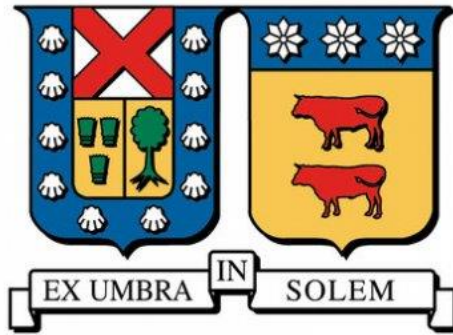




UNIVERSIDAD TÉCNICA FEDERICO SANTA MARÍA

DEPARTAMENTO DE INDUSTRIAS

**ANÁLISIS DE LOS TIEMPOS DE ESPERA Y PROPUESTAS DE MEJORA EN EL
ÁREA DE SERVICIO DE CAJAS DE BANCOESTADO SUCURSAL
VALPARAÍSO PRAT, CHILE.**

MEMORIA PARA OPTAR AL TÍTULO DE INGENIERO CIVIL INDUSTRIAL

AUTOR

LUIS ACEVEDO CABELLO

PROFESOR GUÍA: MÓNICA LÓPEZ

PROFESOR CORREFERENTE: JORGE WESTON

VALPARAÍSO, 10 JUNIO 2019

Agradecimientos

A mis padres

Mis más enormes deseos de agradecimientos, que con esfuerzo y cariño me han otorgado siempre su apoyo incondicional en cada paso que doy o propongo alcanzar.

A mi familia y amigos

Agradezco, toda palabra o gesto de aliento entregado en cada etapa de este desarrollo profesional. En especial, a aquellos que ya no están con nosotros, siempre serán parte esencial de mi vida, me animaron a continuar esforzándome por muy alto que fuese el obstáculo.

A mi amada

Tamara, tú has sido pilar fundamental en todos los sentidos, me has acompañado día tras día frente a fracasos y alegrías, siempre con una sonrisa, un abrazo y una palabra de amor. Gracias por tu paciencia, por darme tiempo y esperarme para que pueda cumplir este sueño.

A todos ellos, les estoy eternamente agradecido y les dedico este trabajo con mucho cariño.

Mis agradecimientos, a su vez, están dirigidos al cuerpo docente, en especial a la profesora Mónica López y Jorge Weston, quienes fueron mis guías para realizar este trabajo.

Resumen ejecutivo

En el presente estudio, se analizaron los diversos tiempos registrados dentro de las filas de espera del sector cajas para la sucursal Valparaíso Prat de Banco Estado de Chile, para así determinar cuál es una configuración viable de implementar como modelo de atención para dicha sucursal. Teniendo siempre como objetivo una buena gestión de la calidad de atención (tiempo de espera) y costos operativos. Para lograr esto, se recopilaron diversos datos entregados por el sistema de gestión de turnos utilizado actualmente en el banco, en la mayoría de sus sucursales, se trata del sistema Totalpack. A partir de éste, se consiguió cruzar información importante para poder simular, mediante el programa SIMIO, 3 distintos modelos de atención al cliente, mientras que un cuarto modelo se analizó principalmente a través de una encuesta online.

Los modelos a estudiarse varían entre ellos, principalmente, por el número de cajas asignadas, el modelo 1 presenta 6 cajas disponibles (se trata del modelo actual de atención en la sucursal de estudio), el modelo 2 cuenta con 5 cajas disponibles para atención y el modelo 3 tiene 7 cajas para la atención. Por otro lado, el cuarto modelo es una extensión del modelo 1 pero con la alternativa de un “ticket virtual”, opción que permite al usuario disponer de un medio tecnológico para tomar un número de atención en forma no presencial.

A partir de los resultados cuantitativos y cualitativos obtenidos, se logró identificar aquel modelo que es más conveniente de aplicar bajo ciertas restricciones presupuestarias.

Índice

1. PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN	1
2. OBJETIVOS	5
2.1 Objetivo General	5
2.2 Objetivos Específicos	5
3. MARCO TEÓRICO.....	6
3.1 Satisfacción del cliente	6
3.2. Tiempos de Espera	9
3.3. Teoría de Colas.....	10
3.3.1. Fundamentos de la teoría	10
3.3.2. Estructura del modelo teoría de colas	12
3.3.3. Elementos de un sistema de colas.....	13
3.3.3.1. Población y las llegadas de los clientes	13
3.3.3.2. Tiempos de servicio	15
3.3.3.3. Disciplina de la cola.....	16
3.3.3.4. La Capacidad de la Cola.....	17
3.3.3.5 Cantidad de servidores	18
3.3.3.6 Estado del sistema	21
3.4 Distribuciones estadísticas en teoría de colas	23
3.4.1. Aspectos generales.....	23

3.4.2 Distribución de Poisson.....	25
3.4.3 Distribución exponencial.....	26
3.4.3.1 Asociación de distribución exponencial con distribución de Poisson.....	28
3.4.3.2 Carencia de memoria de una distribución exponencial.....	29
3.4.4 Distribución Erlang	31
3.5 Clasificación de los modelos de colas.....	32
3.6 Simulación.....	36
3.6.1 Software SIMIO	38
4. METODOLOGIA	39
4.1 Descripción de la metodología utilizada.....	39
5. DESARROLLO	42
5.1 Descripción BancoEstado.....	42
5.2 Caracterización del caso en estudio	43
5.3 Descripción del sector cajas.....	45
5.4 Descripción de los modelos a analizar.....	48
5.5 Análisis cuantitativo	49
5.5.1 Algunas consideraciones en la simulación.....	49
5.5.2 Simulación con software SIMIO	52
5.5.3 Resultados de la simulación.....	58
5.6 Análisis cualitativo.....	65

5.6.1 Descripción de encuesta	65
5.6.2 Resultados de encuesta	66
5.7 Análisis de costos.....	70
5.7.1 Descripción de costos por caja habilitada.....	70
5.7.2 Descripción de costos aplicación “ticket virtual”	70
5.7.3 Resultados de costos para modelos 1, 2 y 3.	71
5.7.4 Resultados de costos para modelo 4	71
5.8 Discusión de los resultados.....	72
5.8.1 Análisis cuantitativo.....	72
5.8.2 Análisis de costos.....	75
5.8.3 Análisis cualitativo	75
5.9 Consideraciones para la elección de un modelo de atención.....	76
6 CONCLUSIONES.....	79
6.1 Método de análisis	79
6.2 Implicaciones teóricas y resultados obtenidos	80
7 REFERENCIAS	83
8 ANEXOS.....	87
ANEXO A.1 Tabla que detalla turnos en sucursal Prat	87
ANEXO A.2 Encuesta de satisfacción realizada BancoEstado oficina Prat	88
ANEXO A.3 Encuesta de satisfacción realizada por BancoEstado para otras sucursales	89

ANEXO A.4 Llegada de clientes por hora según segmento en sucursal Prat.....	89
ANEXO A.5 Tiempos de atención a clientes	90
ANEXO A.6 Ponderación de utilización de cajas según el modelo empleado	90
ANEXO A.7 Tiempo promedio de atención en todo el sistema modelo 1	91
ANEXO A.8 Tiempo promedio de atención en todo el sistema modelo 2	91
ANEXO A.9 Tiempo promedio de atención en todo el sistema modelo 3	92
ANEXO A.10 Porcentaje de utilización de cajas modelo 1	92
ANEXO A.11 Porcentaje de utilización de cajas modelo 2	93
ANEXO A.12 Porcentaje de utilización de cajas modelo 3	93
ANEXO A.13 Tiempo espera máximo por caja modelo 1	93
ANEXO A.14 Tiempo espera máximo por caja modelo 2	94
ANEXO A.15 Tiempo espera máximo por caja modelo 3	94
ANEXO A.16 Tiempo espera promedio por caja modelo 1	94
ANEXO A.17 Tiempo espera promedio por caja modelo 2	95
ANEXO A.18 Tiempo espera promedio por caja modelo 3	95
ANEXO A.19 Número máximo de personas en fila por caja para modelo 1.....	95
ANEXO A.20 Número máximo de personas en fila por caja para modelo 2.....	96
ANEXO A.21 Número máximo de personas en fila por caja para modelo 3.....	96
ANEXO A.22 Uso de “ticket virtual”, encuestas online a 91 personas.	96

Índice de figuras

Figura 1. Interpretación de satisfacción	8
Figura 2. Modelo de una fila de espera	12
Figura 3. Estructura de sistema de colas	19
Figura 4. Configuración de colas.....	20
Figura 5. Función de densidad de una distribución exponencial.....	27
Figura 6. Función de densidad de una distribución de Erlang.	32
Figura 7. Clasificación modelos de cola	32
Figura 8. Grafo de proceso de atención en caja.....	47
Figura 9. Composición de turnos emitidos.....	50
Figura 10. Elementos en simulación software SIMIO	53
Figura 11. Ponderación de utilización de cajas.	54
Figura 12. Secuencias para “Table1” y “Table2”	54
Figura 13. Número de clientes que llegan por hora según mes.....	55
Figura 14. Configuración para modelo 1	56
Figura 15. Vista 3D SIMIO.....	58
Figura 16. Rango etario.....	66
Figura 17. Productos utilizados por encuestados.....	67
Figura 18. Nivel satisfacción sector cajas.	68
Figura 19. Describe el tiempo de atención aceptable.	68
Figura 20. Disposición de utilizar “ticket virtual”	69
Figura 21. Comparación gráfica entre modelos	74

Índice de tablas

Tabla 1. Características de las configuraciones básicas de la cola	20
Tabla 2. Segmentación de clientes	52
Tabla 3. Tiempo promedio en sistema para cada segmento	60
Tabla 4. Porcentaje de utilización de cajas.....	61
Tabla 5. Tiempo de espera máximo registrado en fila de caja	62
Tabla 6. Tiempo de espera promedio registrado en fila de caja.	63
Tabla 7. Número máximo de personas en fila de caja	64
Tabla 8. Total personas atendidas por día de trabajo.	65
Tabla 9. Costo “ticket virtual”.	70
Tabla 10. Costos utilización de cajeros.....	71
Tabla 11. Costo “ticket virtual” de sucursal Prat.....	71

1. PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

Banco del Estado de Chile, más conocido bajo el nombre comercial BancoEstado, en 161 años de existencia se ha consolidado como una institución de excelencia, con una gestión comercial de alto impacto social. Entre sus hitos más recientes se destacan más de 9 millones de chequeras electrónicas (Cuenta Rut) y más de 19 mil puntos de atención de Caja Vecina, con una cobertura de un 100% de las comunas del país (BancoEstado, 2018). Todo lo cual requiere mantener los excelentes estándares en la calidad del servicio para todos sus clientes.

“La calidad del servicio no sólo depende de la oferta de productos que buscan satisfacer las necesidades de los clientes, tampoco obedece sólo a la entrega de manera eficiente del servicio, pues también corresponde a la creación de una atmósfera y experiencia general que sea satisfactoria” (Bitran, 1993). La calidad no se refiere a una variable unidimensional, pues abarca numerosos factores que son importantes para la satisfacción del cliente, como lo es, la capacidad de respuesta, que corresponde la disposición del servidor para ayudar a los clientes y proporcionar un servicio rápido (Zeithaml, Berry y Parasuraman, 1985). El tiempo de espera, es uno de los elementos que está estrechamente relacionado con la calidad del servicio, cumpliéndose que mientras más fácil es para los clientes acceder a los servicios requeridos, mejor será su primera impresión con la empresa, por otro lado, cuando el inicio es molesto por cualquier razón que fuese, los clientes pueden negarse a esta dificultad y llevar sus negocios a otro lado (Bitran, 1993).

Esperar es algo que a ninguna persona le gusta hacer. Si bien el tiempo de espera puede medirse con precisión en minutos, la percepción de este tiempo no es completamente objetiva. Un minuto percibido no siempre coincide con un minuto marcado por un reloj. Este tiempo puede experimentarse como una hora, o como diez segundos, todo depende en gran medida del medio ambiente en que se desarrolla la espera (Maister, 1985).

Si los clientes no están satisfechos con su experiencia de espera, se puede establecer un tono negativo para toda la interacción servidor - cliente. Por esta razón, la gestión efectiva del tiempo de espera es muy importante en cada fase del servicio brindado, pues reduce la impaciencia y la ansiedad de los clientes al ofrecer consideración y respeto por ellos, debido a que la empresa los mantiene informados y a gusto (Bitran, 1993).

Actualmente, en la mayoría de las sucursales de BancoEstado desplegadas a lo largo de Chile, se presenta un modelo de atención al cliente, que consiste en la utilización de dispositivos electrónicos que gestionan las filas de espera, sistema que es suministrado por comercial Totalpack limitada, a su vez, se disponen de asientos para que los clientes tengan una estadía más cómoda mientras esperan la llegada de su respectivo turno. El modelo actual según Bitran (1993) sería adecuado, al utilizarse dispensadores de números y carteles que indican el número correlativo que está siendo atendido, ya que estas medidas proporcionan información sobre el tiempo remanente de espera y reducen la incertidumbre del usuario. Esto, aumenta la comodidad y baja la ansiedad, al permitir que los clientes puedan moverse a la zona de espera libremente, en lugar de estar agrupados en filas de espera.

Sin embargo, el modelo empleado actualmente no es suficiente para entregar un servicio de calidad aceptable, debido a que existen graves problemas en la entrega del servicio de forma oportuna, pues existe un exhaustivo atochamiento de clientes que se evidencia diariamente en la sucursal en estudio y que se refleja en tiempos de espera extensos e indeseados. Estos hechos se desarrollan con mayor frecuencia en aquellos servicios que presentan mayor demanda y tienen constantemente más afluencia de público, como lo es el sector de cajas.

Por lo tanto, ¿existirá un modelo de atención que mejore el servicio actual, en cuanto a la calidad y tamaño en las filas de espera?

Para resolver esto, se propone realizar un estudio puntualmente en la atención al cliente (cajas), de la sucursal Valparaíso Prat de BancoEstado. Este estudio busca analizar y comparar en 4 modelos de atención, el comportamiento de los tiempos de espera que experimentan los clientes en dicha sucursal.

El modelo número 1, corresponde al que actualmente existe en sucursal, el cual contempla el uso de asignación de número según orden de llegada, a través del sistema suministrado por empresa Totalpack para la atención a clientes, se disponen de 6 cajas y de asientos para que la espera del turno correspondiente sea de manera más cómoda. Se considera la habilitación de cajas preferenciales.

El modelo número 2, es similar al modelo 1, pero con la utilización de 5 cajas disponibles para la atención de público.

El modelo número 3, también es similar al modelo 1 pero incorpora la utilización de una caja extra para la atención de público, es decir, 7 cajas disponibles.

El modelo número 4, es aplicado sobre el modelo estándar de atención (6 cajas habilitadas) y contempla que cada usuario tenga la opción de obtener su número de atención diario no estando físicamente presente en el banco, a partir del uso de una aplicación de teléfono móvil que entrega un “ticket virtual”, el cual indica la secuencia correlativa en tiempo real de aquellos números que estarán próximos a ser atendidos.

Luego de recopilar datos y levantar la información requerida en cada modelo de atención, se procederá a realizar un análisis y modelamiento, mediante la utilización de un programa de simulación y una encuesta, para determinar cuál opción resulta ser más conveniente desde una perspectiva de gestión de calidad (tiempos de espera) y costos operativos asociados.

2. OBJETIVOS

2.1 Objetivo General

Evaluar el comportamiento de los tiempos de espera que experimentan los clientes de BancoEstado sucursal Valparaíso Prat para el sector de cajas, a través del análisis empírico, con uso de metodologías cuantitativas y cualitativas de 4 modelos de atención, para determinar aquel que represente la mejor propuesta de mejora desde el punto de vista de la gestión de calidad (tiempos de espera) y costos operativos asociados.

2.2 Objetivos Específicos

- Generar una base teórica que sustente el análisis de la gestión del tiempo en las filas de espera en servicios, estudiar qué información proporciona y cómo puede emplearse en el diseño de un sistema de espera que cumpla con estándares de calidad deseados.
- Comparar empíricamente el modelo actual de atención con respecto a 3 propuestas de atención al cliente, a través de métodos de investigación de carácter cuantitativo como es el uso de modelos de simulación computarizada y aplicación de metodología cualitativa (encuestas).
- Formular un nuevo modelo de atención al cliente, a partir de la evaluación de las opciones planteadas con el fin de establecer una propuesta de mejora en el sector de atención de cajas.

3. MARCO TEÓRICO

3.1 Satisfacción del cliente

Un encuentro de servicio es el "momento de la verdad", cuando el cliente interactúa con la empresa. El éxito del encuentro de servicio depende de las interacciones entre el cliente-servidor, servidor-administrador y gerente-cliente (Bitran y Hoech, 1990). Un encuentro de servicio, es una interacción de persona a persona incluso antes de que se lleve a cabo el servicio propiamente tal. Esto incluye un intercambio de respeto entre dos personas, el cliente y el servidor. En muchas configuraciones de servicios, estos intercambios personales están siendo reemplazados cada vez más por interacciones humano-máquina, donde el entorno de servicios consiste en un sitio web o un menú telefónico automático. Sin embargo, independientemente del tipo de interfaz, el encuentro de servicio es el punto de contacto de los clientes con el proveedor del servicio y todo lo que suceda durante este encuentro tendrá un efecto en el comportamiento de los clientes hacia el proveedor del servicio (Bitran, Ferrer, Rocha, 2008).

Los encuentros de servicio se pueden dividir en varias fases, que reflejan el patrón secuencial similar presente en la mayoría de los sistemas de prestación de servicios. Bitran y Lojo (1993) proponen un modelo de cinco fases. Primero, el cliente inicia el encuentro de servicio en la fase de "acceso". Una vez en la instalación de servicio, el cliente "se registra" identificándose a sí mismo. Luego, en el "diagnóstico", el cliente explica al servidor el motivo por el que se puso en contacto con la empresa o indica cual es el servicio que necesita. Luego, la empresa intenta satisfacer las necesidades del cliente durante la fase de "entrega del

servicio". Finalmente, el "checkout" brinda a las empresas la oportunidad de cerrar el encuentro de servicio y solicitar comentarios de los clientes.

Según Bitran et al. (2008), este esquema de clasificación capta la esencia del proceso de prestación del servicio y nos permite hacer una observación clave, pues todas estas fases ocurren a lo largo del tiempo y, por lo tanto, implican esperar de una forma u otra. Por consiguiente, una forma natural de clasificar diferentes tipos de esperas es asociando una espera con la fase en la que ocurre. El nivel de satisfacción momentánea del cliente y su respuesta hedónica a lo que está sucediendo en ese momento, fluctúa durante las distintas fases del servicio y es de especial interés durante la ejecución de una cola.

Una fila o cola en un servicio, es un componente importante del desempeño operativo y se define como uno o más clientes o potenciales clientes que requieren un servicio de uno o más servidores. Una cola es parte de la primera impresión que el cliente recibe del servicio que pretende consumir. La forma en que los clientes evalúen la experiencia de haber esperado en una cola será relevante en la evaluación de la satisfacción total del servicio (Edelman, 2018).

Uno de los paradigmas más aceptados a nivel académico y empresarial como explicación de las causas de satisfacción de clientes es conocido como la desconfirmación; este concepto es muy simple y propone que la satisfacción de un cliente con el servicio depende del grado con el que sus expectativas (en el sentido de anticipar lo que será, no en el sentido del servicio ideal o deseado) son confirmadas o desconfirmadas, respecto de la forma en que el funcionamiento real del servicio es percibido, tal como lo indica la figura 1.

En la medida que la percepción de un cliente sobre cómo resulta el servicio sea mejor que las expectativas, se habrá contribuido a la satisfacción del cliente, si la percepción es peor que las expectativas, se habrá contribuido a la insatisfacción del cliente. Para un cliente entonces, es de vital importancia en general el primer contacto con el servicio, dado que es la primera ocasión en que las perspectivas y las percepciones son comparadas para obtener una evaluación de satisfacción; en el ámbito de servicios es muy difícil recuperar a un cliente no satisfecho (Maister, 1985).

$$\text{Satisfacción} = \text{Interpretación (del desempeño real)} - \text{Expectativas}$$

Figura 1. Interpretación de satisfacción. (Fuente Edelman, s.f.)

La opinión que se forman los clientes acerca del servicio que se les entrega depende de diversos aspectos subjetivos, tales como, la capacidad técnica de quienes atienden, la amabilidad del trato, la presentación y limpieza. Su evaluación depende, por tanto, de la ejecución del servicio (Maister, 1985). El mal servicio perjudica la reputación de una empresa mucho más que el buen servicio la favorece. Mientras los clientes satisfechos le informan a un promedio de cinco personas acerca de su experiencia positiva, los clientes molestos le informan su desagrado a un promedio de 19 personas (Ittner, 1996).

Por un lado, los clientes externos buscan rapidez, eficiencia y calidad a la hora de obtener un servicio; y por otro, quienes brindan el servicio tratan de satisfacer las necesidades con la misma prontitud y eficiencia, no sólo para bienestar del cliente, también para cubrir la

demanda, por ello la importancia del tema a desarrollar en la presente memoria, de manera práctica y metodológica, para una correcta toma de decisiones (Pacheco, 2017).

3.2. Tiempos de Espera

Un aspecto determinante para la calidad del servicio es el tiempo que debe esperar el cliente para obtenerlo. En un servicio, el tiempo se divide en dos componentes: el lapso de servicio y el tiempo de espera. En general, se prefiere tiempos de atención breves. Generalmente, el costo psicológico del tiempo de espera es mucho mayor que el del lapso de servicio (Singer, Donoso y Scheller-Wolf, 2008). Quizás el principal motivo por el cual el costo psicológico de esperar es tan alto, es que usualmente los clientes no ocupan su tiempo mientras esperan (Mobach, 2007). Para evitar esta pérdida de tiempo, en algunos casos, se adelanta el inicio de la atención (Singer et al., 2008). Así, por ejemplo, muchos bancos colocan pantallas de televisión o habilitan exhibiciones de arte.

Entre todos los elementos relacionados con una fila, el tiempo de espera es el aspecto más relevante, ya que influencia profundamente el comportamiento del cliente. Algunos podrán optar por no hacer la fila, a la vista de la longitud de ésta, otros, después de hacer fila por un tiempo considerable, optarán por salir de ésta y los últimos permanecerán en la cola esperando, perdiendo su costo de oportunidad (Cortes, 2011).

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 (Pacheco, 2017).

3.3. Teoría de Colas

3.3.1. Fundamentos de la teoría

La teoría de colas es la rama de la investigación de operaciones que estudia el comportamiento de los sistemas de atención en que los clientes eventualmente esperan por el servicio. Su fundador es el matemático danés Agner Erlang (1878-1929), quien aplicó en 1909 la teoría de las probabilidades al comportamiento de las conversaciones telefónicas. Éste y otros trabajos permitieron comprender y controlar las redes de telefonía, cuyos altos costos obligaban a asignar de manera óptima los componentes electrónicos para mantener los tiempos de espera dentro de estándares aceptables (Koole y Mandelbaum, 2002).

Así mismo, la Investigación de Operaciones es una aplicación del método científico para asignar los recursos o actividades de forma eficaz, en la gestión y organización de sistemas complejos (Arévalo, 2016).

En la mayoría de los procesos que presentan las empresas de manufactura y servicio, aparecen las líneas de espera. Esto debido a que, generalmente, la capacidad de servicio (en algún momento) es menor que la capacidad demandada (Portilla, Arias y Fernández, 2010), además de la propia estocacidad de las llegadas. Este proceso de generación de líneas de

espera, trae consigo diferentes tipos de inconvenientes que se reflejan a corto y mediano plazo (Giraldo, 2006).

Al realizar una clasificación de los modelos matemáticos, éstos se dividen en determinísticos y probabilísticos. Los modelos determinísticos son entre otros (Arévalo, 2016):

- Programación matemática, incluyendo a la programación lineal.
- Modelos de transporte y asignación.
- Modelos de flujo de redes.
- Modelos de proyectos.

Mientras que los modelos probabilísticos, son entre otros (Arévalo, 2016):

- Sistemas de inventarios.
- Teoría de Colas.
- Teoría de Juegos.
- Simulación.

De esta manera, la teoría de colas corresponde a un conjunto de modelos matemáticos que describen sistemas de líneas de espera particulares. El objetivo principal es encontrar el estado estable del sistema y determinar una capacidad de servicio apropiada que garantice un equilibrio entre el factor cuantitativo (referente a costos del sistema) y el factor cualitativo (referente a la satisfacción del cliente por el servicio) (Hillier y Lieberman, 2010).

La teoría de colas, permite pronosticar la conducta de los sistemas en servicios, producto de demandas de tipo aleatorias. En teoría de probabilidad, un proceso estocástico es un concepto matemático que sirve para caracterizar una sucesión de variables aleatorias (estocásticas) que evolucionan en función de otra variable, generalmente, el tiempo. Cada una de las variables aleatorias del proceso tiene su propia función de distribución de probabilidad y, entre ellas, pueden estar correlacionadas o no. Cada variable o conjunto de variables sometidas a influencias o efectos aleatorios constituye un proceso estocástico (Arévalo, 2016).

3.3.2. Estructura del modelo teoría de colas

En la generación de un sistema de colas actúan varios componentes. Fundamentalmente, se requiere la realización de un servicio, el cual es demandado por unos clientes y efectuado en un determinado proceso de servicio. Estos clientes se generan en el tiempo mediante una fuente de entrada para acceder al sistema y unirse a una cola. En determinado momento reciben el servicio y abandonan el sistema (Carros y González, 2013).

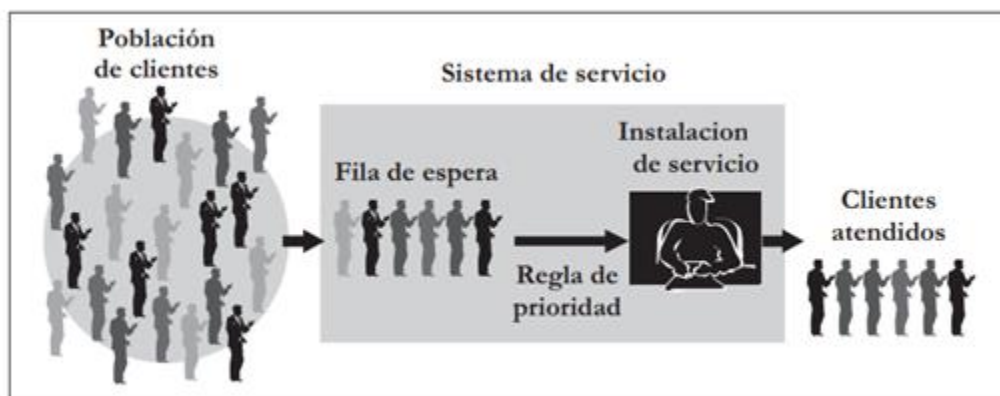


Figura 2. Modelo de una fila de espera. (Fuente Carros y González, 2013)

La figura 2, presenta un bosquejo de un sistema de fila de espera para una sola cola y un servidor disponible, en donde el cliente al llegar al sistema, si no hay nadie en la cola, pasa de una vez a recibir el servicio, de lo contrario, se une a la cola. Es importante señalar que la cola no incluye a quien está recibiendo el servicio (Portilla et al., 2010).

3.3.3. Elementos de un sistema de colas

Con base a lo expuesto en la figura 2, es necesario tener en cuenta algunos componentes para ser analizados, los cuales son: Población y las llegadas de los clientes, la capacidad de la cola, la disciplina de la cola, los tiempos de servicio, la cantidad de servidores (Winston, 2005) y la estabilidad del sistema (Winston, 2005) (Hillier y Lieberman, 2010).

3.3.3.1. Población y las llegadas de los clientes

Para describir la llegada de los clientes, lo esencial es definir primeramente a la población de clientes, la cual está formada por todos aquellos clientes que desean recibir un determinado servicio. Su composición puede ser homogénea o no, esto dependerá de la existencia o no de diferentes clases de clientes, cada uno con diferente demanda de servicio y sobre todo diferentes tiempos esperados de cola e incluso arribos. Por otro lado, el tamaño de esa población puede clasificarse como finito o infinito dependiendo de la demanda que pueda existir del servicio (Clemente, 2008).

Una población finita, es un grupo limitado de clientes que representa la fuente que usará el servicio y que en ocasiones formará una cola; la importancia de esta clasificación es que, cuando finaliza un servicio a un cliente, éste regresa al grupo de los usuarios potenciales, lo que implica un aumento de la población y, por tanto, la probabilidad de que un usuario requiera de servicio. Mientras que una población infinita, es cuando se tiene el tamaño suficiente en comparación con el sistema de servicio, para que los cambios en el tamaño de la población, ocasionados por disminuciones o adiciones (un cliente que requiere un servicio o un cliente ya servido que regresa a la población), no afecten de manera sustancial a las probabilidades del sistema. Para efectos prácticos y como supuesto, se considera que la población es infinita en cualquier modelo que no establezca otra cosa, con lo que se logra facilitar los cálculos (De la Fuente García y Díez, 2001).

El concepto llegadas de cliente, hace referencia al análisis de cómo se alimenta el sistema de colas, en donde se evalúan variables como el tiempo que transcurre entre dos llegadas sucesivas a dicho sistema (conocido como tiempo entre llegadas). Este valor es variable y corresponde a un proceso estocástico. Por lo tanto, es necesario analizar la distribución de probabilidad que presenta dicha variable. Además de este tiempo entre llegadas, también se requiere analizar la cantidad de clientes que llegan al sistema, ya que puede ser de forma individual o en grupos (Portilla et al., 2010).

3.3.3.2. Tiempos de servicio

El tiempo transcurrido desde el inicio del servicio a un cliente y su culminación recibe el nombre de tiempo de servicio (también el de duración del servicio) (Hillier y Lieberman, 2010). Así, se considera que el tiempo de servicio en el sistema, obedece a la suma del tiempo de permanencia en la cola, más el tiempo que tomó el servicio en ser brindado por el servidor por el cual fue atendido el cliente (Taha, 2004).

El modelo de colas debe definir con claridad la distribución de probabilidad que modela los tiempos de servicio, tanto para cada servidor, como para cada tipo distinto de cliente en caso de ser necesario. Es común que todos los servidores utilicen la misma distribución de probabilidad (Hillier y Lieberman, 2010).

El servicio puede ser brindado por un servidor o por servidores múltiples. Esto varía de cliente a cliente, por tal motivo es necesario analizar la distribución de probabilidad asociada a dicha variable (Portilla et al., 2010), denominada distribución del tiempo de servicio (Winston, 2005).

El tiempo de servicio, dependerá no sólo del tipo de transacción o servicio que se recibe, sino de la eficiencia de la persona encargada de brindarlo. Esta puede ser consecuencia tanto de la experiencia (o falta de ésta) como de la situación del sistema en ese instante, pues un servidor suele realizar la operación de manera más rápida al notar la existencia de una cola de tamaño considerable, aunque esto pueda tener efectos negativos en la calidad de servicio mismo (si no se realiza de la forma adecuada, con errores, o la

percepción del cliente refiere a que la atención fue demasiado impersonal, por citar algunos ejemplos) (Clemente, 2008).

3.3.3.3. Disciplina de la cola

Una disciplina de cola, es una o más reglas de prioridades para determinar el orden de servicio a los clientes que esperan en una cola (De la Fuente García y Díez, 2001). Es decir, se refiere al método de elección del cliente que será atendido a continuación (Clemente, 2008). Las políticas más comúnmente empleadas son:

- FIFO (First In First Out): basada únicamente en el orden de llegada, como dice su nombre, esta política indica que se debe atender primero al cliente que haya entrado antes al sistema (Clemente, 2008).
- SPT (Shortest Processing Time): se le otorga prioridad de atención a aquellos procesos cuyos tiempos de servicio sean menores (Clemente, 2008) o bien un tiempo de procesamiento más corto (Pacheco, 2017).
- Prioridades: dependiendo de las políticas internas de la empresa, se les puede otorgar prioridades de atención a clientes de acuerdo a la clasificación que tengan. Esta política se emplea en poblaciones heterogéneas (Clemente, 2008). Una disciplina prioritaria consiste en una regla que permite a un cliente de más alta prioridad interrumpir el servicio

de otro cliente, esto es usado comúnmente en hospitales donde el grado de urgencia del paciente determina el ser atendido primero, con motivo por supuesto de resguardar vidas (Carros y González, 2013).

- HVF (High Value First): se le otorga prioridad de atención a aquella entidad cuyo valor en un atributo determinado sea el mayor de todas las demás en ese instante en el sistema. Una lógica similar sigue la política LVF (Low Value First) (Clemente, 2008).

3.3.3.4. La Capacidad de la Cola

Es importante conocer de antemano cuál es la capacidad máxima de la cola, es decir, cuantos clientes pueden ubicarse en la línea de espera. Ya que, se pueden presentar casos en donde el sistema de colas presenta una línea de espera con capacidad limitada, otras, donde es ilimitada y otras donde no hay líneas de espera (tal es el caso de un sistema de atención por vía telefónica en donde el usuario es bloqueado y rechazado si la línea telefónica se encuentra ocupada) (Portilla et al., 2010). Todo esto puede constituir una complicación en el modelado del sistema, ya que cuando una llegada intenta integrarse, uniéndose a la cola y no se le permite, por estar la cola llena, puede reintegrarse a la población e intentarlo más tarde, o bien buscar servicio en otra parte (De la Fuente García y Díez, 2001).

3.3.3.5 Cantidad de servidores

Se trata de la forma en que los clientes ven satisfecho el servicio demandado. Consiste en una o más estaciones de servicio, cada una de ellas con uno o varios canales, llamados servidores (Carros y González, 2013). Existen servidores tipo paralelo y en serie, los primeros son los que ofrecen el mismo tipo de servicio y un cliente sólo requiere pasar por un servidor para completar el servicio. Por ejemplo, los cajeros bancarios son servidores en paralelo, dado que cualquier cliente sólo necesita ser atendido por un cajero y cualquier cajero puede proporcionar el servicio deseado, mientras que los segundos son utilizados cuando un cliente debe pasar por varios servidores antes de terminar el servicio, por ejemplo, una línea de ensamble automotriz (Winston, 2005).

En un sistema de colas, se pueden presentar diferentes estructuras y configuraciones. La figura 3 presenta las dos más comunes en un proceso de servicio, la primera representa un modelo con múltiples servidores alimentados por una sola cola y la segunda presenta un sistema con una cola para cada servidor (Eppen, Gould, y Schmidt, 1999).

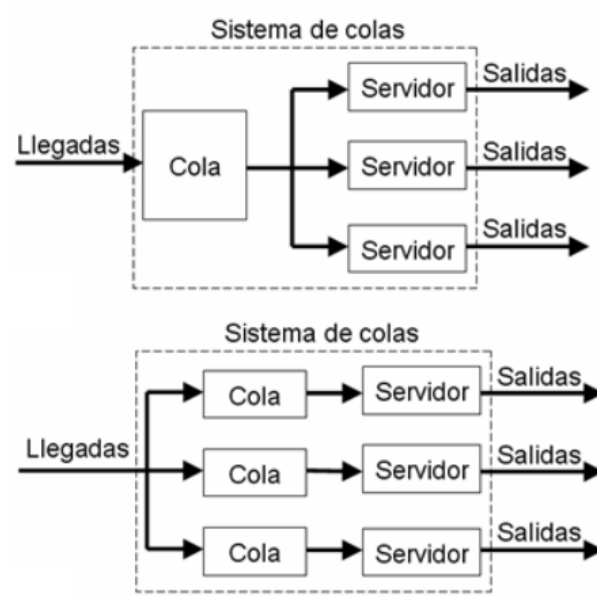


Figura 3. Estructura de sistema de colas. (Fuente Portilla et al, 2010)

En cuanto a la configuración, ésta se refiere a los componentes dentro del sistema, como número de colas, ubicación física, requerimientos de espacio y el efecto que estos elementos tienen en el comportamiento del cliente. En la figura 4, se plantean 3 configuraciones básicas, mientras que sus características se analizan en la tabla 1 (Fitzsimmons y Fitzsimmons, 2004).

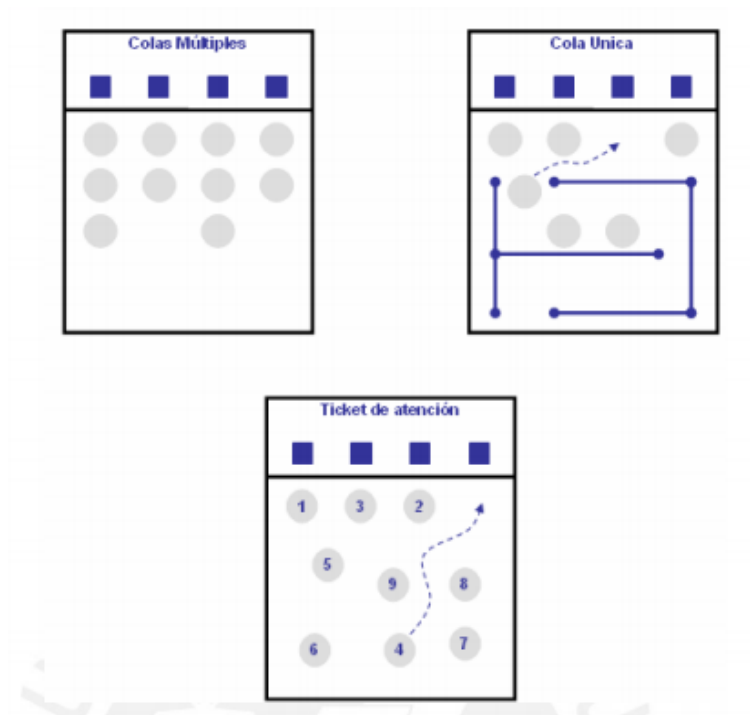


Figura 4. Configuración de colas. (Fuente Fitzsimmons y Fitzsimmons, 2004)

Tipo	Descripción
Colas Múltiples	- El servicio ofrecido puede ser diferenciado - El cliente puede seleccionar el servidor de su preferencia - Se evita la cola única que el cliente interpreta como evidencia de espera larga
Cola Única	- Se garantiza que se atenderá en estricto orden de llegada - La existencia de una única cola elimina la sensación del cliente de haber elegido la cola más lenta - Se beneficia la privacidad pues la transacción se realiza sin otra persona detrás del cliente que está siendo atendido
Ticket de atención	- Es una variación de la configuración de cola única (se saca un ticket con el número que indica el orden en la cola) - No hay necesidad de formar la cola físicamente - Los clientes deben estar atentos a que se muestre su número pues pueden perder el turno de atención

Tabla 1. Características de las configuraciones básicas de la cola. (Fuente Fitzsimmons y Fitzsimmons, 2004)

3.3.3.6 Estado del sistema

El estado del sistema, se define como el número de personas presentes en un sistema de colas en el tiempo t , así, en un tiempo 0, el estado del sistema es igual al número de personas que están inicialmente en el sistema (Winston, 2005).

El desarrollo de los modelos para un sistema de colas, responden a dos tipos de estados; el transitorio y el estable (Taha, 2004).

El estado transitorio, es aquel que prevalece durante la operación inicial del sistema (Taha, 2004). Así, Hillier y Lieberman (2010) señalan que, el estado del sistema (número de clientes que esperan en el sistema) al iniciar su operación, se encuentra bastante afectado por el estado inicial y el tiempo que ha pasado desde el inicio.

Este análisis del proceso en estado transitorio se contrasta con el comportamiento a largo plazo o de estado estable que se logra después que el sistema ha estado en operación durante un periodo suficientemente grande (Taha, 2004). Esto se debe a que el estado se vuelve, en esencia, independiente del estado inicial y del tiempo transcurrido. Cuando se ha alcanzado la condición de estado estable, la distribución de probabilidad del estado del sistema se conserva (la distribución de estado estable) a través del tiempo (Hillier y Lieberman, 2010).

Esto último, es explicado por (Winston, 2005), el cual nos indica que existe una analogía entre la probabilidad $P_{ij}(t)$ (probabilidad de que j personas estén presentes en el sistema de líneas de espera en el tiempo t , dado que en el tiempo 0 están presentes i personas) y la probabilidad de transición $P_{ij}(n)$ (probabilidad de que después de n transiciones, una cadena de Markov esté en el estado j , dado que la cadena empezó en el estado i).

En las cadenas de Markov, cuando la $P_{ij}(n)$ se aproxima al límite (n tiende al infinito) resulta π_j , el cual es una probabilidad independiente del estado inicial i , para cualquier valor de j desde cero en adelante ($j=0,1,2,3\dots M$) y ésta es conocida como probabilidad de estado estable o probabilidad estacionaria (Hillier y Lieberman, 2010). De igual manera, resulta que para muchos sistemas de líneas de espera, $P_{ij}(t)$ se aproxima al límite π_j para t grandes, donde π_j es independiente del estado inicial i (Winston, 2005).

En la mayor parte de los sistemas de líneas de espera, el valor de $P_{ij}(t)$ para t pequeñas dependerá en forma decisiva de i , la cantidad de clientes presentes al inicio. Por ejemplo, si t es pequeña, entonces esperaríamos que $P_{50,1}(t)$ y $P_{1,1}(t)$ fueran muy distintas. No obstante, si existen las probabilidades de estado estable, entonces para una t grande, tanto $P_{50,1}(t)$ como $P_{1,1}(t)$ estarán cercanas a π_1 (Winston, 2005). A pesar de que existen dos estados (transitorio y estable), los autores Taha (2004), Hillier y Lieberman (2010) y Winston (2005), entre otros, coinciden en que es habitual aceptar la utilización del supuesto que los sistemas de colas se encuentren en estado estable. Debido también a que, el estado transitorio presenta una alta complejidad analítica (Hillier y Lieberman, 2010) y que el estudio de la mayor parte de los sistemas de colas ocurre en situaciones de estado estable (Taha, 2004).

3.4 Distribuciones estadísticas en teoría de colas

3.4.1. Aspectos generales

En la mayor parte de las situaciones de colas, el arribo de los clientes ocurre de forma totalmente aleatoria. Este carácter aleatorio significa que la ocurrencia de un evento (por ejemplo, la llegada de un cliente o la terminación de un servicio) no está influida por el tiempo que transcurre desde la ocurrencia del último evento (Taha, 2004).

Así, en gran medida, las características operativas de los sistemas de colas están determinadas por dos propiedades estadísticas, la distribución de probabilidad de los tiempos entre llegadas y la distribución de probabilidad de los tiempos de servicio (Hillier y Lieberman, 2010).

Winston (2005) coincide con varios autores al afirmar que, la distribución más comúnmente usada para modelar los tiempos entre llegadas y de servicio, es la distribución exponencial y que cuando los tiempos no parecen ser exponenciales, entonces se modelan, con frecuencia con otras distribuciones como, por ejemplo, la distribución de Erlang.

Por otro lado, un factor relevante de considerar es el número de clientes que arriban (tasa de llegada) al sistema, los cuales, usualmente, obedecen a un proceso modelado por la distribución de Poisson (Cardona D., González J., Rivera M. y Romero J., 2012). Sin embargo, no todas las llegadas ni todos los servicios se pueden simular mediante sólo dichas distribuciones, pues existen otras que también se pueden ajustar a un proceso real (García, 2016).

En los sistemas de colas reales, estas distribuciones pueden tomar casi cualquier forma (la única restricción es que no pueden presentarse valores negativos). No obstante, para formular un modelo de teoría de colas como una representación del sistema real, es necesario especificar la forma supuesta de cada una de estas distribuciones (Hillier y Lieberman, 2010), la cual debe ser un reflejo de la realidad y ser manejable desde el punto de vista del cálculo (Winston, 2005), para que así el modelo proporcione predicciones razonables (Hillier y Lieberman, 2010).

Es función del modelador elegir la mejor opción que se ajuste a la realidad y que permita obtener resultados razonables. Los científicos que se dedican a la disciplina que en inglés recibe el nombre de “Queueing theory” han desarrollado y continúan desarrollando soluciones exactas para casos particulares de sistemas de colas con tasas de entrada y de servicio representadas mediante funciones concretas (García, 2016).

3.4.2 Distribución de Poisson

Una distribución de Poisson, describe una variable aleatoria discreta (Anderson D., Sweeney D. y Williams J., 2008), conocida según Walpole R., Myers R., Myers S. y Ye K. (2012), como variable aleatoria N , que se suele usar para estimar el número de veces que sucede un hecho determinado (ocurrencias) en un intervalo de tiempo o espacio (Anderson et al., 2008). El intervalo de tiempo puede ser de cualquier duración, como un minuto, un día, una semana, un mes o incluso un año (Walpone et al., 2012). Esta probabilidad suele emplearse para modelar el número de llegadas aleatorias a una línea de espera (cola) (Anderson et al., 2008).

Un experimento de Poisson tiene las siguientes propiedades:

- 1.- La probabilidad de ocurrencia es la misma para cualesquiera de dos intervalos de la misma magnitud (Anderson et al., 2008).
- 2.- La ocurrencia o no ocurrencia en cualquier intervalo es independiente de la ocurrencia o no ocurrencia en cualquier otro intervalo (Anderson et al., 2008).

En cuanto a la función de probabilidad de Poisson se define según la siguiente ecuación (Winston, 2005):

$$P(Nt = n) = \frac{e^{-\lambda t} (\lambda t)^n}{n!} \quad (n=0,1,2,\dots)$$

Donde:

Nt : mide la cantidad de llegadas que ocurren durante cualquier intervalo de duración t (Winston, 2005).

λt : número promedio de resultados o llegadas por unidad de tiempo t (Walpone et al., 2012).

Si Nt es una variable aleatoria tipo Poisson, se cumple la siguiente igualdad, $E(Nt) = \text{var } Nt = \lambda t$ (Winston, 2005).

3.4.3 Distribución exponencial

Winston (2005), nos indica que si suponemos que A , es una variable aleatoria continua, cuya función de densidad es $a(t)$ y definimos $1/\lambda$ como el tiempo medio o promedio entre llegadas, donde el tiempo se mide en unidades de horas. Entonces, las unidades de $1/\lambda$ son horas por llegada y se puede estimar $1/\lambda$ a partir de $a(t)$ mediante la siguiente ecuación:

$$1/\lambda = \int_0^{\infty} t a(t) dt \quad (1)$$

Ahora sí, λ , se define como la tasa de llegadas, cuyas unidades son horas, entonces una distribución exponencial con parámetro λ tiene una densidad $a(t) = \lambda e^{-\lambda t}$.

Es decir, una variable aleatoria tiene una distribución exponencial con parámetro λ , si su función de densidad de probabilidad es (Taha, 2004):

$$f(t) = \begin{cases} \lambda e^{-\lambda t}, & t \geq 0 \\ 0, & t < 0 \end{cases} \quad (2)$$

Donde las probabilidades acumuladas se puedan calcular según Taha (2004):

$$P\{T \leq t\} = 1 - e^{-\lambda t} \quad t \geq 0$$

$$P\{T > t\} = e^{-\lambda t} \quad t \geq 0$$

Mientras que el valor esperado del tiempo medio o promedio entre llegadas ($E(T)$) está dado por (Winston, 2005):

$$E(T) = 1/\lambda$$

Debido al hecho de que $var T = E(T^2) - E(T)^2$, es posible demostrar que

$$var T = 1/\lambda^2$$

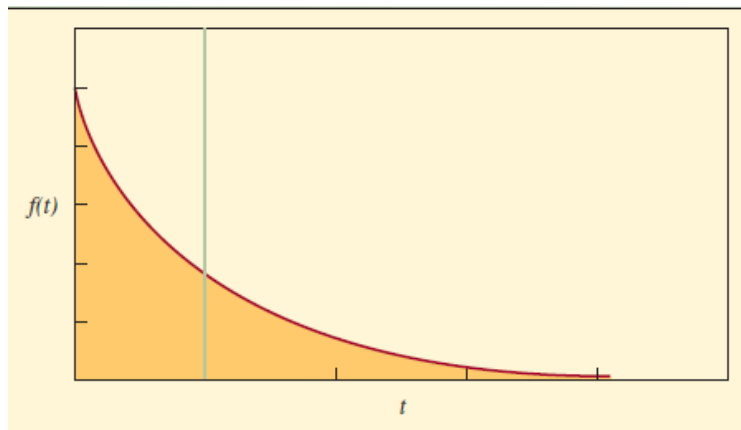


Figura 5. Función de densidad de una distribución exponencial. (Chase R., Jacobs F. y Aquilano N., 2009)

En la figura 5, se ilustra la función de densidad para una distribución exponencial. Se observa que la función disminuye con rapidez para t pequeñas. Esto quiere decir que son improbables los tiempos entre llegadas muy grandes (Winston, 2005).

3.4.3.1 Asociación de distribución exponencial con distribución de Poisson

Walpone et al. (2012), indica que al tener en cuenta la función de probabilidad de Poisson, ésta contempla λt (cantidad de llegadas o tasa de llegadas por unidad de tiempo t) y si consideramos una probabilidad de que no ocurra algún evento (es decir $n = 0$), en el periodo hasta el tiempo t , tendríamos lo siguiente:

$$P(0) = \frac{e^{-\lambda t} (\lambda t)^0}{0!} = e^{-\lambda t}$$

Al utilizar lo anterior y hacer que T sea el tiempo para el primer evento de Poisson, conduce a que la probabilidad de que la duración del tiempo hasta el primer evento exceda t , sea la misma probabilidad de que no ocurra algún evento de Poisson en t , es decir (Walpone et al., 2012):

$$P(T > t) = e^{-\lambda t}.$$

Así la función de distribución acumulativa para T es dada por (Walpone et al., 2012):

$$P(0 \leq T \leq t) = 1 - e^{-\lambda t} \text{ (Walpone et al., 2012).}$$

Ahora para poder reconocer la presencia de la distribución exponencial, podemos derivar la expresión anterior, con la cual se obtiene la función de densidad de la distribución exponencial, dado que (Walpone et al., 2012):

$$f(t) = \lambda e^{-\lambda t} \text{ , con } E(T) = \frac{1}{\lambda} \text{ y } var T = 1/\lambda^2 \text{ (Winston, 2005).}$$

El resultado anterior muestra que si el número de llegadas (tasa de llegadas) durante un periodo específico t es modelado con Poisson de media λt , entonces el tiempo entre llegadas es de tipo exponencial, es decir, una distribución automáticamente define a la otra (Taha, 2004).

3.4.3.2 Carencia de memoria de una distribución exponencial

La carencia de memoria, corresponde a una propiedad que presenta sólo la distribución exponencial, ésta le permite modelar a menudo los tiempos entre llegadas (Winston, 2005) y el tiempo de servicio (Cao, 2002).

En muchos sistemas de servicios (puestos de peaje, cajeros, plantas telefónicas) muestran un proceso de llegada de clientes aproximadamente exponencial. En todos estos casos la probabilidad de que llegue un cliente en un cierto instante es constante. Por ejemplo, si la probabilidad de que llegue un cliente entre el segundo 0:02:34 y el segundo 0:02:35 es 0,001 entonces la probabilidad de llegada entre el segundo 0:48:12 y el segundo 0:48:13 también es 0,001. Dado que la probabilidad no se ve modificada si inmediatamente antes

ocurrió una llegada, los procesos exponenciales se denominan procesos “sin memoria” (Singer et al., 2008).

Para describir esta propiedad, indicamos que A , es una variable aleatoria que se distribuye de forma exponencial definida por $f(A)$, mientras que h , es el intervalo de tiempo desde la ocurrencia del último evento y t es la variable tiempo. Con esto podemos describir la propiedad de carencia de memoria con un planteamiento de probabilidad (Taha, 2004).

Así para todos los valores no negativos de t y h , se tiene que: (Winston, 2005)

$$P(A > t + h | A \geq t) = P(A > h) = e^{-\lambda h}$$

La forma de interpretar esta igualdad, sería suponer que nos advierten que no ha habido llegada alguna en las últimas t horas (equivale a $A \geq t$) y que nos preguntan, ¿cuál es la probabilidad de que no haya llegadas durante las siguientes h horas? (es decir, $A > t + h$). Entonces, por propiedad falta de memoria, se concluye que esta probabilidad no depende del valor de t , y para todos los valores de t , esta probabilidad es igual a $P(A > h)$ (Winston, 2005).

Los procesos que muestran estas características son los que cumplen las siguientes condiciones. Primero, los clientes llegan uno por uno, no en grupos. Segundo, no se influyen unos a otros, pues cada llegada es independiente a la otra. Tercero, el número de llegadas en un lapso es, en promedio, proporcional al tamaño del lapso (Singer et al., 2008).

En términos concretos, al suponer que los tiempos entre llegadas están distribuidos en forma exponencial por ejemplo con $\lambda=6$, entonces, se infiere de la propiedad de carencia de memoria que no importa cuánto tiempo transcurrió desde la última llegada, la distribución de probabilidad que rige el tiempo hasta la llegada siguiente tiene la función de densidad de $6e^{-6t}$. Esto significa que para poder predecir patrones de llegadas futuras no necesitamos rastrear cuánto ha pasado desde la última llegada. Esta observación puede simplificar notoriamente el análisis del sistema de líneas de espera (Winston, 2005).

3.4.4 Distribución Erlang

Una distribución Erlang es una variable aleatoria continua (T) cuya función de densidad $f(t)$ se especifica mediante dos parámetros: un parámetro de proporcionalidad R cuyo valor es un real no negativo (Pineda, 2016) y un parámetro de forma k (k debe ser un entero positivo) (Winston, 2005). Dados los valores de R y k , la densidad Erlang tiene la función de densidad de probabilidad siguiente (Winston, 2005):

$$f(t) = \frac{R(Rt)^{k-1}e^{-Rt}}{(k-1)!} \quad (t \geq 0)$$

Cuyos valores entonces para la media y la varianza son (Winston, 2005):

$$E(T) = \frac{k}{R} \text{ y } \text{var } T = \frac{k}{R^2}$$

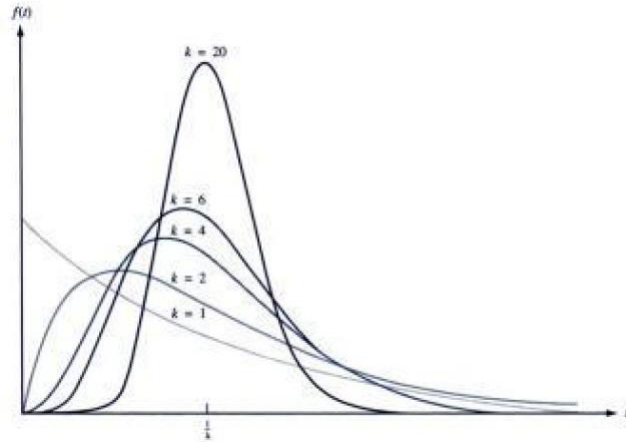


Figura 6. Función de densidad de una distribución de Erlang. (Winston, 2005)

En figura 6, se analiza el caso para el cual el k varía, pues la distribución de Erlang toma diversas formas, esto al considerar un parámetro de proporcionalidad ($R = k\lambda$) y un parámetro de forma k , con lo cual se obtiene una media de $1/\lambda$. Por otro lado, si se fija $k = 1$ y al evaluar en $f(t)$, la distribución de Erlang se convierte en una distribución exponencial con parámetro R (Winston, 2005).

3.5 Clasificación de los modelos de colas

Para clasificar los diferentes modelos de colas existe una notación y terminología que elaboraron Kendall y Lee en 1953, esto estandariza las similitudes que presentan algunos modelos para así analizarlos por igual (Kendall, 1953).

$$A/B/C/X/Y/Z$$

Figura 7. Clasificación modelos de cola. (creación propia, 2018)

La figura 7, indica que la clasificación consiste en una serie de símbolos separados entre sí por barras (Kendall, 1953). Específicamente la notación es la que sigue (según Hillier y Lieberman, 2010):

A: Distribución de probabilidad del tiempo entre llegadas

B: Distribución de probabilidad del tiempo de servicio

C: Número de servidores

X: Disciplina de cola

Y: Capacidad del sistema

Z: Población

Las distribuciones pueden ser del tipo (Hillier y Lieberman, 2010):

M: Distribución exponencial

D: Distribución degenerada (tiempos constantes)

E_k : Distribución Erlang (con parámetro de forma k)

G: Distribución general (permite cualquier distribución arbitraria)

Es usual la utilización de solo los tres primeros símbolos, pues si esto sucede se asume que la disciplina de la cola (X) es FIFO (primero en entrar, primero en salir) y la capacidad del sistema (Y) es infinito al igual que la población (Z) (Kendall, 1953).

Un ejemplo, un sistema M/M/1, significa que los tiempos entre llegadas y atención tienen distribución exponencial y sólo un servidor atiende la cola (Singer et al., 2008). Como no se especifican los demás símbolos, se suponen que la disciplina es general y los restantes parámetros son infinitos (Hillier y Lieberman, 2010).

Por otro lado, (Hillier y Lieberman, 2010) indica que la terminología estándar es:

Estado del sistema = número de clientes en el sistema.

Longitud de cola = número de clientes que esperan servicio.
= estado del sistema menos número de clientes a quienes se les da el servicio.

$N(t)$ = número de clientes en el sistema en el tiempo t ($t \geq 0$).

$P_n(t)$ = probabilidad de que exactamente n clientes estén en el sistema en el tiempo t , dado el número en el tiempo 0.

s = número de servidores en el sistema de colas.

λ_n = tasa media de llegadas (número esperado de llegadas por unidad de tiempo) de nuevos clientes cuando hay n clientes en el sistema.

μ_n = Tasa media de servicio en todo el sistema (número esperado de clientes que completan su servicio por unidad de tiempo) cuando hay n clientes en el sistema. Cabe destacar, que μ_n representa la tasa combinada a la que todos los servidores ocupados logran terminar sus servicios.

λ	= Tasa media de llegadas constante, para toda n .
μ	= Tasa media de servicio por servidor ocupado constante, para toda $n \geq 1$.
μ_n	= $s^* \mu$ (para cuando $n \geq s$, es decir, los s servidores están ocupados).
$1/\lambda$	= Tiempo esperado entre llegadas.
$1/\mu$	= Tiempo esperado de servicios.
ρ	= $\lambda/(s^* \mu)$ es el factor de utilización de la instalación de servicio, es decir, la fracción esperada de tiempo que los servidores individuales están ocupados, dado que $\lambda/(s^* \mu)$ representa la fracción de la capacidad de servicio del sistema ($s^* \mu$) que utilizan en promedio los clientes que llegan (λ).

En cuanto a la terminología en condición de estado estable, ésta sería la siguiente (Hillier y Lieberman, 2010), (Taha, 2004):

P_n	= Probabilidad de que haya exactamente n clientes en el sistema.
$L = \sum_{n=0}^{\infty} nP_n$	= Número esperado de clientes en el sistema.
$L_q = \sum_{n=0}^{\infty} (n - s)P_n$	= Número promedio de clientes en línea de espera.
W	= Tiempo de espera en el sistema para cada cliente.
W	= $E(W)$
W_q	= Tiempo de espera promedio en la línea para cada cliente.

$$W_q = E(W_q)$$

La relación entre estas variables es a partir de las fórmulas de Little (Little, 1961).

$$L = \lambda W$$

$$L_q = \lambda W_q$$

$$W = W_q + (1/\mu)$$

3.6 Simulación

La simulación es, esencialmente, una técnica que enseña a construir el modelo de una situación real unida a la realización de experimentos con dicho modelo. Definición bastante amplia, pero desde la perspectiva de la ingeniería, nos interesa específicamente como herramienta para el estudio de modelos lógicos o matemáticos. Los tipos de problemas, que mejor son resueltos por la simulación, son aquellos que envuelven sistemas. La simulación, es una técnica que hace posible la comprensión de los efectos de todas las interacciones, entre los elementos de un sistema (Arévalo, 2016).

La simulación por computadora se refiere a los métodos para estudiar una amplia variedad de modelos de sistemas del mundo real mediante evaluación numérica, usando programas diseñados para replicar las operaciones o características del sistema. Desde un punto de vista práctico, la simulación es el proceso de diseñar y crear un modelo computarizado de un sistema real o propuesto, con el propósito de realizar experimentos numéricos que nos den un mejor entendimiento del comportamiento del sistema ante

determinadas condiciones. A pesar de que puede ser usada para estudiar sistemas simples, el verdadero potencial de esta técnica es completamente explotado cuando se emplea para estudiar sistemas complejos (Kelton, Sadowski y Sturrock, 2004).

Una técnica para ejecutar estudios piloto, con resultados rápidos y a un costo relativamente bajo, está basado en la modelación de escenarios a través de la simulación. El proceso de elaboración del modelo involucra un grado de abstracción y no necesariamente es una réplica de la realidad; consiste en una descripción que puede ser física, verbal o abstracta en forma, junto con las reglas de operación. Más aún, debido a que el modelo es dinámico, su respuesta a diferentes entradas puede ser usada para estudiar el comportamiento del sistema del cual fue desarrollado (Portilla et al., 2010).

Según el autor Kelton et al., (2004), una de las ventajas de emplear un modelo de simulación, radica en el hecho que se pueden evaluar diversos escenarios en el sistema sin la necesidad de modificarlo en la realidad, con los posibles efectos negativos que pueda traer consigo la experimentación in situ. Adicionalmente, se debe mencionar la facilidad con que se pueden definir estos escenarios, pues en un correcto modelo de simulación, debe ser factible de modificarse ciertos parámetros necesarios de forma eficiente (referido principalmente al tiempo invertido en la programación) para poder probar diferentes condiciones para analizar el desempeño del mismo.

3.6.1 Software SIMIO

SIMIO es un software moderno de simulación discreta para el estudio de flujos logísticos, que permite abordar cualquier tipo de problemática en diferentes sectores tan diversos como manufactura, logística, transportes, entre otros. SIMIO es un lenguaje de simulación basada en agentes, que entrega un diseño orientado a objetos, con la finalidad que el desarrollo del modelo sea completamente gráfico (Arévalo, 2016).

4. METODOLOGIA

4.1 Descripción de la metodología utilizada

La metodología empleada para llevar a cabo el presente estudio, involucró la revisión de material bibliográfico, disponibles en diversos medios, como libros, bases de datos, revistas científicas, sitios web, entre otros; lo cual ha permitido establecer una base conceptual apropiada junto con el respaldo científico necesario en relación a la teoría de colas, con esto fue posible entender cómo se desarrolla una adecuada gestión de los tiempos de espera, dentro del marco de atención de clientes para una sucursal bancaria.

En la práctica, fue analizada una sucursal en particular, se trata de la sucursal Valparaíso Prat, la cual en la quinta región de Chile se perfila como una de las que presenta mayor afluencia diaria de público.

La toma de muestras consistió básicamente en analizar en terreno el comportamiento y orden de llegada de los clientes, esto sumado al análisis de los tiempos de atención de clientes registrados en el sector cajas de la sucursal, a partir de la recopilación de datos e información provista por el sistema Totalpack, sistema que es aplicado en algunas sucursales del banco con el fin de gestionar en forma ordenada la secuencia de atención, según orden de llegada.

Con estos datos tabulados, se confeccionaron distintas planillas que informan mes a mes, cómo varía la entrada de los distintos tipos de clientes al sistema, cuáles son los que presentan mayor demanda del servicio y cuáles son los tiempos de espera y de atención, según cada segmento.

Por otro lado, se obtuvieron los costos operacionales que involucran dar un servicio con cajas habilitadas, y a su vez, los costos asociados a operar con el sistema de “ticket virtual”. Esto, con el fin de analizar desde el punto de vista económico, el contar con una u otra alternativa desde la perspectiva de la eficiencia presupuestaria. La información de los costos en que se incurre para tener un cajero habilitado, proviene de la información entregada directamente por personal administrativo del banco, mientras que los costos relacionados con el uso de tecnología de “ticket virtual” fue obtenida a partir de una solicitud de cotización formal a una empresa chilena que realiza este tipo de servicios.

Para realizar la comparación de los distintos modelos, se utilizó una metodología cuantitativa y también fue abordada desde el punto de vista cualitativo. La primera metodología, analizó los valores entregados por las simulaciones emanadas del programa SIMIO para los modelos 1, 2 y 3, considerando 6 variables de importancia. Por otro lado, se confeccionó una encuesta online que considera establecer un factor de sensibilidad apropiado, para dar cuenta de qué tan cercano o factible para el público resultaría contar con una alternativa virtual a la hora de tomar un número de atención para el servicio de cajas.

Por último, para obtener los resultados y conclusiones finales se realizaron comparaciones punto por punto de las variables de cada modelo en estudio, de manera de establecer cuál de estas alternativas se alza como más adecuada y recomendable por sobre las demás. Así, se descartaron los modelos que no resultan del todo viables, con esto se fueron reduciendo opciones hasta llegar a un resultado final.

5. DESARROLLO

5.1 Descripción BancoEstado

La institución financiera BancoEstado, es el único banco comercial estatal de Chile, legalmente creado en 1953 mediante el Decreto con Fuerza de Ley N° 126, publicado el 24 de julio del mismo año. Presta servicios financieros a particulares y empresas. Sus principales giros de negocios son los ahorros, préstamos hipotecarios a las PYME y empresas en general. Es una empresa autónoma del Estado con Ley Orgánica, personalidad jurídica y patrimonio propio, de duración indefinida, sometida exclusivamente a la fiscalización de la Superintendencia de Bancos e Instituciones Financieras. Pertenece en un 100% al Fisco de Chile. Su misión está consignada en el artículo 3° de su Ley Orgánica, la que señala que "el banco tendrá por objeto prestar servicios bancarios y financieros con el fin de favorecer el desarrollo de las actividades económicas nacionales, sujetándose, en todo ello, a las políticas y normas que le imparta la autoridad monetaria en uso de sus atribuciones" (BancoEstado, 2018).

La visión de BancoEstado en el nuevo milenio es ser el Banco Público del siglo XXI, abriendo oportunidades a todos los chilenos. Para ello, existen un conjunto de directrices y estrategias que orientan el camino a seguir, tanto en materia social como en los objetivos y metas globales que un banco debe alcanzar. Su visión estratégica se basa en directrices básicas que guían las actividades al interior de la Institución: mejorar la calidad de vida de las personas, aportar al desarrollo del país y apoyar la gestión de modernización del Estado.

Sus orientaciones comerciales implican: centrarse en el cliente, mejorar la atención a los mismos y aumentar la rentabilidad del banco (BancoEstado, 2018).

5.2 Caracterización del caso en estudio

La sucursal en estudio se ubica en el corazón del centro financiero de Valparaíso, en donde existe un flujo considerable de personas que transitan diariamente por el sector, muchas de estas personas pasan a formar parte de la población de clientes que recibe el banco, es así como, durante el transcurso de un año, específicamente, entre los periodos de octubre del año 2017 y octubre del 2018, según datos provistos por sistema Totalpack, se emitieron 175.737 turnos de atención para el sector de cajas, de los cuales 118.996 fueron turnos efectivamente atendidos y los restantes 56.741 corresponden a turnos perdidos, los cuales representan un 32% de los turnos emitidos, es decir, por cada 100 clientes que acudieron al sector de cajas para requerir algún servicio, 32 de ellos hicieron abandono de la sucursal al no concretar el servicio (más detalles en anexo A.1). Un porcentaje no menor, si consideramos que se tratan de clientes que no están satisfechos.

Situación que fue corroborada, a través de los estudios de satisfacción en el área de cajas que se realizan constantemente a nivel de banco, los que fueron realizados en todas las sucursales de la V región, entre los periodos de Enero y Diciembre del año 2018. En estos, se les solicita a los encuestados calificar “satisfacción” sólo cuando consideren que el ítem consultado alcance un valor 6 ó 7 en la escala 1 a 7, donde se posicionará con nota 7 al ítem con mayor valoración o donde aplique la condición de mayormente satisfecho. A partir de esto, es posible mencionar que para la sucursal en estudio, existe un valor aceptable del

indicador “amabilidad y cordialidad”, que presenta un 82%, a pesar de estar por debajo del promedio zonal (V región) que es un 86%. Sin embargo, otros indicadores de calidad presentan una diferencia más significativa al medir la satisfacción, pues se observa 71% para “satisfacción cajas”, 69% para “funcionamiento y respeto de las filas” y un 44% para “tiempos de espera”, valores que se contraponen a los promedios totales registrados en otras oficinas de la V región (81%, 73% y 51%, respectivamente), más detalles en anexo A.2 y A.3.

Resulta elocuente enfatizar que el indicador “tiempos de espera” presenta el valor más bajo de desempeño de los indicadores consultados, pues éste no sólo es identificado a nivel de sucursal en estudio, sino que también responde a una tendencia de las otras oficinas de la región.

La baja satisfacción en los tiempos de espera, simboliza claramente los problemas en la entrega de servicio en forma oportuna que presenta actualmente la sucursal en estudio, lo que se evidencia diariamente al tener un porcentaje de deserción en torno al 32%, el cual es atribuible a tiempos de espera extensos e indeseables. Así, datos recolectados nos indican que bajo un período de medición que va desde Octubre del 2017 y Octubre del 2018, el tiempo de espera del servicio, en promedio, en sector cajas es de 30 minutos y 3 segundos, donde el mínimo tiempo en promedio fue registrado en Junio (24 minutos y 14 segundos), y el máximo tiempo en el mes de Marzo con 39 minutos y 18 segundos, tal como se puede visualizar en anexo A.1

La sucursal en estudio, opera en un horario de atención de lunes a viernes desde las 09:00 a las 14:00 horas. Cabe mencionar, que los números de clientes hacen referencia a la contabilización de tan sólo uno de los servicios que ofrece el banco, pues es específica a los clientes que son atendidos en el sector de cajas, que corresponde al área de estudio. Por otro lado, existen servicios que no son considerados en el presente estudio, pero sí son frecuentes en sucursales bancarias, como son; servicio de atención al cliente, centro hipotecario, centro de normalización, área de cobranzas, centro de inversiones, plataformas de personas, microempresa, pequeña empresa, y mediana empresa.

Sin duda, desde estas áreas mencionadas, se deriva parte de los clientes que son atendidos en el sector de cajas diariamente, esto sumado a aquellos que se dirigen directamente a utilizar el servicio de cajas viniendo desde fuera del banco. En resumen, estas dos son las principales fuentes para conformar la población de clientes en estudio.

5.3 Descripción del sector cajas

En esta sucursal, el sector de cajas está compuesto por 6 ventanillas, en cada una de ellas atiende sólo un funcionario; todas están capacitadas para realizar diversas tareas y atender distintos segmentos de clientes, según la demanda presente en el momento.

Para proporcionar el servicio a un determinado cliente, la sucursal dispone de un medio de atención electrónico denominado “tótem”, el cual es suministrado por la empresa Totalpack. Este dispositivo además de asignar el orden secuencial de atención, también

individualiza al cliente según el segmento al que pertenezca, dado que al ingresar el rut, el sistema discriminará si pertenece a uno de los siguientes segmentos:

- Cajas (público general, que no es cliente del banco)
- Caja preferente (cliente que tiene cuenta corriente)
- Caja preferencial banca personas
- Caja preferencial banca microempresa
- Caja preferencial banca pequeña empresa
- Caja preferencial banca mayorista
- Caja preferencial tercera edad

El sistema al realizar esta acción, logra derivar a cada usuario a la caja correspondiente, donde a su vez, a cada caja se le asignan previamente los segmentos que deberá atender según sea la demanda, todo esto gestionado por el administrador del sistema, que en este caso corresponde al jefe de atención a clientes.

En resumen, las etapas del proceso de atención al cliente en el sector de cajas, son como sigue:

1. El cliente se presenta en la sucursal, se dirige hacia uno de los dos “totem” disponibles (zona totem), selecciona la alternativa de servicio (cajas) y digita su rut. Luego el dispositivo asigna un número correlativo de atención para una caja en específico según segmento al que pertenece el cliente. Esta acción que realiza el cliente, tiene un tiempo de ejecución prácticamente despreciable, por ende, no es considerado dentro del análisis de este estudio.

2. Cliente espera para ser atendido, para esto ingresa a un área de espera, que dispone de 48 asientos habilitados para que la espera sea confortable, desde aquí el usuario puede visualizar que número será el próximo a ser atendido, a través de un visor de números.
3. Cliente es llamado a atenderse
4. Cliente inicia el servicio en una caja especifica
5. Cliente recibe servicio
6. Cliente finaliza el servicio en una caja especifica
7. Cliente se dirige hacia la salida

Un grafo que representa la situación, sería el que se muestra en la figura 8.

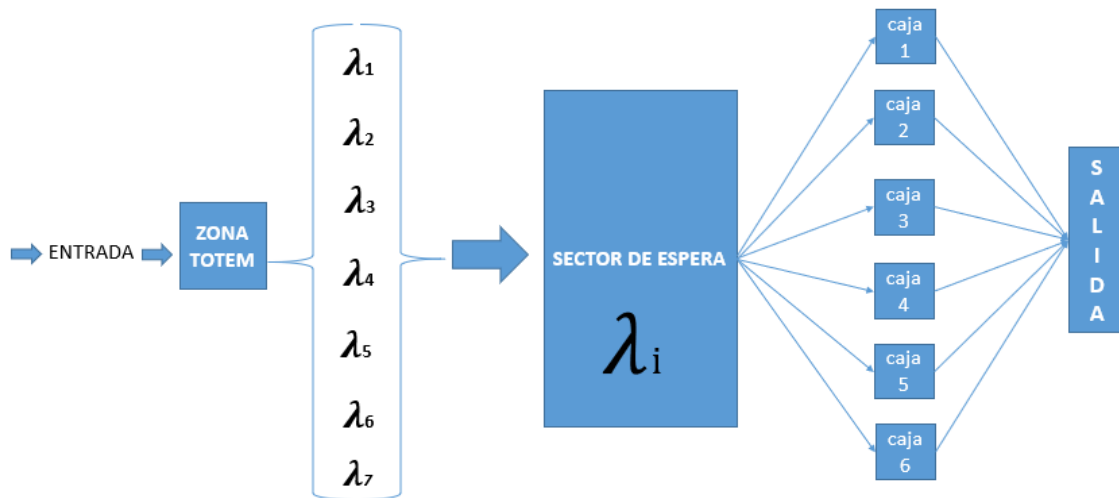


Figura 8. Grafo de proceso de atención en caja. (creación propia, 2018)

5.4 Descripción de los modelos a analizar

A través de este análisis se busca dar respuesta a cuál es la mejor alternativa para la operación de las cajas, de modo que el resultado permita favorecer la satisfacción del cliente, aminorar los tiempos de espera y el costo operacional que conlleva cada escenario o modelo de atención.

Así, se analizarán comparativamente 4 distintos escenarios:

Modelo 1, corresponde al que actualmente es usado en la sucursal. Se dispone de 6 cajas, contempla el uso de tótem, existe zona de espera, el servicio es realizado por cada caja según sea el o los segmento(s) asignado(s) para la jornada, esto según la demanda de atención existente. Cabe mencionar, que todas las cajas están capacitadas para realizar todo tipo de tareas solicitadas por clientes, independiente del segmento al cual pertenezcan.

Modelo 2, tiene mismo funcionamiento que modelo 1 pero con una variación, la utilización de solo 5 cajas para atender a público.

Modelo 3, presenta misma situación que modelo 1, pero incorpora el uso de 7 cajas para la atención de público.

Modelo 4, contempla la utilización del modelo actual (6 cajas habilitadas) más la opción de que cada usuario pueda obtener su número de atención diario en forma remota, no estando físicamente presente en el banco, a partir del uso de una aplicación de teléfono móvil

o accediendo desde un sitio web para así obtener un turno conocido como “ticket virtual”, el cual indica la secuencia correlativa en tiempo real de aquellos números que estarán próximos a ser atendidos, sin ser necesario que el cliente acuda a la sucursal y espere su turno correspondiente.

Cabe señalar, que serán analizados a través de software SIMIO los modelos 1, 2 y 3 (Análisis cuantitativo), mientras que el modelo 4 será analizado esencialmente a través de encuestas y sondeos (Análisis cualitativo).

5.5 Análisis cuantitativo

5.5.1 Algunas consideraciones en la simulación

A partir de la recopilación de datos directamente en la sucursal de estudio e información entregada por sistema Totalpack, se confeccionan distintas matrices que plasman el comportamiento mensual que presenta cada segmento, dentro de un periodo de tiempo que se extiende desde octubre de 2017 a octubre de 2018. Cada mes especifica turnos emitidos, atendidos y perdidos, tiempos promedio de atención y de espera, tasa de llegada de clientes y tasa de atención de clientes, esto, según cada tipo de cliente (tal cual lo especifica el anexo A.1). Cabe mencionar, que desde el mes de octubre 2017 a febrero del 2018, el sistema implementado por el banco (Totalpack) se encuentra en “marcha blanca”, esto involucra que los clientes sólo sean segmentados en 3 categorías (caja, caja preferente y caja preferencial personas), para que luego desde marzo del 2018 hasta la actualidad sea considerada la segmentación completa, es decir, las 7 categorías (caja, caja preferente, caja

preferencial personas, caja preferencial banca microempresas, caja preferencial pequeña empresa, caja mayorista y caja preferencial tercera edad).

Otras consideraciones y supuestos que fueron indispensables tener en cuenta al momento de realizar esta simulación computacional con software SIMIO, son las siguientes:

Llegada de clientes (por hora): se tomaron en consideración sólo aquellos clientes que efectivamente fueron atendidos, es decir, solamente los turnos atendidos, sin contar los turnos perdidos, pues se cumple, según figura 9.

$$\text{TURNOS EMITIDOS} = \text{TURNOS ATENDIDOS} + \text{TURNOS PERDIDOS}$$

Figura 9. *Composición de turnos emitidos. (creación propia, 2018)*

Si se contemplara la totalidad de los turnos emitidos, se estaría considerando más clientes atendidos de los que son en realidad. Esto, debido principalmente a la alta tasa de deserción que existe (turnos perdidos), lo cual no permitiría modelar con mayor veracidad una aproximación más exacta de lo que ocurre.

Al tener presente lo anterior, se puede indicar que la llegada de clientes (turnos atendidos realmente) por hora, es una información que en un principio fue recopilada en términos mensuales y según segmento. Esta información fue llevada a la unidad de horas, a través del supuesto de que el horario diario de atención al público es de 5 horas y son 5 días de trabajo por semana. Así, cruzando esta información recopilada, más conociendo los días hábiles y efectivos según cada mes durante el periodo de análisis, es que se logra establecer

una cantidad de llegada de clientes por hora, según mes y segmento. Información que puede ser revisada en detalle en el anexo A.4.

Con la información antes detallada, es posible establecer que la llegada de los clientes es un dato, y por tal motivo, es que se utiliza una distribución degenerada (tiempos constantes de llegada por hora) para modelarlos.

Distribución atención de clientes: la distribución de atención se ajusta a una distribución de tipo exponencial, cuya media variará según el mes en el cual se esté desarrollando la simulación. Así, la distribución de atención, describe el comportamiento que presentan todas las cajas habilitadas durante el transcurso de la simulación y se aplica a todas estas por igual, es decir, si se está simulando el periodo de Octubre del 2017 del modelo 1 (que presenta 6 cajas disponibles), entonces para las 6 cajas se tendrá una distribución exponencial con media de 0:03:58 (tiempo promedio de atención para ese mes) (toda esta información fue recopilada directamente desde sistema Totalpack, disponible en anexo A.5).

Ponderación en la utilización de las cajas: como un supuesto genérico, se estableció una ponderación de utilización de cajas para cada uno de los 3 modelos. Esto debido a que no existe una forma metódica para asignar la atención de los distintos segmentos a cada caja en forma diaria en la sucursal, pues sólo se realiza según la demanda del momento. Las ponderaciones están asignadas según segmento y caja específica. Esta matriz fue elaborada a partir de la representación que tiene cada uno de los segmentos por sobre la cantidad total de servicios que se realizan dentro del periodo de datos recogidos, los cuales fueron medidos en horas, tal cual lo muestra el anexo A.6.

5.5.2 Simulación con software SIMIO

Para la aplicación del software, se utilizaron los siguientes elementos:

Población: se definieron como datos de entrada 7 tipos de clientes, los cuales fueron ingresados al programa como indica la tabla 2.

SEGMENTO	SIMBOLO
CAJAS	$A_i \{i=1,2,3,4,5,6,7\}$
CAJA PREFERENTE	$B_i \{i=1,2,3,4,5,6,7\}$
CAJA PREFERENCIAL BANCA PERSONAS	C
CAJA PREFERENCIAL BANCA MICROEMPRESAS	D
CAJA PREFERENCIAL BANCA PEQUEÑA EMPRESA	E
CAJA PREFERENCIAL MAYORISTA	F
CAJA PREFERENCIAL TERCERA EDAD	G

Tabla 2. Segmentación de clientes. (creación propia, 2019)

En caso del segmento cajas y caja preferente, estos pueden tomar valores entre 1 y 7, dependiendo del modelo que se esté simulando, por ejemplo, para modelo 1 (6 cajas disponibles) tanto segmento caja ($A_1, A_2, A_3, A_4, A_5, A_6$) como caja preferente ($B_1, B_2, B_3, B_4, B_5, B_6$) tendrán 6 cajas para su utilización. Mientras que para modelo 2 (5 cajas) se tendrá para caja (A_1, A_2, A_3, A_4, A_5) y caja preferente (B_1, B_2, B_3, B_4, B_5).

Source1: corresponde a la “fuente” de entrada de los elementos, en este ítem se define la lógica de arribo para los distintos segmentos. En este caso la lógica fue dada por dos “datos de entrada”, que son la ponderación de utilización de cajas asignada previamente por segmento y el número de clientes que llegan por hora según mes.

Server: este elemento se refiere a las cajas disponibles, las cuales pueden ser 5, 6 ó 7, dependiendo del modelo a ser analizado.

Sink1: es el ítem que hace referencia a la salida del sistema, es decir, cuando ya han sido atendidos los clientes, pues no necesitan más servicios y se retiran del banco.

La figura 10, muestra los distintos elementos que interactúan entre sí para simular los modelos en estudio. Es el caso del modelo 1 (6 cajas disponibles para atención público).

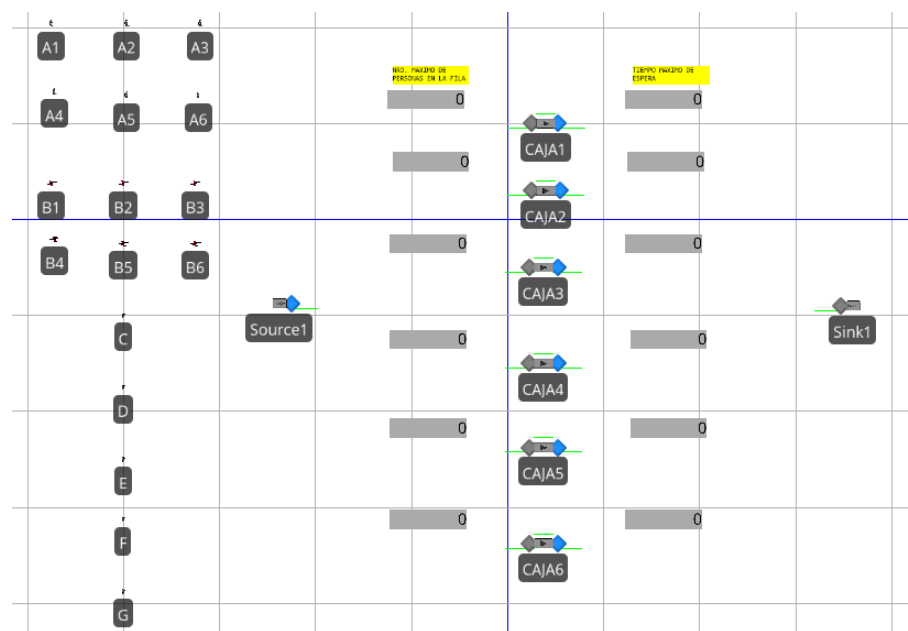


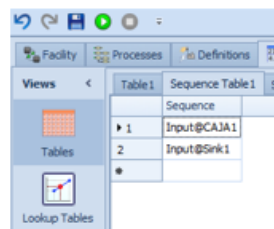
Figura 10. Elementos en simulación software SIMIO (software SIMIO, 2019)

Para configurar “Source1”, se determinó que cada segmento de cliente, deberá ser atendido conforme a un porcentaje establecido en “Table1” (tabla confeccionada con la ponderación en utilización de cajas). La figura 11, detalla una “Table1”, para un modelo 1 (6 cajas disponibles).

Table1	Sequence Table1	Sequence Table2	Seq
	Entity Instance Property1	Mix	
► 1	A1	8,2	
2	A2	8,2	
3	A3	8,2	
4	A4	8,2	
5	A5	8,2	
6	A6	8,2	
7	B1	4,8	
8	B2	4,8	
9	B3	4,8	
10	B4	4,8	
11	B5	4,8	
12	B6	4,8	
13	C	7	
14	D	4	
15	E	2	
16	F	3	
17	G	6	
*			

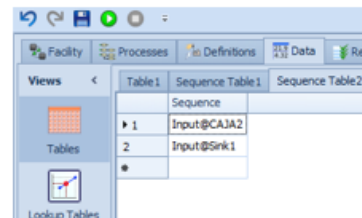
Figura 11. Ponderación de utilización de cajas. (software SIMIO, 2019)

Así mismo, todo segmento deberá seguir una secuencia de atención, la cual indica a qué caja respectiva tendrá que dirigirse, para luego tomar la salida. La figura 12, presenta dos secuencias para el modelo 1 (6 cajas disponibles), en “Sequence Table1”, la secuencia indica primero entrada a “CAJA1” y luego salida del sistema y “Sequence Table2”, idéntico proceso pero con “CAJA2”.



Sequence	Input@CAJA1	Input@Sink1
► 1		
2		
*		

Sequence Table1



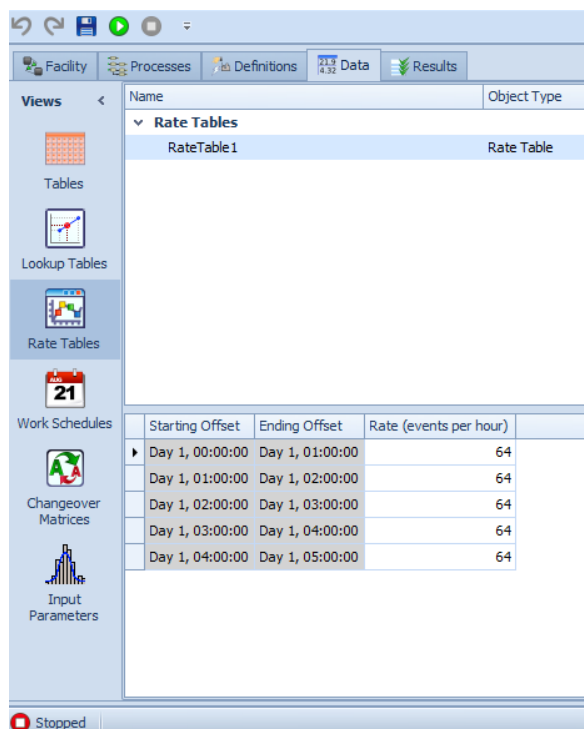
Sequence	Input@CAJA2	Input@Sink1
► 1		
2		
*		

Sequence Table2

Figura 12. Secuencias para “Table1” y “Table2”. (software SIMIO, 2019)

De esta forma, la lectura sería la siguiente, el segmento A1 (segmento cajas) que representa un 8,2% de las entradas totales registradas por hora dentro de un periodo de un año (Octubre 2017 a Octubre 2018), se dirige según “Sequence Table1” a “CAJA1” para luego ir a la salida “Sink1”.

Mientras que, el otro “dato de entrada” para “Source1”, es aquel referido al número de clientes que llegan por hora, el cual es ingresado según el mes correspondiente, pues por ejemplo, para el mes de Octubre 2017 se atendieron 64 personas por hora (detalles en Anexo A.4), en un horario de atención de 09:00 hasta las 14:00 horas, es decir, para cada una de las horas laborales se atendieron 64 clientes. Por ende, en el software se ingresa esta información tal como indica la figura 13.



Starting Offset	Ending Offset	Rate (events per hour)
Day 1, 00:00:00	Day 1, 01:00:00	64
Day 1, 01:00:00	Day 1, 02:00:00	64
Day 1, 02:00:00	Day 1, 03:00:00	64
Day 1, 03:00:00	Day 1, 04:00:00	64
Day 1, 04:00:00	Day 1, 05:00:00	64

Figura 13. Número de clientes que llegan por hora según mes. (software SIMIO, 2019)

En cuanto al ítem “Server”, este es configurado según el modelo y el mes a simular, dado que la distribución de atención es conocida (distribución exponencial), pero su media es la que varía. Por otro lado, existen atributos que son genéricos para todo el modelamiento, como lo es la regla de prioridad, la cual corresponde a First In First Out (F.I.F.O.) y la capacidad de cada caja (capacidad = 1), es decir, cada caja tiene la capacidad de operar y dar servicio a tan sólo una persona por vez.

Como ejemplo, se muestra la figura 14, donde se detalla para el modelo 1 (6 cajas disponibles) y el mes de Octubre del 2017, una distribución de atención exponencial de media (3,58 minutos), capacidad de caja 1 y regla de prioridad de atención.

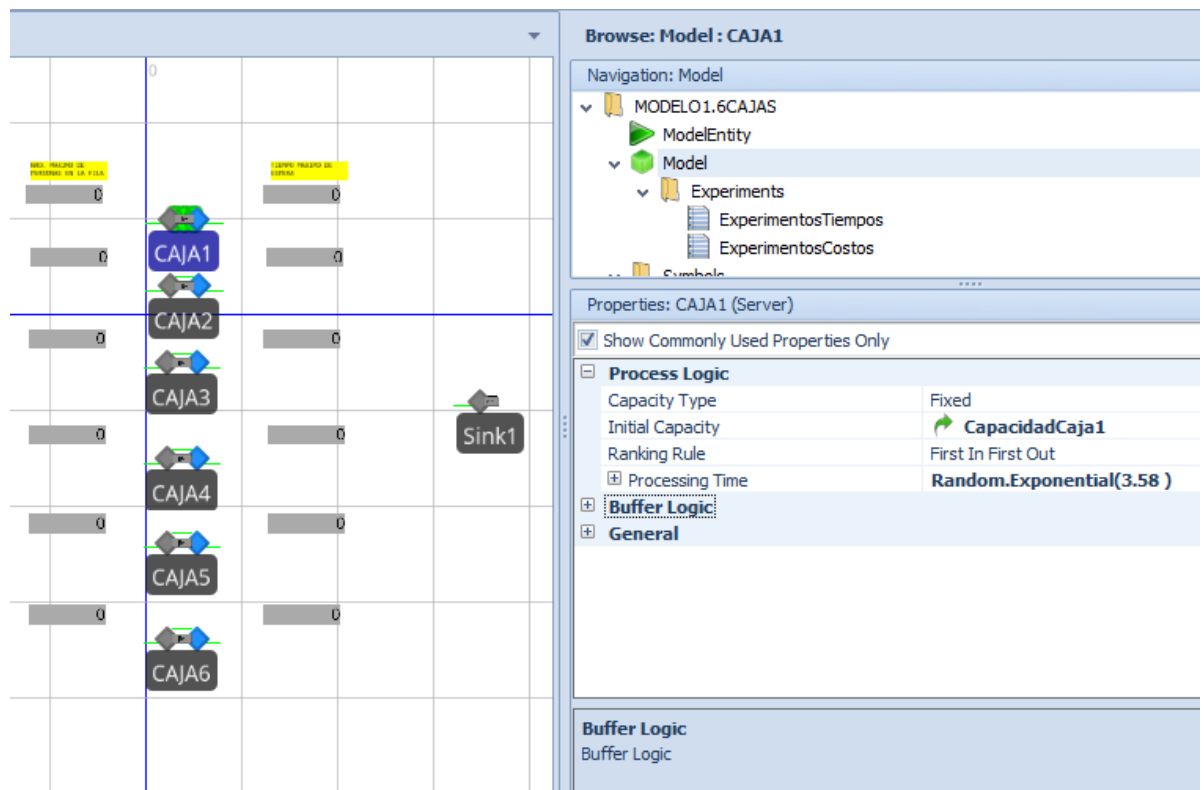


Figura 14. Configuración para modelo 1. (software SIMIO, 2019)

Una vez definidos todas las consideraciones y parámetros, es momento de realizar la simulación, para esto, se debe definir el tiempo de proceso de simulación que en este caso será de 5 horas, emulando una jornada laboral completa de atención a público (desde 09:00 a 14:00 horas).

Cabe señalar, que la simulación está basada en los datos e información entregada por sistema Totalpack, de ésta se obtuvieron los valores promedios por mes y segmento durante el transcurso de 1 año (lo cual se detalla en anexo A.1). Para realizar las simulaciones, se procedió a modelar un día representativo de cada mes en estudio por cada modelo a evaluar. Así, se puede indicar que fueron 39 las simulaciones totales que se realizaron.

Al arrancar el software con los datos cargados, podemos obtener información instantánea del comportamiento de las variables en estudio, tal cual lo muestra la figura 15, donde se presenta una vista 3D del simulador, para el mes de Octubre 2017 y aplicando el modelo 1 (6 cajas), con 2,74 horas de inicializada la simulación. Se visualiza el tiempo máximo de espera registrado (en minutos) y número máximo de personas registrado en fila, para caja 1 y caja 2.



Figura 15. Vista 3D SIMIO. (software SIMIO, 2019)

De igual modo, al finalizar la simulación completa (5 horas), el software genera un informe más en detalle, el cual se explica a continuación.

5.5.3 Resultados de la simulación

Bajo los resultados emitidos por el software, los modelos 1, 2 y 3 son comparados en base a 6 puntos específicamente:

- Tiempo promedio en sistema de cada segmento.
- Porcentaje de utilización de cajas.
- Tiempo de espera máximo registrado en fila de caja
- Tiempo de espera promedio registrado en fila de caja
- Número máximo de personas en fila de caja
- Total de personas atendidas según modelo aplicado

1.- Tiempo promedio en sistema de cada segmento (en minutos).

Este valor representa el tiempo total que demora cada segmento de clientes en ser atendidos al pasar por todo el sistema, es decir, desde que toman el turno, realizan la espera, son atendidos en sector cajas y luego se dirigen a la salida. Tiempo simulado para cada uno de los 7 segmentos de los modelos a comparar desde Octubre del 2017 a Octubre del 2018.

Cabe mencionar, que en el modelo 1 (6 cajas disponibles) se divide el segmento A (cajas) y B (caja preferencial) en 6 partes iguales para ser atendidos en cada caja habilitada, mientras que el modelo 2 (5 cajas disponibles) hace la misma división pero contemplando 5 cajas y así mismo, el modelo 3 (7 cajas disponibles) realiza misma acción pero con 7 cajas. En forma genérica para los demás segmentos, es decir, C, D, E, F y G, éstos son asignados en un 100% a una caja. Todo esto establecido según la ponderación en la utilización de las cajas, detallado en el anexo A.6.

Para poder realizar el análisis se confeccionó un periodo para cada modelo, el cual contiene los datos registrados dentro de 1 año (Octubre 2017 a Octubre 2018). Este periodo, se hizo a partir de un promedio ponderado de todos los meses en estudio, de forma de realzar aquellos meses donde se registró un mayor tiempo de atención con respecto a los demás meses. Luego se obtuvo un promedio simple, con lo cual se logra cuantificar y establecer un valor comparativo entre distintos segmentos bajo los 3 modelos a analizar. Los valores de cada mes se pueden visualizar en detalle en los anexos A.7, A.8 y A.9.

Así, un primer resultado nos indica que el periodo del modelo 1, que corresponde al que actualmente se está empleando en la sucursal, presenta un tiempo promedio de atención de 32,4 minutos.

A su vez, el resultado que nos entrega aplicar un sistema con una caja menos (periodo de modelo 2), es decir 5 cajas, nos arroja un tiempo en promedio mayor (41,2 minutos). Mientras que el Tiempo del modelo 1 en comparación a periodo de modelo 3 (7cajas) también es mayor, dado que este último tiene el menor de los tiempos en promedio, 24,1 minutos de espera, tal como se puede visualizar en tabla 3.

TIEMPO PROMEDIO EN SISTEMA DE CADA SEGMENTO						
SEGMENTO	OBJETO MODELO 1	PERIODO MODELO 1 (horas)	OBJETO MODELO 2	PERIODO MODELO 2 (horas)	OBJETO MODELO 3	PERIODO MODELO 3 (horas)
CAJA	A1	0,7	A1	0,6	A1	0,5
CAJA	A2	0,7	A2	0,7	A2	0,4
CAJA	A3	0,3	A3	0,6	A3	0,4
CAJA	A4	0,5	A4	0,6	A4	0,3
CAJA	A5	0,6	A5	0,8	A5	0,6
CAJA	A6	0,4	-	-	A6	0,3
CAJA	-	-	-	-	A7	0,2
CAJA PREFERENTE	B1	0,8	B1	0,7	B1	0,5
CAJA PREFERENTE	B2	0,7	B2	0,7	B2	0,4
CAJA PREFERENTE	B3	0,3	B3	0,6	B3	0,3
CAJA PREFERENTE	B4	0,5	B4	0,6	B4	0,3
CAJA PREFERENTE	B5	0,6	B5	0,9	B5	0,6
CAJA PREFERENTE	B6	0,4	-	-	B6	0,3
CAJA PREFERENTE	-	-	-	-	B7	0,2
CAJA PREFERENCIAL B. PERSONAS	C	0,7	C	0,6	C	0,6
CAJA PREFERENCIAL B. MICROEMPRESAS	D	0,8	D	0,8	D	0,4
CAJA PREFERENCIAL B. PEQ. EMPRESA	E	0,3	E	0,5	E	0,3
CAJA PREFERENCIAL MAYORISTA	F	0,5	F	0,7	F	0,3
CAJA PREFERENCIAL TERCERA EDAD	G	0,6	G	0,9	G	0,7
PROMEDIOS (HORAS)		0,5		0,7		0,4
PROMEDIOS (MINUTOS)		32,4		41,2		24,1

Tabla 3. Tiempo promedio en sistema para cada segmento. (creación propia, 2019)

2.- Porcentaje de utilización de cajas.

Para definir esta comparación, se confeccionaron periodos para cada modelo, los cuales se obtuvieron de los promedios simples de cada caja utilizada durante los meses de análisis. Los detalles están presentes en los anexos A.10, A.11 y A.12.

Los resultados indican que el modelo que presenta mayor utilización corresponde al modelo 2, el que cuenta sólo con 5 cajas para atender el flujo de clientes, con una utilización de 93%. Lo sigue el modelo 1, con 6 cajas habilitadas con una ponderación de 86,3%, mientras que con menos utilización de sus cajas es el modelo 3, donde sus 7 cajas disponibles hacen que su utilización sea de 79,9%, tal como se muestra en la tabla 4.

PORCENTAJE DE UTILIZACION DE CAJAS			
	PERIODO	PERIODO	PERIODO
OBJETO	MODELO 1 (%)	MODELO 2 (%)	MODELO 3 (%)
CAJA 1	92,8	94,2	87,5
CAJA 2	91,1	94,7	85,8
CAJA 3	81,5	88,5	81,4
CAJA 4	83,3	91,8	82,4
CAJA 5	91,8	95,7	88,7
CAJA 6	77,0	-	69,7
CAJA 7	-	-	63,5
PROMEDIO	86,3	93,0	79,9

Tabla 4. Porcentaje de utilización de cajas. (creación propia, 2019)

3.- Tiempo de espera máximo registrado en fila de caja

El tiempo de espera máximo, es calculado en base a los tiempos registrados más altos de espera en una fila de caja, los cuales son medidos durante la atención de un día normal para cada uno de los 3 modelos en los meses de análisis (detalles en los anexos A.13, A.14 y A.15).

Para realizar esta comparación de los valores máximos, es utilizado nuevamente un periodo para cada modelo, el cual se elaboró a partir del promedio simple de los valores máximos registrados; el resultado señala que el mayor valor lo registra el periodo modelo 2 con 77,5 minutos, le sigue el periodo modelo 1 con 60,4 minutos y por último presenta el menor de los tiempos el periodo de modelo 3, con 45,2 minutos, tal como lo indica la tabla 5.

TIEMPO DE ESPERA MAXIMO REGISTRADO EN FILA DE CAJA			
	PERIODO	PERIODO	PERIODO
OBJETO	MODELO 1 (horas)	MODELO 2 (horas)	MODELO 3 (horas)
CAJA 1	1,4	1,3	1,1
CAJA 2	1,2	1,4	0,7
CAJA 3	0,7	1,0	0,7
CAJA 4	1,0	1,1	0,6
CAJA 5	1,1	1,6	1,2
CAJA 6	0,7	-	0,6
CAJA 7	-	-	0,4
PROMEDIO SIMULACION (HORAS)	1,0	1,3	0,8
PROMEDIO SIMULACION (MINUTOS)	60,4	77,5	45,2

Tabla 5. Tiempo de espera máximo registrado en fila de caja. (creación propia, 2019)

4.- Tiempo de espera promedio registrado en fila de caja

Este tiempo de espera promedio, se basa en los tiempos promedios registrados en una fila de caja, durante la atención de una jornada normal en los meses de simulación (ver anexos A.16, A.17 y A.18).

Para su análisis se utilizó un periodo para cada modelo, definido como el promedio simple de los valores promedios registrados. Como resultado, se obtuvo que el menor tiempo se presentó en el modelo 3 con 18,4 minutos, luego le sigue el modelo actual (modelo 1) con 28 minutos de espera, mientras que el de mayor tiempo es el modelo 2, el cual en promedio los clientes esperan 38 minutos. Tal cual se muestra en la tabla 6.

TIEMPO DE ESPERA PROMEDIO REGISTRADO EN FILA DE CAJA			
	PERIODO	PERIODO	PERIODO
OBJETO	MODELO 1 (horas)	MODELO 2 (horas)	MODELO 3 (horas)
CAJA 1	0,7	0,6	0,5
CAJA 2	0,6	0,7	0,3
CAJA 3	0,2	0,5	0,3
CAJA 4	0,4	0,6	0,2
CAJA 5	0,5	0,8	0,6
CAJA 6	0,3	-	0,2
CAJA 7	-	-	0,1
PROMEDIO SIMULACION (HORAS)	0,5	0,6	0,3
PROMEDIO SIMULACION (MINUTOS)	28,0	38,0	18,4

Tabla 6. *Tiempo de espera promedio registrado en fila de caja. (creación propia, 2019)*

5.- Número máximo de personas en fila de caja

El número máximo de personas registradas en una fila, corresponde a los valores registrados por sistema Totalpack y están presentes en los anexos A.19, A.20 y A.21.

Para comparar las distintas alternativas, se confeccionó un periodo para cada modelo correspondiente, con los valores máximos registrados por el simulador para cada caja. Con estos, luego se obtuvo un promedio simple para el análisis.

Los resultados indicaron que la mayor fila de espera se registró durante la simulación del modelo 2, donde como máximo son 26 las personas que esperan al día para atenderse en sector cajas. Por otro lado, el modelo actual presenta 17 personas en promedio que hacen fila a la espera de su turno, mientras que el modelo 3 presenta una fila más reducida al tener 12 personas en ella. En la tabla 7 se muestra esta situación.

NUMERO MAXIMO DE PERSONAS EN FILA DE CAJA			
	PERIODO	PERIODO	PERIODO
OBJETO	MODELO 1 (personas)	MODELO 2 (personas)	MODELO 3 (personas)
CAJA 1	27,5	34,3	20,3
CAJA 2	19,5	27,9	10,5
CAJA 3	9,5	17,6	9,6
CAJA 4	15,5	20,3	9,5
CAJA 5	20,3	32,0	23,0
CAJA 6	10,6	-	7,8
CAJA 7	-	-	5,8
PROMEDIO PERSONAS EN FILA	17	26	12

Tabla 7. Número máximo de personas en fila de caja. (creación propia, 2019)

6.- Total de personas atendidas según modelo aplicado

Este promedio, nos permite establecer otro punto de comparación con respecto a los 3 modelos en estudio, al conocer como varia mes a mes el comportamiento diario de atención a clientes. Así, es posible establecer que el modelo que más personas atiende en forma diaria durante la simulación es el modelo 3 (7 cajas disponibles), le sigue el modelo 1 (6 cajas disponibles) y el que menos personas atiende durante un día normal de trabajo es el modelo 2 (5 cajas disponibles), con 381, 351 y 321 personas respectivamente. En la tabla 8, muestra el comportamiento.

TOTAL PERSONAS ATENDIDAS POR DIA DE TRABAJO														
	oct-17	nov-17	dic-17	ene-18	feb-18	mar-18	abr-18	may-18	jun-18	jul-18	ago-18	sept-18	oct-18	PROMEDIO
MODELO 1 (6 CAJAS)	295	325	314	350	307	361	331	370	348	374	436	391	360	351
MODELO 2 (5 CAJAS)	303	328	289	360	287	303	277	343	318	328	382	316	333	321
MODELO 3 (7 CAJAS)	299	346	331	368	340	389	384	400	425	409	469	432	367	381

Tabla 8. Total personas atendidas por día de trabajo. (creación propia, 2019)

5.6 Análisis cualitativo

5.6.1 Descripción de encuesta

Para analizar el modelo 4, que corresponde al modelo actual (6 cajas disponibles), pero con la opción de tomar un número de atención en forma virtual, se procedió a confeccionar una encuesta online, dirigida a todo público cliente y no cliente de BancoEstado, que utiliza algún servicio o posee algún producto. En general, fueron encuestadas 91 personas, cuyos resultados son los siguientes:

5.6.2 Resultados de encuesta

La primera pregunta que se le hizo a los encuestados, fue para verificar que los participantes tengan mayoría de edad. El mayor porcentaje de ellos corresponde a personas que utilizan constantemente los servicios del banco, cuyo grupo etario es entre 31 y 45 años.

1. Su Edad está en el rango de :

91 respuestas

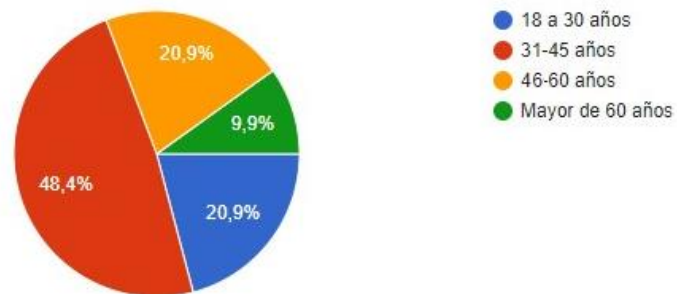


Figura 16. Rango etario. (encuesta, 2019)

Otra consulta, apuntó a conocer cual producto es utilizado mayormente. Bajo esta perspectiva, la mayoría de los encuestados tiene exclusivamente cuenta rut, le siguen aquellos que tienen más de una cuenta en el banco. Mientras que otros presentan un 8,8% cuando tienen fondos mutuos o depósitos a plazo.

2.¿Qué tipo de cuenta tiene usted en Banco Estado?

91 respuestas

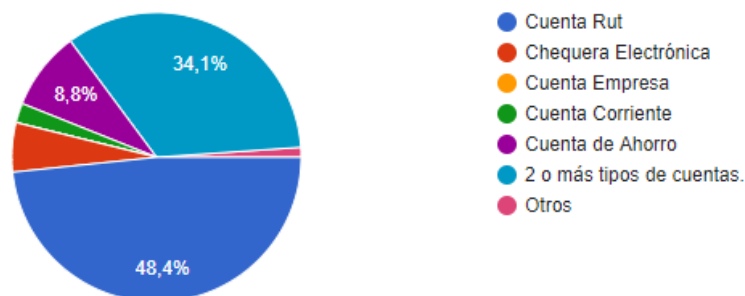


Figura 17. *Productos utilizados por encuestados. (encuesta, 2019)*

Una interrogante de interés, es conocer su nivel de satisfacción asociado a su experiencia con los tiempos de espera en el sector de cajas. Aquí la mayoría coincide en que el servicio es percibido como “malo”, y “muy malo” que en suma es alrededor de un 60%. Sin embargo, parte de los encuestados, un 30%, indican que el servicio es “bueno”, pero es un resultado que dista de “muy bueno”, el cual presenta una de las ponderaciones más bajas.

3.En el sector de CAJAS, su nivel de satisfacción con respecto a los TIEMPOS DE ESPERA , lo podría definir como:

91 respuestas

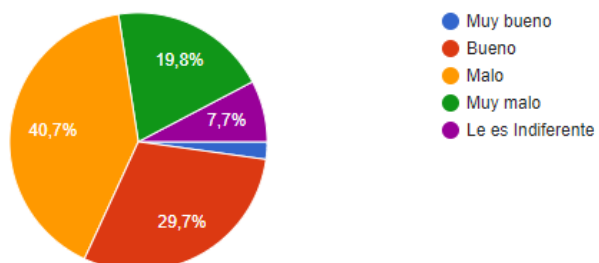


Figura 18. Nivel satisfacción sector cajas. (encuesta, 2019)

Por otra parte, factor bastante común entre los encuestados, es que la mayor parte considera que es aceptable tener como tiempo de espera menos de 15 minutos.

4.¿Cual sería un tiempo que usted consideraría PRUDENTE/ACEPTABLE para ser atendido en el sector de CAJAS?

91 respuestas

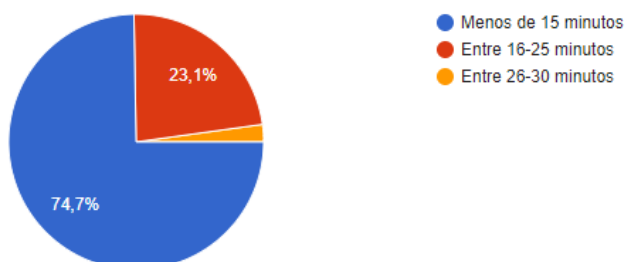


Figura 19. Describe el tiempo de atención aceptable. (encuesta, 2019)

Por último, a los encuestados se les pregunta directamente si aceptarían probar una forma distinta de atención a público, lo cual arroja como resultado que un 49,5% de ellos si está “muy de acuerdo”, y “de acuerdo” un 35,2%, pero a su vez también existe parte del público, que se inclina por mantener el sistema normal de atención, es decir, tomar un numero de atención en forma presencial.

El rango etario de aquellas personas que respondieron negativamente a esta consulta, se descompone de la siguiente forma, un 8% de los encuestados están entre 18 y 30 años, un 33% se sitúan entre 31 y 45 años, mientras que un 58% presenta una edad desde 46 años en adelante.

5.¿Usted estaría dispuesto tomar un “número de atención para cajas” a través de una aplicación móvil o página web?

91 respuestas

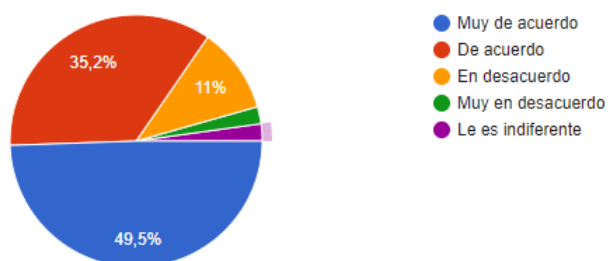


Figura 20. Disposición de utilizar “ticket virtual”. (encuesta, 2019)

5.7 Análisis de costos

5.7.1 Descripción de costos por caja habilitada

Los costos inherentes a una operación diaria en el área de cajas, involucra costos de tipo variable, y costos de tipo fijo. De estos, el presente análisis sólo fueron considerados los primeros, los cuales se encuentran asociados principalmente a la habilitación de cada cajero para desempeñar el servicio. Para esto, se estimó que cada caja disponible, tenga un solo trabajador con una experiencia laboral en promedio de 15 años, el cual aproximadamente presenta una remuneración líquida mensual de \$800.000.-.

5.7.2 Descripción de costos aplicación “ticket virtual”

Otro tipo de costo que fue considerado en el análisis, es aquel asociado a contratar una empresa externa que brinde los servicios tecnológicos de un “ticket virtual”. Valores que se individualizan, a partir de una cotización realizada a una empresa chilena que presta este tipo de servicio, tal cual como se detalla en la tabla a continuación.

REGION DE CHILE	REGION METROPOLITANA		OTRAS REGIONES	
DURACION DE CONTRATO (MESES)	36	48	36	48
COSTO HARDWARE (UF)	3,5	3	4	3,5
LICENCIA SOFTWARE (UF)	2	2	2	2
VALOR MENSUAL NETO (UF)	5,5	5	6	5,5

Tabla 9. Costo “ticket virtual”. (cotización de empresa Zero Q, 2019)

5.7.3 Resultados de costos para modelos 1, 2 y 3.

El resultado de este ítem, está determinado exclusivamente por el número de cajas disponibles según el modelo, tal cual como señala la tabla 10.

COSTOS UTILIZACION DE CAJEROS				
MODELO	PERIODOS	VALOR POR PERIODO	N°CAJAS DISPONIBLES	COSTO TOTAL
1 (6 cajas)	13	\$800.000	6	\$62.400.000
2 (5 cajas)	13	\$800.000	5	\$52.000.000
3 (7 cajas)	13	\$800.000	7	\$72.800.000

Tabla 10. Costos utilización de cajeros. (creación propia, 2019)

5.7.4 Resultados de costos para modelo 4

En cuanto al valor mensual para utilizar la alternativa de “ticket virtual” esta es la muestra la tabla 11.

COSTO TICKET VIRTUAL SUCURSAL PRAT		
	VALOR MENSUAL UF	VALOR MENSUAL CLP
COSTO HARDWARE	4	\$110.263
LICENCIA HARDWARE	2	\$55.132
TOTAL	6	\$165.395

Tabla 11. Costo “ticket virtual” de sucursal Prat. (creación propia, 2019)

El valor al aplicar “ticket virtual” durante 13 meses, tendría un costo de \$2.150.135.-
Calculado en base a UF de 1 de Abril del 2019 (\$27.565,75).

Por ende, para obtener el costo total del modelo 4, que contempla como base el uso del modelo actual, entonces el costo anual es de \$64.550.135.-, donde se incluye costo de utilización de “ticket virtual”, más la habilitación en sucursal de 6 cajas.

5.8 Discusión de los resultados

5.8.1 Análisis cuantitativo

Los resultados de los modelos ya ejecutados, nos permiten visualizar distintas perspectivas de análisis al momento de llevar a cabo una toma de decisiones con respecto a cuál es el mejor modelo que se adapta a las necesidades de la oficina en estudio.

Así, el método cuantitativo, nos indica que un modelo en particular destaca por su cumplimiento en casi la mayoría de los puntos analizados, se trata del modelo 3, el cual contempla el uso de 7 cajas.

Si analizamos individualmente los puntos favorables de este modelo, podríamos considerar que respecto al tiempo promedio en sistema, es el que menos tiempo reporta, dado que, aproximadamente son 24 minutos lo que demora cada cliente en recorrer todo el sistema en promedio, desde que toma un número hasta que se dirige a la salida, luego de ser atendido. Esta medición, presenta 17 minutos menos que el tiempo del modelo con mayor valor promedio en sistema (modelo 2). Mientras, que comparado al modelo actual (modelo 1) resulta ser 8 minutos menor.

Otro punto importante es considerar el tiempo de espera promedio en cola para el modelo 3, el cual es el mínimo entre los 3 modelos, aproximadamente 18 minutos y presenta una diferencia de 20 minutos con el modelo que tiene el tiempo más elevado (modelo 2). Mientras que la distancia con el modelo actual (modelo 1) es de 10 minutos.

A su vez, otro factor favorable para el modelo 3, es el tiempo máximo de espera registrado en fila de caja, el cual es de 45 minutos aproximadamente, valor que es 32 minutos menos que el tiempo más alto que fue registrado en modelo 2. Es así también, que al comparar el resultado del modelo 3 con modelo actual (modelo 1) existe una diferencia de 15 minutos.

Otra ventaja del modelo 3, es el número máximo de personas en fila de caja, el cual es de 12 personas, también se presenta como el mínimo de personas en espera entre los 3 modelos analizados, donde dista del modelo 2 en 14 personas y respecto al modelo actual (modelo 1) en 5 personas.

Otro factor favorable, es el número de personas que se atendieron en un día de trabajo durante el periodo de simulación, fueron 381 personas/día para el modelo 3, es decir, se atendieron 60 personas más que el modelo 2 que registró menos personas atendidas dentro de los 3 modelos en estudio y que en comparación al modelo actual (modelo 1) son 30 personas más por día de trabajo que pueden ser atendidas bajo el modelo 3. En otras palabras, el modelo 3 es aquel escenario que presenta mayor volumen de atención de clientes, considerando que el número de clientes que llegan es el mismo para los 3 modelos, como dato de entrada para la simulación.

Una variable desfavorable dentro del análisis cuantitativo para el modelo 3, es el evidente desuso de las cajas (porcentaje de utilización 79,9%), debido a que posee habilitadas un mayor número (7 cajas), esto hace que algunas de estas queden subutilizadas dado que la atención de clientes se prorratea entre más servidores. Caso contrario, es el modelo 2 (5 cajas), que por el mismo efecto, presenta una mayor utilización de las cajas, la cual es alrededor de un 93%, mientras que el modelo actual (modelo 1) presenta un 86,3%, el cual también se presenta como más alto en comparación al modelo 3. También el desuso presente en los modelos, puede atribuirse a que los datos empleados en la simulación, parten desde promedios y existen momentos en el día donde, aunque este cada cajero habilitado y activo para dar servicio, no llegan clientes a atenderse.

En resumen, para visualizar mejor las ventajas y desventajas de los modelos en estudio, desde una perspectiva de análisis cuantitativo, se presenta la figura 20.

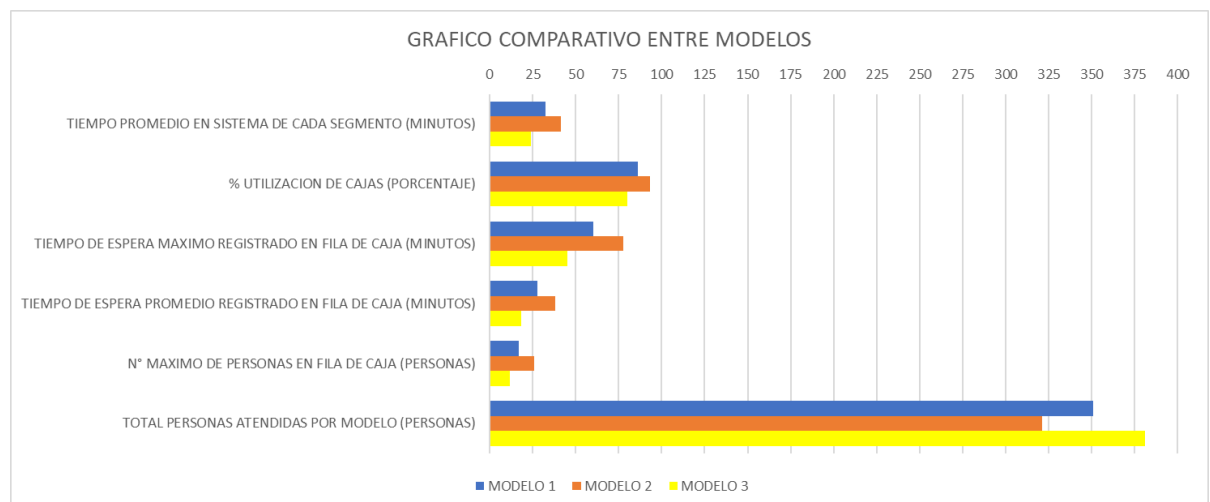


Figura 21. Comparación gráfica entre modelos. (creación propia, 2019)

5.8.2 Análisis de costos

Desde otro ángulo, un elemento distinto de decisión es incluir los costos operacionales que cada modelo tiene. Si analizamos comparativamente el modelo 1, 2 y 3, claramente existe una diferencia entre estos, pues la dinámica apunta a que entre más cajas se tienen disponibles en la sucursal, mayor es el costo operacional. De este modo, el modelo más costoso es, sin duda, el modelo 3 (7 cajas), mientras que el modelo 2 (5 cajas) es el más económico, donde la diferencia entre estos corresponde a \$20.800.000.-, lo cual representa un 40% por sobre el modelo 2.

Los resultados proponen también dos modelos de costo intermedio, por un lado se encuentra el modelo actual (6 cajas), que durante el periodo de análisis tiene un costo de \$62.400.000.-, y a su vez, el modelo 4, que como costo total \$64.550.135.-

A su vez, resulta conveniente afirmar que para el presente estudio no fueron evaluados ni considerados los costos de oportunidad que tienen los clientes perdidos, a los cuales no se les llega a brindar el servicio.

5.8.3 Análisis cualitativo

Otro factor que nos entrega información importante proviene del método cualitativo, específicamente a través de la encuesta realizada, dentro de los resultados más destacables esta la percepción del nivel de satisfacción con respecto a tiempos de espera en sucursal, la cual apunta en su mayoría a una insatisfacción (60.5%) de los encuestados. Del mismo modo,

un 74.7% indicó que un tiempo prudente o aceptable de espera para ser atendido debe ser menor o igual a 15 minutos. Por otra parte, en relación al uso de una aplicación móvil para tomar un “ticket virtual”, la mayoría de las personas (84.7%) dijeron estar receptivos ante esta alternativa de atención, de éstos un 49.5% está “muy de acuerdo” y 35.2% “de acuerdo”. Al descomponer estas respuestas por rango etario, se establece que la mayoría de las nuevas generaciones acepta de forma más positiva la propuesta, mientras que las personas mayores de 60 están mucho menos dispuestas emplear esta tecnología, todo esto según las ponderaciones expuestas en anexo A.22.

5.9 Consideraciones para la elección de un modelo de atención

Si tenemos en consideración sólo el análisis cuantitativo, podemos verificar que el comportamiento de las variables que se analizan siguen un patrón en común, según el número de cajas que presenta cada modelo, vale decir, a mayor número de cajas, menores tiempos de atención y menores personas en fila esperando. Excepto, la variable utilización en cajas, dado que a menor número de cajas mayor es la utilización de éstas. Es así como, el modelo 3 bajo estas condiciones y resultados cuantitativos, se perfila como el modelo más aconsejable a emplear, una segunda opción es el modelo 1(6 cajas disponibles) y como última, está el modelo 2 (5 cajas disponibles).

Por otra parte, existen otros factores que se deben tener en consideración, pues si tenemos como supuesto condiciones presupuestarias acotadas, se tendería a pensar en tomar como opción el modelo con menos costos asociados posibles, el que resulta más asequible. No obstante, si nos basamos solamente en este parámetro económico no se darían por

abordadas valiosas variables para satisfacer al cliente, pues esta austeridad iría en detrimento de la calidad en la atención, tal como sucede si se decide seleccionar como modelo de atención el modelo 2, el cual al contar con una caja menos presenta resultados poco deseables en comparación con el modelo actual, por lo tanto, no representa una mejora sino más bien un retroceso. A pesar de ser el más económico, no se ajusta a los demás aspectos buscados, que son mejorar la gestión de calidad (tiempos de espera). Con todo, el modelo 2, se descarta como alternativa eficiente.

Luego de estos argumentos, las opciones se reducen a 2 modelos como propuesta de mejora, estos son el modelo 3 (7 cajas) y el modelo 4 (6 cajas más uso de “ticket virtual”).

El modelo 3 (7 cajas), el cual cumple con resultados destacables por sobre los otros modelos, presenta además tiempos de atención muy cercanos al ideal (según encuesta tiempos de espera menor o igual a 15 minutos), pues su tiempo promedio es de 18 minutos. En resumen, su aplicación mejoraría en gran medida la situación actual en sucursal, con lo cual se trata de un modelo eficaz pero no así eficiente, pues su puesta en marcha representa el costo operacional más alto en comparación con los demás modelos.

Por otro lado, está el modelo 4, que presenta el mismo rendimiento que el modelo 1, pues está basado en éste. Con un costo de operación menor que el modelo 3, la diferencia es de \$8.249.865.-, vale decir, aproximadamente un 11% más económico que dicho modelo. Sin embargo, el modelo 4 no destaca por sobre lo que actualmente existe en la sucursal (pues mantiene los mismos valores), ni tampoco a través del uso optativo de “ticket virtual” logra disminuir los tiempos de espera de una determinada fila, pero de hacerse efectiva su

aplicación, podría entregar a cada cliente el control para que pueda gestionar su propio tiempo y destinar este bien preciado, en lo que realmente él disponga, y así tan solo se dirija al banco conforme este muy próximo su turno a ser atendido, y no esperar en forma innecesaria en la sucursal, con la percepción de pérdida de tiempo que esto implica.

Un ejemplo, sería tomar el tiempo de espera promedio en cajas medido en el modelo 4, el cual corresponde a 28 minutos aproximadamente, pues bien, si un cliente toma su turno desde la aplicación “ticket virtual” y ésta nos indica que el número tomado se atenderá dentro de 28 minutos más, entonces el cliente dispondrá de este tiempo para realizar cualquier otro trámite o quehacer antes de atenderse efectivamente en el banco. Por lo tanto, contar con esta opción virtual, la cual es notablemente bien acogida por las personas encuestadas (84.7%), aunque mantenga las mediciones actuales que se emplean en la sucursal en estudio, garantiza con su puesta en marcha un mejor uso del tiempo y organización para el cliente, donde el usuario podrá maniobrar el costo asociado a la espera. Todo esto, a una cifra considerada intermedia al compararla con los demás costos de otros modelos.

6 CONCLUSIONES

6.1 Método de análisis

La metodología cuantitativa utilizada en el presente estudio condujo principalmente a tiempos simulados que no distan en demasía con los resultados obtenidos a partir de la recopilación obtenida en terreno, a través de sistema Totalpack. Pues, los tiempos simulados de espera en promedio para el modelo 1 (modelo actualmente empleado en sucursal Prat) fueron de 28 minutos, mientras que los tiempos reales obtenidos nos indican aproximadamente 30 minutos de espera para el sector cajas (en promedio).

Sin embargo, una limitación de la simulación planteada, fue la correcta asignación de la atención de los clientes a las distintas cajas, pues no existe en la práctica una metodología de derivación de personas adecuada en la sucursal. Por ende, se utilizó una estimación (ponderación de utilización de cajas) en base a los datos recogidos existentes, con el fin de entregar una simulación lo más cercanamente posible a la realidad.

La toma de datos, si bien fue otorgada por sistema Totalpack, esta no fue del todo completa, con la información recopilada existente se consiguió modelar de la manera más exacta y así reflejar la realidad en la sucursal descrita. Es así como, en cuanto a la distribución de tiempos de llegadas, esta fue obtenida por datos entregados por dicho sistema, es decir, una distribución degenerada (valores constantes de llegada), que sirvieron para simular los modelos.

6.2 Implicaciones teóricas y resultados obtenidos

Por regla general, en la mayor parte de las organizaciones que brindan servicios, se producen filas y tiempos de espera, donde este último es considerado el indicador de calidad más significativo en lo referido a la percepción del cliente, pues así lo respaldan las encuestas de satisfacción realizadas por el banco y a su vez, las ejecutadas durante este estudio. Donde, se muestran valores que tienden a la insatisfacción en cuanto a calidad de atención y tiempos de espera medidos en la sucursal Prat.

Lo anteriormente mencionado, representa factores relevantes para tener en consideración, no tan sólo con el fin de atraer y mantener nuevos clientes, sino que también pueden tratarse como una oportunidad de marcar diferencia en el mercado al posicionarse con una ventaja competitiva, la cual se logra dando un valor agregado al servicio en sucursales, ya sea reduciendo los tiempos de espera presentados o bien innovando en nuevas tecnologías que son actualmente muy bien valorizadas por la mayor parte de los usuarios.

Es así como hoy en día es política número uno de calidad para toda organización, entregar cada vez mejor atención al cliente. Sin embargo, mantener este lineamiento muchas veces presenta obstáculos de tipo productivo y económico. Un servicio de atención, donde el cliente no deba esperar absolutamente nada para ser atendido, es una opción muchas veces impracticable, costosa e ineficiente, pues los recursos requeridos para sostener un escenario así, incluyen excesivos tiempos ociosos, debido a que al tener demasiadas cajas disponibles provoca la subutilización de estas, con el consecuente aumento en el costo por habilitar más servidores. Por ende, un camino viable es ver la posibilidad de solo reducir este tiempo de

espera, aquí los directivos a cargo de gestionar filas de espera deberán sopesar entre costos de servicio frente a calidad del servicio (tiempo de espera), para buscar un equilibrio entre ambos factores.

Así, la elección de uno de los 2 modelos (modelo 3 y 4) como propuesta y alternativa viable de aplicación en la sucursal de estudio, dependerá básicamente de cómo se desarrolle *service management* dentro de la organización, pues se deberá tener presente cómo se concentran los esfuerzos para gestionar los recursos presupuestarios y logísticos, para así proveer un servicio con alta calidad a todos los clientes.

En la práctica, la información de presupuesto real designado por sucursal del banco es de acceso restringido, pero para fines del presente estudio, se deja habilitada tanto la opción de modelo que resulta más costosa como la que es un tanto más económica, es decir, modelo 3 y modelo 4 respectivamente.

Por lo tanto, y en vista de los resultados obtenidos, se recomienda como primera opción al modelo 3 (7 cajas), esto solo si las condiciones de presupuesto de la sucursal así lo permiten, pues presenta el mejor rendimiento bajo un análisis cuantitativo, sobresale positivamente en casi la mayoría de las variables medidas, a su vez, considerando un análisis cualitativo, plantea valores muy cercanos a lo que las personas buscan al momento de atenderse en el sector de cajas en la sucursal. Dado que el tiempo aceptable de espera idealmente debe ser menor a 15 minutos, según lo indicado por encuestas.

Mientras que la segunda opción es el modelo 4, el cual se plantea como una alternativa más económica (11% menos que la primera opción), mantiene los estándares actuales y no los empeora, dando la oportunidad que la organización innove en tecnología acorde a la actualidad (“ticket virtual”) y al servicio del cliente, lo cual es avalado significativamente por las encuestas realizadas. Además esta opción podría permitir a los clientes ocupar su tiempo mientras esperan, dando paso a que el costo psicológico de esa espera pueda verse aminorado, por lo tanto, experimentar una nueva percepción más satisfactoria de esta situación de espera.

7 REFERENCIAS

- Arévalo, J. (2016). *Aplicación de la teoría de colas al problema de atención al cliente para la optimización del número cajeros en ventanillas en la organización BCP. (Tesina para optar al título profesional de ingeniero industrial)*. Lima, Perú: Universidad Nacional Mayor de San Marcos.
- Anderson D., Sweeney D. y Williams J. (2008). *Estadística para administración y economía*. México: Cengage learning Editores.
- BancoEstado (s.f.). *Acerca de BancoEstado*. Recuperado de <http://www.corporativo.bancoestado.cl/acerca-del-bancoestado>
- Bitran, G. R. and Lojo, M. P. (1993). Framework for Analyzing Service Operations, *European Management journal*, Vol 11, No. 3.
- Bitran, G. y Hoech, J. (1990). The humanization of service: Respect at the moment of truth. *Sloan Management Rev.* 31(4) 89–96.
- Bitran, G., Ferrer, J., y Rocha e Oliveira, P. (2008). OM forum—managing customer experiences: Perspectives on the temporal aspects of service encounters. *Manufacturing & Service Operations Management*, 10(1), 61-83.
- Cao R. (2002). *Introducción a la simulación y a la teoría de colas*. España: Netbiblo.
- Cardona D., González J., Rivera M. y Romero J. (2012). *Aplicación de colas de poisson en procesos de toma de decisiones en la gestión de servicios médicos*. Colombia: Universidad del Rosario.
- Carro, R. y González, D. (2013). Modelos de líneas de espera. Recuperado de: <file:///C:/Users/USUARIO/Desktop/TESIS%20I/paper/modelos%20de%20lineas%20de%20espera.pdf>

- Chase R., Jacobs F., y Aquilano N. (2009). *Administración de operaciones. Producción y cadena de suministros*. México: Mc Graw Hill.
- Cortes, P. (2011). *Sistema para medir tiempos de espera en colas de supermercado usando visión por computador y métodos estadísticos. (Tesis presentada a la Dirección de Investigación y Postgrado como parte de los requisitos para optar al grado de Magister en Ciencias de la Ingeniería)*. Santiago, Chile: Universidad católica de Chile.
- Clemente, L. (2008). *Mejora en el nivel de atención a los clientes de una entidad bancaria usando simulación. (Tesis para optar al título de ingeniero industrial)*. Lima, Perú: Pontificia Universidad Católica del Perú.
- Dawson, R. F. (1969). The Hyperlang Probability Distribution - A Generalized Traffic Headway Model. *Proceedings of the Fourth ISTTT*, (págs. 30-36). Karlsruhe
- De la Fuente García, D., & Díez, R. P. (2001). *Teoría de líneas de espera: modelos de colas*. Universidad de Oviedo.
- Eppen, G., Gould, F. J., y Schmidt, C. P. (1999). *Investigación de Operaciones en ciencia Administrativa*. Edit. Prentice Hall.
- Edelman, A. (s.f.) De colas y esperas, mitos y verdades. Recuperado de: <http://www2.um.edu.uy/aedelman/doc/De%20colas%20y%20esperas.pdf>
- Fitzsimmons, J. y Fitzsimmons, M. (2004). *Service management: operations, strategy and information technology* (4 ed.). Boston, Mc Graw-Hill. 587p.
- García J. (2016). *Aplicando teoría de colas en dirección de operaciones*. España: Universidad Politécnica de Valencia.
- Giraldo, G. (2006) *Procesos Estocásticos*. Medellín. Colombia: Universidad Nacional de Colombia.

- Hillier, F. y Lieberman, G. (2010). *Introducción a la investigación de operaciones*. Mexico: Mc Graw Hill.
- Ittner, C.D. (1996). Exploratory evidence on the behavior of quality costs, *Operations Research*, 44(1), 114-130.
- Kelton, W., Sadowski R. y Sturrock, D. (2004). *Simulation with Arena*. Boston, *Mc Graw-Hill Higher Education*. 667p.
- Kendall, D. (1953). Stochastic processes occurring in the theory of queues and their analysis by the method of imbedded markov chain.
- Koole, G. and Mandelbaum, A. (2002). Queuing models of call centers: An introduction, *Annals of Operations Research*, 113 (1-4), 41-59.
- Little, J. (1961). *Operations research. A proof of the queueing formula $L=\lambda W$* .
- Pacheco, D. (2017). *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)*. Ambato, Ecuador: Universidad Tecnológica Indoamérica.
- Parasuraman, A., Zeithaml, V. A., & Berry, L. L. (1985). A conceptual model of service quality and its implications for future research. *The Journal of Marketing*, 41-50.
- Pineda T. (2016). *Distribución erlang y beta*. Colombia: Universidad libre seccional Barranquilla.
- Portilla, L., Arias, L., Fernández, S. (2010). Análisis de líneas de espera a través de teoría de colas y simulación. *Scientia Et Technica XVII* (46), 56-61.

- Maister, D.H. (1985), The Psychology of Waiting Lines, in J. A. Czepiel, M.R. Solomon, C.R. Suprenant, (eds). The Service Encounter: Managing Employee/Customer Interaction in Service Businesses, D.C. Heath and Company, Lexington, Mass.
- Mobach, M.P. (2007). Consumer behavior in the waiting area, Pharmacy World and Science, 29 (1), 3-6.
- Singer, M., Donoso, P., & Scheller-Wolf, A. (2008). Una introducción a la teoría de colas aplicada a la gestión de servicios. *Revista ABANTE*, 11(2), 93-120.
- Taha, H. (2004). *Investigación de operaciones*, 7.^a ed. México: Pearson.
- Walpole R., Myers R., Myers S. y Ye K. (2012). *Probabilidad y estadística para ingeniería y ciencias*. México: Pearson.
- Winston, W. (2005). *“Investigación de Operaciones: Aplicaciones y Algoritmos”* Cuarta Edición. Editorial Thomson.

8 ANEXOS

ANEXO A.1 Tabla que detalla turnos en sucursal Prat

Anexo A.1

PERIODO	TUNOS EMITIDOS	TURNOS ATENDIDOS NORMAL	TURNOS ATENDIDOS EXCEPCION	TURNOS TOTALES ATENDIDOS	TURNOS PERDIDOS	% TURNOS PERDIDOS	T. PROMEDIO DE ESPERA	T. PROMEDIO ATENCION
oct-17	8.926	5.760	44	5.804	3122	35%	0:32:20	0:03:58
nov-17	10.799	7.559	27	7.586	3213	30%	0:29:23	0:03:35
dic-17	10.947	7.902	32	7.934	3013	28%	0:31:19	0:05:00
ene-18	13.669	8.988	61	9.049	4620	34%	0:27:41	0:04:09
feb-18	11.947	8.038	42	8.080	3867	32%	0:30:12	0:05:03
mar-18	14.409	10.153	45	10.198	4211	29%	0:39:18	0:04:59
abr-18	15.577	10.703	28	10.731	4846	31%	0:25:22	0:05:07
may-18	14.879	9.990	69	10.059	4820	32%	0:25:34	0:04:29
jun-18	14.425	9.676	116	9.792	4633	32%	0:24:14	0:04:41
jul-18	14.828	9.587	208	9.795	5033	34%	0:26:17	0:04:19
ago-18	16.485	10.966	107	11.073	5412	33%	0:24:27	0:03:56
sept-18	14.299	8.991	84	9.075	5224	37%	0:35:49	0:04:37
oct-18	14.547	9.677	143	9.820	4727	32%	0:38:44	0:04:34
TOTAL	175.737	117.990	1.006	118.996	56.741	32%	0:30:03	0:04:30

ANEXO A.2 Encuesta de satisfacción realizada BancoEstado oficina Prat

Anexo A.2

OFICINA VALPARAISO PRAT	Satisfacción Caja		Funcionamiento y respeto de las filas		Amabilidad y Cordialidad		Tiempo de Espera	
	% sat.	base	% sat.	base	% sat.	base	% sat.	base
ENERO	67%	12	75%	12	67%	12	58%	12
FEBRERO	75%	12	92%	12	83%	12	42%	12
MARZO	85%	13	62%	13	100%	13	54%	13
ABRIL	64%	14	64%	14	64%	14	36%	14
MAYO	67%	12	83%	12	83%	12	42%	12
JUNIO	67%	12	83%	12	75%	12	50%	12
JULIO	33%	3	33%	3	100%	3	33%	3
AGOSTO	82%	17	65%	17	76%	17	41%	17
SEPTIEMBRE	100%	10	70%	10	100%	10	50%	10
OCTUBRE	40%	10	30%	10	70%	10	10%	10
NOVIEMBRE	80%	10	100%	10	70%	10	50%	10
DICIEMBRE	90%	10	70%	10	90%	10	60%	10
TOTAL	71%		69%		82%		44%	

**ANEXO A.3 Encuesta de satisfacción realizada por BancoEstado para
otras sucursales**

Anexo A.3

OTRAS OFICINAS V REGION	Satisfacción Caja		Funcionamiento y respeto de las filas		Amabilidad y Cordialidad		Tiempo de Espera	
	% sat.	base	% sat.	base	% sat.	base	% sat.	base
ENERO	81%	108	79%	108	85%	108	53%	108
FEBRERO	76%	106	64%	106	80%	106	49%	106
MARZO	79%	107	64%	107	86%	107	51%	107
ABRIL	78%	119	66%	119	82%	119	49%	119
MAYO	85%	111	75%	111	89%	111	50%	111
JUNIO	79%	110	71%	110	85%	110	48%	110
JULIO	82%	57	75%	57	84%	57	56%	57
AGOSTO	82%	159	75%	159	87%	159	50%	159
SEPTIEMBRE	84%	110	77%	110	88%	110	53%	110
OCTUBRE	75%	108	73%	108	86%	108	42%	108
NOVIEMBRE	89%	109	78%	109	86%	109	57%	109
DICIEMBRE	81%	110	80%	110	89%	110	55%	110
TOTAL	81%		73%		86%		51%	

ANEXO A.4 Llegada de clientes por hora según segmento en sucursal Prat

Anexo A.4

LLEGADA DE CLIENTES POR HORA (SEGÚN SEGMENTO Y MES) (SIN CONTAR TURNOS PERDIDOS)														
SEGMENTO\MES	oct-17	nov-17	dic-17	ene-18	feb-18	mar-18	abr-18	may-18	jun-18	jul-18	ago-18	sept-18	oct-18	TOTALES POR SEGMENTO
CAJAS	39	42	48	44	42	44	50	46	44	44	48	47	37	576
CAJA PREFERENTE	25	30	35	29	28	27	23	20	19	21	22	28	26	335
CAJA PREFERENCIAL BANCA PERSONAS	-	-	-	9	10	5	9	9	9	8	9	9	7	84
CAJA PREFERENCIAL BANCA MICROEMPRESAS	-	-	-	-	-	4	7	7	6	6	6	6	5	49
CAJA PREFERENCIAL BANCA PEQUEÑA EMPRESA	-	-	-	-	-	4	2	2	6	2	2	2	2	21
CAJA PREFERENCIAL MAYORISTA	-	-	-	-	-	7	3	3	4	5	5	5	4	36
CAJA PREFERENCIAL TERCERA EDAD	-	-	-	-	-	7	9	8	8	8	9	9	8	65
TOTALES POR MES	64	72	84	82	81	97	102	96	98	93	101	107	89	1166

ANEXO A.5 Tiempos de atención a clientes

Anexo A.5

TIEMPOS DE ATENCION CLIENTES (SEGÚN SEGMENTO Y MES)													
SEGMENTO\MES	oct-17	nov-17	dic-17	ene-18	feb-18	mar-18	abr-18	may-18	jun-18	jul-18	ago-18	sept-18	oct-18
CAJAS	0:03:55	0:03:27	0:04:18	0:04:04	0:04:10	0:04:02	0:03:42	0:03:34	0:03:46	0:03:34	0:03:31	0:03:31	0:03:06
CAJA PREFERENTE	0:04:01	0:03:43	0:05:41	0:04:01	0:04:30	0:03:53	0:06:06	0:06:42	0:07:39	0:05:04	0:04:14	0:09:42	0:03:57
CAJA PREFERENCIAL BANCA PERSONAS	-	-	-	0:04:21	0:06:28	0:04:36	0:04:35	0:03:44	0:04:28	0:04:30	0:04:02	0:03:45	0:04:15
CAJA PREFERENCIAL BANCA MICROEMPRESAS	-	-	-	-	-	0:04:08	0:04:50	0:03:41	0:03:26	0:04:07	0:03:39	0:03:21	0:06:03
CAJA PREFERENCIAL BANCA PEQUEÑA EMPRESA	-	-	-	-	-	0:05:08	0:06:12	0:04:32	0:06:16	0:04:44	0:04:36	0:04:01	0:04:11
CAJA PREFERENCIAL MAYORISTA	-	-	-	-	-	0:08:57	0:06:14	0:05:40	0:04:05	0:04:33	0:04:07	0:04:31	0:05:20
CAJA PREFERENCIAL TERCERA EDAD	-	-	-	-	-	0:04:06	0:04:07	0:03:30	0:03:06	0:03:39	0:03:20	0:03:28	0:05:08
PROMEDIO TOTAL	0:03:58	0:03:35	0:05:00	0:04:09	0:05:03	0:04:59	0:05:07	0:04:29	0:04:41	0:04:19	0:03:56	0:04:37	0:04:34

ANEXO A.6 Ponderación de utilización de cajas según el modelo empleado

Anexo A.6

UTILIZACION DE CAJAS MODELO 1, ACTUAL (6 CAJAS DISPONIBLES PARA ATENCION PUBLICO)										
NUMERO DE ATENCIONES POR SEGMENTO ANUAL			PONDERACION DE UTILIZACION DE CAJAS POR SEGMENTO							
SEGMENTO	NRO. ATENCIONES	%	A	B	C	D	E	F	G	
A	576	49,4%	8,2%	4,8%	7,2%					
B	335	28,7%	8,2%	4,8%		4,2%				
C	84	7,2%	8,2%	4,8%			1,8%			
D	49	4,2%	8,2%	4,8%				3,1%		
E	21	1,8%	8,2%	4,8%					5,6%	
F	36	3,1%	8,2%	4,8%						
G	65	5,6%								
	1166	100%								
			DEMO	49%	29%	7%	4%	2%	3%	6%

UTILIZACION DE CAJAS MODELO 2, (5 CAJAS DISPONIBLES PARA ATENCION PUBLICO)										
NUMERO DE ATENCIONES POR SEGMENTO ANUAL			PONDERACION DE UTILIZACION DE CAJAS POR SEGMENTO							
SEGMENTO	NRO. ATENCIONES	%	A	B	C	D	E	F	G	
A	576	49%	9,9%	5,7%	7,2%					
B	335	29%	9,9%	5,7%		4,2%				
C	84	7%	9,9%	5,7%			1,8%			
D	49	4%	9,9%	5,7%				3,1%		
E	21	2%	9,9%	5,7%					5,6%	
F	36	3%								
G	65	6%								
	1166	100%								
			DEMO	49%	29%	7%	4%	2%	3%	6%

UTILIZACION DE CAJAS MODELO 3, (7 CAJAS DISPONIBLES PARA ATENCION PUBLICO)										
NUMERO DE ATENCIONES POR SEGMENTO ANUAL			PONDERACION DE UTILIZACION DE CAJAS POR SEGMENTO							
SEGMENTO	NRO. ATENCIONES	%	A	B	C	D	E	F	G	
A	576	49%	7,1%	4,1%	7,2%					
B	335	29%	7,1%	4,1%		4,2%				
C	84	7%	7,1%	4,1%			1,8%			
D	49	4%	7,1%	4,1%				3,1%		
E	21	2%	7,1%	4,1%					5,6%	
F	36	3%	7,1%	4,1%						
G	65	6%	7,1%	4,1%						
	1166	100%								
			DEMO	49%	29%	7%	4%	2%	3%	6%

ANEXO A.7 Tiempo promedio de atención en todo el sistema modelo 1

Anexo A.7

TIEMPO PROMEDIO DE ATENCION EN SISTEMA DE CADA SEGMENTO (HORAS) PROMEDIO PONDERADO															
		oct-17	nov-17	dic-17	ene-18	feb-18	mar-18	abr-18	may-18	jun-18	jul-18	ago-18	sept-18	oct-18	PROMEDIO
SEGMENTO	OBJETO	VALOR	VALOR	VALOR	VALOR	VALOR	VALOR	VALOR	VALOR	VALOR	VALOR	VALOR	VALOR	VALOR	PONDERADO
CAJA	A1	8,11	4,70	11,44	23,89	19,21	29,92	19,52	19,61	24,29	32,84	24,95	27,97	26,63	0,6
CAJA	A2	6,01	12,30	37,80	11,96	19,16	22,95	39,09	24,60	49,73	25,27	19,95	30,08	27,63	0,7
CAJA	A3	3,93	5,98	31,99	24,10	29,99	10,85	49,53	33,63	12,01	26,54	10,72	12,91	30,12	0,6
CAJA	A4	8,43	3,67	18,96	10,62	22,71	8,59	46,77	22,33	28,01	43,21	14,71	23,58	12,66	0,6
CAJA	A5	7,68	7,74	16,55	22,71	37,78	29,39	38,78	18,97	23,76	31,35	43,17	30,16	26,78	0,8
CAJA PREFERENTE	B1	3,15	2,25	5,26	10,55	11,36	15,49	12,99	16,35	14,32	15,39	15,67	6,56	12,74	0,7
CAJA PREFERENTE	B2	1,88	7,49	22,05	5,41	10,19	16,73	13,32	12,81	19,08	13,04	9,75	21,42	14,54	0,7
CAJA PREFERENTE	B3	1,84	3,27	18,35	9,46	18,55	5,07	18,70	15,98	4,81	7,84	4,69	7,39	10,61	0,6
CAJA PREFERENTE	B4	4,64	3,07	12,70	5,77	13,37	3,43	22,79	14,68	20,09	13,07	7,15	18,22	8,04	0,6
CAJA PREFERENTE	B5	2,85	3,10	7,31	14,36	14,66	11,11	21,16	6,08	16,06	17,30	18,04	9,49	9,49	0,9
CAJA PREFERENCIAL B. PERSONAS	C	5,32	3,04	5,45	12,10	13,41	18,30	15,74	11,30	11,84	16,66	19,59	24,24	10,53	0,6
CAJA PREFERENCIAL B. MICROEMPRESAS	D	2,13	5,60	10,77	6,08	4,47	8,13	7,49	7,56	4,28	17,44	13,27	7,96	15,10	0,8
CAJA PREFERENCIAL B. PEQ. EMPRESA	E	1,05	0,42	3,15	3,46	3,33	3,54	7,03	3,79	3,84	4,78	3,04	4,76	3,67	0,5
CAJA PREFERENCIAL MAYORISTA	F	0,98	0,73	5,29	3,91	7,25	2,40	14,83	9,14	6,49	16,28	4,35	9,85	3,83	0,7
CAJA PREFERENCIAL TERCERA EDAD	G	3,19	6,27	12,43	17,17	12,45	22,20	19,32	14,37	16,37	21,93	21,71	17,26	17,02	0,9
PROMEDIO EN HORAS															0,7
PROMEDIO SIMULACION (MINUTOS)															41,2

ANEXO A.8 Tiempo promedio de atención en todo el sistema modelo 2

Anexo A.8

TIEMPO PROMEDIO DE ATENCION EN SISTEMA DE CADA SEGMENTO (HORAS) PROMEDIO PONDERADO															
		oct-17	nov-17	dic-17	ene-18	feb-18	mar-18	abr-18	may-18	jun-18	jul-18	ago-18	sept-18	oct-18	PROMEDIO
SEGMENTO	OBJETO	VALOR	VALOR	VALOR	VALOR	VALOR	VALOR	VALOR	VALOR	VALOR	VALOR	VALOR	VALOR	VALOR	PONDERADO
CAJA	A1	12,79	3,08	26,43	13,14	25,03	35,06	27,03	32,38	23,16	30,28	24,33	36,76	8,41	0,7
CAJA	A2	1,81	4,60	25,49	9,21	13,37	14,97	29,12	28,87	12,04	12,03	24,12	25,20	37,09	0,7
CAJA	A3	7,32	2,65	10,12	3,02	11,08	7,28	25,49	8,70	28,37	6,71	3,93	16,66	10,11	0,3
CAJA	A4	3,62	3,07	18,49	14,27	19,46	13,82	11,24	27,68	25,95	9,80	4,82	30,71	7,43	0,5
CAJA	A5	4,22	2,95	28,54	11,22	22,11	21,28	19,30	13,35	7,55	4,86	12,67	18,38	21,87	0,6
CAJA	A6	2,90	2,90	17,37	5,51	9,97	22,31	29,27	5,61	33,98	10,34	10,45	8,31	9,94	0,4
CAJA PREFERENTE	B1	7,84	0,91	14,60	5,43	9,75	8,38	28,86	11,92	8,66	13,14	13,10	16,84	3,50	0,8
CAJA PREFERENTE	B2	2,75	4,44	8,80	9,52	13,60	7,73	18,38	15,52	10,79	12,50	18,68	16,41	27,66	0,7
CAJA PREFERENTE	B3	2,15	0,88	7,82	2,83	5,59	5,83	12,17	5,22	8,84	4,05	1,39	4,54	5,35	0,3
CAJA PREFERENTE	B4	2,17	1,69	7,78	21,31	9,59	6,90	6,25	6,23	17,88	9,62	3,15	11,07	5,39	0,5
CAJA PREFERENTE	B5	2,55	1,23	22,14	1,76	8,14	15,23	8,60	4,76	5,21	1,54	5,76	17,71	7,75	0,6
CAJA PREFERENTE	B6	1,33	1,31	12,35	3,71	4,70	11,62	13,33	1,60	13,42	4,24	3,85	5,59	5,06	0,4
CAJA PREFERENCIAL B. PERSONAS	C	10,32	0,99	20,88	13,32	19,56	20,18	17,90	22,50	12,23	13,15	15,77	18,16	5,55	0,7
CAJA PREFERENCIAL B. MICROEMPRESAS	D	1,56	2,06	10,20	3,81	7,21	11,74	16,63	15,62	9,34	6,79	12,05	13,37	13,31	0,8
CAJA PREFERENCIAL B. PEQ. EMPRESA	E	2,27	0,77	2,34	1,31	1,22	2,13	3,81	2,53	2,59	1,49	1,38	4,48	1,40	0,3
CAJA PREFERENCIAL MAYORISTA	F	0,54	0,59	6,17	7,25	5,12	3,28	2,76	4,74	11,73	2,94	1,80	6,75	1,67	0,5
CAJA PREFERENCIAL TERCERA EDAD	G	5,27	1,83	28,22	8,53	15,19	18,87	17,40	11,07	8,46	4,42	9,63	20,17	11,52	0,6
PROMEDIO EN HORAS															0,5
PROMEDIO SIMULACION (MINUTOS)															32,4

ANEXO A.9 Tiempo promedio de atención en todo el sistema modelo 3

Anexo A.9

TIEMPO PROMEDIO DE ATENCION EN SISTEMA DE CADA SEGMENTO (HORAS) PROMEDIO PONDERADO															
		oct-17	nov-17	dic-17	ene-18	feb-18	mar-18	abr-18	may-18	jun-18	jul-18	ago-18	sept-18	oct-18	PROMEDIO
SEGMENTO	OBJETO	VALOR	VALOR	VALOR	VALOR	VALOR	VALOR	VALOR	VALOR	VALOR	VALOR	VALOR	VALOR	VALOR	PONDERADO
CAJA	A1	2,71	6,30	15,10	19,64	19,72	16,05	36,55	15,95	12,03	10,39	17,14	19,58	15,18	0,5
CAJA	A2	2,42	2,25	18,28	6,13	4,00	31,57	11,54	6,71	12,11	7,71	8,73	15,47	4,12	0,4
CAJA	A3	2,23	3,18	12,30	5,81	6,72	27,43	19,54	6,77	25,29	12,19	11,52	9,04	5,33	0,4
CAJA	A4	3,23	3,36	12,66	5,05	14,15	18,23	13,14	12,25	15,91	7,42	6,31	7,68	2,47	0,3
CAJA	A5	2,60	2,11	19,48	5,97	19,86	18,36	16,35	17,23	10,06	19,52	19,94	15,49	20,54	0,6
CAJA	A6	2,34	4,39	5,71	5,24	4,56	3,37	14,90	17,82	28,58	3,34	5,24	6,47	13,75	0,3
CAJA	A7	2,35	3,96	3,56	4,29	6,12	9,89	12,32	7,00	5,52	2,54	3,94	7,14	3,68	0,2
CAJA PREFERENTE	B1	0,62	2,29	6,45	4,31	4,79	6,76	8,05	5,94	8,02	5,14	8,05	9,92	7,08	0,5
CAJA PREFERENTE	B2	2,01	1,92	8,39	4,81	4,16	16,73	12,31	5,84	6,77	1,87	2,42	5,28	3,34	0,4
CAJA PREFERENTE	B3	1,19	1,08	5,54	3,46	3,16	9,59	6,22	5,73	15,27	6,28	5,19	4,90	2,85	0,3
CAJA PREFERENTE	B4	1,12	1,71	3,90	1,83	6,00	13,07	5,82	6,45	5,79	2,95	2,41	3,77	2,71	0,3
CAJA PREFERENTE	B5	1,12	0,78	16,43	3,66	8,67	7,73	13,15	13,33	3,60	9,62	8,84	9,12	11,58	0,6
CAJA PREFERENTE	B6	0,73	0,96	2,43	1,74	2,77	2,30	9,88	4,10	12,15	1,76	2,05	1,73	5,51	0,3
CAJA PREFERENTE	B7	1,11	1,97	1,33	1,43	4,50	6,08	6,14	2,66	2,47	1,91	2,81	3,85	2,52	0,2
CAJA PREFERENCIAL B. PERSONAS	C	1,61	5,45	11,39	15,27	10,43	15,69	29,38	14,40	14,63	6,86	11,04	22,96	13,38	0,6
CAJA PREFERENCIAL B. MICROEMPRESAS	D	1,99	2,09	9,14	5,00	4,93	16,62	14,93	3,52	8,51	2,03	5,26	4,76	1,89	0,4
CAJA PREFERENCIAL B. PEQ. EMPRESA	E	0,97	1,23	3,14	1,40	3,14	5,35	6,10	0,59	5,38	3,06	3,80	1,68	1,83	0,3
CAJA PREFERENCIAL MAYORISTA	F	1,05	2,45	7,77	2,25	3,41	4,66	5,71	4,46	6,40	3,60	1,08	3,30	0,91	0,3
CAJA PREFERENCIAL TERCERA EDAD	G	1,23	2,50	19,66	7,82	16,86	17,25	16,69	11,68	9,79	20,45	24,08	15,28	25,67	0,7
PROMEDIO EN HORAS															0,4
PROMEDIO EN MINUTOS															24,1

ANEXO A.10 Porcentaje de utilización de cajas modelo 1

Anexo A.10

PORCENTAJE DE UTILIZACION DE CADA CAJA														
	oct-17	nov-17	dic-17	ene-18	feb-18	mar-18	abr-18	may-18	jun-18	jul-18	ago-18	sept-18	oct-18	
OBJETO	VALOR	VALOR	VALOR	VALOR	VALOR	VALOR	VALOR	VALOR	VALOR	VALOR	VALOR	VALOR	VALOR	PROMEDIO
CAJA 1	77,04	52,69	99,54	94,94	99,52	99,59	99,60	99,59	99,59	99,57	93,60	99,62	91,57	92,8
CAJA 2	60,51	68,06	96,13	94,25	97,47	95,31	98,40	97,86	85,90	96,92	97,96	98,47	97,69	91,1
CAJA 3	70,85	46,71	93,13	63,87	87,36	88,62	97,11	87,87	95,23	74,54	62,41	96,09	95,53	81,5
CAJA 4	49,86	61,08	92,93	93,68	95,60	92,60	84,71	92,62	99,03	77,45	78,01	92,20	73,59	83,3
CAJA 5	80,56	59,96	98,63	95,10	98,19	97,60	97,51	99,05	95,95	80,87	94,11	97,49	97,99	91,8
CAJA 6	41,84	45,73	89,21	70,34	72,93	96,35	89,37	66,29	89,47	83,91	83,05	89,64	82,52	77,0
													TOTAL	86,3

ANEXO A.11 Porcentaje de utilización de cajas modelo 2

Anexo A.11

PORCENTAJE DE UTILIZACION DE CADA CAJA														
	oct-17	nov-17	dic-17	ene-18	feb-18	mar-18	abr-18	may-18	jun-18	jul-18	ago-18	sept-18	oct-18	
OBJETO	VALOR	VALOR	VALOR	VALOR	VALOR	VALOR	VALOR	VALOR	VALOR	VALOR	VALOR	VALOR	VALOR	PROMEDIO
CAJA1	85,08	80,58	90,27	99,53	95,33	99,59	99,61	92,27	91,94	96,94	99,60	94,40	98,85	94,2
CAJA2	72,42	87,00	98,59	93,84	98,54	92,69	98,16	98,76	98,78	98,72	97,86	97,14	98,66	94,7
CAJA3	63,15	63,72	96,10	95,37	95,96	91,44	96,45	96,44	84,11	96,08	88,79	85,94	97,10	88,5
CAJA4	71,75	59,72	99,44	90,24	99,42	94,32	99,53	99,50	99,51	99,49	96,12	93,41	91,21	91,8
CAJA5	86,82	90,75	96,66	96,89	96,52	99,10	99,17	97,06	92,87	96,94	94,84	99,20	97,58	95,7
													TOTAL	93,0

ANEXO A.12 Porcentaje de utilización de cajas modelo 3

Anexo A.12

PORCENTAJE DE UTILIZACION DE CADA CAJA														
	oct-17	nov-17	dic-17	ene-18	feb-18	mar-18	abr-18	may-18	jun-18	jul-18	ago-18	sept-18	oct-18	
OBJETO	VALOR	VALOR	VALOR	VALOR	VALOR	VALOR	VALOR	VALOR	VALOR	VALOR	VALOR	VALOR	VALOR	PROMEDIO
CAJA1	47,265	76,928	90,826	83,939	93,597	91,462	93,97	94,085	92,939	93,301	94,56	94,881	90,052	87,5
CAJA2	62,929	62,461	90,177	87,84	90,87	97,708	97,82	91,713	95,918	79,693	89,38	92,341	76,049	85,8
CAJA3	55,155	54,672	97,06	68,098	81,925	96,261	98,04	78,237	94,406	93,131	86,19	84,793	70,665	81,4
CAJA4	57,58	62,756	91,866	81,829	93,556	97,937	91,53	90,283	98,045	85,721	71,6	85,727	63,228	82,4
CAJA5	56,035	55,162	97,829	84,83	92,75	98,486	96,47	93,643	85,911	98,646	98,35	96,432	98,583	88,7
CAJA6	42,284	49,307	79,507	58,477	72,262	60,387	95,13	73,964	98,222	51,492	70,07	71,645	82,913	69,7
CAJA7	45,491	51,063	58,533	50,315	72,482	82,078	81,52	70,177	66,485	55,281	56,17	75,984	59,472	63,5
													TOTAL	79,9

ANEXO A.13 Tiempo espera máximo por caja modelo 1

Anexo A.13

TIEMPO ESPERA MAXIMO POR CAJA														
	oct-17	nov-17	dic-17	ene-18	feb-18	mar-18	abr-18	may-18	jun-18	jul-18	ago-18	sept-18	oct-18	
OBJETO	VALOR	VALOR	VALOR	VALOR	VALOR	VALOR	VALOR	VALOR	VALOR	VALOR	VALOR	VALOR	VALOR	PROMEDIO
CAJA 1	1,12	0,21	1,84	0,79	1,62	1,48	2,43	1,42	1,53	1,46	1,30	2,03	0,79	1,4
CAJA 2	0,38	0,50	1,25	0,71	1,10	1,46	1,38	1,54	1,04	0,82	1,32	1,70	1,99	1,2
CAJA 3	0,73	0,24	0,67	0,24	0,83	0,49	1,59	0,88	0,99	0,47	0,26	0,74	0,48	0,7
CAJA 4	0,54	0,19	1,05	1,60	1,45	0,93	1,14	1,29	1,75	1,28	0,31	1,31	0,60	1,0
CAJA 5	0,43	0,31	2,38	0,83	0,97	1,75	1,27	0,99	0,85	0,26	1,07	1,79	1,18	1,1
CAJA 6	0,28	0,15	1,11	0,44	0,84	1,03	1,35	0,29	1,98	0,46	0,44	0,41	0,49	0,7
PROMEDIO SIMULACION (HORAS)														1,0
PROMEDIO SIMULACION (MINUTOS)														60,4

ANEXO A.14 Tiempo espera máximo por caja modelo 2

Anexo A.14

TIEMPO ESPERA MAXIMO POR CAJA														
	oct-17	nov-17	dic-17	ene-18	feb-18	mar-18	abr-18	may-18	jun-18	jul-18	ago-18	sept-18	oct-18	
OBJETO	VALOR	VALOR	VALOR	VALOR	VALOR	VALOR	VALOR	VALOR	VALOR	VALOR	VALOR	VALOR	VALOR	PROMEDIO
CAJA1	0,51	0,28	0,63	0,90	1,12	2,01	1,67	1,65	1,35	1,75	1,62	2,34	1,44	1,3
CAJA2	0,36	0,84	2,57	0,61	1,05	1,92	2,36	1,09	1,98	1,22	1,36	1,75	1,52	1,4
CAJA3	0,37	0,29	1,73	0,76	1,91	0,71	1,70	1,41	0,83	1,27	0,43	0,65	1,14	1,0
CAJA4	0,56	0,26	0,91	0,89	0,98	0,46	2,60	1,47	1,45	1,82	0,61	1,86	0,77	1,1
CAJA5	0,46	0,70	1,29	1,23	2,53	2,13	2,05	1,27	2,01	1,78	1,79	1,81	1,11	1,6
PROMEDIO SIMULACION (HORAS)														1,3
PROMEDIO SIMULACION (MINUTOS)														77,5

ANEXO A.15 Tiempo espera máximo por caja modelo 3

Anexo A.15

TIEMPO ESPERA MAXIMO POR CAJA														
	oct-17	nov-17	dic-17	ene-18	feb-18	mar-18	abr-18	may-18	jun-18	jul-18	ago-18	sept-18	oct-18	
OBJETO	VALOR	VALOR	VALOR	VALOR	VALOR	VALOR	VALOR	VALOR	VALOR	VALOR	VALOR	VALOR	VALOR	PROMEDIO
CAJA1	0,20	0,47	1,46	1,25	1,12	1,35	1,64	1,11	0,97	0,88	0,82	1,57	1,00	1,1
CAJA2	0,36	0,25	1,32	0,51	0,61	1,39	1,32	0,51	0,73	0,65	0,42	0,72	0,47	0,7
CAJA3	0,24	0,27	0,70	0,49	0,45	1,34	1,18	0,67	1,00	0,65	0,92	0,58	0,39	0,7
CAJA4	0,42	0,33	0,83	0,42	0,62	1,53	0,70	0,78	0,83	0,38	0,43	0,34	0,37	0,6
CAJA5	0,18	0,18	2,22	0,50	1,68	1,17	1,62	1,63	0,85	1,40	1,13	1,49	1,67	1,2
CAJA6	0,16	0,26	0,38	0,38	0,54	0,30	1,21	0,96	1,28	0,23	0,34	0,47	0,86	0,6
CAJA7	0,21	0,65	0,33	0,50	0,50	0,71	0,69	0,47	0,32	0,18	0,30	0,47	0,26	0,4
PROMEDIO SIMULACION (HORAS)														0,8
PROMEDIO SIMULACION (MINUTOS)														45,2

ANEXO A.16 Tiempo espera promedio por caja modelo 1

Anexo A.16

TIEMPO ESPERA PROMEDIO POR CAJA														
	oct-17	nov-17	dic-17	ene-18	feb-18	mar-18	abr-18	may-18	jun-18	jul-18	ago-18	sept-18	oct-18	
OBJETO	VALOR	VALOR	VALOR	VALOR	VALOR	VALOR	VALOR	VALOR	VALOR	VALOR	VALOR	VALOR	VALOR	PROMEDIO
CAJA 1	0,46	0,03	1,13	0,35	0,93	0,89	1,29	0,88	0,62	0,82	0,61	1,02	0,18	0,7
CAJA 2	0,06	0,13	0,72	0,29	0,59	0,55	0,94	0,97	0,39	0,38	0,67	0,93	1,31	0,6
CAJA 3	0,16	0,04	0,28	0,06	0,29	0,16	0,76	0,20	0,60	0,13	0,04	0,28	0,21	0,2
CAJA 4	0,08	0,03	0,51	0,82	0,59	0,32	0,31	0,50	0,90	0,42	0,07	0,68	0,19	0,4
CAJA 5	0,12	0,04	1,48	0,28	0,66	0,88	0,64	0,40	0,30	0,09	0,33	0,79	0,62	0,5
CAJA 6	0,04	0,03	0,52	0,12	0,24	0,51	0,80	0,07	1,06	0,15	0,14	0,13	0,16	0,3
PROMEDIO SIMULACION (HORAS)														0,5
PROMEDIO SIMULACION (MINUTOS)														28,0

ANEXO A.17 Tiempo espera promedio por caja modelo 2

Anexo A.17

TIEMPO ESPERA PROMEDIO POR CAJA (HORAS)														
	oct-17	nov-17	dic-17	ene-18	feb-18	mar-18	abr-18	may-18	jun-18	jul-18	ago-18	sept-18	oct-18	
OBJETO	VALOR	VALOR	VALOR	VALOR	VALOR	VALOR	VALOR	VALOR	VALOR	VALOR	VALOR	VALOR	VALOR	PROMEDIO
CAJA1	0,18	0,07	0,23	0,50	0,59	0,88	0,71	0,59	0,61	0,97	0,76	1,00	0,58	0,6
CAJA2	0,09	0,30	1,58	0,23	0,56	0,84	1,14	0,54	1,18	0,65	0,55	0,98	0,83	0,7
CAJA3	0,08	0,09	1,00	0,44	1,05	0,21	1,19	0,80	0,23	0,58	0,17	0,29	0,72	0,5
CAJA4	0,17	0,07	0,51	0,24	0,53	0,16	1,60	0,59	0,86	1,06	0,25	0,82	0,32	0,6
CAJA5	0,13	0,18	0,52	0,77	1,15	1,06	1,31	0,53	0,93	1,03	1,04	0,68	0,64	0,8
PROMEDIO SIMULACION (HORAS)														0,6
PROMEDIO SIMULACION (MINUTOS)														38,0

ANEXO A.18 Tiempo espera promedio por caja modelo 3

Anexo A.18

TIEMPO ESPERA PROMEDIO POR CAJA														
	oct-17	nov-17	dic-17	ene-18	feb-18	mar-18	abr-18	may-18	jun-18	jul-18	ago-18	sept-18	oct-18	
OBJETO	VALOR	VALOR	VALOR	VALOR	VALOR	VALOR	VALOR	VALOR	VALOR	VALOR	VALOR	VALOR	VALOR	PROMEDIO
CAJA1	0,04	0,17	0,57	0,66	0,50	0,53	0,93	0,47	0,38	0,24	0,37	0,71	0,44	0,5
CAJA2	0,06	0,06	0,61	0,18	0,16	0,93	0,73	0,17	0,38	0,16	0,16	0,29	0,10	0,3
CAJA3	0,03	0,05	0,31	0,12	0,18	0,74	0,51	0,14	0,59	0,26	0,24	0,17	0,11	0,3
CAJA4	0,06	0,08	0,37	0,10	0,33	0,69	0,37	0,34	0,35	0,14	0,09	0,17	0,07	0,2
CAJA5	0,04	0,03	1,14	0,22	0,89	0,63	0,72	0,61	0,31	0,71	0,62	0,55	0,97	0,6
CAJA6	0,02	0,06	0,08	0,08	0,10	0,04	0,45	0,42	0,73	0,04	0,06	0,09	0,32	0,2
CAJA7	0,02	0,08	0,05	0,07	0,17	0,21	0,26	0,12	0,10	0,03	0,06	0,13	0,06	0,1
PROMEDIO SIMULACION (HORAS)														0,3
PROMEDIO SIMULACION (MINUTOS)														18,4

ANEXO A.19 Número máximo de personas en fila por caja para modelo 1

Anexo A.19

NUMERO MAXIMO DE PERSONAS EN FILA POR CAJA														
	oct-17	nov-17	dic-17	ene-18	feb-18	mar-18	abr-18	may-18	jun-18	jul-18	ago-18	sept-18	oct-18	
OBJETO	VALOR	VALOR	VALOR	VALOR	VALOR	VALOR	VALOR	VALOR	VALOR	VALOR	VALOR	VALOR	VALOR	PROMEDIO
CAJA 1	17	3	30	13	31	34	46	30	33	32	27	44	18	27,5
CAJA 2	3	8	21	9	16	27	25	25	25	10	21	31	32	19,5
CAJA 3	6	3	11	5	9	6	29	9	12	8	6	10	9	9,5
CAJA 4	6	2	15	19	18	13	18	30	30	13	5	23	9	15,5
CAJA 5	6	5	39	10	16	37	23	17	25	7	17	46	16	20,3
CAJA 6	4	4	15	6	11	15	17	5	34	6	8	6	7	10,6
PROMEDIO PERSONAS EN FILA														17

ANEXO A.20 Número máximo de personas en fila por caja para modelo 2

Anexo A.20

NUMERO MAXIMO DE PERSONAS EN FILA POR CAJA														
	oct-17	nov-17	dic-17	ene-18	feb-18	mar-18	abr-18	may-18	jun-18	jul-18	ago-18	sept-18	oct-18	
OBJETO	VALOR	VALOR	VALOR	VALOR	VALOR	VALOR	VALOR	VALOR	VALOR	VALOR	VALOR	VALOR	VALOR	PROMEDIO
CAJA1	9	5	15	24	36	48	48	41	41	38	50	59	32	34,3
CAJA2	6	12	44	10	18	49	46	18	39	24	34	39	24	27,9
CAJA3	4	8	28	15	29	13	29	29	14	22	9	11	18	17,6
CAJA4	8	6	11	11	16	8	58	21	27	33	15	40	10	20,3
CAJA5	7	6	22	22	40	43	49	31	50	41	38	45	22	32,0
PROMEDIO PERSONAS EN FILA														26

ANEXO A.21 Número máximo de personas en fila por caja para modelo 3

Anexo A.21

NUMERO MAXIMO DE PERSONAS EN FILA POR CAJA														
	oct-17	nov-17	dic-17	ene-18	feb-18	mar-18	abr-18	may-18	jun-18	jul-18	ago-18	sept-18	oct-18	
OBJETO	VALOR	VALOR	VALOR	VALOR	VALOR	VALOR	VALOR	VALOR	VALOR	VALOR	VALOR	VALOR	VALOR	PROMEDIO
CAJA1	4	7	39	21	19	28	34	20	19	15	16	27	15	20,3
CAJA2	5	3	15	7	7	23	18	8	13	9	9	12	7	10,5
CAJA3	2	4	8	7	6	18	14	7	19	8	16	9	7	9,6
CAJA4	3	5	11	11	10	22	12	11	12	7	6	8	5	9,5
CAJA5	3	3	32	9	32	22	29	36	20	24	22	34	33	23,0
CAJA6	2	4	4	4	3	4	18	15	18	4	4	7	14	7,8
CAJA7	2	4	5	4	7	9	11	6	6	4	6	7	4	5,8
PROMEDIO PERSONAS EN FILA														12

ANEXO A.22 Uso de “ticket virtual”, encuestas online a 91 personas.

Anexo A.22

USO DE TICKET VIRTUAL DESCOMPOSICION POR EDAD					
OPCION\RANGO ETARIO	18-30	31-45	46-60	mayor a 60	participacion
muy de acuerdo	24%	56%	18%	2%	49,5%
de acuerdo	22%	44%	21%	13%	35,2%
en desacuerdo	10%	40%	20%	30%	11%
muy en desacuerdo	0%	0%	50%	50%	2,2%
le es indiferente	0%	50%	50%	0%	2,2%
					100%