurso de la nueva observación y toma de tiempos, se podrá saber cuál fue el resultado de los cambios a efectuarse.

Para la agencia de la avenida Bolívar, los cambios físicos que se necesitan serán los siguientes

El cambio que se necesita efectuarse en esta agencia, no afecta el espacio físico que ocupa, ya que, dentro del mostrador de receptores-pagadores hay un espacio destinado a la cuarta estación de servicio, la cual no se habilitó porque la afluencia de usuarios, al inicio de las operaciones, era menor pero de un tiempo a la fecha de la investigación, se ha

incrementado.

49

No se puede proponer cambios muy drásticos dado que el espacio es pequeño pero adecuado a las funciones que se realizan. Tanto el equipo de cómputo como el mobiliario que se necesita para habilitarla se encuentra ahí mismo.

El personal que ocuparía esta estación de servicio se encuentra actualmente trabajando en actividades diversas, pero su plaza corresponde a receptor-pagador. Se espera que sus funciones se realicen sin costo adicional.

#### ! TECNOLOGÍA

Este aspecto, dentro de los servicios prestados por las agencias bancarias, está clasificado como excelentes, ya que las computadoras utilizadas y los programas de estas, son el reflejo de los programas actualizados. Con ellos se logra el control total de los procesos relacionados con los saldos de las cuentas bancarias del usuario.

No se detalla minuciosamente este factor, en vista de que el sistema de computación desarrollado para el banco está a la vanguardia en los cambios relacionados con este campo.

## CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

### CONCLUSIONES

1. Las colas son casi inevitables, pero la prestación del servicio puede hacerse más efectivo. Valiéndose de la Teoría de Colas se puede evaluar el congestionamiento de la línea de espera y medir el tiempo de duración para poder hacer planes en la modificación del sistema.
2. El recurso humano con que cuentan las agencias bancarias está anuente a los cambios propuestos y su actitud es positiva.
3. La probabilidad de que la línea de espera aumente o disminuya, en ambas agencias, dependerá de las fechas calendario en las cuales el servicio sea prestado.
4. Para poder determinar las características del flujo de usuarios en la cola, esperando entrar a la estación de servicio, se debe de conocer el nivel de congestionamiento, el cual se obtendrá al hacer las mediciones estadísticas correspondientes.
5. El sistema de computación y los programas que son utilizados se reconocen como excelentes, ya que están actualizados y logran el objetivo de ofrecer la información necesaria y

aplicarla adecuadamente.

#### **AGENCIA 17 CALLE**

1. El área física de la agencia bancaria está mal distribuida, lo que ocasiona insuficiencia de espacio.
2. El área destinada al recorrido de la cola o línea de espera es insuficiente y mal diseñada lo que ocasiona que el usuario se sienta incómodo al recorrerlo.
3. El mobiliario de la agencia bancaria se deteriora paulatinamente, no solo por su antigüedad, sino por el uso constante a que es sometido.

#### **AGENCIA DE AVENIDA BOLIVAR**

1. Es necesaria una cuarta estación de servicio en la agencia de la avenida Bolívar, zona 8.



**RECOMENDACIONES**

1. Implementar el servicio de Depósitos Voluminosos, con ello se puede lograr que sólo un receptor pagador se dedique a esta actividad, mientras que los otros servidores pueden agilizar las otras operaciones bancarias.
2. Impartir cursos de capacitación para el personal de las agencias bancarias, con el fin de motivarlo a seguir realizando su trabajo con calidad.
3. Supervisar los cambios efectuados para corregir los errores que se cometen en el proceso de mejorar los servicios.
4. Si se desea poder atender a mayor cantidad de clientes en forma rápida y mantener su posición dentro del mercado, se deben realizar los cambios propuestos en este estudio

**AGENCIA 17 CALLE**

1. Redistribuir el área física de la agencia bancaria, tomando en cuenta el Plano No. 2 que se encuentra en la sección de anexos. En él se muestra gráficamente los cambios a realizar en la distribución y ubicación de los servicios prestados en la agencia bancaria.
2. En los días de mayor congestionamiento de la cola, se debe habilitar receptor-pagador más, para poder atender, en menor tiempo posible, a la gran cantidad de usuarios que buscan

los servicios.

3. Para obtener los resultados deseados y, con ello acomodar convenientemente al público que espera ser atendido, deben llevarse a cabo los cambios sugeridos (véase la sección de anexos plano No. 2)

#### **AGENCIA AVENIDA BOLIVAR**

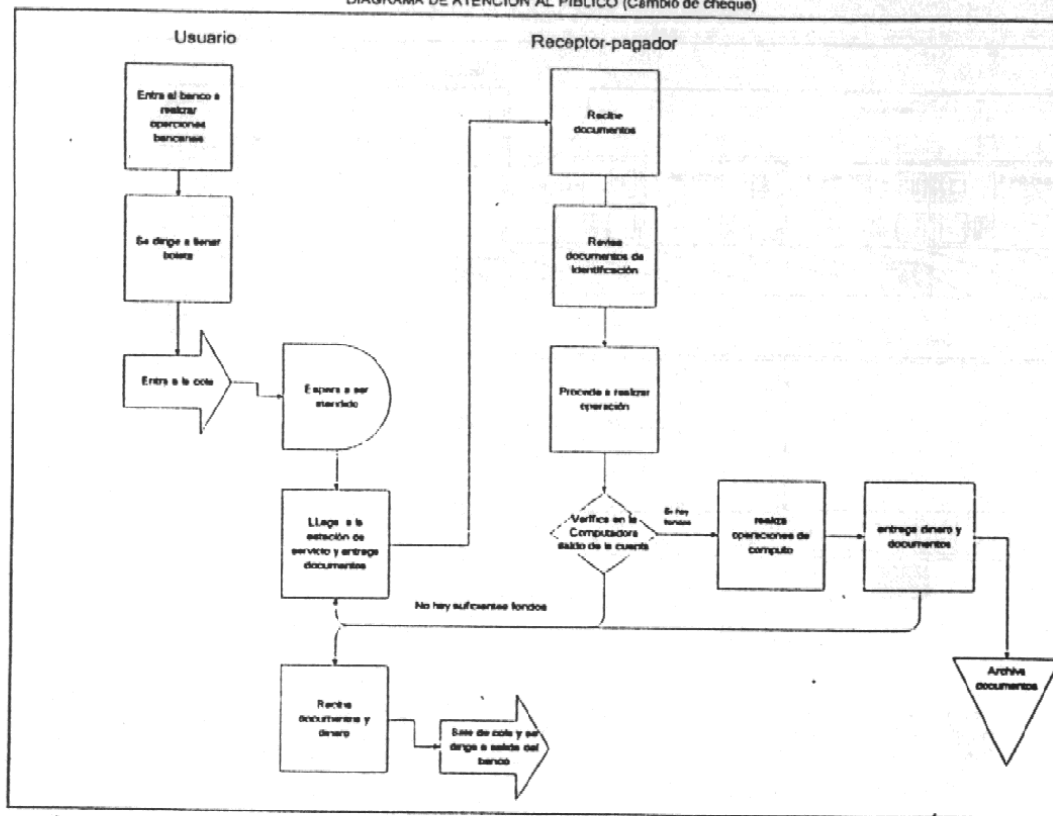
1. Utilizar los recursos con que cuenta la agencia de la avenida Bolívar zona 8 para habilitar la cuarta estación de servicio, ya que la persona que fue contratada para realizar este trabajo está laborando en la misma.
2. Destinar la cuarta estación para depósitos voluminosos, con esto se evita que las cuatro estaciones estén congestionadas por este tipo de transacciones.

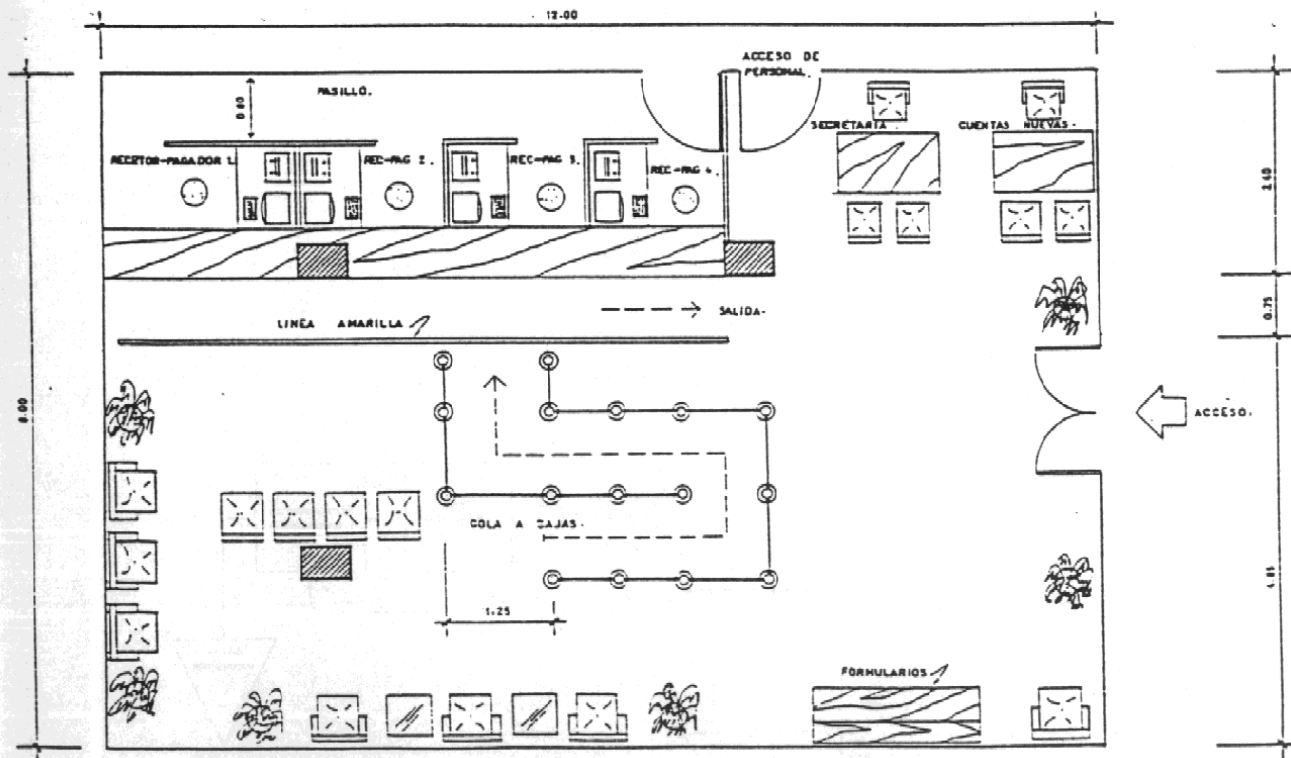
## BIBLIOGRAFÍA

1. Thierauf, Robert J. y Richard A. Grosse TOMA DE DECISIONES POR MEDIO DE INVESTIGACION DE OPERACIONES, México, LIMUSA, 1974.
2. Kaufman, A., INVESTIGACION DE OPERACIONES, México, LIMUSA, 1973.
3. Buffa Elwood, ADMINISTRACION Y DIRECCION TECNICA DE LA PRODUCCION, México, LIMUSA, 1982.
4. Zajarov, V., TEORIA DE LAS PROBABILIDADES, Editorial MIR, Moscú, 1,985.
5. Levin Richard I., Kirkpatrick, Charles A., ENFOQUES CUANTITATIVOS A LA ADMINISTRACIÓN, México, CECSA, 1,987
6. Moskowitz, Herbert y Gordon P. Wright, INVESTIGACION DE OPERACIONES, México, PRENTICE HALL Hispanoamericana, S.A. 1,982.
7. Shamblin, James E., G.T. Stevens, INVESTIGACION DE OPERACIONES, UN ENFOQUE FUNDAMENTAL, México MacGraw HILL, 1,985.
8. Wayne L. Winston, INVESTIGACION DE OPERACIONES, APLICACIONES Y ALGORITMOS, México, GRUPO EDITORIAL IBEROAMERICA, 1,994.
9. Kaufmann A., Faure R., INVITACION A LA INVESTIGACION DE OPERACIONES, México CECSA, 1,984
- 10 Prado Diaz, Sandra J. APLICACIÓN DE LA TEORIA DE COLAS A INSTITUCIONES QUE BRINDAN ATENCION MEDICA, Tesis de grado, USAC. 1987
- 11 Castro Loarca, Victor APLICACIONES DE LOS MODELOS MATEMATICOS EN GUATEMALA, Tesis de Grado F.CC.EE. USAC.
- 12 Moskowitz, Herbert/ Wright, Gordon P., INVESTIGACION DE OPERACIONES, México, Prentice Hall Hispanoamericana, S.A.
- 13 Hillier Liberman, INTRODUCCIÓN A LA INVESTIGACIÓN DE OPERACIONES, México, tercera edición, Mc Graw Hill.

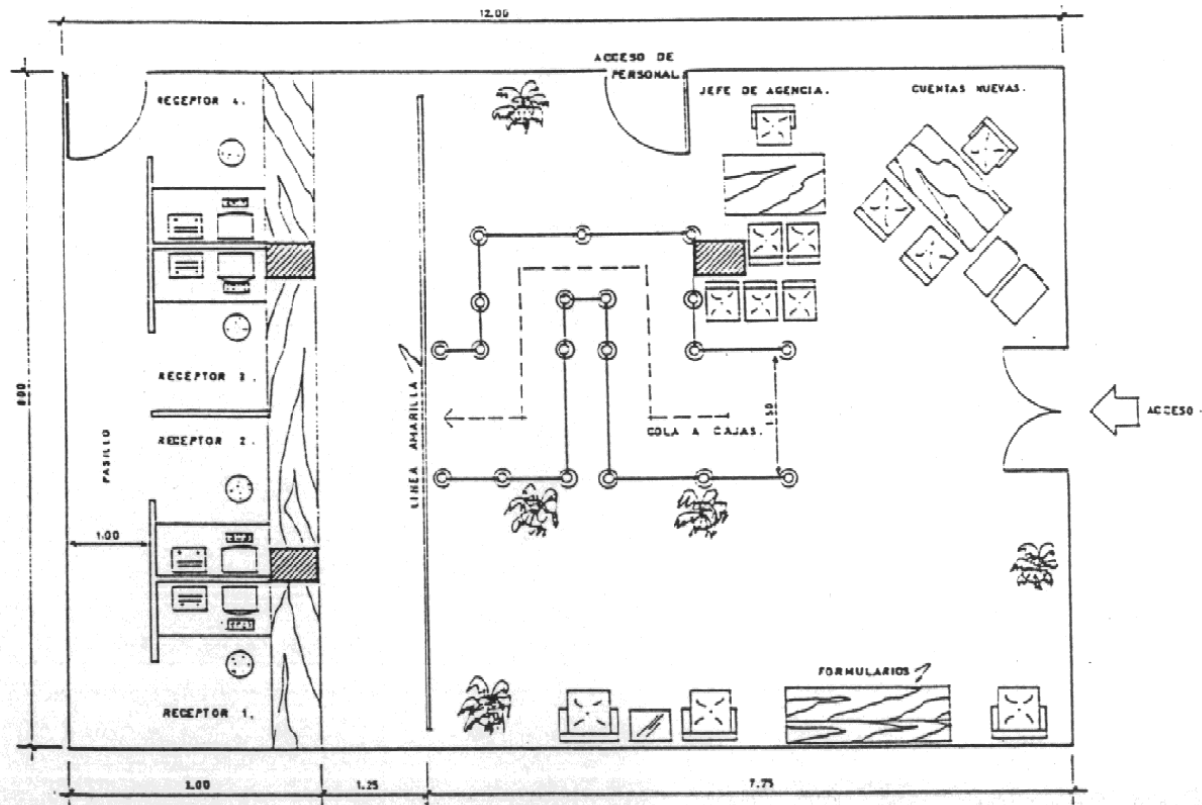
## ANEXOS

DIAGRAMA DE ATENCIÓN AL PÚBLICO (Cambio de cheque)





DISTRIBUCIÓN ANTERIOR 17 CALLE ESCALA 1:50.



DISTRIBUCION ACTUAL. ESCALA 1:50.

Se anexa al estudio los cálculos matemáticos efectuados luego de la puesta en marcha de las recomendaciones brindadas a las agencias bancarias.

#### 4. APLICACIÓN MATEMÁTICA DEL MODELO PROPUESTO

Se analizará el servicio que se presta en la jornada matutina, en la agencia de la 17 calle de la zona 1.

##### a. Sistema de jornada matutina

a.1 EL TIEMPO MEDIO DE LLEGADA ( $\lambda$ ), se obtiene mediante una distribución de Poisson, en la cual el número de usuarios registrado en un período de 2 horas (120 minutos) es igual a 137 usuarios. Entonces el parámetro es de 1.14† ( $\lambda = 137/120 = 1.14$ )

Tiempo medio de llegadas =  $1/\lambda = 1/1.14 = 0.87$

Cincuenta y dos minutos.

a.2 TASA MEDIA DE SERVICIO ( $\mu$ ), en donde se muestra cuántos clientes son atendidos por cada Receptor-pagador:

Fórmula :  $1/\mu$

donde:

$$\mu = \mu_1 \dots \mu_n/k$$

$$\mu_1 = 37/120 = 0.31$$

$$\mu_2 = 36/120 = 0.30$$

$$\mu_3 = 35/120 = 0.29$$

$$\mu_4 = 35/120 = 0.29$$

$$\dots\dots\dots 1.19/4 = 0.30$$



La tasa máxima posible de servicio es  $\mu = 0.30$ . Esto implica que el tiempo medio de servicio es de tres minutos con 33 centésimas de minuto.

$$1/\mu = 1/0.29 = 3.33$$

a.3 NÚMERO DE ESTACIONES DE SERVICIO (k):

k = 4 receptores pagadores

a.4 SISTEMA VACÍO ( $P_0$ ):

Fórmula =

$$P_0 = \frac{1}{\sum_{n=0}^{k-1} \left( \frac{1}{n!} \right) \left( \frac{\lambda}{\mu} \right)^n + \left( \frac{1}{k!} \right) \frac{k \mu}{k\mu - \lambda}}$$

Sustituyendo:

$$k = 4$$

$$\lambda = 1.14$$

$$\mu = 0.30$$

$$P_0 = \frac{1}{\sum_{n=0}^{k-4} \left( \frac{1}{n!} \right) \left( \frac{1.14}{0.30} \right)^n + \left( \frac{1}{4!} \right) \frac{4 \times 0.30}{(4 \times 0.30) - 1.14}}$$

$$P_0 = \frac{1}{1 + 0.04166667 (208.5136) 20}$$

$$P_0 = \frac{1}{174.7613347}$$

$$P_0 = 0.0057$$

La proporción de que el sistema esté vacío es de un 0.0057%

a.5 EL PROMEDIO DE CLIENTES QUE ESPERAN SERVICIO (o promedio de longitud media de la cola) (Lq):

Fórmula

$$Lq = \frac{\lambda \times \mu (\lambda / \mu)^k}{(k-1)! \{(\mu \times k) - \lambda\}^2} \times P_0$$

Sustituyendo:

$$P_0 = 0.0057$$

$$\mu = 1.14$$

$$\lambda = 0.30$$

$$k = 4$$

$$Lq = \frac{1.14 \times 0.30 (1.14 / 0.30)^4}{(4-1)! \{((0.30 \times 4) - 1.14)\}^2} \times 0.0057$$

$$Lq = \frac{71.3165512}{0.02216} \times 0.0057$$

$$Lq = 3301.69 \times 0.0057 =$$

$$Lq = 18.82$$

El número de usuarios que se espera que esté haciendo cola es de 19 personas, sin incluir al que está recibiendo el servicio.

a.6 PROMEDIO DE TIEMPO QUE ESPERA UN CLIENTE ANTES DE DARLE SERVICIO ( $Wq$ ):

Fórmula

$$Wq = \frac{\mu \left( \frac{\lambda}{\mu} \right)^4}{(k-1)! \left( (k \times \mu) - \lambda \right)^2} \times P_0$$

Sustituyendo:

$$P_0 = 0.0057$$

$$\mu = 1.14$$

$$\lambda = 0.30$$

$$K = 4$$

$$Wq = \frac{0.30 \left( \frac{1.14}{0.30} \right)^4 \times 0.0057}{(4-1)! \left( (4 \times 0.30) - 1.14 \right)^2}$$

$$Wq = \frac{62.5548}{0.0216} \times 0.0057$$

$$Wq = 2896.02 \times 0.0057$$

$$Wq = 16.50$$

El tiempo de cola que espera un cliente es de 16 minutos, con 50 centésima de minuto antes de ser atendido.

a.7 PROMEDIO DE TIEMPO QUE PASA UN USUARIO EN EL SISTEMA

( $W$ ):

Fórmula

$$W = \frac{\mu \left( \frac{\lambda}{\mu} \right)^4}{(k-1)! \left( (k \times \mu) - \lambda \right)^2} \times P_0 + \frac{1}{\mu}$$

Sustituyendo:

$$P_0 = 0.0057$$

$$\mu = 1.14$$

$$\lambda = 0.30$$

$$k = 4$$

$$W = \frac{0.30 \left( \frac{1.14}{0.30} \right)^4 \times 0.0057}{(4-1)! \left( (4 \times 0.30) - 1.14 \right)^2} + \frac{1}{0.30}$$

$$W = 16.50 + 3.333$$

$$W = 19.83$$

Cada usuario tarda 19 minutos con 83 centésimas de minuto en la línea de espera sin contar el tiempo de servicio.

a.8 PROMEDIO DE NÚMERO DE CLIENTES EN EL SISTEMA (L):

Fórmula

$$L = \frac{\lambda \times \mu \left( \frac{\lambda}{\mu} \right)^4 \times P_0}{(k-1)! \left( (\mu \times k) - \lambda \right)^2} + \frac{\lambda}{\mu}$$

Sustituyendo:

$$P_0 = 0.0057$$

$$\mu = 1.14$$

$$\lambda = 0.30$$

$$k = 4$$

$$L = \frac{1.14 \times 0.30 (1.14/0.30)^4}{(4-1)! \left( (0.30 \times 4) - 1.14 \right)} \times 0.0057 + \frac{1.14}{0.30}$$

$$L = \frac{71.3116512}{0.0216} \times 0.0057 + 3.8$$

$$L = 18.8183524 + 3.8$$

$$L = 22.66$$

Permanecen 23 usuarios en el sistema, tanto en la cola como quienes están recibiendo el servicio.

Se analizará el servicio prestado en la jornada vespertina en la agencia de la avenida Bolívar de la zona 8,

#### b. Sistema de jornada vespertina

b.1 EL TIEMPO MEDIO DE LLEGADA ( $\lambda$ ), se obtiene mediante una distribución de Poisson, en la cual el número de usuarios registrado en un período de 2 horas (120 minutos) es igual a 112 usuarios. Entonces el parámetro es de 0.93% ( $\lambda = 100/120 = 0.83$ )

$$\text{Tiempo medio de llegadas} = 1/\lambda = 1/0.83 = 1.20$$

Un minutos con 20 segundos.

b.2 TASA MEDIA DE SERVICIO ( $\mu$ ), en donde se muestra cuántos clientes son atendidos por cada Receptor-pagador :

Fórmula :  $1/\mu$

donde:

$$\mu = \mu_1 \dots \mu_n / k$$

$$\mu_1 = 29/120 = 0.24$$

$$\mu_2 = 29/120 = 0.24$$

$$\mu_3 = 30/120 = 0.25 \quad \dots\dots\dots 90/4 = 0.23$$

$$\mu_4 = 20/120 = 0.17$$

La tasa máxima posible de servicio es  $\mu = 0.23$  esto implica que el tiempo medio de servicio es de cuatro minutos con 35 centésimas de minuto.

$$1/\mu = 1/0.23 = 4.35$$

b.3 NÚMERO DE ESTACIONES DE SERVICIO (k):

$$k = 4 \text{ receptores pagadores}$$

b.4 SISTEMA VACÍO ( $P_0$ ):

Fórmula =

$$P_0 = \frac{1}{\sum_{n=0}^{k-1} \left( \frac{1}{n!} \right) \left( \frac{\lambda}{\mu} \right)^n + \left( \frac{1}{k!} \right) \frac{k \mu}{k\mu - \lambda}}$$

Sustituyendo:

$$k = 4$$

$$\lambda = 0.83$$

$$\mu = 0.23$$

$$P_0 = \frac{1}{\left[ \sum_{n=0}^{k-4} \left( \frac{1}{n!} \right) \left( \frac{0.83}{0.23} \right)^n \right] + \left( \frac{1}{4!} \right) \frac{4 \times 0.23}{(4 \times 0.23) - 0.83}}$$

$$P_0 = \frac{1}{1 + 0.041666667 (169.59) 10.22}$$

$$P_0 = \frac{1}{73.2327855}$$

$$P_0 = 0.0137$$

La proporción de que el sistema esté vacío es de un 0.0137%

b.5 EL PROMEDIO DE CLIENTES QUE ESPERAN SERVICIO (promedio de longitud media de la cola) (Lq):

Fórmula

$$Lq = \frac{\lambda \times \mu \left( \frac{\lambda}{\mu} \right)^4 \times P_0}{(k-1)! \left( (\mu \times k) - \lambda \right)^2}$$

Sustituyendo:

$$P_0 = 0.0137$$

$$\mu = 0.83$$

$$\lambda = 0.23$$

$$k = 4$$

$$Lq = \frac{0.83 \times 0.23 \left( \frac{0.83}{0.23} \right)^4 \times 0.0137}{(4-1)! \left( (0.23 \times 4) - 0.83 \right)^2}$$

$$Lq = \frac{32.3747895}{0.0486} \times 0.0137$$

$$Lq = 666.1479 \times 0.0137$$

$$Lq = 9.13$$

El número de usuarios que se espera esté haciendo cola es de 10 personas, sin incluir a quien está recibiendo el servicio.

b.6 PROMEDIO DE TIEMPO QUE ESPERA UN CLIENTE ANTES DE DARLE SERVICIO ( $Wq$ ):

Fórmula

$$Wq = \frac{\mu \left( \frac{\lambda}{\mu} \right)^k}{(k-1)! \left( (k \times \mu) - \lambda \right)^2} \times P_0$$

Sustituyendo:

$$P_0 = 0.0137$$

$$\mu = 0.83$$

$$\lambda = 0.23$$

$$k = 4$$

$$Wq = \frac{0.23 \left( \frac{0.83}{0.23} \right)^4}{(4-1)! \left( (4 \times 0.23) - 0.83 \right)^2} \times 0.0137$$

$$Wq = \frac{39.0058}{0.0486} \times 0.0137$$

$$Wq = 802.5879 \times 0.0137$$

$$Wq = 10.99$$

El tiempo de cola que espera un cliente es de 10 minutos con 99 centésimas de minuto, antes de ser atendido.



4.2.7 Promedio de tiempo que pasa un usuario en el <sup>68</sup> sistema:

Fórmula

$$W = \frac{\mu (\lambda / \mu)^4}{(k-1)! ((k \times \mu) - \lambda)^2} \times P_0 + \frac{1}{\mu}$$

Sustituyendo:

$$P_0 = 0.0137$$

$$\mu = 0.83$$

$$\lambda = 0.23$$

$$k = 4$$

$$W = \frac{0.23 (0.83/0.23)^4}{(4-1)! ((4 \times 0.23) - 0.83)^2} \times 0.0137 + \frac{1}{0.23}$$

$$W = 10.99 + 4.35$$

$$W = 15.34$$

Cada usuario tarda 15 minutos con 34 centésimas de minuto en la línea de espera sin contar el tiempo de servicio.

b.8 PROMEDIO DE NÚMERO DE CLIENTES EN EL SISTEMA (L):

Fórmula

$$L = \frac{\lambda \times \mu (\lambda / \mu)^4}{(k-1)! ((\mu \times k) - \lambda)^2} \times P_0 + \frac{\lambda}{\mu}$$

Sustituyendo:

$$P_0 = 0.0137$$

$$\mu = 0.83$$

$$\lambda = 0.23$$

$$k = 4$$

$$L = \frac{0.83 \times 0.23 (0.83/0.23)^4}{(4-1)! ((0.23 \times 4) - 0.83)^2} \times 0.0137 + \frac{0.83}{0.23}$$

$$L = 9.13 + 3.61$$

$$L = 13.74$$

Existen 14 usuarios en el sistema, tanto en la cola, como recibiendo el servicio.