

PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL PERÚ
FACULTAD DE CIENCIAS E INGENIERÍA



PONTIFICIA
UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DEL PERÚ

**MEJORA DEL NIVEL DE SERVICIO EN LA ATENCIÓN
PRESENCIAL EN UNA EMPRESA DE TELECOMUNICACIONES
EMPLEANDO SIMULACIÓN DE EVENTOS DISCRETOS**

Tesis para optar el Título de **Ingeniero Industrial**, que presentan los bachilleres:

César Atilio Sevilla Villegas
Daniel Enrique Poma Luna

ASESOR: Ing. Eduardo Carbajal López

Lima, abril de 2016

RESUMEN

El Perú ha liberalizado el mercado de las telecomunicaciones, promoviendo una dinámica competencia en él y el uso de las más modernas tecnologías de la información. Este desarrollo de mercado está respaldado por un organismo regulador independiente, OSIPTEL, que da protección a los usuarios, pues desde el 2007 al 2012 la cantidad de líneas móviles en servicio en el Perú creció en 118.53% pasando de 15 417 368 a 33 691 373 líneas¹.

Un área clave en una empresa de telecomunicaciones es la Atención Presencial, que es donde se realizan las distintas transacciones y/o reclamos que el cliente viene a efectuar. La empresa tiene el 60% de participación en el mercado de líneas móviles por lo que cuenta con un tráfico importante dentro de sus tiendas y para mejorar la calidad de atención maneja algunos indicadores como el tiempo de espera, que es de 7 minutos aproximadamente, nivel de servicio 84.44%, tasa de abandono 2% y satisfacción 76.7% al cierre de diciembre del 2012.

Al cierre del año 2012¹ se contaba con 20 millones de clientes aproximadamente. Debido a su alta participación en el mercado su promedio diario de visitas asciende a 20000 a nivel nacional, que vienen a realizar distintas transacciones como reclamos, cambios de equipo, solicitudes de bajas, cambios de titularidad, entre otros; esto, sumado a las metas de cross-selling que toma un tiempo para ofrecer el producto al cliente y mostrar sus beneficios, ha generado que los tiempos de espera en la tienda hayan aumentado, incluso en algunos casos se ha visto colas fuera del local. Los locales de atención más afectados son los multicentros donde no solo se atienden a clientes móviles sino de telefonía fija, internet y cable, sus tiempos de espera es 12 minutos aproximadamente, que es superior en comparación a lo que es específicamente solo atención por servicios de móviles.

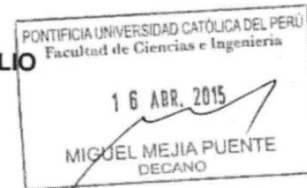
Dado que se aprecia una oportunidad para dar una mejor calidad de servicio a todos los clientes, se ha considerado que una herramienta de simulación podría ser de utilidad para recrear diferentes escenarios en los que se pueda dar la mejor solución al caso expuesto.

¹ Fuente: OSIPTEL, Indicadores de servicio móvil.


 PONTIFICIA
**UNIVERSIDAD
 CATÓLICA**
 DEL PERÚ

TEMA DE TESIS

PARA OPTAR : Título de Ingeniero Industrial
 ALUMNOS : **SEVILLA VILLEGAS, CÉSAR ATILIO**
POMA LUNA, DANIEL ENRIQUE
 CÓDIGO : 2007.0507.5.12
 2007.0521.3.12
 PROPUESTO POR : Ing. Eduardo Carbajal López
 ASESOR : Ing. Eduardo Carbajal López
 TEMA : MEJORA DEL NIVEL DE SERVICIO EN LA ATENCIÓN
 PRESENCIAL EN UNA EMPRESA DE
 TELECOMUNICACIONES EMPLEANDO SIMULACIÓN DE
 EVENTOS DISCRETOS.
 N° TEMA : 1215
 FECHA : San Miguel, 14 de abril de 2015



JUSTIFICACIÓN:

La llegada de los servicios celulares se dio en la década de los 90 con Telefónica del Perú, desde ese entonces el mercado de telecomunicaciones ha crecido de forma exponencial, también con el ingreso de otros operadores al mercado como América Móvil y Nextel.

Durante el periodo 2014, Telefónica Móviles S.A. representa el 54.4% en promedio de la participación total. Hacia el año 2007 Telefónica Móviles S.A. registró 9.4 millones de líneas, lo que representó el 61.2% del total de telefonía móvil, mientras que el año 2014 registró 17.3 millones. Por su parte, América Móvil S.A.C. se mantuvo en el periodo 2014 a una tasa de 39.2% en promedio de participación total, pasando de 5.5 millones de líneas el 2007 a 12.5 millones el año 2014. En general se puede apreciar que la participación de los dos operadores permaneció con una distribución constante pese a que el total de las líneas móviles creció considerablemente en los últimos siete años.

La situación de Telefónica Móviles ha buscado unir sus tres productos principales bajo un mismo nombre, Cable Mágico, Telefónica Móviles y Telefónica del Perú ahora están bajo el nombre de Movistar, eso ha tenido muchas implicancias para el control de las tiendas, pues antes en las tiendas de Telefónica Móviles se enfocaba en la atención de clientes de telefonía celular pero con la convergencia de los productos la afluencia de público se ha incrementado en tiendas emblemáticas como Camino Real y San Borja, esto genera mayor tiempo de espera en los usuarios.

Av. Universitaria N° 1801, San Miguel
 T: (511) 626 2000

www.pucp.edu.pe


 PONTIFICIA
 UNIVERSIDAD
 CATÓLICA
 DEL PERÚ

- 2 -

Dado que Telefónica Móviles S.A no busca perder participación del mercado actual, se encuentra presionada para brindar una mejor calidad de servicio, por lo que además de preocuparse por el servicio de venta y post venta, quiere mejorar el servicio de atención presencial en todos sus locales de atención. Actualmente se ha propuesto una meta del 85% en 15 minutos, esto quiere decir que del total de clientes que llegan a una tienda por cualquier tipo de atención, el 85% de ellos no debe esperar más de 15 minutos en ser atendidos; sin embargo, solo se alcanza esto en algunos locales a nivel nacional.

OBJETIVO GENERAL:

Aplicar un modelo de simulación que permita mejorar el proceso de atención presencial por medio de la disminución de los tiempos de espera.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS:

- Establecer los conceptos y herramientas que se usarán en el análisis y mejora del sistema actual.
- Mostrar el marco general de la problemática y el diagnóstico de la misma.
- Presentar una lista de los datos relevantes para la ejecución eficiente del modelo.
- Se indicarán los supuestos y los componentes necesarios para el desarrollo de un modelo de simulación del cual se obtenga información relevante.
- Uso de herramientas estadísticas adecuadas para validar los resultados de la herramienta de simulación.
- Plantear propuestas de mejora orientadas a cumplir con el objetivo general de esta investigación.
- Realizar un estudio costo – beneficio de las propuestas de mejora.

PUNTOS A TRATAR:

a. Marco teórico. (SVCA - PLDE)

Se desarrollará el concepto de simulación de eventos discretos. Además, se presentarán otras herramientas necesarias para el diagnóstico y propuesta de mejora del caso. Finalmente, se describirá al software que se usará para desarrollar el modelo propuesto.

b. Descripción y diagnóstico del caso. (SVCA - PLDE)

Se realizará una descripción actual de la empresa en el Perú y de la oportunidad de mejora que es susceptible a ser resuelta mediante herramientas de simulación.

c. Análisis de datos. (SVCA - PLDE)

Se presentarán los datos de entrada como tiempos de arribo entre clientes, cantidad de recursos disponibles y flujo de clientes; datos que se ajustarán a una distribución estadística para su uso en el modelo de simulación.



Av. Universitaria N° 1801, San Miguel
 T: (511) 626 2000

www.pucp.edu.pe

PONTIFICIA
UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DEL PERÚ

- 3 -

d. Desarrollo del modelo. (SVCA - PLDE)

Se presentarán los supuestos asumidos para el desarrollo del modelo de simulación.

e. Análisis y validación del modelo. (SVCA - PLDE)

Se compararán los resultados obtenidos en el modelo con la situación actual, dicha comparación determinará si el modelo se ajusta a la realidad y se podrán dar propuestas de mejora basados en ello.

f. Propuesta de mejora. (SVCA - PLDE)

En base al análisis de resultados, se hará una propuesta de la solución óptima y factible teniendo en cuenta las restricciones y supuestos del modelo.

g. Evaluación económica. (SVCA - PLDE)

En este acápite se hará una evaluación económica de la propuesta de mejora sugerida.

h. Conclusiones y recomendaciones.

Máximo: 100 páginas



ASESOR

(SVCA) SEVILLA VILLEGAS, CÉSAR ATILIO
(PLDE) POMA LUNA, DANIEL ENRIQUE



Av. Universitaria N° 1801, San Miguel

T: (511) 626 2000

www.pucp.edu.pe

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE TABLAS	iii
ÍNDICE DE GRÁFICOS	v
INTRODUCCIÓN	1
CAPÍTULO 1. MARCO TEÓRICO.....	3
1.1. Teoría de colas.....	3
1.1.1. Definición.....	3
1.1.2. Notación para los sistemas de líneas de espera	5
1.2. Simulación.....	6
1.2.1. Definición.....	6
1.2.2. Ventajas y Desventajas.....	7
1.2.3. Clasificación de Modelos	8
1.2.4. Simulación de Eventos discretos	8
1.3. Herramientas Estadísticas	10
1.3.1. Variables Aleatorias	10
1.3.2. Muestreo	11
1.3.3. Intervalos de Confianza	12
1.3.4. Pruebas de Hipótesis	14
1.3.5. Pruebas de bondad de ajuste	16
1.4. Software Arena.....	18
1.4.1. Definición.....	18
1.4.2. Input Analyzer	18
1.4.3. Output Analyzer.....	19
1.4.4. Process Analyzer	19
1.4.5. Optquest.....	20
CAPITULO 2. DESCRIPCIÓN Y DIAGNÓSTICO DEL CASO	22
2.1. Descripción de la Empresa	22
2.2. Antecedentes	24
2.2.1. Situación actual de la empresa	24
2.2.2. Descripción del Sistema Administrador de Colas	25
2.2.3. Indicadores de Desempeño	26
2.3. Problemática y su definición	27
CAPITULO 3. ANÁLISIS DE DATOS	38
3.1. Datos de entrada.....	38
3.1.1. Recolección.....	38
3.1.2. Muestreo	41
3.1.3. Análisis de datos	43
CAPITULO 4. DESARROLLO DEL MODELO	46
4.1. Definiciones.....	46
4.1.1. Entidades	46
4.1.2. Atributos	47

4.1.3.	Recursos	48
4.1.4.	Horarios	48
4.1.5.	Colas	48
4.2.	Supuestos del modelo de simulación	48
4.3.	Desarrollo y documentación del modelo de simulación	49
4.3.1.	Simulación de llegada de clientes	49
4.3.2.	Simulación de Espera en Cola	51
4.3.3.	Simulación de Atención en Ventanilla	55
CAPÍTULO 5. ANÁLISIS Y VALIDACIÓN DEL MODELO		58
5.1.	Validación y análisis de resultados	58
5.1.1.	Validación	58
5.1.2.	Análisis de resultados	60
CAPÍTULO 6. PROPUESTAS DE MEJORA		61
6.1.	Primera propuesta de mejora	61
6.1.1.	Simulación de llegada de clientes	61
6.1.2.	Simulación de Espera en Cola	62
6.1.3.	Simulación de Atención en Ventanilla	65
6.2.	Segunda propuesta de mejora	68
6.2.1.	Simulación de llegada de clientes	68
6.2.2.	Simulación de Espera en Cola	68
6.2.3.	Simulación de Atención en Ventanilla	71
CAPÍTULO 7. Evaluación Técnica y Económica		72
7.1.	Evaluación Técnica	72
7.2.	Evaluación económica y Cronograma de Implementación	84
CAPÍTULO 8. Conclusiones y Recomendaciones		87
8.1.	Conclusiones	87
8.2.	Recomendaciones	88
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS		90

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1.1. Clasificación de modelos	8
Tabla 1.2. Distribuciones Discretas	10
Tabla 1.3. Distribuciones Continuas	11
Tabla 1.4. Tipos de Error	15
Tabla 1.5. Casos de prueba de hipótesis para la media de una población normal	15
Tabla 1.6. Casos de prueba de hipótesis para la media de una población desconocida	16
Tabla 2.1. Distribución mensual de visitas por canal	24
Tabla 2.2. Tipos de cliente	25
Tabla 2.3. Distribución de ventas por Cross selling	27
Tabla 2.4. Meta de Nivel de Servicio por canal	28
Tabla 2.5. Matriz de Probabilidad e Impacto	31
Tabla 2.6. Acciones Contramedida	35
Tabla 2.7. Tabla Ponderación	36
Tabla 2.8. Ponderación de Criterios	36
Tabla 3.1. ANOVA de dos factores: Tiempo entre llegadas vs. Agencia, Hora	39
Tabla 3.2. Muestra de tiempos entre llegadas iniciales por hora (en minutos)	42
Tabla 3.3. Cálculo de la media y desviación estándar	42
Tabla 3.4. Cálculo del tamaño de muestra	42
Tabla 3.5. Tasas de Abandono	43
Tabla 4.1. Tipo de Ticket.....	46
Tabla 4.2. Tabla Resumen de Atributos	47
Tabla 4.3. Bloque Create	50
Tabla 4.4. Bloque Assign	50
Tabla 4.5. Bloque Queue	53
Tabla 4.6. Bloque Delay	56
Tabla 4.7. Bloques Auxiliares.....	57
Tabla 5.1. Intervalos de confianza al 95%	59
Tabla 5.2. Resultados del modelo de simulación	59
Tabla 6.1. Bloque Assign - Propuesta 1	62
Tabla 6.2. Bloque Assign - Propuesta 1	63
Tabla 6.3. Bloque Delay - Propuesta 1	66
Tabla 6.4. Bloques Auxiliares - Propuesta 1	67
Tabla 7.1. Combinaciones posibles de la propuesta 2	72
Tabla 7.2. Terna 1 – Tiempos por escenario	73
Tabla 7.3. Terna 1 – Nivel de Servicio por escenario	74
Tabla 7.4. Terna 2 – Tiempos por escenario	75
Tabla 7.5. Terna 2 – Nivel de Servicio por escenario	76
Tabla 7.6. Terna 3 – Tiempos por escenario	77
Tabla 7.7. Terna 3 – Nivel de Servicio por escenario	78
Tabla 7.8. Terna 4 – Tiempos por escenario	79
Tabla 7.9. Terna 4 – Nivel de Servicio por escenario	80

Tabla 7.10. Resumen de evaluación de ternas	81
Tabla 7.11. Tabla resumen de posibles escenarios	82
Tabla 7.12. Comparativo de Escenarios.....	82
Tabla 7.13. Comparativo del modelo original vs. Propuestas de mejora	83
Tabla 7.14. Gastos incurridos en la implementación	84
Tabla 7.15. Cálculo del retorno económico de la Empresa XYZ	84
Tabla 7.16. Cálculo del COK de la Empresa XYZ	85
Tabla 7.17. Cronograma de Implementación de la propuesta de mejora	86



ÍNDICE DE GRÁFICOS

Figura 1.1. Pasos para el desarrollo de un modelo de simulación	9
Figura 1.2. Intervalo de confianza para la media.....	14
Figura 2.1. Estrategia Empresa XYZ	23
Figura 2.2. Organigrama de la empresa XYZ	23
Figura 2.3. Evolutivo Telecomunicaciones en el Perú	28
Figura 2.4. Evolutivo Indicadores de Medición	29
Figura 2.5. Diagrama causa-efecto de Caída Nivel de Servicio por aumento de ventas	30
Figura 2.6. Causa Raíz 1	32
Figura 2.7. Causa Raíz 2	33
Figura 2.8. Causa Raíz 3	33
Figura 2.9. Causa Raíz 4	33
Figura 2.10. Causa Raíz 5	34
Figura 2.11. Causa Raíz 6	34
Figura 2.12. Causa Raíz 7	34
Figura 2.13. Causa Raíz 8	35
Figura 2.14. Causa Raíz 9	35
Figura 3.1. Ingreso de datos	44
Figura 3.2. Ajustar distribuciones.....	44
Figura 3.3. Resultado del ajuste de distribución	45
Figura 4.1. Submodelo Arribo	49
Figura 4.2. Submodelo Cola	51
Figura 4.3. Bloque Branch Cola	52
Figura 4.4. Bloque Assign Cola.....	52
Figura 4.5. Bloque Queue Cola	53
Figura 4.6. Bloque QPick Cola.....	54
Figura 4.7. Bloque Seize Cola	54
Figura 4.8. Submodelo Ventanilla	55
Figura 4.9. Bloque Assign Ventanilla	55
Figura 4.10. Bloque Release Ventanilla.....	56
Figura 6.1. Submodelo Arribo - Propuesta 1	61
Figura 6.2. Submodelo Cola - Propuesta 1.....	62
Figura 6.3. Bloque Scan - Propuesta 1	63
Figura 6.4. Bloque Scan - Propuesta 1	64
Figura 6.5. Bloque Branch - Propuesta 1.....	64
Figura 6.6. Submodelo Ventanilla - Propuesta 1	65
Figura 6.7. Bloque Assign Ventanilla - Propuesta 1	65
Figura 6.8. Bloque Release Ventanilla - Propuesta 1	66
Figura 6.9. Submodelo Cola - Propuesta 2.....	68
Figura 6.10. Bloque Scan - Propuesta 2.....	69
Figura 6.11. Bloque Scan - Propuesta 2.....	70

Figura 6.12. Submodelo Ventanilla - Propuesta 2 71

Figura 7.1. Terna 1 – Tiempo de espera vs. Número de ventanillas tipo 2 73

Figura 7.2. Terna 1 – Nivel de Servicio vs. Número de ventanillas tipo 2 74

Figura 7.3. Terna 2 – Tiempo de espera vs. Número de ventanillas tipo 2 75

Figura 7.4. Terna 2 – Nivel de Servicio vs. Número de ventanillas tipo 2 76

Figura 7.5. Terna 3 – Tiempo de espera vs. Número de ventanillas tipo 2 77

Figura 7.6. Terna 3 – Nivel de Servicio vs. Número de ventanillas tipo 2 78

Figura 7.7. Terna 4 – Tiempo de espera vs. Número de ventanillas tipo 2 79

Figura 7.8. Terna 4 – Nivel de Servicio vs. Número de ventanillas tipo 2 80

Figura 7.9. Fórmula del cálculo del Beta 84



INTRODUCCIÓN

La llegada de los servicios celulares se dio en la década de los 90 con Telefónica del Perú, desde ese entonces el mercado de telecomunicaciones ha crecido de forma exponencial, también con el ingreso de otros operadores al mercado como América Móvil y Nextel.

Durante el periodo 2014, Telefónica Móviles S.A. representa el 54.4% en promedio de la participación total. Hacia el año 2007 Telefónica Móviles S.A. registró 9.4 millones de líneas, lo que representó el 61.2% del total de telefonía móvil, mientras que el año 2014 registró 17.3 millones. Por su parte, América Móvil S.A.C. se mantuvo en el periodo 2014 a una tasa de 39.2% en promedio de participación total, pasando de 5.5 millones de líneas el 2007 a 12.5 millones el año 2014. En general se puede apreciar que la participación de los dos operadores permaneció con una distribución constante pese a que el total de las líneas móviles creció considerablemente en los últimos siete años.

La situación de Telefónica Móviles ha buscado unir sus tres productos principales bajo un mismo nombre, Cable Mágico, Telefónica Móviles y Telefónica del Perú ahora están bajo el nombre de Movistar, eso ha tenido muchas implicancias para el control de las tiendas, pues antes en las tiendas de Telefónica Móviles se enfocaba en la atención de clientes de telefonía celular pero con la convergencia de los productos la afluencia de público se ha incrementado en tiendas emblemáticas como Camino Real y San Borja, esto genera mayor tiempo de espera en los usuarios.

Dado que Telefónica Móviles S.A no busca perder participación del mercado actual, se encuentra presionada para brindar una mejor calidad de servicio, por lo que además de preocuparse por el servicio de venta y post venta, quiere mejorar el servicio de atención presencial en todos sus locales de atención. Actualmente se ha propuesto una meta del 85% en 15 minutos, esto quiere decir que del total de clientes que llegan a una tienda por cualquier tipo de atención, el 85% de ellos no debe esperar más de 15 minutos en ser atendidos; sin embargo, solo se alcanza esto en algunos locales a nivel nacional.

Con la finalidad de encontrar una solución a dicho problema se utilizará la herramienta de simulación y para ello se desarrollará el concepto de simulación de eventos discretos. Además, se presentarán otras herramientas necesarias para el

diagnóstico y propuesta de mejora del caso y se describirá al software que se usará para desarrollar el modelo propuesto.

Como parte de la descripción del software a utilizar se describirá los datos de entrada como tiempos de arribo entre clientes, cantidad de recursos disponibles y flujo de clientes; datos que se ajustarán a una distribución estadística para su uso en el modelo de simulación como también se presentarán los supuestos asumidos para el desarrollo del modelo de simulación.

Se procederá a comparar los resultados obtenidos en el modelo con la situación actual, dicha comparación determinará si el modelo se ajusta a la realidad y se podrán dar propuestas de mejora basados en ello.

En base al análisis de resultados, se hará una propuesta de la solución óptima y factible teniendo en cuenta las restricciones y supuestos del modelo.

Luego de obtener una alternativa de solución se realizará una descripción actual de la empresa en el Perú para poder compararla con y la oportunidad de mejora seleccionada como la mejor opción y se procederá a realizar una evaluación económica de la propuesta de mejora sugerida para justificar la implementación de esta.

CAPÍTULO 1. MARCO TEÓRICO

En el presente capítulo se mostrarán los conceptos que se necesitan para desarrollar, comprender y plantear soluciones a la problemática. Dicha problemática, como se mencionó anteriormente, estará centrada en la simulación de eventos que se desarrollan dentro de la atención presencial de una empresa de telecomunicaciones, y en específico, al tiempo de espera y atención de los clientes, para lo cual utilizaremos un software especializado que nos dará mayor soporte para la solución. Pero antes de entrar al modelamiento del problema se necesitará conceptos claves para un correcto entendimiento del mismo, como algunos conceptos básicos referentes a teoría de colas; además del de simulación, sus ventajas y desventajas; también conceptos estadísticos necesarios para la toma de datos y validación del modelo como la prueba de hipótesis.

1.1. Teoría de colas

En este apartado se describirá el concepto básico para describir un sistema de colas. También se describirán los tipos de colas más conocidos y sus particularidades.

1.1.1. Definición

Teoría de colas o también conocido como teoría de línea de colas es básicamente un conjunto de conceptos, teorías y herramientas para estudiar y comprender el funcionamiento de un sistema en donde se empleen colas. Una cola es una línea física de clientes o usuarios que esperan para entrar a un servicio en donde la cantidad de clientes o usuarios que pueden ser atendidos es mucho menor a la cantidad de clientes o usuarios que se encuentran en el sistema en un determinado momento, lo que ocasiona que estos deban esperar su turno para ser atendidos y generando inmediatamente una cola.

Es necesario especificar un proceso de entrada y uno de salida para describir el sistema de líneas de espera.

a) Proceso de entrada o llegadas

Proceso de entrada o también denominado proceso de llegada es la parte inicial de nuestro sistema de líneas de espera. Para este sistema cada llegada será representada por un cliente. Existen modelos en los que solo se permiten llegadas individuales sin embargo para algunos casos este modelo es irreal debido a que se podrían aceptar llegadas en masa como es el caso de un comedor de una universidad determinada.

Los modelos en los cuales las llegadas son tomadas de una pequeña población se denominan comúnmente como “modelos de origen finito”.

Existen razones por la cuales un cliente no quisiera entrar al sistema pero al ser más subjetivas que objetivas no se tomarán en cuenta para el presente estudio. Sin embargo es necesario mencionar que una de esas razones es la cantidad de clientes que ya se encuentran dentro del sistema, lo cual provoca que el cliente que quiera ingresar desista de hacerlo.

b) Proceso de salida o de servicio

Para describir al proceso de salida o proceso de servicio de un sistema de colas se debe especificar una distribución de probabilidad, el cual representa la duración o el tiempo de servicio a un cliente. Por lo general este tiempo de servicio es independiente de la cantidad de entidades o clientes dentro del sistema, esto significa que el servicio no se va a ejecutar con mayor velocidad por una presencia mayor de clientes dentro del sistema.

Existen dos tipos de servidores, los cuales son servidores en paralelo, como es el caso de los cajeros de un supermercado en el cual todos los cajeros brindan el mismo servicio y el cliente solo debe pasar por uno de ellos; y servidores en serie, cuyo ejemplo más claro es una línea de ensamble en el cual una entidad debe pasar por cada servidor en el orden indicado para cumplir el servicio.

c) Disciplina de las líneas de espera

Como último punto para definir completamente un sistema de colas se debe describir la disciplina de las líneas de espera y el modo en el cual los clientes forman las líneas de espera.

La disciplina de las líneas de espera determina el orden en el cual los clientes son atendidos. Las más conocidas son disciplina FCFS (*first come, first served*, en otras palabras el primer cliente que llega a sistema va a ser el primero en ser atendido), la cual se puede apreciar en las líneas de espera de una cafetería. La disciplina LCFS (*last come, first served*, el último en llegar al sistema es el primero en ser atendido), como por ejemplo un camión que transporta autos en dónde el último auto cargado va a ser el primero en ser descargado debido a que no permite que el que se encuentra al fondo sea capaz de ser retirado. La disciplina SIRO (*service in random order*, servicio en orden aleatorio), es un ejemplo en donde el cliente no tiene un orden fijo para ser atendido como por ejemplo los usuarios de un ascensor en donde el fin del servicio no es determinado por la llegada del usuario. Por último

se considera la disciplina de prioridades en donde se clasifica cada llegada en una categoría con cierto nivel de prioridad, y dentro de cada nivel de prioridad los clientes entran al servicio con una disciplina FCFS. Este último tipo de disciplina se usa a menudo en los bancos en donde los clientes son separados por el valor que ellos representan para la empresa.

1.1.2. Notación para los sistemas de líneas de espera

Kendall (1951) diseñó la notación siguiente para representar un sistema de líneas de espera en la cual utiliza 6 características para describirla (1/2/3/4/5/6).

La primera característica especifica la naturaleza del proceso de llegada. Se utilizan las abreviaturas estándar siguientes:

M = Los tiempos entre llegadas son variables aleatorias independientes e idénticamente distribuidas (iid) cuya distribución es exponencial.

D = Los tiempos entre llegadas son iid y deterministas.

E_k = Los tiempos entre llegadas son Erlangs iid con parámetro de forma k .

GI = Los tiempos entre llegadas son iid y están regidos por alguna distribución general.

La segunda característica especifica la naturaleza de los tiempos de servicio:

M = Los tiempos de servicio son iid y están distribuidos exponencialmente.

D = Los tiempos de servicio son iid y deterministas.

E_k = Los tiempos de servicio son Erlangs iid con parámetro de forma k .

GI = Los tiempos de servicio son iid y están regidos por alguna distribución general.

La tercera característica es la cantidad de servidores en paralelo. La cuarta característica es la disciplina de las líneas de espera:

FCFS = El primero en llegar, primero en ser atendido.

LCFS = El último en entrar, primero en salir.

SIRO = Servicio en orden aleatorio.

GD = Disciplina general de líneas de espera.

La quinta característica especifica el número máximo admisible de clientes en el sistema (incluidos los clientes que están esperando y los que están en servicio). La sexta característica da el tamaño de la población de donde se extraen los clientes.

1.2. Simulación

En este acápite se presentará el concepto de simulación para luego presentar algunas ventajas y desventajas. También se darán las definiciones de los sistemas y modelos. Por último se explicará la metodología que se utilizará para el desarrollo del modelo de simulación.

1.2.1. Definición

Se define como simulación a un modelo que pretende imitar los procesos de un sistema de la vida real o de algún sistema que se esté pensando en ejecutar. Ya sea realizado a mano o por computadora, la simulación implica la generación de un historial artificial referente al proceso a evaluar y el análisis de dicho historial para sacar conclusiones sobre el sistema real (Banks, 2005). Es decir, la simulación es la imitación de un sistema, simple o complejo, por medio de diferentes herramientas pudiendo ser un software. Para este caso, que se quiere analizar el proceso de la atención presencial en una empresa de telecomunicaciones, éste vendría a ser nuestro sistema, y cuando se tenga un modelo que represente esta situación se podrá generar un historial artificial; es decir, características propias del sistema por el cual se analizarán y plantearán mejoras de cara a una mejor atención.

Es así que el comportamiento de cómo va evolucionando un sistema es estudiado mediante el desarrollo de un modelo de simulación que toma generalmente la forma de un conjunto de hipótesis sobre el funcionamiento del sistema en estudio. Estas hipótesis son expresadas en relaciones matemáticas, lógicas y simbólicas entre las entidades, objetos de interés o sistemas.

La disponibilidad del lenguaje de programación para la simulación, las altas capacidades computacionales y el decremento del costo por operación, y las avanzadas metodologías de simulación han logrado que la simulación sea una de las muchas herramientas usadas en investigación de operaciones y análisis de sistemas. Las circunstancias bajo las cuales la simulación es una herramienta apropiada han sido un tema de discusión por muchos autores.

1.2.2. Ventajas y Desventajas

La simulación es una herramienta muy atractiva por su flexibilidad para representar diferentes tipos de sistemas reales como manufactura, logística, transportes, etc.

La simulación tiene varias ventajas, pero al igual que cualquier herramienta, cuenta con desventajas. A continuación se listarán algunas ventajas y desventajas mencionadas por Pegden, Shannon y Sadowski (1995).

d) Ventajas

- Gracias a la simulación se pueden explorar cambios en nuevas políticas, procedimientos operativos, reglas de decisión, flujo de información, procedimientos organizacionales, entre otros, sin interrumpir las operaciones que se estén dando en el sistema real.
- Se pueden poner a prueba nuevos diseños de hardware, distribuciones de planta, sistemas de transporte, entre otros, sin la necesidad comprometer recursos para su adquisición.
- Se pueden probar la veracidad de las hipótesis del por qué o cómo ciertos fenómenos ocurren.
- Durante la ejecución del modelo de simulación el tiempo puede ser modificado, ya sea comprimiéndolo o expandiéndolo, para permitir que la velocidad de ejecución del fenómeno en estudio aumente o disminuya respectivamente.
- La mayor ventaja de un modelo de simulación es la de ayudarnos a responder las preguntas referentes a lo que pasaría si se procede con una u otra alternativa de mejora propuesta.

e) Desventajas

Como se había mencionado anteriormente, ninguna herramienta es perfecta, y en este caso se presentan algunas desventajas de la simulación:

- La construcción de un modelo de simulación requiere un entrenamiento especial, lo cual es un arte que se aprende con el tiempo y a través de la experiencia.
- Los resultados obtenidos por medio de la ejecución del modelo de simulación pueden ser difíciles de interpretar. La mayoría de las salidas (outputs) del modelo son esencialmente variables aleatorias debido a que están basados en entradas (inputs) aleatorias. Es por esta razón que puede ser difícil de distinguir cuándo las observaciones son resultados de las relaciones del sistema o cuándo son resultados aleatorios que no responden al sistema real.

- La simulación es usada en algunos casos cuando la solución analítica es posible; sin embargo, se necesita que el sistema tenga ciertas particularidades para que sea considerado como un modelo cercano a la realidad.

1.2.3. Clasificación de Modelos

Un modelo es una representación de un sistema con el propósito de estudio de la misma, y para la mayoría de los estudios se consideran solo los aspectos más significativos que puedan dar forma al problema; es decir, no es necesario darle mucho detalle si no lo que requiere.

Los modelos pueden ser clasificados como se muestra en la Tabla 1.1.

Tabla 1.1. Clasificación de modelos

Atributo	Clasificación	Definición
Tiempo	Estático	Representa a un sistema en un punto de tiempo determinado.
	Dinámico	Representa los cambios del sistema real en un periodo de tiempo.
Aleatoriedad de Variables	Determinístico	Si no contienen variables aleatorias, en otras palabras, se conoce las variables de entrada que solo pueden dar como resultado un grupo de salidas conocidas.
	Estocástico	Tiene una o más variables aleatorias de entrada que conllevan a un grupo de resultados aleatorios.
Rango de los valores	Discreto	Cuando los valores que se pueden obtener como variables de entrada o salida son puntuales.
	Continuo	Se pueden tener variables dentro de un rango determinado pero que otorga un variedad casi infinita de valores posibles.

Elaboración propia

1.2.4. Simulación de Eventos discretos

Como se hizo mención anteriormente, un Sistema Discreto es un sistema en donde sus variables de estado cambian a través de un conjunto discreto de posibilidades en un periodo de tiempo y los eventos eran las ocurrencias o sucesos dentro del sistema que podían alterar su estado. Para plantear un modelo de simulación se deben seguir los pasos mostrados en la Figura 1.1.

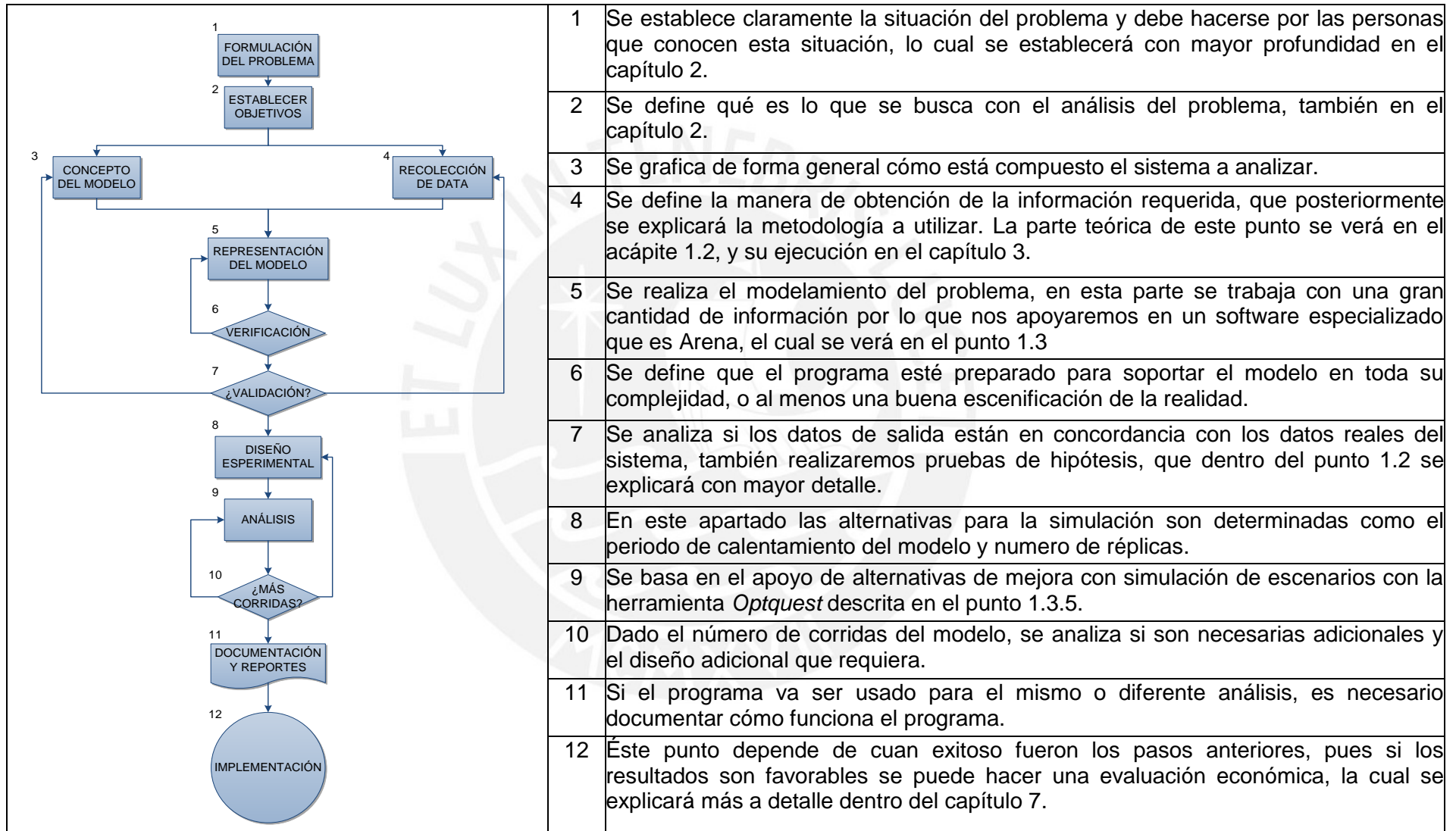


Figura 1.1. Pasos para el desarrollo de un modelo de simulación
 Elaboración propia

1.3. Herramientas Estadísticas

En esta sección se proporcionará los conceptos estadísticos necesarios para implementar y validar el modelo; se revisará desde conceptos básicos, como la definición de variables aleatorias, que serán los valores de entrada para el modelamiento. También se verá el método para el muestreo y el tamaño que debe tener para ser lo más cercano posible al sistema real, luego se tomarán éstas muestras y se compararán con alguna distribución conocida con lo que podamos alimentar al modelo. Por último, se verán las pruebas de hipótesis necesarias para la parte final del trabajo, pues éstas validarán el modelo con el sistema real basándose en la metodología de trabajo que se presentó en el punto 1.1.4.

1.3.1. Variables Aleatorias

Según Kelton (2008), los eventos se pueden definir de muchas maneras y pueden ser muy complejos. Una forma de cuantificar y simplificar los eventos es definir las variables aleatorias relativas a ellos. Matemáticamente la variable aleatoria está definida por una función dentro del espacio muestral de los números reales y pueden ser de dos clases: discretas y continuas.

a) Variable aleatoria discreta

Una variable aleatoria discreta puede tomar solo ciertos valores por separado, por ejemplo el número de objetos defectuosos de un lote de 50 artículos debería ser un número entero entre 0 y 50, o para el caso, será la cantidad de clientes que llega a atenderse en un día; esta variable podría ser un número entero positivo sin un límite superior. Así, una variable aleatoria discreta podría tener un rango finito o infinito de posibles valores. En la Tabla 1.2 se presentarán algunas distribuciones discretas

Tabla 1.2. Distribuciones Discretas

Distribución	Función de Probabilidad	Parámetros
Binomial	$f(x) = \binom{n}{x} p^x q^{n-x} \quad x = 0, 1, 2, \dots, n$	n = número de repeticiones. x = número de éxitos.
Geométrica	$f(x) = pq^{x-1}, x = 1, 2, \dots, n$	x = número de repeticiones hasta el primer éxito. n = número de repeticiones.
Hipergeométrica	$f(x) = \frac{\binom{r}{x} \binom{N-r}{n-x}}{\binom{N}{n}} \quad x = 0, 1, 2, \dots, n$	x = número de éxitos en una muestra n. n = tamaño de muestra de la población. N = tamaño de la población. r = éxitos de la población.
Poisson	$f(x) = \frac{e^{-\lambda} \lambda^x}{x!} \quad x = 0, 1, 2, \dots, n$	x = número de veces que ocurre un evento en cierto intervalo de tiempo. λ = tasa de recurrencia.

Elaboración propia

b) Variable aleatoria continua

Una variable aleatoria continua toma valores reales, y por lo general representan mediciones físicas como el tiempo o la distancia. Siempre hay una cantidad infinita de valores posibles para una variable aleatoria continua; además, el rango puede ser limitado o no en cualquiera de ambos extremos. Por tanto la probabilidad de que una variable aleatoria continua sea igual a un número fijo x , técnicamente ésta probabilidad siempre será cero. En la Tabla 1.3 se presentará algunas distribuciones continuas.

Tabla 1.3. Distribuciones Continuas

Distribución	Función de Densidad	Parámetros
Uniforme	$f(x) = \begin{cases} \frac{1}{b-a}, & \text{si } a \leq x \leq b \\ 0, & \text{en otros casos} \end{cases}$	a= valor mínimo b= valor máximo
Exponencial	$f(x) = \begin{cases} \beta e^{-\beta x}, & \text{si } x \geq 0 \\ 0, & \text{si } x < 0 \end{cases}$	β = tasa de tiempo
Normal	$f(x) = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} e^{-\left[\frac{1}{2}\left(\frac{x-\mu}{\sigma}\right)^2\right]}, -\infty < x < +\infty$	μ = media σ = desviación estándar
Log-normal	$f(x) = \frac{1}{x\sigma\sqrt{2\pi}} e^{-\left[\frac{1}{2}\left(\frac{\ln x - \mu}{\sigma}\right)^2\right]}, -\infty < x < +\infty$	μ = media σ = desviación estándar
Gamma	$f(x) = \begin{cases} \frac{\beta^\alpha}{\Gamma(\alpha)} x^{\alpha-1} e^{-\beta x}, & \text{si } x \geq 0 \\ 0, & \text{si } x < 0 \end{cases}$	β = parámetro de forma α =parámetro de escala
Beta	$f(x) = \frac{\Gamma(\alpha + \beta)}{\Gamma(\alpha)\Gamma(\beta)} x^{\alpha-1}(1-x)^{\beta-1}$ si $0 \leq x \leq 1$ y $\alpha > 0$ $\beta > 0$	β = parámetro de forma α =parámetro de escala
Triangular	$f(x) = \begin{cases} \frac{2(x-a)}{(b-a)(c-a)} & \text{para } a \leq x \leq b \\ \frac{2(c-x)}{(c-b)(c-a)} & \text{para } b \leq x \leq c \\ 0 & \text{de otra forma} \end{cases}$	a: mínimo valor b: máximo valor c: moda

Elaboración propia

1.3.2. Muestreo

La metodología que se usará para obtener los datos necesarios para el modelo de simulación de atención presencial será el muestreo para el ajuste a una distribución conocida. El principal propósito del análisis estadístico es estimar o inferir algo concerniente a una gran población haciendo algunos cálculos con una muestra obtenida de ella. Teniendo como base la matemática, hay una variable aleatoria con alguna distribución que gobierna el comportamiento de la población.

Sea cual sea el caso, no se conocen los parámetros de la población o la distribución que la rige, hay que tomar una muestra para hacer cálculos o probar hipótesis.

a) Distribución de la media muestral

Según Córdova (2008), si \bar{X} es la media de la muestra aleatoria X_1, X_2, \dots, X_n obtenida de una población descrita por la variable aleatoria X de media μ y varianza σ^2 , entonces, para un n suficientemente grande, la estadística \bar{X} se distribuye aproximadamente de una normal con media μ y varianza σ^2/n , esto es:

$$Z = \frac{\bar{X} - \mu}{\sigma/\sqrt{n}} \sim N(0,1)$$

Se cuenta con casos especiales según el tipo de muestra obtenida, para ello se tomará en cuenta los siguientes puntos:

1. Dado que $Z = \frac{\bar{X} - \mu}{\sigma/\sqrt{n}} = \frac{\sum_{i=1}^n X_i - n\mu}{\sigma\sqrt{n}}$, entonces las aplicaciones de aproximaciones a la normal de la media muestral son las mismas del total de la muestra.
2. La aproximación normal es buena siempre y cuando la muestra sea grande ($n \geq 30$), sin importar si la población es discreta o continua, o si es simétrica o asimétrica.
3. Si la población X es normal, entonces, por la propiedad reproductiva de la normal $\bar{X} \sim N(\mu, \sigma^2/n), \forall n \geq 2$.
4. El error estándar de la media muestral es $\sigma_{\bar{X}} = \sigma/\sqrt{n}$.
5. Si la muestra es obtenida uno por uno sin remplazo de una población finita de tamaño N , entonces, el error estándar es $\sigma_{\bar{X}} = \frac{\sigma}{\sqrt{n}} * \sqrt{\frac{N-n}{N-1}}$; donde el coeficiente $\frac{N-n}{N-1}$ es denominado factor de correlación para la población finita.

1.3.3. Intervalos de Confianza

Según Kelton (2008), un intervalo de confianza proporciona una forma de cuantificar la precisión de los estimadores puntuales, el objetivo de los procedimientos de los intervalos de confianza es determinar un intervalo con puntos finales determinados por la muestra que contendrán el parámetro objetivo con una probabilidad especificada de antemano llamada nivel de confianza.

La notación usual es que el nivel de confianza es $1-\alpha$, resultando en $100 * (1-\alpha)$ porcentaje del intervalo de confianza.

Para el presente estudio se empleará dos parámetros, la media μ y la proporción p , por lo que a continuación se procederá a definir algunos conceptos que se deben

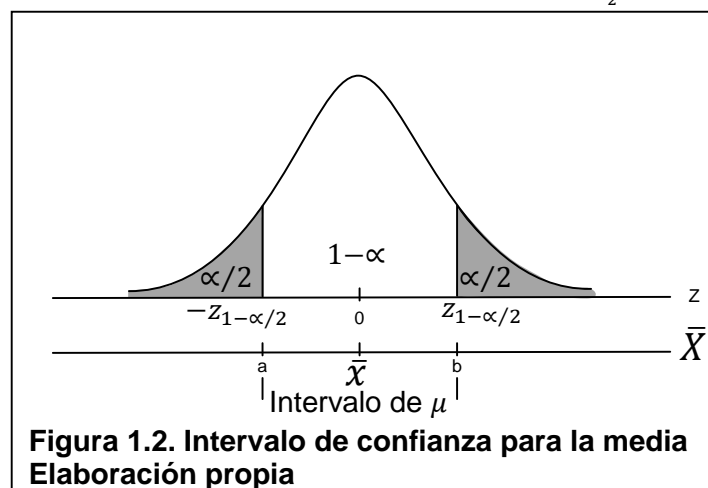
tener en cuenta para el análisis de cada uno de ellos dependiendo del tamaño de la población.

a) Intervalo de confianza para la media μ

Se seleccionará aleatoriamente una muestra de tamaño n con elementos $X_1, X_2, X_3, \dots, X_n$ de una población X cualquiera con media μ desconocida y varianza σ^2 asumida como conocida.

Se sabe que el mejor estimador del parámetro μ es la media muestral \bar{X} . Siempre que el n sea suficientemente grande estadísticamente ($n \geq 30$), la variable que estandariza \bar{X} tiene una distribución que se aproxima a la normal estándar y se representa por $Z = \frac{\bar{X} - \mu}{\frac{\sigma}{\sqrt{n}}} \sim N(0,1)$; donde la estadística Z tiene la función de variable pivote para la obtención del intervalo de estimación de la media μ . Una vez realizado el cálculo, y dado el nivel de confianza $1 - \alpha$ (o en %), se procede a determinar los valores $\pm z_{1-\frac{\alpha}{2}}$ (ver Figura 1.2) tales que $P\left[-z_{1-\frac{\alpha}{2}} \leq Z \leq z_{1-\frac{\alpha}{2}}\right] = 1 - \alpha$. Al sustituir la expresión Z en la expresión de la probabilidad y usando métodos algebraicos se obtiene $P[A \leq \mu \leq B] = 1 - \alpha$, donde $A = \bar{X} - z_{1-\frac{\alpha}{2}} \frac{\sigma}{\sqrt{n}}$ y $B = \bar{X} + z_{1-\frac{\alpha}{2}} \frac{\sigma}{\sqrt{n}}$ son variables aleatorias. Luego el valor $z_{1-\frac{\alpha}{2}}$ se busca en la tabla normal $N(0,1)$, tal que $P\left[Z \leq z_{1-\frac{\alpha}{2}}\right] = 1 - \frac{\alpha}{2}$.

La ilustración de la Figura 1.2 donde los valores $a = \bar{X} - z_{1-\frac{\alpha}{2}} \frac{\sigma}{\sqrt{n}}$ y $b = \bar{X} + z_{1-\frac{\alpha}{2}} \frac{\sigma}{\sqrt{n}}$ son los límites de confianza de μ , inferior y superior, respectivamente, donde $ES = \frac{\sigma}{\sqrt{n}}$ es la notación del error estándar de la estadística \bar{X} . Estos límites de confianza del intervalo de μ se puede escribir como $\bar{x} \pm z_{1-\frac{\alpha}{2}} * ES$



Métodos de intervalos de estimación de la media

1. Si la población X es normal y se conoce el valor de σ^2 , la variable aleatoria pivote es $Z = \frac{(\bar{X} - \mu)}{(\sigma/\sqrt{n})} \sim N(0,1) \forall n \geq 2$ y el intervalo de estimación de μ es $\bar{x} \pm z_{1-\frac{\alpha}{2}}ES$, donde $ES = \sigma/\sqrt{n}$ es el error estándar de la media de la muestra.
2. Si la población X es normal y **NO** se conoce el valor de σ^2 , la variable aleatoria pivote es $T = \frac{(\bar{X} - \mu)}{(s/\sqrt{n})} \sim t(n-1) \forall n \geq 2$, y el intervalo de estimación de μ es $\bar{x} \pm t_0ES$, donde $ES = s/\sqrt{n}$ es el error estándar de la media de la muestra. El valor t_0 se debe obtener de la tabla t-student con $n-1$ grados de libertad de tal forma que $P[T \leq t_0] = 1 - \frac{\alpha}{2}$.
3. Si fuese el caso de tener una población X **NO** es normal y **NO** se conoce el valor de σ^2 , la variable pivote es $Z = \frac{(\bar{X} - \mu)}{(\sigma/\sqrt{n})} \sim N(0,1)$ para n grande ($n \geq 30$)(se hace $\sigma = s$) y el intervalo de confianza de μ es $\bar{x} \pm z_{1-\frac{\alpha}{2}}ES$, donde $ES = s/\sqrt{n}$ es el error estándar de la media de la muestra.
4. Si fuese el caso de tener una población finita de tamaño N y la muestra de tamaño n es escogida sin reemplazo de esta población, entonces, el error estándar sería denotado por la expresión $ES = \frac{\sigma}{\sqrt{n}} * \sqrt{\frac{N-n}{N-1}}$, donde el término $\sqrt{\frac{N-n}{N-1}}$ es denominado factor de corrección para poblaciones finitas.

1.3.4. Pruebas de Hipótesis

Según Córdova (2008), se denomina hipótesis a la forma o tipo de distribución de probabilidad de la población, o bien referirse al valor o valores de uno o más parámetros de la distribución conocida su forma. Se utilizará las pruebas de hipótesis para la validación del modelo; es decir, cuando se tenga los primeros resultados se verificará si estos guardan una relación con el sistema real.

Se denomina Hipótesis nula, representada por H_0 , a la hipótesis que es aceptada provisionalmente como verdadera y cuya validez será sometida a comprobación.

Se denomina hipótesis alternativa, representada por H_1 , a la suposición contraria a la hipótesis nula, y es aceptada en caso la hipótesis nula es rechazada.

Al momento de aceptar o rechazar la hipótesis nula se tiene 4 posibles situaciones que determinan si la decisión que se toma es correcta o incorrecta, las cuales se muestran en la Tabla 1.4.

Tabla 1.4. Tipos de Error

Decisión	H ₀ Verdadera	H ₀ Falsa
Rechazar H ₀	Error tipo I Probabilidad = α	Decisión correcta Probabilidad = $1-\beta$
Aceptar H ₀	Decisión Correcta Probabilidad = $1-\alpha$	Error Tipo II Probabilidad = β

Elaboración propia

Error tipo I, es rechazar H₀ cuando es verdadera, siendo:

$$\alpha = P[\text{error tipo I}] = P[\text{rechazar } H_0 \text{ cuando } H_0 \text{ es verdadera}]$$

Error tipo II es aceptar H₀ cuando es falsa, siendo:

$$\beta = P[\text{error tipo II}] = P[\text{aceptar } H_0 \text{ cuando } H_0 \text{ es falsa}]$$

Un buen resultado es aquel que tiene los errores tipo I y tipo II lo más pequeños posibles, pero ambos son inversamente proporcional, en ese sentido, se convendrá establecer un nivel de significancia de la prueba (α) y luego se buscará la mejor prueba que otorgue el β más pequeño. El nivel de significancia es en general igual a 0.01 ó 0.05.

Se tomará la prueba solo para la media de una población para lo cual se tiene 4 casos como se muestra en la Tabla 1.5 y la Tabla 1.6.

Tabla 1.5. Casos de prueba de hipótesis para la media de una población normal

Caso	Estadístico de prueba	Alternativa
Población normal con σ conocida	$Z = \frac{\bar{x} - \mu}{\sigma/\sqrt{n}} \sim N(0,1)$ Valido solo $n \geq 2$	$z > z_{1-\alpha}$ si $H_1: \mu > \mu_0$ cola derecha $z < -z_{1-\alpha}$ si $H_1: \mu < \mu_0$ cola izquierda $ z < z_{1-\alpha/2}$ si $H_1: \mu \neq \mu_0$ prueba bilateral
Población normal con σ desconocida	$T = \frac{\bar{x} - \mu}{s/\sqrt{n}} \sim t(n-1)$ Valido solo $n \geq 2$	$t > t_{1-\alpha}$ si $H_1: \mu > \mu_0$ cola derecha $t < -t_{1-\alpha}$ si $H_1: \mu < \mu_0$ cola izquierda $ t < t_{1-\alpha/2}$ si $H_1: \mu \neq \mu_0$ prueba bilateral

Elaboración propia

Tabla 1.6. Casos de prueba de hipótesis para la media de una población desconocida

Caso	Estadístico de prueba	Alternativa
Forma de población desconocida con σ conocida	$Z = \frac{\bar{x} - \mu}{\sigma/\sqrt{n}} \sim N(0,1)$ Válido sólo $n \geq 30$	$z > z_{1-\alpha}$ si $H_1: \mu > \mu_0$ cola derecha $z < -z_{1-\alpha}$ si $H_1: \mu < \mu_0$ cola izquierda $ z < z_{1-\alpha/2}$ si $H_1: \mu \neq \mu_0$ prueba bilateral
Forma de población desconocida con σ no conocida	$Z = \frac{\bar{x} - \mu}{s/\sqrt{n}} \sim N(0,1)$ Válido sólo $n \geq 30$	$P = P[Z > z_k]$ cola derecha o izquierda $P = 2P[Z > z_k]$ prueba bilateral

Elaboración propia

1.3.5. Pruebas de bondad de ajuste

a) Prueba de bondad de ajuste Chi-cuadrado

Según Córdova (2006), el procedimiento de ensayo se inicia mediante la distribución de las n observaciones en un conjunto de intervalos de clase k y su estadístico de prueba es dado por la expresión:

$$x_0^2 = \sum_{i=1}^k \frac{(O_i - E_i)^2}{E_i}$$

Donde O_i es la frecuencia observada del i – ésimo intervalo de clase, y E_i es la frecuencia esperada en el intervalo de clase respectivo. La frecuencia esperada para cada intervalo de clase se calcula mediante $E_i = np_i$, donde p_i es la probabilidad teórica asociada al i – ésimo intervalo de clase.

Se puede demostrar que x_0^2 sigue una distribución aproximada de chi-cuadrado con $k - s - 1$ grados de libertad, en donde s representa el número de parámetros de la distribución estimada por la hipótesis de la muestra estadística en donde las hipótesis son las siguientes:

H_0 : Es la variable aleatoria X , la cual viene a ser la distribución propuesta con los parámetros obtenidos de una estimación previamente hecha.

H_1 : Es la variable aleatoria X que no cumple con la distribución propuesta.

El valor crítico de $x_{\alpha, k-s-1}^2$ se encuentra en la tabla de chi-cuadrado y la hipótesis nula H_0 es rechazada si $x_0^2 > x_{\alpha, k-s-1}^2$.

En el caso de las discretas, cada valor de la variable aleatoria debería ser un intervalo de clase, a no ser que sea necesario combinar clases de intervalos adyacentes para obtener un bloque con la mínima cantidad necesaria de frecuencias requeridas. Si la combinación de celdas adyacentes no fuese necesaria,

$$p_i = p(x_i) = P(X = x_i)$$

De otra manera, p_i se obtiene sumando las probabilidades de las celdas apropiadas adyacentes.

Si la distribución que fué puesta a prueba es continua, los intervalos de clase son dados por $[a_{i-1}, a_i]$, donde a_{i-1} y a_i son los extremos del i – ésimo intervalo de clase. Para el caso de las distribuciones continuas se asume que la distribución de función $f(x)$, o $F(x)$, p_i puede ser calculado con la siguiente fórmula:

$$p_i = \int_{a_{i-1}}^{a_i} f(x) dx = F(a_i) - F(a_{i-1})$$

b) Prueba de bondad de ajuste Kolmogorov-Smirnov

Según Córdova (2006), mientras que la chi-cuadrado compara el histograma empírico de la función de probabilidad o densidad de probabilidad contra una función o distribución teórica, la prueba de bondad de ajuste Kolmogorov-Smirnov (K-S) compara una función de distribución acumulativa con su contraparte teórica. Para la prueba K-S se debe ordenar la muestra $\{x_1, x_2, \dots, x_N\}$ en forma ascendente $x_{(1)}, x_{(2)}, \dots, x_{(N)}$, y la función de distribución acumulativa empírica, $F_X(x)$ se define por

$$\hat{F}_X(x) = \frac{\max\{j: x_{(j)} \leq x\}}{N}$$

Donde $\hat{F}_X(x)$ es la frecuencia relativa de las observaciones de la muestra. Desde que se especifica una distribución de ajuste teórico $F_X(x)$, una medida razonable de bondad de ajuste es la mayor diferencia absoluta entre $\hat{F}_X(x)$ y $F_X(x)$ y el estadístico de prueba se define por

$$KS = \max_x \{|\hat{F}_X(x) - F_X(x)|\}$$

Mientras más pequeño sea el valor de K-S estadístico observado, mejor será el ajuste.

1.4. Software Arena

1.4.1. Definición

Según Altiok (2007), el software Arena es un programa de simulación de eventos discretos desarrollado por Rockwell Automation. Es un ambiente de simulación que consiste en módulos o bloques con lenguaje Siman y que presenta una forma visual de manera de ayuda. El programa presenta aplicaciones que permite facilitar el modelado y análisis de datos como *Input Analyzer*, *Output Analyzer*, *Process Analyzer* y *Optquest*.

En el Anexo 1 se muestra los principales módulos o bloques para el modelado de un sistema.

1.4.2. Input Analyzer

Según Altiok (2007), Arena viene con la herramienta del *Input Analyzer* que permite ajustar una muestra de datos a una distribución por medio de estimaciones estadísticas, dándole al usuario como resultado la distribución con el mejor ajuste de acuerdo a los datos ingresados.

Para poder utilizar este aplicativo es necesario los siguientes pasos:

- Tomar una muestra significativa basada en el punto 1.2.2. relacionado a muestreo y debe ser guardado en un documento “.txt”.
- Luego se ingresa al módulo del *Input Analyzer* y se selecciona el archivo de texto que contiene la muestra y se escoge la opción “Fit data”.
- Luego de ello, el programa da como resultado la ecuación de la distribución de mejor ajuste, la cuál podría ser una variante de alguna de las distribuciones expuestas en el punto 1.2.5.

1.4.3. Output Analyzer

Según Altiok (2007), el *Output Analyzer* es una herramienta de soporte y análisis estadístico de réplicas de los datos de salida bajo diferentes escenarios. Ésta data es recolectada y guardada en archivos durante la simulación. Luego el *Output Analyzer* provee opciones para manipular, analizar la data de salida y sus estadísticas relacionadas como intervalos de confianza, correlogramas, desviaciones estándar y gráfico.

En la mayoría de los estudios de simulación se interesa en comparar diferentes versiones o alternativas o escenarios de algún modelo general. Lo que hace que los escenarios difieran entre ellos podría ser desde un sencillo cambio de parámetro

hasta una lógica completamente diferente. En cualquier caso, hay que tener cuidado de aplicar los métodos estadísticos apropiados al resultado de los escenarios para asegurar que las conclusiones sean válidas.

1.4.4. Process Analyzer

Arena viene junto con otra aplicación por separado llamada *Process Analyzer* que facilita el mucho la carga de los siguientes temas:

- Manejar la mecánica práctica de hacer que cambie el modelo para todos los escenarios diferentes, lo que podría ser laborioso si se tiene muchos escenarios, y definir que cada uno involucra muchos de los cambios de parámetros en el modelo.
- Evaluar los resultados de una forma correcta para resolver cuales escenarios difieren significativamente de otros en relación a que medidas de desempeño de resultados, y cuales otros podrían ser significativamente mejores o incluso el mejor entre todos aquellos que se considere (Torres, 2010).

El *Process Analyzer* se tiene unos parámetros importantes:

- **Controles**, son los parámetros de entrada, que consisten en variables y recursos disponibles.
- **Respuestas**, son los datos de salida del modelo, éstos consisten en variables y estadísticas.
- **Escenario**, compuesto por un grupo de controles y respuestas.

Una vez definidos los escenarios, se ejecutarán con los controles seleccionados en los valores que definan para cada escenario y entregarán los resultados de las respuestas en una tabla, junto con el reporte de los valores de los controles para cada escenario. Esto es equivalente a ir y editar su modelo para los valores de los controles de cada escenario y después ejecutarlos de forma individual desde el Arena; realizar esto a través del *Process Analyzer* permite una comparación estadística válida entre los resultados de una forma sencilla. Para hacer un uso eficaz del *Process Analyzer* se deberá anticipar, conforme se construya el modelo, qué parámetros de entrada se va a querer cambiar para definir diferentes escenarios y asegurarse de configurarlos como variables de Arena en su modelo, de manera que pueda convertir en controles en un escenario del *Process Analyzer*.

1.4.5. Optquest

Arena viene con un paquete que se llama *Optquest*, que usa la heurística conocida como búsqueda tabú y búsqueda dispersa para desplazarse en el espacio de control de entradas de forma inteligente y tratar de converger rápida y confiablemente en un punto óptimo.

Optquest es similar al *Process Analyzer* en que se hace cargo de la ejecución del modelo en Arena, la diferencia recae en que más que confiar en el usuario, para especificar qué escenarios específicos simular, *Optquest* decide por sí mismo cuáles considerar en un modo iterativo que con optimismo dirija a algo cerca de una combinación óptima de valores de los controles de entrada.

Al igual que el *Process Analyzer*, el *Optquest* cuenta con unos parámetros importantes para su funcionamiento:

- **Controles**, son los parámetros de entrada, que consisten en variables y recursos disponibles.
- **Respuestas**, son los datos de salida del modelo, estos consisten en variables y estadísticas.
- **Objetivos**, son las metas que se quieren lograr, generalmente se refiere a maximizar una utilidad económica o minimizar costos de producción.
- **Restricciones**, son las limitaciones que tiene el sistema, generalmente se refiere a recursos de personal, tiempo o capacidad.

Todos estos parámetros deben ser ingresados para que el programa, mediante una combinación de métodos de programación lineal, redes neuronales y minería de datos, pueda encontrar una combinación de datos de entrada que pueda satisfacer los objetivos planteados.

CAPITULO 2. DESCRIPCIÓN Y DIAGNÓSTICO DEL CASO

El presente capítulo describirá la situación actual de la empresa y su sistema administrador de colas; luego se definirá la problemática en que se enfocará, sus alcances e impactos; y adicionalmente se contrastará con los indicadores de medición de la misma empresa.

2.1. Descripción de la Empresa

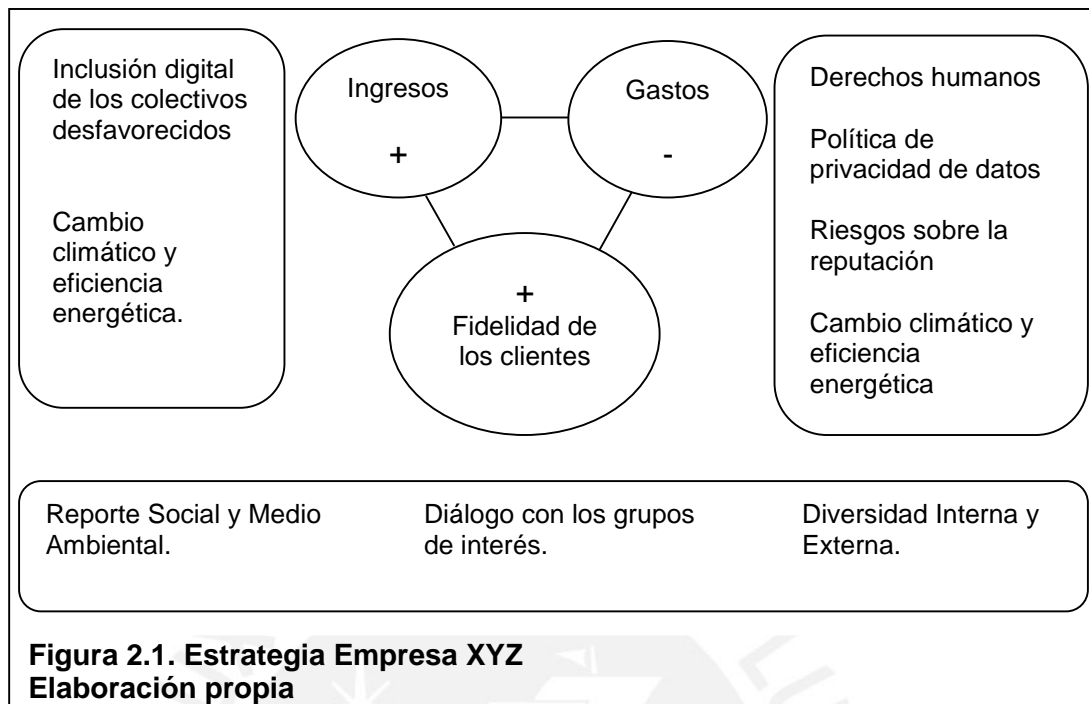
La empresa XYZ es uno de los operadores integrados de telecomunicaciones líder a nivel mundial en la provisión de soluciones de comunicación, información y entretenimiento con presencia en Europa y Latinoamérica. Está presente en 25 países y cuenta con una base de clientes que supera los 315,7 millones a diciembre de 2012.

En Latinoamérica, la compañía presta servicios a más de 211,9 millones de clientes a 31 de diciembre de 2012, posicionándose como operador líder en Brasil, Argentina, Chile y Perú y contando con operaciones relevantes en Colombia, Costa Rica, Ecuador, El Salvador, Guatemala, México, Nicaragua, Panamá, Puerto Rico, Uruguay y Venezuela. En Europa, la compañía tiene presencia, además de en España, en el Reino Unido, Irlanda, Alemania, República Checa y Eslovaquia, dando servicio a más de 103,1 millones de clientes al cierre de diciembre de 2012.

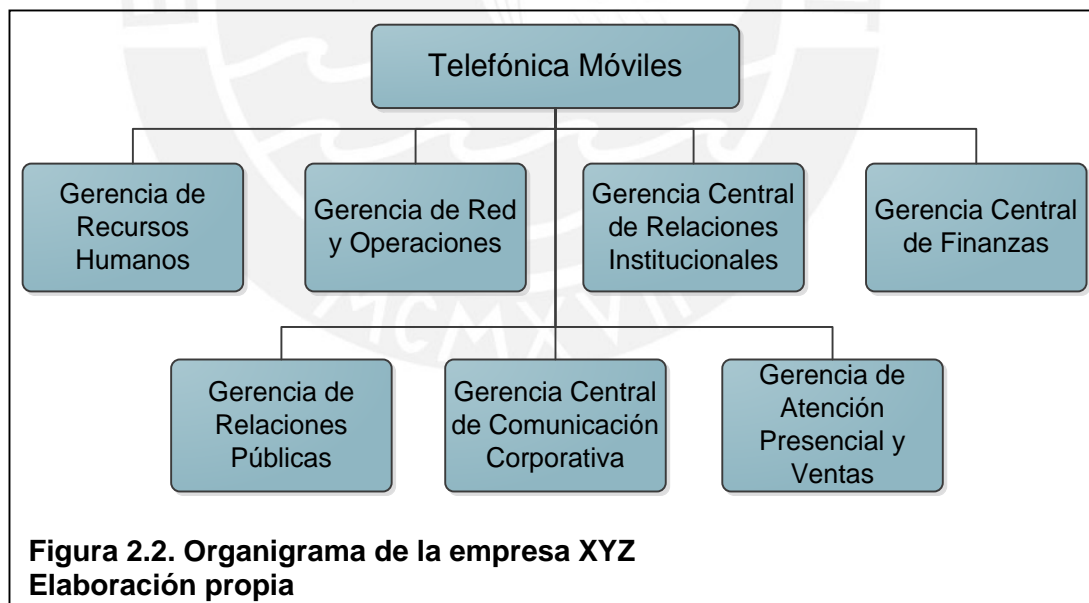
XYZ es una empresa de las telecomunicaciones que en los últimos quince años ha dado un impulso trascendental a este sector en el Perú por medio de la instalación de más de dos millones de líneas telefónicas, ochocientos mil conexiones de banda ancha de internet y más de quince millones de celulares.

La visión de la empresa XYZ, “queremos mejorar la vida de las personas, facilitar el desarrollo de los negocios y contribuir al progreso de las comunidades donde operamos, proporcionándoles servicios innovadores, basados en las Tecnologías de la Información y las Comunicaciones (TIC)”, es el punto de partida de la estrategia de Responsabilidad Corporativa (RC) del Grupo, que queda integrada en los objetivos y en el quehacer de la compañía.

La estrategia de la empresa XYZ se muestra en la Figura 2.1.



En XYZ se cuenta con diferentes gerencias enfocadas al negocio de la empresa, como se muestra en la Figura 2.2.



La gerencia que tiene el principal contacto con los clientes es la de Atención Presencial, es ahí donde se llevan a cabo todas las transacciones que el cliente desee realizar y es, además, la gerencia que representa a la empresa ante los clientes.

2.2. Antecedentes

En este punto se abordará los tipos de canales de atención al cliente que cuenta la empresa y su distribución de tráfico en estas, también se indicará el cómo se administran las colas en las tiendas y la información relevante para empezar a medir el desempeño de la tienda.

2.2.1. Situación actual de la empresa

La empresa XYZ en su canal de atención presencial al cliente tiene 3 tipos de tienda: agencia, CAV (Centro Autorizado de Venta) y multicentros. Las agencias y CAVs realizan atenciones post-venta de clientes de telefonía móvil, mientras que los multicentros también atienden clientes de telefonía fija. La diferencia entre CAVs y agencia es que en el primero se realizan ventas y servicio técnico mientras que en las agencias es solo atención post-venta. Se cuenta con 34 multicentros, 15 CAVs y 36 agencias a nivel nacional. En la Tabla 2.1 se muestra la distribución mensual de visitas en los 3 canales mencionados.

Tabla 2.1. Distribución mensual de visitas por canal

Canal	Mes 1	Mes 2	Mes 3
Agencia	120969	133586	140169
CAV	109477	110318	114148
Multicentros	105303	111187	108245
Total general	335749	355091	362562

Elaboración propia

Dentro de la tienda el cliente puede realizar todo tipo de transacciones como cambio de plan, cambio de equipo, consultas de facturación, cambio de titularidad de la línea, solicitud de corte x robo, solicitud de baja del servicio, cambio de chip o simcard del celular entre muchos otros más. Pero no todos los clientes que llegan a la tienda son atendidos en ventanilla sino que son recibidos por una anfitriona que le pregunta al cliente sobre la transacción que desea realizar y dependiendo de la complejidad de la misma el cliente puede ser derivado a una atención en unas cabinas 104 instaladas dentro de la misma oficina, ésto para aligerar la congestión que se genera en las ventanillas.

Debido al alto flujo de clientes que se acercan mensualmente a las tiendas se ha visto la necesidad de cambiar el esquema de las tiendas; es decir, antes las agencias no realizaban ventas pero desde hace algunos meses se ha adecuado los procedimientos y sistemas internos para que ya se puedan hacer las ventas en un proyecto progresivo a nivel nacional que recién comenzó hace algunos meses.

También se ha venido trabajando en el Cross Selling, que consiste en aprovechar el contacto con el cliente para ofrecerle un producto de telefonía fija o móvil, para concretar ésta venta el ejecutivo necesita unos minutos para describir el servicio y/o producto y sus beneficios lo que ocasiona mayores tiempos de atención y, por ende, mayor tiempo de espera de los clientes aún en tienda.

2.2.2. Descripción del Sistema Administrador de Colas

El sistema administrador de colas que cuenta las agencias y CAVs es Bmatic, y los multicentros con Qmatic. Estos sistemas administran las colas de atención de clientes, mide la productividad de la tienda y de los ejecutivos, de donde se obtiene información de tasa de arribo, tipos de cliente, tiempos de espera, etc. Su funcionamiento se basa en emisión de tickets y de algoritmos internos que determinan el orden de atención de los clientes.

Se dará una descripción de los conceptos más relevantes para entender el funcionamiento estos administradores.

a) Tipos de Cliente

Anteriormente el sistema emitía tickets dependiendo del tipo de transacción que el cliente iba a realizar, por lo que se tenía muchos diferentes tipos de tickets que el jefe de oficina no podía realizar un correcto seguimiento, por eso desde hace unos meses se cambió el esquema de emisión de tickets orientado no al tipo de transacción sino al valor del cliente. En la Tabla 2.2 se muestra los tipos de cliente que se acercan a cada tipo de tienda.

En los multicentros se toma el segmento Residencial y Negocios como tipo de cliente, mientras que en las agencias y CAVs se hace una diferenciación aún mayor por su valor.

Tabla 2.2. Tipos de cliente

Tipo de Tienda	
Agencia y CAV	Multicentros
Alto Valor Negocios	Móviles
Alto Valor Residencial	Residencial
Cliente Especial Negocios	Tups
Cliente Especial Residencial	Negocios
Resto Negocios	Libro de Reclamación
Resto Residencial	Atención Prioritaria
	Cable

Elaboración propia

b) Hitos de tiempo

Los tickets contienen información que es almacenada en servidores internos que guardan importante información estadística como:

- **Hora de generación**, indica la hora que el ticket fue emitido.
- **Hora de asignación**, indica la hora que el sistema asigna un recurso para atender al cliente.
- **Hora inicio de atención**, indica la hora que realmente empezó la atención.
- **Hora de fin de atención**, indica la hora en que el cliente se retira de la ventanilla.
- **Tiempo de espera**, es la diferencia de tiempo entre la hora de generación y la hora de asignación.
- **Tiempo de atención**, es la diferencia de tiempo entre el tiempo de fin de atención e inicio de atención.

c) Parametrización del Sistema

Los sistemas Bmatic y Qmatic presentan 2 esquemas diferentes de atención, los cuales emplean algoritmos internos para indicar qué clientes se atenderán primero:

- **Secuencial**, atiende a los clientes de acuerdo a su orden de llegada si es que pertenecen al mismo tipo de cliente preestablecido; es decir, cuando una ventanilla se desocupa, el sistema busca al cliente que haya llegado primero.
- **Prioridades**, a cada tipo de cliente se le asigna una prioridad; es decir, cuando una ventanilla se desocupa, el sistema busca al cliente que tenga la prioridad más alta en ese momento para que sea atendido.

2.2.3. Indicadores de Desempeño

Antes de definir la situación actual de la empresa y su problemática se mostrarán los indicadores de medición que cuenta la empresa para poder medir la atención presencial. Para este propósito la empresa cuenta con 3 indicadores principales de medición básicos de gestión, los cuales son:

a) Tiempos Promedio de Espera

Es calculado de la resta entre la hora de generación y la hora de asignación de cada ticket. El indicador muestra cual es el tiempo de respuesta de atención de los asesores respecto a la llegada de los clientes, se puede medir por tipo de cliente, tienda, canal y nivel país.

b) Nivel de Servicio

Este indicador combina las visitas y el tiempo de espera en un solo indicador que representa a la tienda. Matemáticamente representa la proporción de clientes que se atendieron antes de la meta de tiempo de espera del total de clientes atendidos.

Existe una meta establecida para los principales tipos de clientes descritos previamente que, al igual que el tiempo de espera, puede verse por tienda, canal y país, mas no por asesor ya que cada uno no cuenta con una cola asignada sino que todos los clientes esperan en una cola general.

c) Índice de Satisfacción del Cliente (ISC)

Este indicador se logra mediante la evaluación de encuestas realizadas a los clientes al finalizar la transacción que fue motivo de su visita a la tienda. Algunas preguntas son relacionadas al tiempo de espera que tuvo, mientras que otras son referentes a la atención en ventanilla, como amabilidad del asesor que lo atendió en ventanilla, la rapidez de la transacción entre otros temas susceptibles a evaluación.

2.3. Problemática y su definición

Uno de los indicadores más importantes de la empresa a nivel nacional es la satisfacción del cliente, la cual involucra muchos factores como la comodidad de la tienda, el conocimiento del asesor que lo atiende, el tiempo de espera, entre otros. Con la evolución del mercado de las telecomunicaciones en el Perú y la fuerte competencia local, una ventaja competitiva es mantener la satisfacción de los clientes, de ahí la importancia de este indicador.

El presente estudio estará enfocado principalmente en uno de los factores de la satisfacción, el tiempo de espera, que representa un reto dado las agresivas metas de ventas de la empresa, pues realizar y concretar la venta para el asesor requiere un tiempo adicional al de la transacción del cliente, por lo que generalmente se encontrara en la dubitativa de si vender más o dar una mejor atención a los clientes.

En la siguiente Tabla 2.3 se puede ver la distribución de las ventas por Cross selling

Tabla 2.3. Distribución de ventas por Cross selling

Canal	Mes 1	Mes 2	Mes 3
Agencia	4103	4751	8909
CAV	2634	3492	5944
Multicentros	2042	2376	3640
Total	8779	10619	18493

Elaboración propia

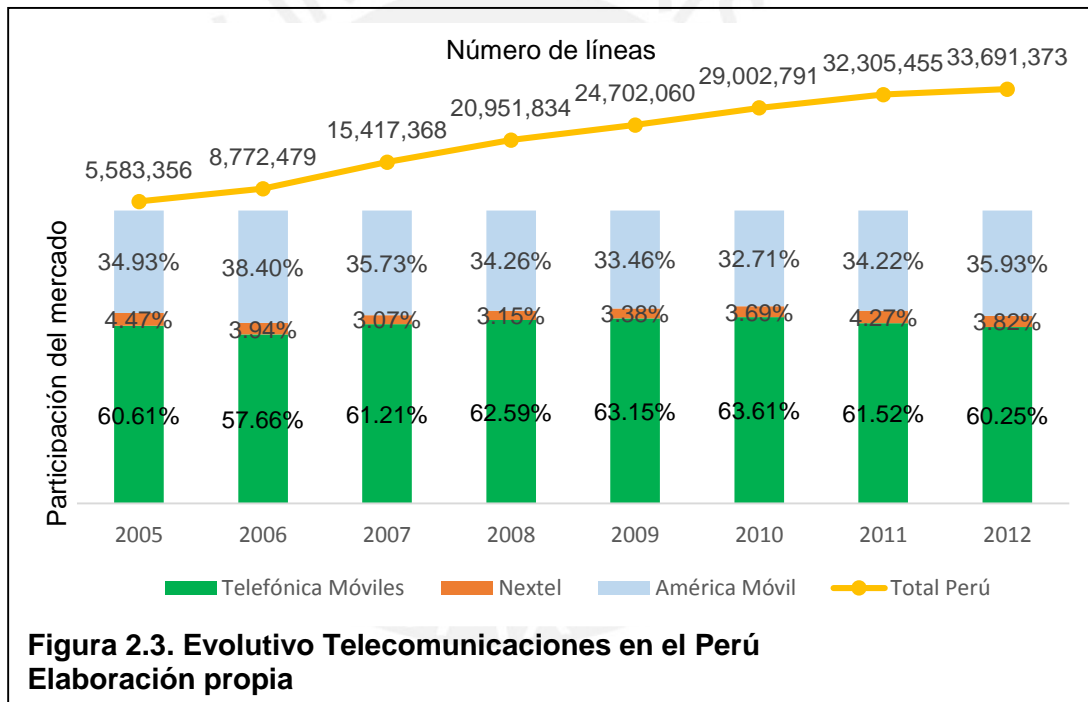
La meta de Nivel de Servicio, descrita en la Tabla 2.4 varía dependiendo del tipo de cliente y canal.

Tabla 2.4. Meta de Nivel de Servicio por canal

Canal	Tipo Cliente	Objetivo
Agencia y CAV	Residencial Alto Valor	85%
	Negocios Alto Valor	85%
	Resto Clientes Residencial	80%
	Resto Clientes Negocios	80%
Multicentros	General	80%

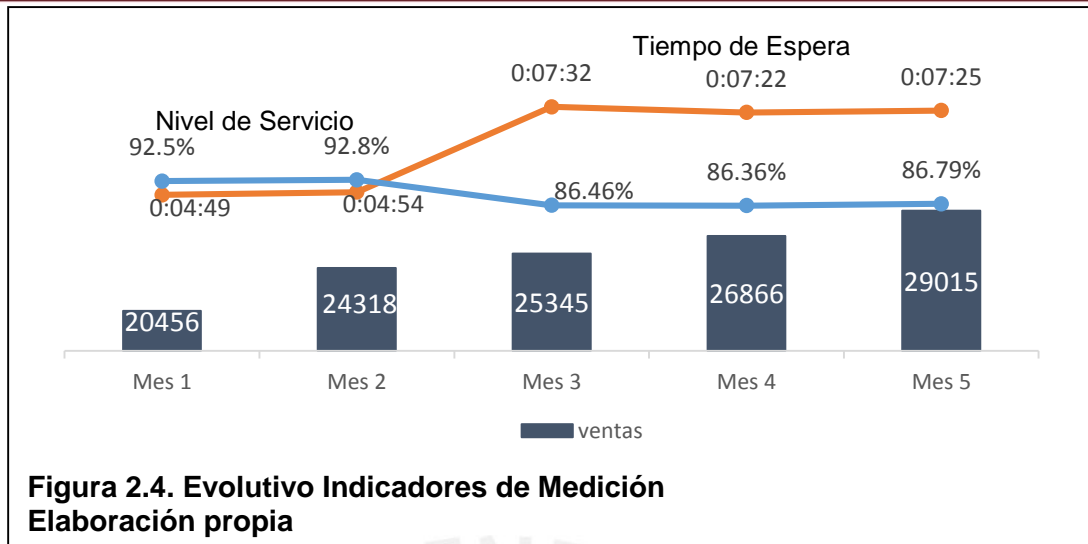
Elaboración propia

Debido al aumento del mercado de las líneas móviles en el Perú, se ha visto la necesidad en la empresa de iniciar campañas de ventas a nivel nacional para poder mantener una importante presencia en el mercado nacional, como se observa en la Figura 2.3.



Como se observa, el mercado de líneas móviles creció casi siete veces en número desde 2005 al cierre de 2012; sin embargo, las empresas del sector local han mantenido una presencia constante.

Por otro lado, desde fines del 2012 a inicios de abril del 2013 se ha detectado anomalías en los indicadores de medición de las tiendas, lo cual observa en la Figura 2.4.



Como se observa, en los últimos cinco meses ha habido un incremento en las ventas, esto debido a un cambio en el esquema de atención, lo cual se describirá más adelante, ha perjudicado los niveles de atención de la tienda así como un aumento en los tiempos de espera de los clientes en general.

Teniendo este resultado se procederá a realizar un análisis de causas, en este caso el método Ishikawa, en la Figura 2.5.

Enfocando la problemática desde el punto de vista de un sistema de colas, se puede resaltar que dado que el modelo de empleado por la empresa se ha mantenido constante y los tiempos de espera deseados han aumentado debido a un incremento de la cantidad de visitas de clientes (ver Figura 2.3). El problema se centra en buscar la forma de optimizar el sistema actual sin la necesidad de aumentar el número de servidores disponibles, lo cuál sería una solución muy intuitiva pero implicaría un costo adicional para la empresa, costo que podría ser evitado si se ejecuta un cambio en la disciplina interna de las líneas de espera.

El objeto del presente estudio es encontrar la solución óptima de la disciplina de colas empleando el software Arena como herramienta principal para tal.

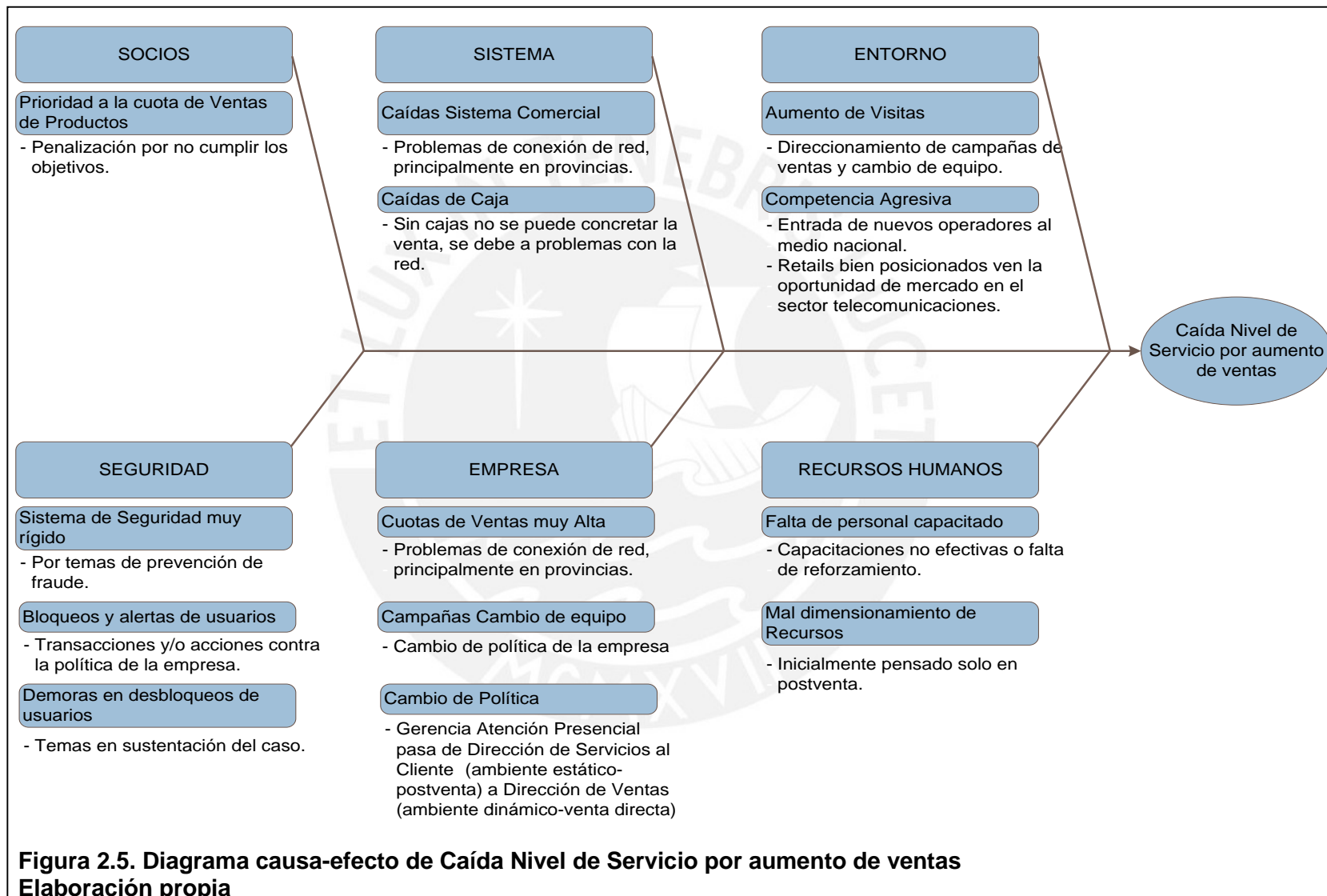


Figura 2.5. Diagrama causa-efecto de Caída Nivel de Servicio por aumento de ventas
Elaboración propia

Para determinar las principales causas más influyentes para nuestro estudio se utilizará la matriz de Probabilidad e Impacto de la Tabla 2.5.

Tabla 2.5. Matriz de Probabilidad e Impacto

Causas	Probabilidad (P)	Impacto (I)	P x I
Prioridades en la Atención	2	1	2
Caídas de Sistema Comercial	1	3	3
Caídas de Caja	1	3	3
Bloqueos y alertas de usuarios	1	3	3
Cambio de Política	1	3	3
Falta de personal capacitado	1	3	3
Sistema de seguridad muy rígido	2	2	4
Prioridad a la cuota de venta de producto	3	2	6
Competencia Agresiva	2	3	6
Demora en desbloques de usuarios	2	3	6
Campañas de Cambio de Equipo	2	3	6
Aumento de Visitas	3	3	9
Cuota de Ventas muy alto	3	3	9
Mal dimensionamiento	3	3	9

Elaboración propia

En donde se tomarán los que hayan sido ponderados con mayor nota, los cuales son:

- Aumento de visitas.
- Cuota de Ventas muy alta
- Mal dimensionamiento de los recursos.

Se analizarán en detalle cada una:

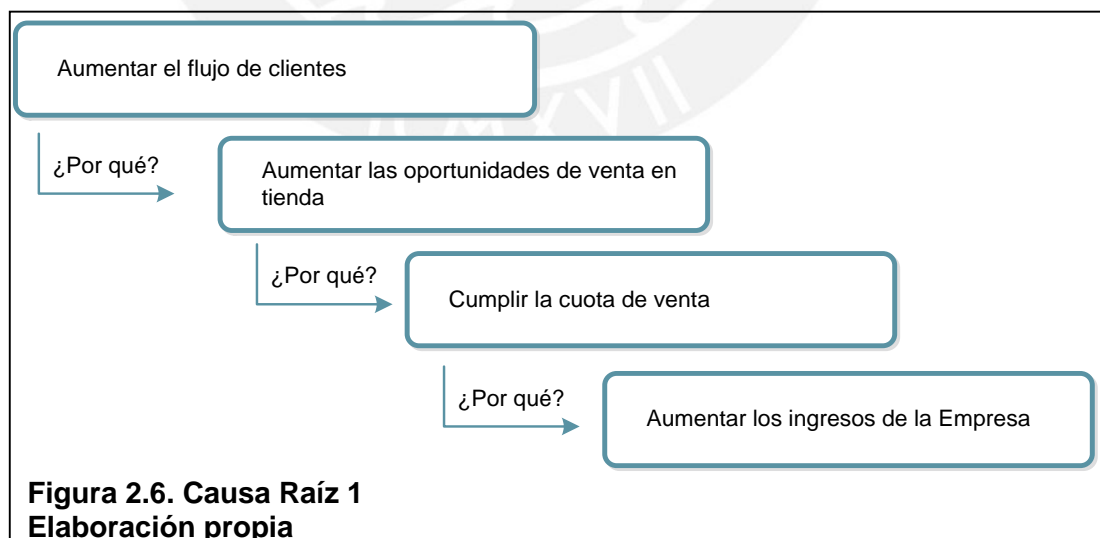
- El aumento de visitas se debe principalmente a:
 - Direccionamiento de campañas de cambio de equipo.
 - Cambio de política de la empresa para dar más impulso a la transacción de cambio de equipo.
 - Revisión de motivos de visita que se derivan a autogestión, de ésta forma se tiene más clientes en ventanilla para ofrecer la parrilla de productos.
- El aumento de la cuota de ventas se debe principalmente a:
 - Rentabilizar las tiendas, dentro de la nueva política de la empresa se cambió el esquema de pago a los socios orientando al cumplimiento de los objetivos previamente establecido cada mes.
 - El ingreso de nuevos operadores al mercado nacional obliga a realizar campañas de fidelización a clientes prepago, quienes no

cuentan con contrato, para tratar de que realicen un cambio de equipo con un plan de datos con cargo fijo mensual.

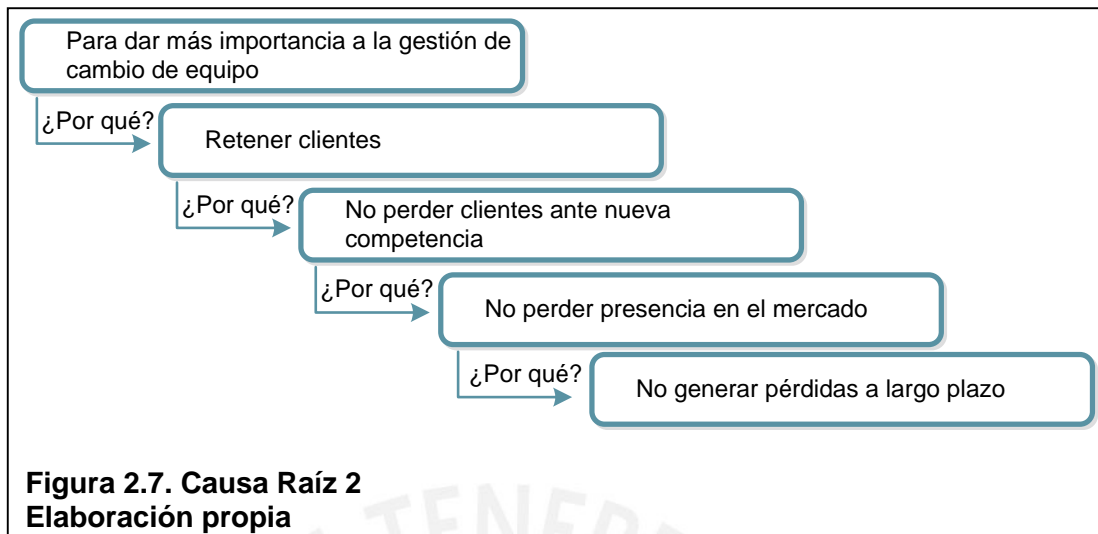
- La cuota está orientada a los canales propios (CAVs, agencias y multicentros), esto con el motivo de equilibrar los ingresos percibidos por los retails, que en los últimos meses en otros países están lanzando su propia operadora y empieza a competir directamente con la empresa, de esta forma se busca no depender de este canal.
- El mal dimensionamiento de recursos en las tiendas se debe principalmente a:
 - La cantidad de personas en atención en una tienda está dado por experiencia de los coordinadores de las mismas, mas no por un estudio, que podría estar afectando ahora que el flujo de visitas ha aumentado.
 - En provincias, se tiene personal propio que solo atiende clientes negocios mas no residencial.
 - Si un usuario es bloqueado no existe un plan de respaldo para cubrir la posición faltante.

Se empleará el método de los “5 por qué” para determinar la causa raíz del problema principal, tal como se verá en las Figuras 2.6, 2.7, 2.8, 2.9, 2.10, 2.11, 2.12, 2.13 y 2.14

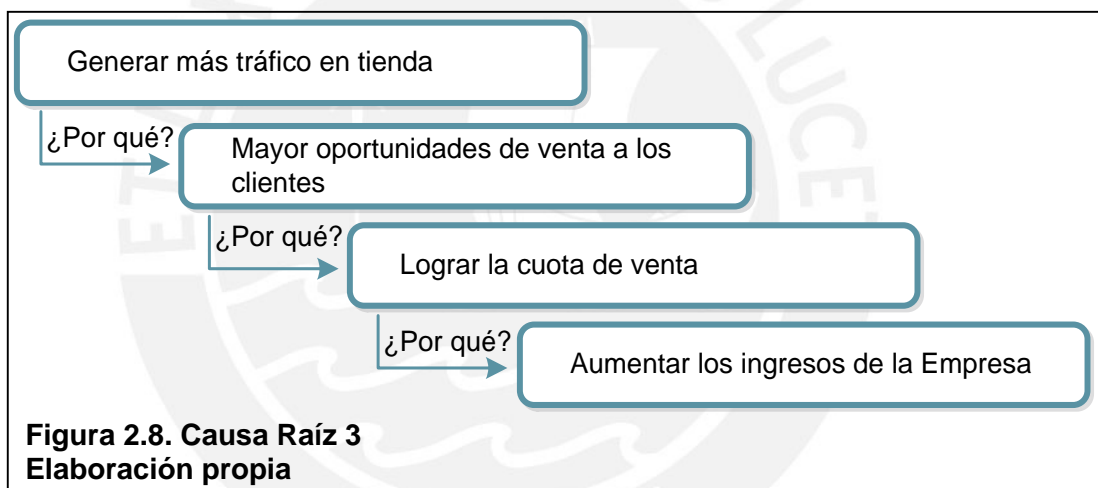
- Direccionamiento de Campañas de Cambio de Equipo a las tiendas



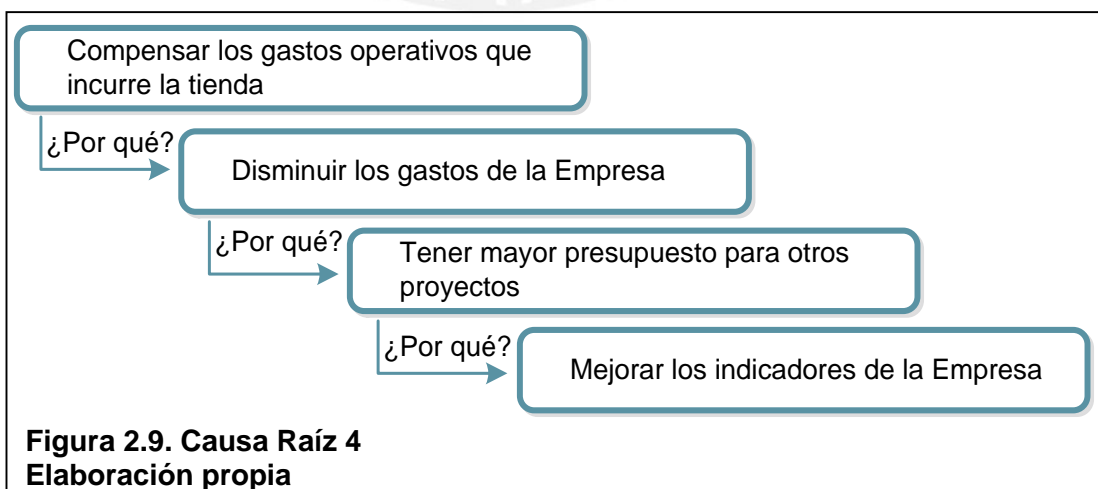
- Cambio de Política de la Empresa



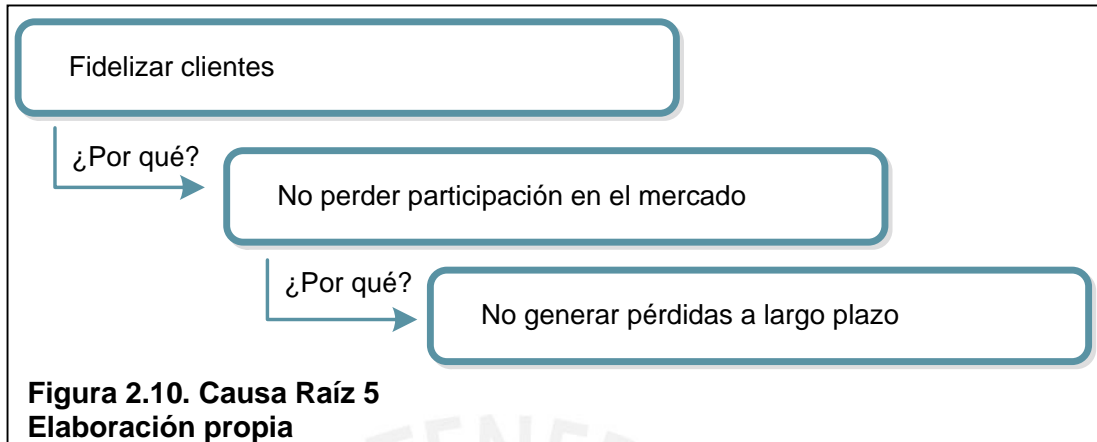
- Revisión de motivos de visita hacia la autogestión



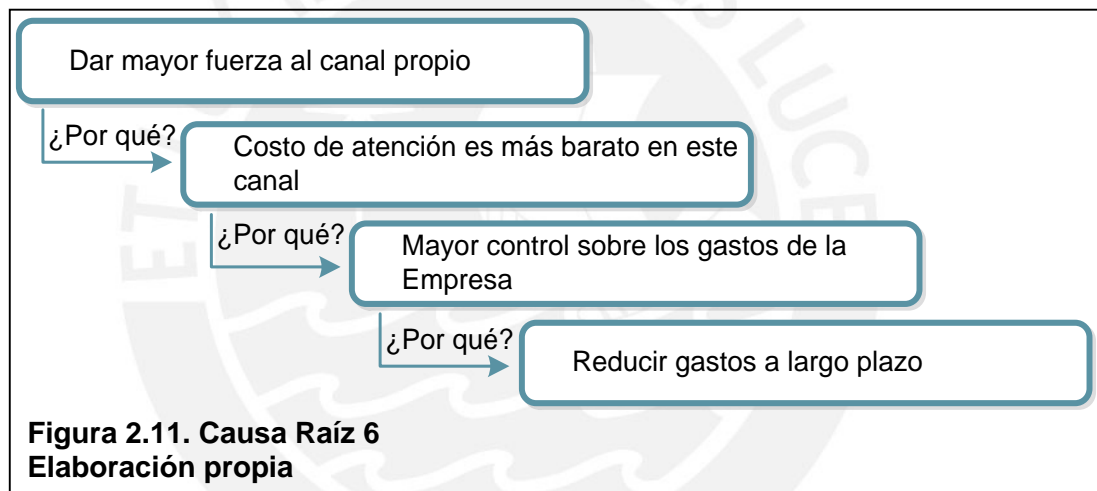
- Rentabilizar las tiendas



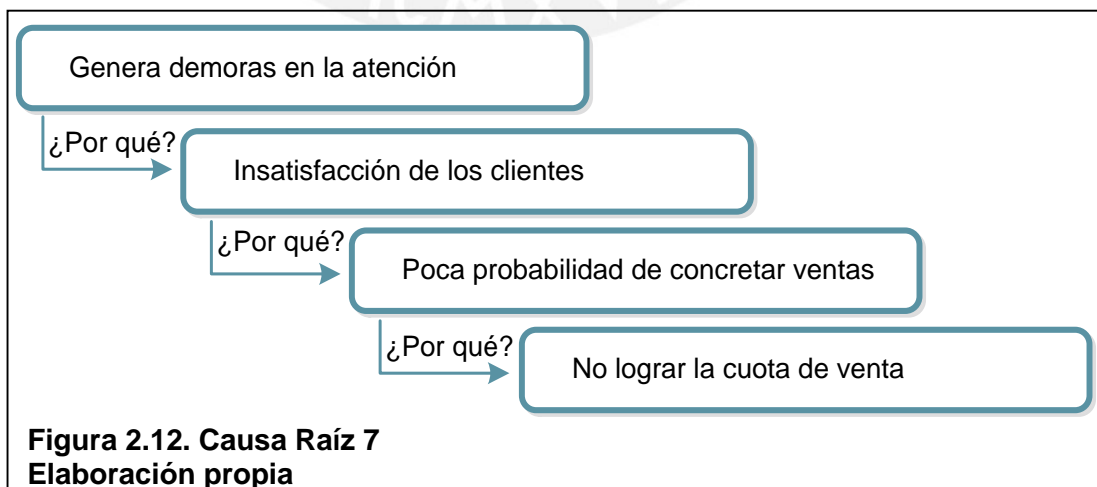
- Amenaza de ingreso de nuevos operadores al medio nacional



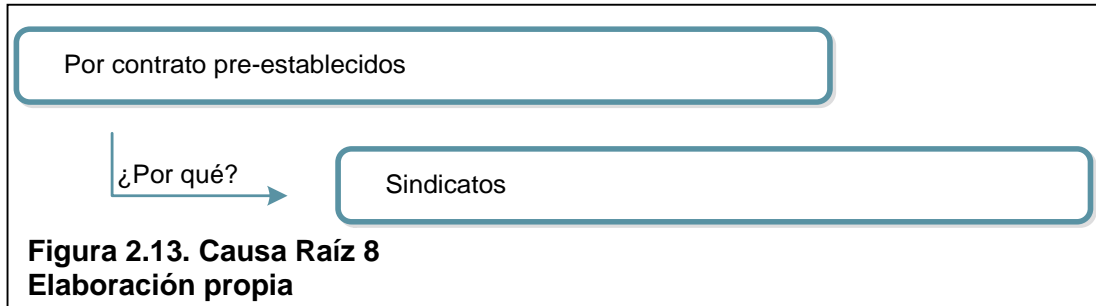
- Disminuir presencia de canal Retail



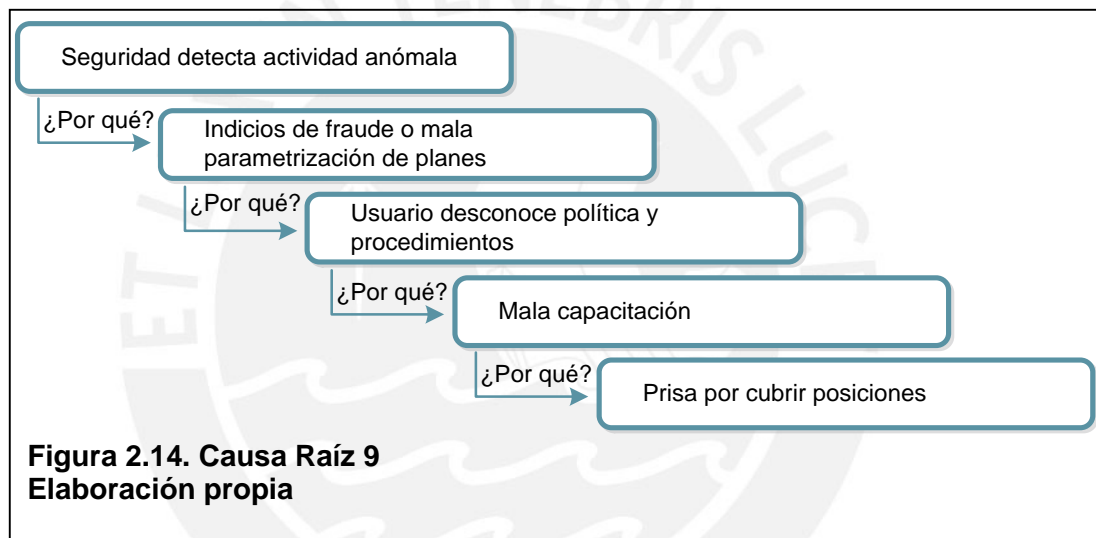
- Mal dimensionamiento de personal



- En provincias, se tiene personal propio que solo atiende clientes negocios mas no residencial.



- Bloqueo de usuarios



Luego que se ha detectado las causas raíces se plantearán acciones contramedida mostradas en la Tabla 2.6.

Tabla 2.6. Acciones Contramedida

Causa Raíz	Solución Contramedida
Aumentar los ingresos de la Empresa	A. Más campañas atractivas a los clientes.
No generar pérdidas a largo plazo	B. Capacitaciones en venta a los usuarios para mejorar la concentrabilidad.
Mejorar los indicadores de la empresa	C. Rediseñar los indicadores con el cambio de política de la empresa.
No lograr cuota de ventas	D. Cuota de venta escalonada cada mes.
Sindicatos	E. Llegar a un acuerdo para atender demás clientes
Prisa por cubrir posiciones	F. Mejorar las capacitaciones y mejor dimensionamiento de personal.

Elaboración propia

Teniendo identificado las posibles soluciones se empleará la matriz FACTIS para escoger la más adecuada y viable, pero primero se ponderará el más importante como se muestra en la Tabla 2.7.

Tabla 2.7. Tabla Ponderación

	F	A	C	T	I	S	Total
Factibilidad	-	1	0	1	1	0	3
Área que contribuye	1	-	0	1	0	1	3
Calidad	0	0	-	1	1	0	2
Tiempo de Implementación	1	1	1	-	1	0	4
Inversión	1	0	1	1	-	0	3
Seguridad Industrial	0	1	0	0	0	-	1

Elaboración propia

Se tiene la ponderación y se procederá a evaluar cada solución como se muestra en la Tabla 2.8.

Tabla 2.8. Ponderación de Criterios

	Criterio	Ponderación	A	B	C	D	E	F
Factibilidad	1= baja	3	3	3	2	2	3	3
	2= media							
	3=alta							
Área que contribuye	1= baja	3	2	2	1	2	2	2
	2= media							
	3=alta							
Calidad	1= baja	2	2	2	1	1	2	2
	2= media							
	3=alta							
Tiempo de Implementación	1= baja	4	1	1	3	1	2	2
	2= media							
	3=alta							
Inversión	1= baja	3	2	1	1	1	1	2
	2= media							
	3=alta							
Seguridad Industrial	1= baja	1	1	1	1	1	1	2
	2= media							
	3=alta							
TOTAL		16	30	30	27	22	31	33

Elaboración propia

Como se observa en la Tabla 2.8., la solución con mayor ponderación es la F, relacionado con el dimensionamiento de personal, en base a éste resultado se implementará una línea de solución en el presente estudio y estará enfocado en un dimensionamiento apropiado de cada una de las tiendas orientado a los objetivos; además también de sugerir si fuese el caso revisar las prioridades y cargas de atención por el tipo de cliente, para lo cual utilizaremos una herramienta de simulación de eventos discretos, Arena, la cual ya ha sido utilizado en otros tipos de sectores afines como en bancos principalmente, en donde se tiene un sistema administrador de colas, que se detalla en el Capítulo 2.2.2., que gestiona por algoritmos internos el orden de atención.



CAPITULO 3. ANÁLISIS DE DATOS

3.1. Datos de entrada

En el proceso de la realización del modelo de simulación, es crucial contar con una base de datos de entrada que se obtiene por lo general del sistema real que se desea simular. Éstos datos se analizarán de tal forma que hará posible encontrar la mejor distribución de probabilidad que se ajuste con el fin de obtener un modelo de simulación que represente de la mejor manera al sistema real.

3.1.1. Recolección

Los datos de entrada necesarios para realizar el modelo de simulación se recolectaron a través de la información obtenida de la consulta al Sistema Administrador de Colas “Bmatic”, la cual es usada por la empresa en estudio, y del cual se obtiene básicamente la siguiente información:

- Tipo de ticket
- Número de ticket
- Operador (promotor que atendió el ticket)
- Número de ventanilla
- Perfil de atención de ventanilla
- Fecha de generación
- Hora de generación
- Hora de asignación
- Hora inicio de atención
- Hora de fin de atención
- Tiempo de espera
- Tiempo de atención

La metodología a seguir será la de encontrar la configuración de la distribución estadística que más se ajuste a los tiempos entre llegada, tasas de abandono y tiempos de servicio.

Además es necesario tener en cuenta algunas observaciones que se tomarán en cuenta.

- **Tiempos entre llegada**

Como se puede apreciar en el Anexo 2, la tasa de llegada se podría considerar variable por intervalo de horas en un día y es por esa razón que se ha considerado prudente realizar una prueba Anova para corroborar la hipótesis.

Para la prueba Anova, también se hará una prueba para poder conocer si existen diferencias entre los tiempos entre llegada por el tipo de agencia. Para ello se realizará una Anova de dos vías en la cual se considerará las siguientes hipótesis:

H_0 = No existen diferencias entre las medias de los tiempos entre llegadas.

H_1 = Existen diferencias entre las medias de los tiempos entre llegadas.

Para ello se procederá a tomar una muestra de 30 datos de tiempos entre llegadas por cada intervalo de tiempo de 60 minutos. Para la prueba inicial se realizó en 9 agencias, las cuales se consideraron eran las más representativas.

Al realizar la prueba Anova de dos vías se obtuvo el gráfico del Anexo 3 de dónde se podría inferir que sí existen diferencias en los tiempos entre llegada debido al tipo de agencia. Sin embargo, para poder tener la certeza de dicha afirmación hay que analizar los resultados que se obtuvieron de la prueba en el software Minitab, los cuales se presentan en la Tabla 3.1.

Tabla 3.1. ANOVA de dos factores: Tiempo entre llegadas vs. Agencia, Hora

Fuente	GL	SC	MC	F	P
AGENCIA	7	0.044202	0.0063146	40.01	0.000
HORA	9	0.012155	0.0013506	8.56	0.000
Interacción	63	0.101007	0.0016033	10.16	0.000
Error	2320	0.366124	0.0001578		
Total	2399	0.523489			

S = 0.01256 R-cuad. = 30.06% R-cuad. (ajustado) = 27.68%

ICs de 95% individuales para la media basados en Desv.Est. agrupada

AGENCIA	Media	Intervalo
BOUTIQUE CEL	0.0014590	(--*--)
BOUTIQUE CEL	0.0088013	(---)
BOUTIQUE CEL	0.0166823	(-*)
BOUTIQUE CEL	0.0077329	(-*)
BOUTIQUE CEL	0.0050833	(--*--)
CAV AREQUIPA	0.0037463	(-*)
CAV CAMINO R	0.0052436	(-*)
CAV SAN BORJ	0.0055410	(--*--)

0.0000 0.0050 0.0100 0.0150

ICs de 95% individuales para la media basados en Desv.Est. agrupada

HORA	Media	Intervalo
9	0.0057799	(----*-----)
10	0.0063458	(----*-----)
11	0.0046575	(-----*-----)
12	0.0060225	(----*-----)
13	0.0064703	(----*-----)
14	0.0064939	(----*-----)
15	0.0132271	(-----*-----)
16	0.0074117	(-----*-----)
17	0.0056283	(-----*-----)
18	0.0058249	(-----*-----)

0.0030 0.0060 0.0090 0.0120

Elaboración propia

Debido a que el p-value que se obtuvo es menor a 0.05, se rechaza la hipótesis nula y se llega a la conclusión de que existen pruebas suficientes para decir que hay variaciones entre las medias de tiempos entre llegadas por la hora del día y el tipo de agencia.

Luego de haber definido esto, es importante mencionar que el intervalo de tiempo entre llegadas será calculado mediante la resta de hora de generación de un ticket con la hora de generación del ticket anterior. Dado a que la muestra será extraída de una data de los 5 primeros meses del año 2013, es considerada lo suficientemente grande estadísticamente y por la cantidad de datos es recomendable emplear la aplicación Input Analyzer al momento de estimar la distribución a la cual se ajusta. En este caso se tomará como distribución a aquella que tenga el menor error cuadrado.

A partir del procedimiento descrito, se logrará obtener expresiones de distribuciones por cada hora en la que se ejecute el modelo, los cuales se tendrán en cuenta en los bloques CREATE del mismo al momento de desarrollar el modelo de simulación.

- **Tasas de abandono**

Para el caso del análisis de las tasas de abandono, se considerará una proporción o probabilidad de abandono por cada tipo de cliente, esto debido a que se ha podido observar por medio de la base de datos que existen diferencias en la proporción de clientes que sacan un ticket y deciden no proseguir en la cola por motivos de tiempo, condiciones climáticas, cantidad de personas en el establecimiento o cualquier otra razón que pudiera tener el cliente para no proseguir en el proceso de atención presencial.

Gracias a la información que brinda el Sistema de Administración de Colas de la empresa, es posible acceder fácilmente a ella mediante una consulta determinada al registro de tickets con el fin de filtrar aquellos tickets que se han generado y no se han atendido en cualquiera de las ventanillas disponibles en el establecimiento.

En el presente estudio no se tendrá como uno de los objetivos el estudio e identificación de las razones por la cual un cliente decide o no retirarse de la cola para la atención presencial debido a que se necesitaría introducir temas relacionados a la psicología del individuo y factores conductuales que vendrían a ser más un estudio orientado a las ciencias sociales y no a la mejora de procesos como es el caso del presente.

La información que se obtenga del estudio de los datos se usará para asignarles a algunas entidades el atributo de clientes fantasmas ya que si bien se asignarán a algún recurso, esto no ocasiona tiempos de atención debido a que en el sistema real, éstos no llegaron a ser atendidos y se encuentran fuera del sistema a simular.

- **Tiempos de Servicio**

Las tasas de servicio representarán la duración de cada transacción que se lleve a cabo en el modelo de simulación en los que involucre a un determinado cliente con algún asesor disponible en ventanilla.

La metodología que se usará será la de dividir los tiempos de servicio por tipo de cliente y luego por tipo de operación que se desee realizar debido a que los tiempos de atención por cliente cambian dependiendo del tipo de cliente ya que se utilizan distintos diálogos para cada uno de ellos y además no todas las operaciones tienen una duración semejante por razones de complejidad o por tiempos de decisión del cliente, lo que lo hace susceptible a tener variaciones considerables.

Además de tener en cuenta los tiempos por operaciones, se ha considerado conveniente incluir la experiencia de los asesores debido a que su experiencia influye directamente en el tiempo de atención. Para éste caso se ha considerado dividir a los asesores en tres grupos de acuerdo a su experiencia o pericia, los cuales son bajo, medio y alto.

Es necesario aclarar que éste tiempo no es influido por la hora como es el caso del tiempo entre llegadas que se ha evaluado anteriormente. Además, tampoco se tomará en cuenta la fatiga generada por la jornada laboral debido a que trabajan en su mayoría jornadas de 8 horas con 1 hora de refrigerio, por lo que se ha considerado a este factor como insignificante.

3.1.2. Muestreo

Para el caso del muestreo, se deberá realizar un muestreo de acuerdo a lo que se explicó en el Capítulo 1 para cada uno de los datos de entrada que se necesitarán para el modelo de simulación.

- **Tasas de Llegada**

Para éste caso se tomará como ejemplo a una de las 45 agencias para poder explicar el procedimiento seguido. Bajo ésta intención se utilizará a la agencia “BOUTIQUE CELULAR AQP”.

En primer lugar se deberá tomar una muestra aleatoria de 30 datos del total disponible de la base de datos original. Es necesario mencionar que como se ha verificado que existen diferencias entre horas, se debe seleccionar 30 datos por cada periodo de 60 minutos como se muestra en la Tabla 3.2.

Tabla 3.2. Muestra de tiempos entre llegadas iniciales por hora (en minutos)

HORA	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
DATOS	0:02:30	0:00:25	0:02:03	0:00:38	0:02:20	0:03:37	0:00:44	0:09:16	0:03:06	0:00:22
	0:01:11	0:00:36	0:00:21	0:00:31	0:01:20	0:00:10	0:00:14	0:01:22	0:01:54	0:00:25
	0:01:39	0:00:49	0:00:21	0:00:20	0:13:53	0:01:17	0:03:20	0:05:37	0:01:12	0:00:59
	0:02:47	0:00:47	0:02:02	0:01:38	0:00:50	0:00:27	0:04:53	0:00:19	0:00:25	0:00:44
	0:01:17	0:02:24	0:00:34	0:01:05	0:00:22	0:01:43	0:16:22	0:00:28	0:00:30	0:01:01
	0:00:18	0:00:41	0:02:04	0:01:41	0:00:52	0:05:07	0:02:26	0:01:29	0:01:47	0:00:21
	0:01:32	0:00:52	0:01:34	0:05:06	0:03:02	0:00:52	0:03:17	0:04:53	0:01:34	0:00:23
	0:00:24	0:00:19	0:00:41	0:00:40	0:00:15	0:02:26	0:01:38	0:03:50	0:00:45	0:01:34
	0:04:24	0:02:46	0:03:31	0:00:54	0:00:29	0:00:14	0:00:32	0:00:16	0:00:28	0:00:30
	0:01:30	0:02:00	0:00:51	0:03:16	0:01:38	0:00:29	0:00:19	0:19:38	0:00:39	0:00:30
	0:00:41	0:02:32	0:01:02	0:00:55	0:00:14	0:07:24	0:01:17	0:00:11	0:00:39	0:00:37
	0:01:04	0:00:22	0:00:18	0:02:24	0:04:50	0:01:45	0:01:37	0:00:23	0:05:36	0:00:17
	0:00:20	0:05:54	0:02:50	0:00:11	0:01:15	0:06:03	0:00:34	0:00:20	0:01:56	0:00:18
	0:00:43	0:00:23	0:01:00	0:00:25	0:00:13	0:02:29	0:07:57	0:04:54	0:00:58	0:07:14
	0:00:25	0:00:49	0:01:21	0:09:34	0:00:54	0:06:33	0:00:23	0:01:24	0:00:27	0:15:27
	0:00:45	0:06:56	0:00:49	0:01:08	0:00:17	0:09:13	0:03:33	0:01:27	0:00:57	0:00:19
	0:08:08	0:01:26	0:02:50	0:00:17	0:00:53	0:00:40	0:03:00	0:00:45	0:00:22	0:01:09
	0:00:31	0:00:16	0:00:22	0:00:31	0:00:40	0:01:20	0:00:21	0:02:49	0:04:58	0:01:36
	0:06:41	0:05:53	0:00:28	0:03:00	0:00:09	0:00:24	0:00:49	0:03:01	0:00:33	0:00:14
	0:05:55	0:02:45	0:00:36	0:00:53	0:08:25	0:02:16	0:00:09	0:01:12	0:04:02	0:00:23
	0:02:24	0:00:15	0:02:04	0:00:46	0:05:02	0:02:53	0:01:26	0:03:14	0:00:44	0:00:11
	0:07:42	0:01:40	0:00:50	0:01:22	0:00:23	0:00:19	0:01:14	0:04:58	0:02:57	0:00:13
	0:01:05	0:02:33	0:01:59	0:00:52	0:00:40	0:00:52	0:00:21	0:01:11	0:01:24	0:01:21
	0:01:12	0:03:02	0:04:07	0:00:18	0:04:42	0:02:24	0:00:33	0:01:34	0:04:32	0:00:53
	0:01:00	0:02:54	0:03:33	0:01:30	0:03:17	0:04:31	0:02:10	0:01:18	0:01:39	0:05:11
	0:02:57	0:00:19	0:00:13	0:00:33	0:08:00	0:01:29	0:00:25	0:05:14	0:00:51	0:00:13
	0:00:29	0:00:23	0:00:15	0:04:59	0:02:00	0:00:18	0:01:04	0:09:03	0:02:21	0:00:10
	0:05:52	0:01:02	0:00:23	0:01:48	0:01:37	0:00:24	0:02:37	0:00:22	0:04:02	0:08:34
	0:00:24	0:03:22	0:02:30	0:00:36	0:00:30	0:00:46	0:00:30	0:01:39	0:02:08	0:01:41
	0:01:20	0:01:14	0:00:20	0:00:35	0:01:25	0:02:10	0:03:46	0:01:10	0:01:53	0:00:18

Elaboración propia

El paso siguiente será calcular la media y la desviación estándar por cada periodo de 60 minutos. En la Tabla 3.3. se muestra el resultado obtenido al hallar la media y la desviación estándar del periodo de 09:00 a 10:00.

Tabla 3.3. Cálculo de la media y desviación estándar

Hora	9
Media	0:02:14
Desviación estándar	0:02:19

Elaboración propia

A continuación se procede a hallar el tamaño de muestra mediante la fórmula $n_0 = Z_{1-\frac{\alpha}{2}}^2 * \sigma^2 / (\alpha * \mu)^2$ donde $\alpha = 0.05$. Para el caso del ejemplo se obtiene la Tabla 3.4.

Tabla 3.4. Cálculo del tamaño de muestra

Hora	9
Media	0:02:14
Desviación estándar	0:02:19
n_0	1655.5171
error	0.05
n	1656

Elaboración propia

Este procedimiento se deberá realizar independientemente para las distintas agencias debido a que cada una tiene un comportamiento diferente como se concluyó del Anova. El resumen del procedimiento realizado se presenta en el Anexo 4.

- **Tasas de abandono**

Para este caso se obtendrá como una proporción simple dada por número de abandonos/número de arribos teniendo en cuenta el tipo de cliente como se muestra en la Tabla 3.5.

Tabla 3.5. Tasas de Abandono

Tipo Cliente	Objetivo
Residencial Alto Valor	3%
Negocios Alto Valor	0.5%
Resto Clientes Residencial	15.4%
Resto Clientes Negocios	16.78%
General	13.25%

Elaboración propia

- **Tasas de Servicio**

Similarmente al caso de Tasas de arribo, para la tasa de servicio se procedió a seleccionar una muestra de 30 elementos de la cual se procedió al cálculo del tamaño de muestra a escoger. Ver Anexo 4.

Como siguiente paso se procede a ingresar la muestra con el tamaño calculado al *Input Analyzer* para obtener la distribución que más se ajusta a la realidad. Ver Anexo 5.

3.1.3. Análisis de datos

- **Tasas de llegada**

Como se había mencionado anteriormente, por la cantidad de datos que se tiene, se ha considerado utilizar el *Input Analyzer* del ARENA con lo cual se obtuvieron las siguientes distribuciones.

Luego de encontrar el tamaño de muestra que se debe seleccionar, se procede a extraer dicha muestra y se deberá guardar los datos en un bloc de notas.

A continuación se deberá ingresar al *Input Analyzer* y en una nueva hoja se deberá cargar dicho archivo como se muestra en la Figura 3.1.

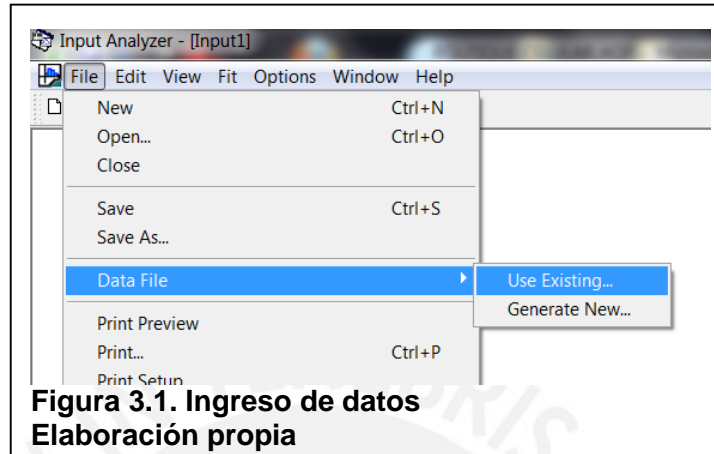


Figura 3.1. Ingreso de datos
Elaboración propia

Después de cargar la data se deberá probar cada distribución conocida para poder encontrar la que mejor se ajuste a los datos que se han ingresado. Para ello se utilizará la opción *Fit All*, como se muestra en la Figura 3.2, que nos permitirá compararlo con todas las distribuciones disponibles y nos dará como resultado aquella que mejor se ajuste a la distribución real del sistema.

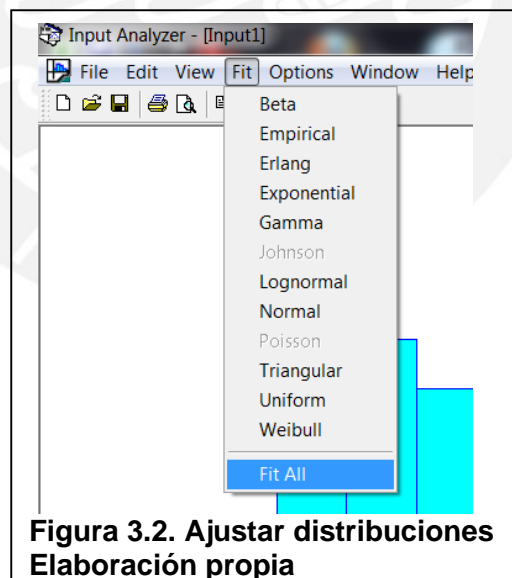
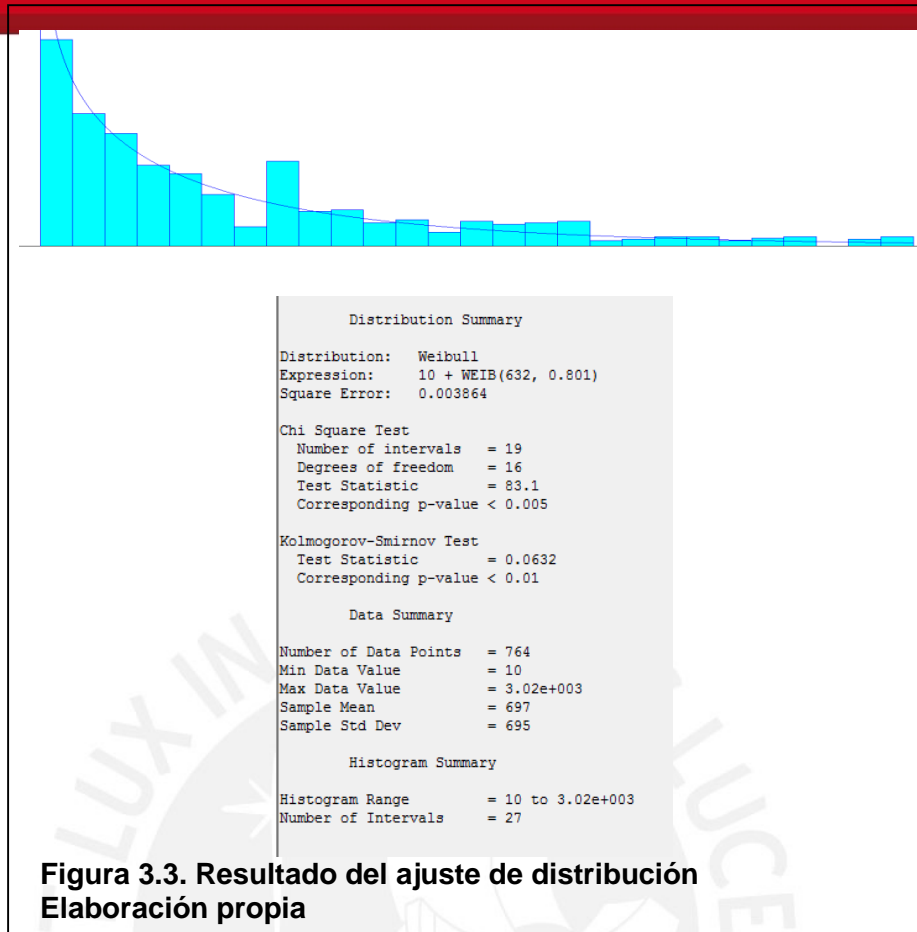


Figura 3.2. Ajustar distribuciones
Elaboración propia

Al realizar dicha operación, se obtiene la información que se presenta en la Figura 3.3.



De la Figura 3.3. se obtiene que la distribución que se deberá ingresar al *CREATE* del modelo de simulación será $10 + WEIB(632,0.801)$.

Del mismo modo se deberá realizar el procedimiento descrito para cada hora y cada agencia. Ver Anexo 5.

- **Tasas de abandono**

Las tasas de abandono no necesitan mayor análisis debido a que solo serán calculadas de la base de datos original por medio de una proporción simple dada por número de abandonos/número de arribos.

- **Tasas de Servicio**

Se realiza un análisis similar al de las tasas de llegada. La diferencia es que no se separará por hora debido a que ésta variable no afecta directamente al tiempo que tarda el operador en atender a un cliente. Ver Anexo 5.

CAPITULO 4. DESARROLLO DEL MODELO

En este capítulo se presentará el modelo de simulación basado en la información recolectada en el capítulo anterior; además, se definirán los supuestos necesarios para que el modelo pueda correr sin ningún contratiempo como también se detallará paso a paso mostrando los bloques y elementos utilizados en el software Arena para realizar la simulación.

4.1. Definiciones

En esta parte se tomarán los principales elementos a considerar para proceder a diagramar el modelo como las entidades, recursos, horarios y colas, así como una definición de los tickets que se utilizarán como tipo de cliente.

4.1.1. Entidades

Las entidades que se emplearán en el sistema son los clientes que arriban a las tiendas. Estos clientes tienen diferentes tasas de arribo que dependerán de la hora de llegada del día que se esté analizando y tienen un ticket especial que se les asigna como se muestra en la Tabla 4.1.

Tabla 4.1. Tipo de Ticket

Segmento	Ticket Transacción	Ticket Cambio de Equipo	Definición Tipo de Cliente
Negocios	TD	CQTD	Alto Valor Negocios
	N	CQN	Resto Negocios
	SEE		Cliente Especial Negocios
Residencial	PL	CQPL	Alto Valor Residencial
	PR	CQRP	Resto Residencial
	SE		Cliente Especial Residencial
	PE	CQPE	Prepago
	VR		Atención Rápida

Elaboración propia

4.1.2. Atributos

Cuando el cliente llega a la tienda es recibido por una anfitriona que le pregunta el tipo de trámite que va a realizar para poder asignarle el tipo de ticket (en el caso del modelo se le asignará el atributo de **tipo_ticket**), por ejemplo, si es cambio de equipo se le entregará el ticket correspondiente a ese tipo de transacción de la tercera columna de la Tabla 4.1., posterior a eso se digita el número de teléfono del cliente en la ticketera el cuál devuelve con un número de atención dependiendo del tipo de cliente al que pertenezca. Es en este momento que en el modelo se le asignará a dicha entidad el atributo de **t_llegada**.

Luego de que el cliente tiene su ticket pasa un tiempo de espera en cola hasta que sea llamado por una ventanilla, instante en el que se le asignará el atributo **t_asignación**; el tiempo que transcurre entre el tiempo de asignación y el de llegada se le llamará **t_espera** que también será un atributo para la entidad.

Además, al concluir la atención en ventanilla, será el momento en que se le asignará el atributo de **t_fin_atención**, esto debido a que el cliente procederá a retirarse de la tienda, culminada la transacción que fue a realizar dicha entidad en el caso del modelo de simulación.

En la Tabla 4.2. se puede apreciar un resumen de los atributos que se necesitarán en el modelado del sistema.

Tabla 4.2. Tabla Resumen de Atributos

Atributo	Descripción
tipo_ticket	Indica el tipo de ticket que se le asigna al cliente para que sea tratado por el sistema según corresponda.
t_llegada	Representa el instante en que la entidad recibe el ticket de la anfitriona.
t_asignación	Representa el instante en el que una ventanilla llama a un ticket para que sea atendido.
t_espera	Es el tiempo que la entidad se encontró esperando en la cola desde el momento que llegó y recibió su ticket hasta que fue asignado a una ventanilla.
t_fin_atención	Representa el tiempo en el que la entidad termina el trámite que fue a realizar y deja la ventanilla.

Elaboración propia

4.1.3. Recursos

Los recursos que se utilizarán en el modelo serán las ventanillas disponibles de atención en la tienda. La configuración de cada ventanilla, como está parametrizada actualmente, no tiene atención exclusiva para cada tipo de ticket, pudiendo atender cualquier tipo de ticket dependiendo de la cantidad de entidades que se encuentren en espera en la tienda.

4.1.4. Horarios

El horario que se empleará en el modelo será el mismo para cualquier tienda a simular y será de un intervalo de 9 horas de 9:00 a.m. a 06:00 p.m.

Sin embargo, es necesario mencionar que la tienda se encontrará abierta hasta las 06:00 p.m. hora en que no se permitirá el ingreso de ninguna otra entidad y se atenderán a aquellas que aún se encuentren dentro de la tienda.

4.1.5. Colas

En el sistema real se cuenta con una única cola, en la que cualquier tipo de cliente tiene que esperar hasta que la ventanilla llame su número de ticket, el cual hace diferencia en la importancia del cliente para la empresa. Para el caso del modelo se empleará una cola por cada tipo de cliente solo para poder hacer más sencillo la selección y asignación de dicha entidad a algún recurso que se encuentre disponible en dicho momento.

Empleando la notación de Kendall, el modelo presenta un modelo de colas $GI/GI/N1/GD/N2/\infty$, donde $N1$ representa la cantidad de servidores en paralelo; y $N2$ representa el número máximo admisible de clientes en el sistema, son variables que dependen de cada tienda en estudio.

4.2. Supuestos del modelo de simulación

Para el modelo planteado se emplearán los siguientes supuestos:

- El tiempo de traslado desde su ubicación de espera hacia la ventanilla es despreciable.
- Se tomará el porcentaje de abandono de una entidad como un dato que se obtendrá de una proporción debido a que los factores que influyen en la decisión de abandonar la cola son más subjetivos y dependen mucho del tipo de cliente, tiempo del que dispone, hora del día, humor con que se encuentre, entre otros.

- Se asumirá que el tiempo que demora el operador en presionar el botón para llamar a otro ticket una vez culminado con el anterior será despreciable.
- Se considerará que todas las transacciones se han realizado con éxito debido a que en la data disponible no se encuentra la información de cuáles de los trámites no se pudieron concretar.
- El tiempo entre que el cliente llega al establecimiento hasta que recibe el ticket se considerará despreciable debido a que esa información no se proporciona en la data obtenida.
- Se considerará que las ventanillas no contarán con ningún tipo de falla y estarán disponible en todo momento del horario de atención.

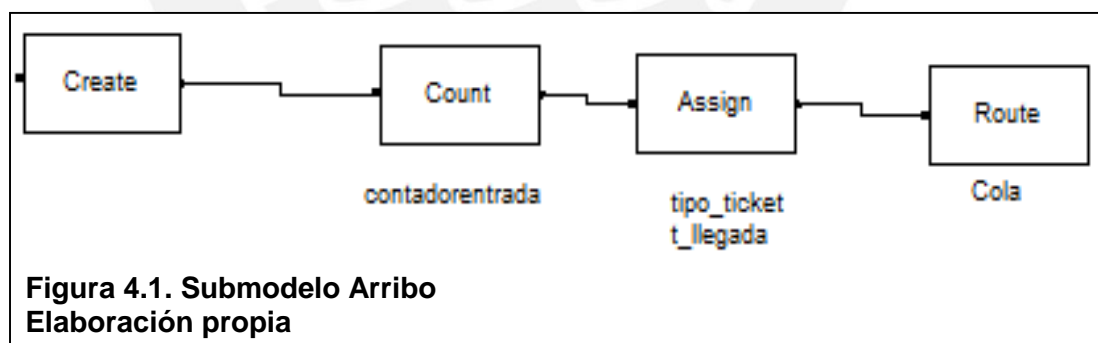
4.3. Desarrollo y documentación del modelo de simulación

Se desarrolla el modelo en el software Arena y se va dividir en 3 fases:

- Simulación de llegada de clientes
- Simulación de espera en cola
- Simulación de Atención en Ventanilla

4.3.1. Simulación de llegada de clientes

Se crea un submodelo llamado “Arribos” en donde se crearán los elementos necesarios para la simulación de arribo de clientes, se observa en la Figura 4.1.



Se tiene el bloque “Create” donde se darán los parámetros necesarios para la entrada de clientes/entidades al sistema. En la Tabla 4.3. se muestra los principales parámetros usados.

El segundo bloque utilizado es el “Count” cuya función es contar cuantas entidades entran al sistema y el tercer bloque es el “Assign” donde se les dará 2 atributos a todas las entidades entrantes: tipo de ticket y hora de llegada. En la Tabla 4.4. se muestran los parámetros usados.

Tabla 4.3. Bloque Create

Operand	Valor	Significado
Batch Size	1	Cantidad de entidades que entran al sistema por cada creación.
Interval	$(t_{now} \leq 3600) * (8 + 2.19e+003 * BETA(0.545, 9.17)) + (t_{now} \leq 7200 \&\& t_{now} > 3600) * (7 + LOGN(120, 202)) + (t_{now} \leq 10800 \&\& t_{now} > 7200) * (11 + WEIB(86.2, 0.878)) + (t_{now} \leq 14400 \&\& t_{now} > 10800) * (10 + WEIB(100, 0.882)) + (t_{now} \leq 18000 \&\& t_{now} > 14400) * (8 + 1.43e+003 * BETA(0.594, 6.48)) + (t_{now} \leq 21600 \&\& t_{now} > 18000) * (9 + 1.97e+003 * BETA(0.438, 6.12)) + (t_{now} \leq 25200 \&\& t_{now} > 21600) * (10 + 1.85e+003 * BETA(0.478, 5.68)) + (t_{now} \leq 28800 \&\& t_{now} > 25200) * (9 + LOGN(139, 342)) + (t_{now} \leq 32400 \&\& t_{now} > 28800) * (9 + LOGN(112, 217)) + (t_{now} \leq 36000 \&\& t_{now} > 32400) * (10 + LOGN(151, 786))$	Se define un ratio de creación por hora, pues en la mañana se podría recibir más clientes que en la tarde, y para representar éste escenario se dio configuración al modelo.
Maximum Batches	$1000000 * (t_{now} \leq 36000)$	Se escribe esta línea para que el modelo corra hasta que la última entidad sea atendida aún cuando la tienda haya cerrado.

Elaboración propia

Tabla 4.4. Bloque Assign

Atributo	Valor	Significado
Tipo de ticket	DISC(0.0014,1,0.0170,2,0.0172,3,0.0468,4,0.0668,5,0.0786,6,0.2699,7,0.2699,8,0.2723,9,0.5159,10,0.5379,11,0.9983,12,1,13)	Se describe la probabilidad de llegada de los diferentes tipos de cliente con la marcación de los tipos de ticket.
Tiempo de llegada	Tnow	Este valor representa el momento de llegada del cliente, se necesitará para cálculos posteriores como hallar el tiempo de espera del cliente.

Elaboración propia

Con estos dos bloques principales se representa la llegada de clientes y la entrega de tickets, en este momento el cliente/entidad pasa a esperar a una cola ficticia creada por el programa para representar las colas internas.

4.3.2. Simulación de Espera en Cola

Se crea el segundo submodelo que se llamará “Cola” para representar el ordenamiento interno de los clientes en colas, así como el orden de llamado de estos a ventanilla, tal y como se observa en el submodelo en la Figura 4.2.

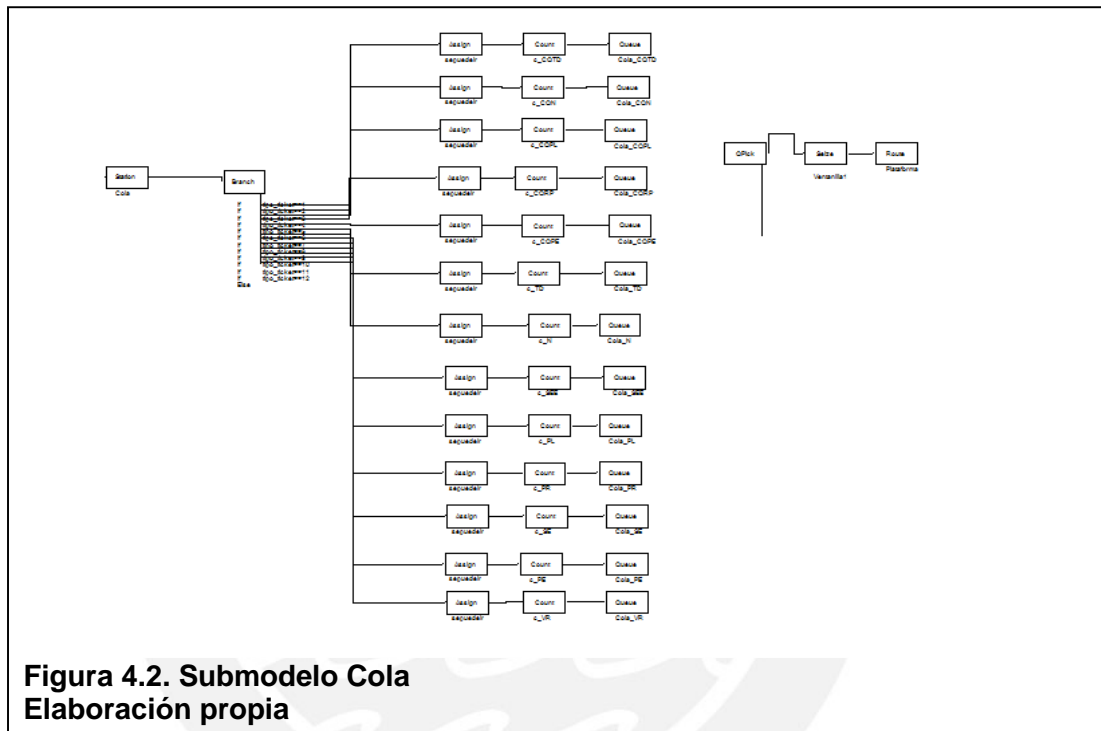
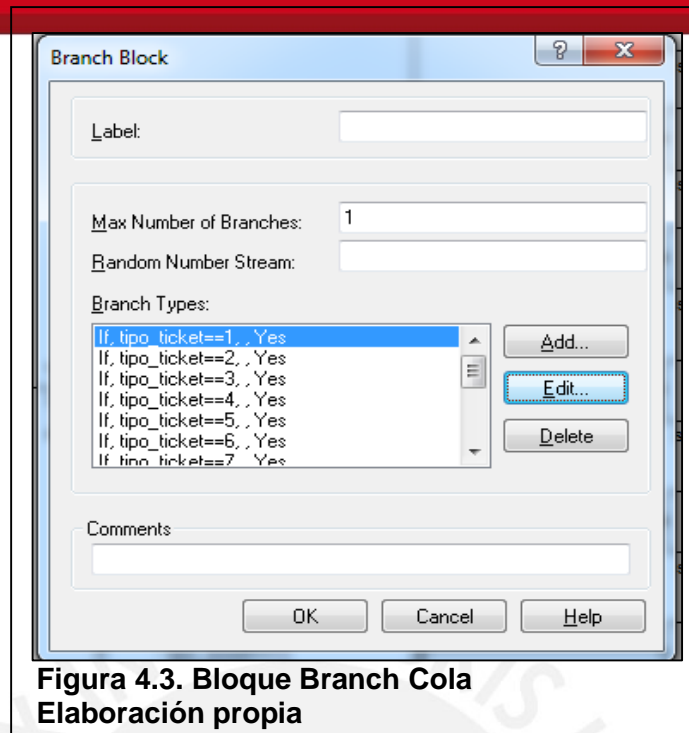


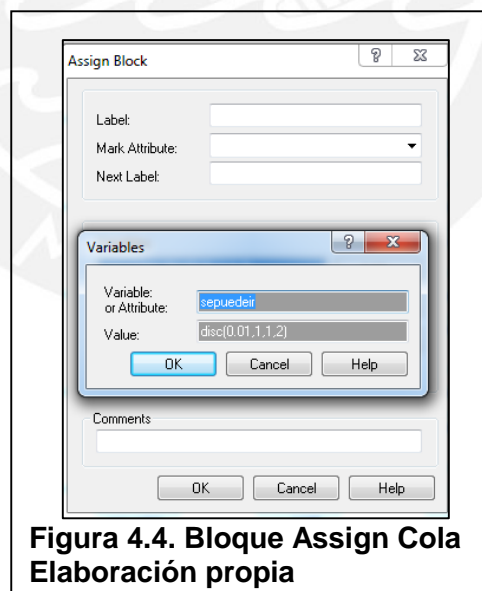
Figura 4.2. Submodelo Cola
Elaboración propia

Se tiene el bloque “Branch” que sirve para separar entidades por algún tipo de criterio como atributo, tiempo u otro. En nuestro caso se separa por el atributo tipo de ticket para crear colas ficticias por cada tipo de ticket, esto con el fin de poder dar la prioridad de atención a los clientes de mayor valor para la empresa. En la Figura 4.3. se aprecian los parámetros del bloque.



**Figura 4.3. Bloque Branch Cola
Elaboración propia**

Luego que se tienen separados los clientes por tickets se les asigna un atributo de abandono, los cuales se ingresarán por probabilidades; es decir, el 1% del total de clientes que se acercan a tienda a ser atendidos no terminan en una atención, sino que desisten y se van de la tienda, ésta condición se ingresa al modelo con el bloque “Assign”, tal y como se observa en la Figura 4.4.



**Figura 4.4. Bloque Assign Cola
Elaboración propia**

Posterior a este paso se coloca un contador para saber cuántos clientes se tienen por cada tipo de cliente que llega a la tienda y luego pasan a las colas ficticias creadas por el sistema para representar este escenario.

En la Figura 4.5 se observa un bloque “Queue”, pues se tiene uno por cada tipo de cliente, con los parámetros necesarios.

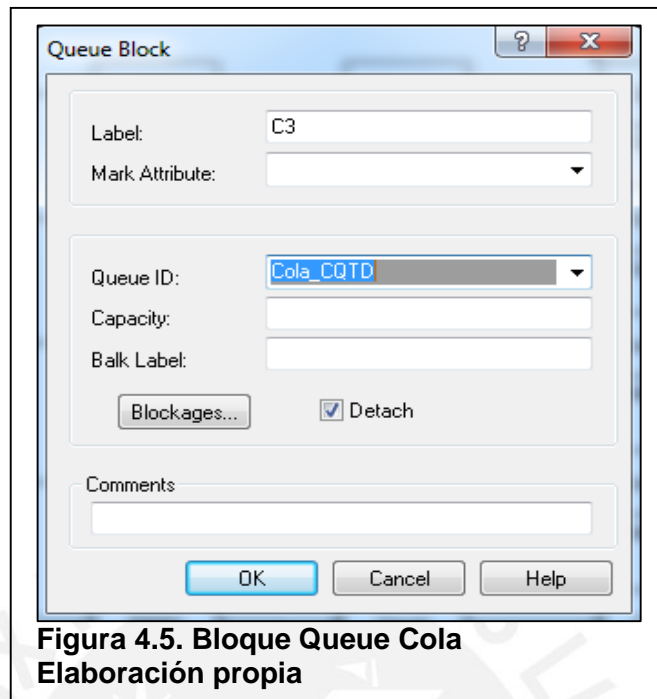


Figura 4.5. Bloque Queue Cola
Elaboración propia

En la Tabla 4.3.3 se describen los parámetros de este bloque.

Tabla 4.5. Bloque Queue

Operand	Valor	Significado
Label	C3	Es el nombre de la cola que se usará para otorgar la prioridad de llamada entre los tipos de clientes
Queue ID	Cola_CQTD	Nombre de la cola para el sistema

Elaboración propia

Una vez definida las colas internas de los tipos de clientes, entonces se procederá a otorgarles prioridad de llamado entre ellas, para esto se utilizará el bloque “QPick”, como se observa en la Figura 4.6.

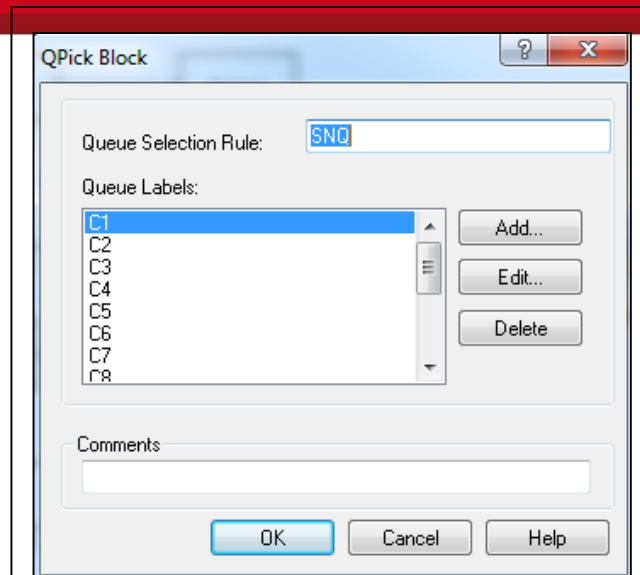


Figura 4.6. Bloque QPick Cola
Elaboración propia

En el listado mostrado se coloca los “Queue Label” definidos para cada cola, y en el orden en el que ésta será la prioridad de llamada de las ventanillas disponibles.

Posterior a este paso, cuando el cliente/entidad es llamado por una ventanilla disponible se le asigna un recurso, en este caso asesor/ventanilla, para lograr esto se usa el bloque “Seize” que asigna un recurso disponible a una entidad en espera, como se observa en la Figura 4.7.

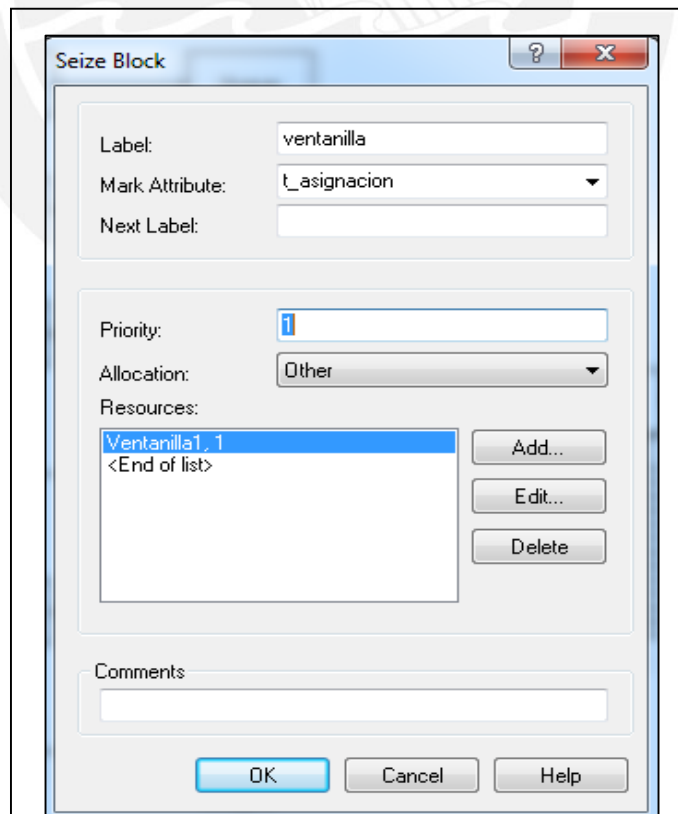
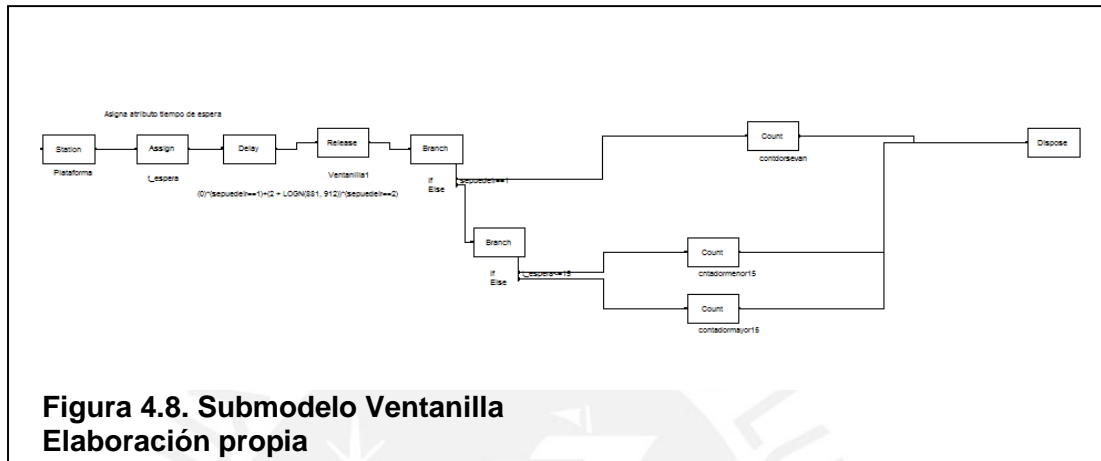


Figura 4.7. Bloque Seize Cola
Elaboración propia

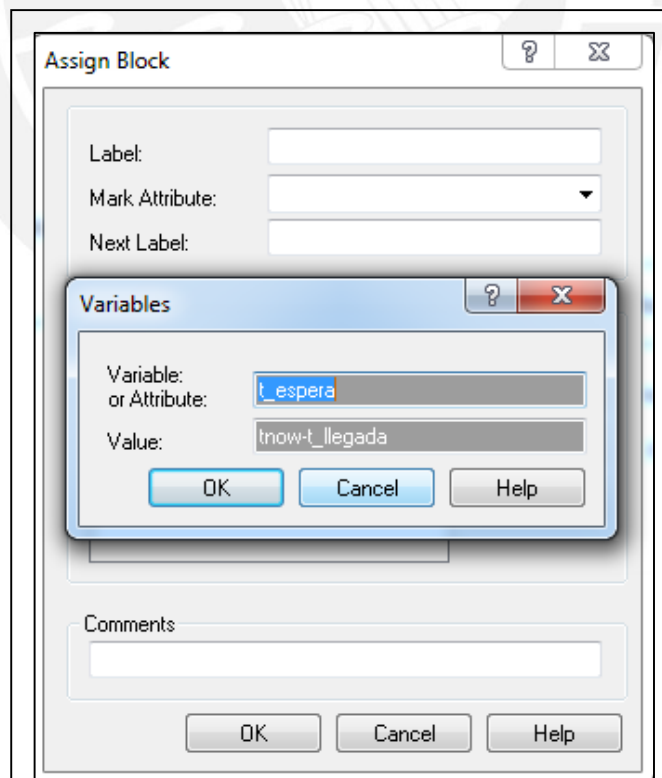
Como añadido final, se le coloca a la entidad un atributo de hora de asignación que servirá para el cálculo posterior de tiempo de espera del cliente.

4.3.3. Simulación de Atención en Ventanilla

Se crea el tercer submodelo llamado “Ventanilla” para representar la atención de los clientes al ser llamados para atención como se observa en la Figura 4.8.



Cuando el cliente es llamado para ser atendido se le marca otro atributo adicional que se llamará *t_espera*, para obtener el tiempo de espera del cliente, se utiliza un bloque “Assign” como se observa en la Figura 4.9.



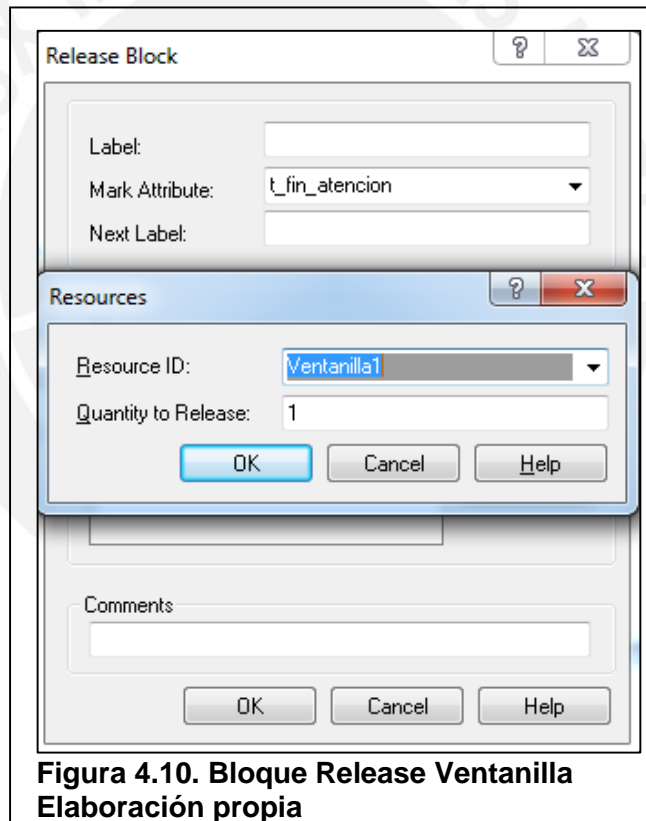
Luego que se tienen marcados los hitos de tiempo importantes para el modelo se procede a representar la atención en ventanilla, para este caso se utiliza el bloque “Delay”, como se observa en la Tabla 4.6.

Tabla 4.6. Bloque Delay

Operand	Valor	Significado
Duration	$(0) * (\text{sepuedeir} == 1) + (2 + \text{LOGN}(881, 912)) * (\text{sepuedeir} == 2)$	Se coloca una condicional si el cliente es un abandono, que de ser así tendrá un tiempo de atención a cero; es decir, la entidad pasa instantáneamente.

Elaboración propia

Luego que el cliente termina de ser atendido se procede a liberar el recurso para que pueda atender al siguiente cliente en prioridad, para este caso se utiliza el bloque “Release”, como se observa en la Figura 4.10.



Luego que las entidades han pasado por el sistema se procede al cálculo del Nivel de Servicio y al cálculo estimado de las ventas cruzadas o cross selling, para esto se hace uso de bloques “Counters” auxiliares, bloques “Branch” y el element “Dstats”, como se muestra en la Tabla 4.7

Tabla 4.7. Bloques Auxiliares

Bloque / Element	Operand	Valor	Significado
Counter sevan	Counter Increment	1	Cuenta la cantidad de entidades que salen como no atendidas.
Counter t_espera <15 min	Counter Increment	1	Cuenta la cantidad de clientes tuvieron un tiempo de espera menor a 15 min.
Counter t_espera >15 min	Counter Increment	1	Cuenta la cantidad de clientes que tuvieron un tiempo de espera mayor a 15 min.
Counter crossseling si	Counter Increment	1	Cuenta la cantidad de clientes que aceptaron la venta cruzada.
Counter crossseling no	Counter Increment	1	Cuenta la cantidad de clientes que no aceptaron la venta cruzada.
Branch t_espera <15 min	Condition or Probability	t_espera <= 900	Este bloque separa las entidades con un tiempo de espera menor a 15 min de las que no.
Branch tiempo espera < 10 min	Condition or Probability	t_espera <= 600	Este bloque separa las entidades con un tiempo de espera menor a 10 min de las que no.
Branch abandono	Condition or Probability	sepuedeir == 1	Los que tengan el atributo 1 serán separados de los atendidos.
Branch cross selling	Condition or Probability	0.12	Para una tienda en especial la probabilidad de que el cliente acepte la venta cruzada es del 12%.
Dstats	Siman Expression	$NC(\text{cntadormenor15}) / (NC(\text{contadorentada}) - NC(\text{contdorsevan}) + 0.0000000000000001)$	Es una división entre los atendidos con tiempo de espera menor a 15 min entre el total de atendidos.

Elaboración propia

Por último, se utiliza para fines de recolección de data, el bloque “Read/Write” que recopilará los datos necesarios del modelo para futuros análisis estadísticos.

Tras todos estos cálculos las entidades ya pueden salir del modelo a través del bloque Dispose.

CAPÍTULO 5. ANÁLISIS Y VALIDACIÓN DEL MODELO

5.1. Validación y análisis de resultados

5.1.1. Validación

El modelo de simulación creado consta de varios submodelos que representan a cada oficina con las que cuenta la empresa en estudio. Este modelo se basa en los datos obtenidos de los reportes del Bmatic y Qmatic como se mencionó en el acápite 2.2.2.

En cada una de las oficinas se replicó un mes para validar el estudio. Los resultados que se obtuvieron de la simulación se registraron en un reporte similar al del registro base obtenidos del Sistema Administrador de Colas consultado con la finalidad de poder ser comparados con una mayor facilidad.

El reporte que se generó a partir del resultado del modelo de simulación es un archivo Excel que cuenta con los siguientes campos:

- Número de Réplica
- Número de Entidad
- Tipo de ticket
- Hora de llegada
- Hora de asignación
- Hora de fin de atención
- Tiempo de espera en cola
- Abandono

La validación del modelo de simulación se logrará mediante intervalos de confianza al 95% de los valores históricos de la base de datos base comparados contra los resultados obtenidos de la simulación como se muestra en la Tabla 5.1.

A partir de los resultados de la simulación, se obtuvo un reporte del cual se hicieron los cálculos respectivos para contrastarlos con los de la base de datos original como se muestra en la Tabla 5.2.

Por la cantidad de tiendas con que cuenta la empresa, alrededor de 35, realizar un análisis de cada uno sería repetitivo, por ello se consideró tomar solo las más representativas tomando como criterio las de mayor flujo de clientes.

Tabla 5.1. Intervalos de confianza al 95%

Agencia	Arribos	Espera (min.)	Nivel de Servicio
CAV San Borja	[470 - 570]	[00:08:10 - 00:16:03]	[64.72% - 81.29%]
CAV Camino Real	[422 - 468]	[00:06:51 - 00:11:04]	[69.24% - 84.58%]
Overlandes San Miguel	[398 - 451]	[00:08:29 - 00:10:53]	[72.47% - 83.43%]
Agencia Ayacucho	[147 - 194]	[00:09:19 - 00:15:53]	[53.33% - 75.18%]
CAV Chiclayo	[334 - 377]	[00:15:29 - 00:21:24]	[62.07% - 76.15%]

Elaboración propia

Tabla 5.2. Resultados del modelo de simulación

Agencia	Arribos	Espera (min.)	Nivel de Servicio
CAV San Borja	537	00:15:58	79.85%
CAV Camino Real	467	00:10:08	84.46%
Overlandes San Miguel	400	00:10:11	82.40%
Agencia Ayacucho	165	00:12:48	73.70%
CAV Chiclayo	363	00:17:07	75.87%

Elaboración propia

- **CAV San Borja:** según los datos obtenidos de la corrida del modelo de simulación, se tiene que el promedio de arribos diarios es de 537, el tiempo de espera promedio es de 00:15:58, y el nivel de servicio promedio es de 79.85%.
- **CAV Camino Real:** según los datos obtenidos de la corrida del modelo de simulación, se tiene que el promedio de arribos diarios es de 467, el tiempo de espera promedio es de 00:10:08, y el nivel de servicio promedio es de 84.46%.
- **Overlandes San Miguel:** según los datos obtenidos de la corrida del modelo de simulación, se tiene que el promedio de arribos diarios es de 400, el tiempo de espera promedio es de 00:10:11, y el nivel de servicio promedio es de 82.40%.
- **Agencia Ayacucho:** según los datos obtenidos de la corrida del modelo de simulación, se tiene que el promedio de arribos diarios es de 165, el tiempo

de espera promedio es de 00:12:48, y el nivel de servicio promedio es de 73.70%.

- **CAV Chiclayo:** según los datos obtenidos de la corrida del modelo de simulación, se tiene que el promedio de arribos diarios es de 363, el tiempo de espera promedio es de 00:17:07, y el nivel de servicio promedio es de 75.87%.

5.1.2. Análisis de resultados

A partir de la comparación entre los valores obtenidos como resultado del modelo de simulación y la base de datos original obtenida de la misma empresa en estudio, se puede apreciar que los valores de la Tabla 5.2. se encuentran dentro de los intervalos previamente calculados en la Tabla 5.1., por lo que se concluye que el modelo creado se ajusta correctamente a la realidad.

Una vez realizado esto, se llega a la conclusión de que el modelo de simulación desarrollado está apto para ser utilizado en el desarrollo de este estudio porque refleja el comportamiento del sistema real y nos mostraría los efectos que tendrían en él si es que se implementan ciertas modificaciones.

CAPÍTULO 6. PROPUESTAS DE MEJORA

6.1. Primera propuesta de mejora

El modelo propuesto mantiene las 3 fases mostradas en el punto 4.3., las cuales son:

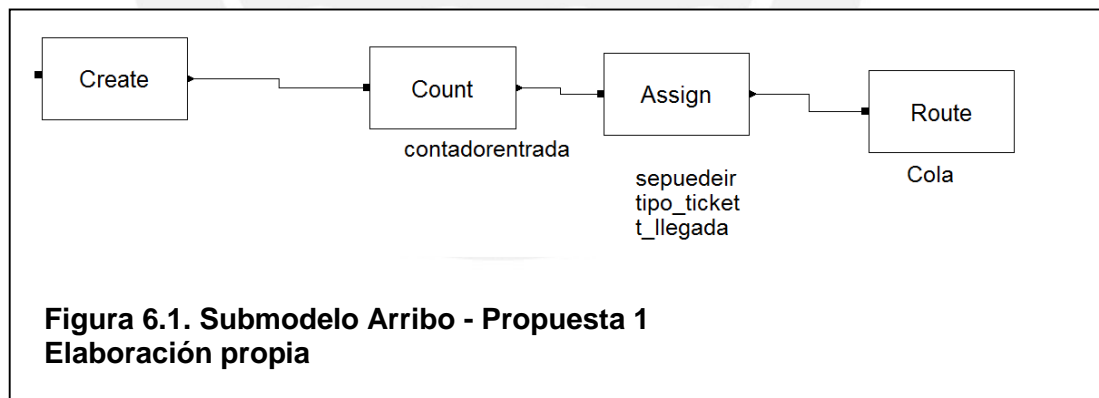
- Simulación de Llegada de clientes
- Simulación de espera en cola
- Simulación de Atención en Ventanilla

Empleando la notación de Kendall, el modelo presenta un modelo de colas

$GI/GI/N1/GD/N2/\infty$, donde N1 representa la cantidad de servidores en paralelo; y N2 representa el número máximo admisible de clientes en el sistema, son variables que dependen de cada tienda en estudio.

6.1.1. Simulación de llegada de clientes

El submodelo con nombre “Arribos”, en donde se crearán los elementos necesarios para la simulación de arribo de clientes, será el mismo al que se observa en la Figura 4.1. La única modificación es que ahora en el bloque “Assign” se le otorgará a la entidad el atributo de abandono del sistema, el cual será determinado por el atributo “sepuedeir” como se muestra en la Figura 6.1. y se explica en la Tabla 6.1.



Los bloques “Create”, “Count” y “Route” mantendrán la estructura mencionada en el acápite 4.3.1.

Tabla 6.1. Bloque Assign - Propuesta 1

Atributo	Valor	Significado
Tipo de ticket	DISC(0.0014,1,0.0170,2,0.0172,3,0.0468,4,0.0668,5,0.0786,6,0.2699,7,0.2699,8,0.2723,9,0.5159,10,0.5379,11,0.9983,12,1,13)	Se describe la probabilidad de llegada de los diferentes tipos de cliente con la marcación de los tipos de ticket.
Tiempo de llegada	Tnow	Este valor representa el momento de llegada del cliente, se necesita para cálculos posteriores como hallar el tiempo de espera del cliente.
Sepuedeir	0.0825	Este valor representa el porcentaje de clientes que abandonan es establecimiento.

Elaboración propia

6.1.2. Simulación de Espera en Cola

El submodelo “Cola”, que representa el ordenamiento interno de los clientes en colas, fue modificado para representar las preferencias que tiene cada ticket, como se puede apreciar en la Figura 6.2.

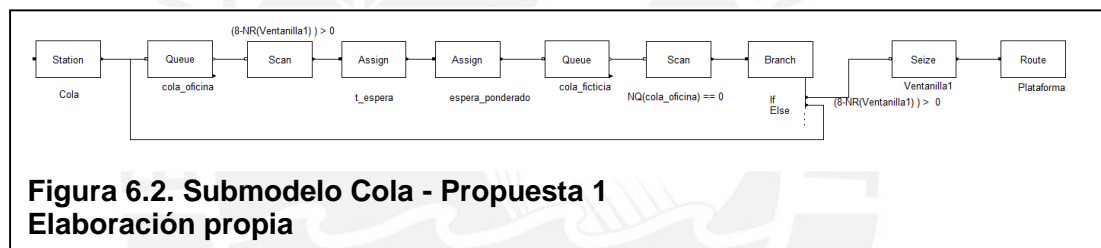


Figura 6.2. Submodelo Cola - Propuesta 1
Elaboración propia

A continuación se explicarán los cambios que se realizaron al submodelo, los cuales son:

- En el modelo propuesto cuenta con una cola principal “cola_oficina” la cual tendrá un sistema de cola FIFO.
- Se agregó un bloque “Scan” que tendrá la función de dejar pasar entidades siempre y cuando un recurso se encuentre desocupado mediante la condición $(9-NR(Ventanilla1)) > 0$, el cual resta del total de ventanillas disponibles el número de recursos en estado de ocupado. El detalle se observa en la Figura 6.3.

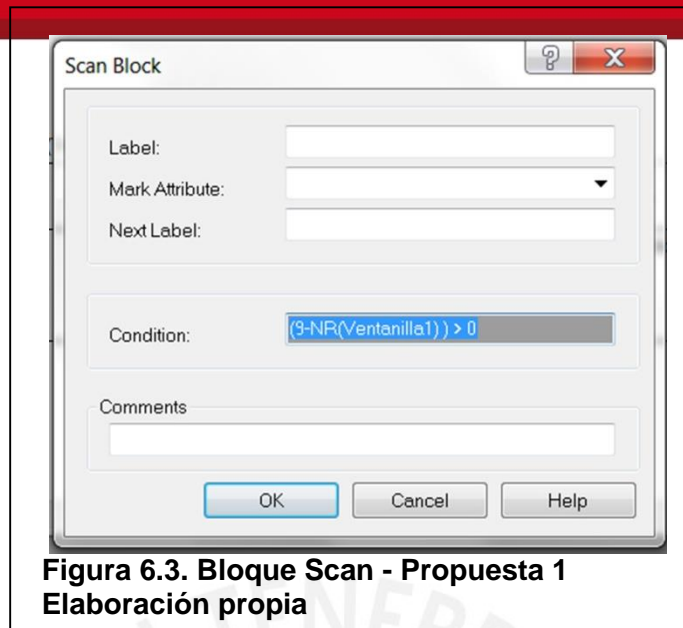


Figura 6.3. Bloque Scan - Propuesta 1
Elaboración propia

- A continuación se agregaron 2 bloques “Assign” que le otorgue primero el tiempo de espera que se calcula mediante la resta del tiempo actual (Tnow) menos el atributo de tiempo de llegada (t_llegada). Luego de ello se le asigna el atributo “espera_ponderado”, el cual multiplica el tiempo de espera por un factor preestablecido de acuerdo a la preferencia del ticket como se muestra en la Tabla 6.2.

Tabla 6.2. Bloque Assign - Propuesta 1

Atributo	Valor	Significado
Espera ponderado	$ \begin{aligned} & ((\text{tipo_ticket} == 1) * t_espera * 100) \\ & + ((\text{tipo_ticket} == 2) * t_espera * 70) + \\ & ((\text{tipo_ticket} == 3) * t_espera * 50) + (\\ & (\text{tipo_ticket} == 4) * t_espera * 50) + (\\ & (\text{tipo_ticket} == 5) * t_espera * 60) + (\\ & (\text{tipo_ticket} == 6) * t_espera * 60) + (\\ & (\text{tipo_ticket} == 7) * t_espera * 300) + (\\ & (\text{tipo_ticket} == 8) * t_espera * 70) + (\\ & (\text{tipo_ticket} == 9) * t_espera * 1000) + \\ & ((\text{tipo_ticket} == 10) * t_espera * 200) \\ & + ((\text{tipo_ticket} == 11) * t_espera * 70) \\ & + ((\text{tipo_ticket} == 12) * t_espera * 40) \\ & + ((\text{tipo_ticket} == 13) * t_espera * 30) \end{aligned} $	A cada ticket se le asigna un número que representa la prioridad que tiene frente a otros tickets que estén en cola en ese instante.

Elaboración propia

- Después de darle los dos atributos, se agregó una cola “cola_ficticia” que ordenará a las entidades de mayor a menor por el atributo “espera_ponderado” por medio del sistema de cola “High Value First” (Valor alto primero).
- Después de la cola antes mencionada se agregó otro bloque “Scan” que se encargará de detener a las entidades hasta que todas las que se encuentren

en la “cola_oficina” tengan su atributo de “espera_ponderado” mediante la expresión $NQ(\text{cola_oficina}) == 0$ como se muestra en la Figura 6.4.

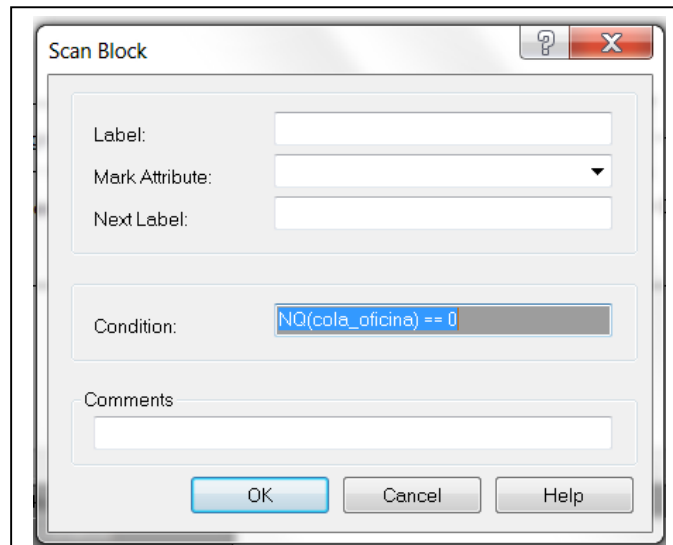


Figura 6.4. Bloque Scan - Propuesta 1
Elaboración propia

- Luego de ello se agregó un bloque “Branch” que deje pasar entidades hasta que encuentren ocupados todos los recursos como se muestra en la Figura 6.5.

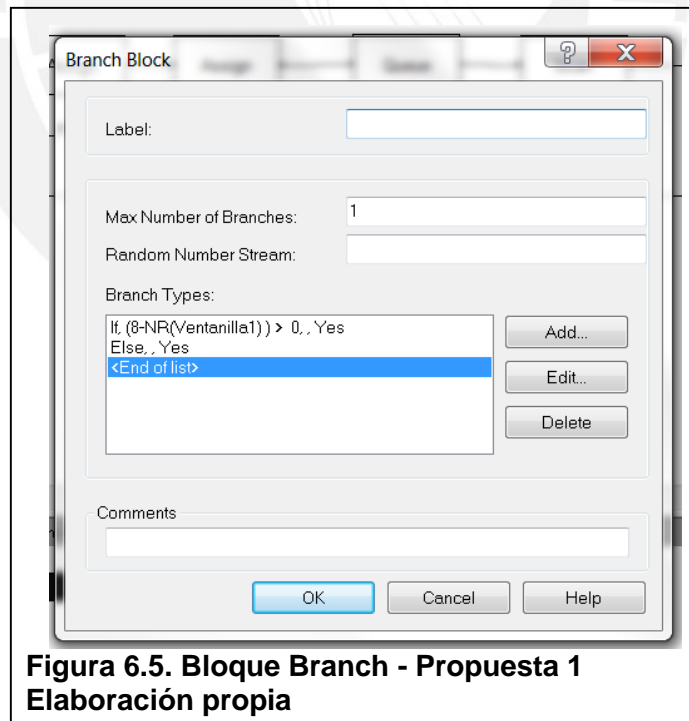


Figura 6.5. Bloque Branch - Propuesta 1
Elaboración propia

- Por último, se añade un bloque “Seize” que asigne la entidad a la ventanilla desocupada y un bloque “Route” que nos traslade al siguiente submodelo.

6.1.3. Simulación de Atención en Ventanilla

El tercer submodelo, llamado “Plataforma”, también fue modificado para obtener más valores que analizar cómo se representa en la Figura 6.6.

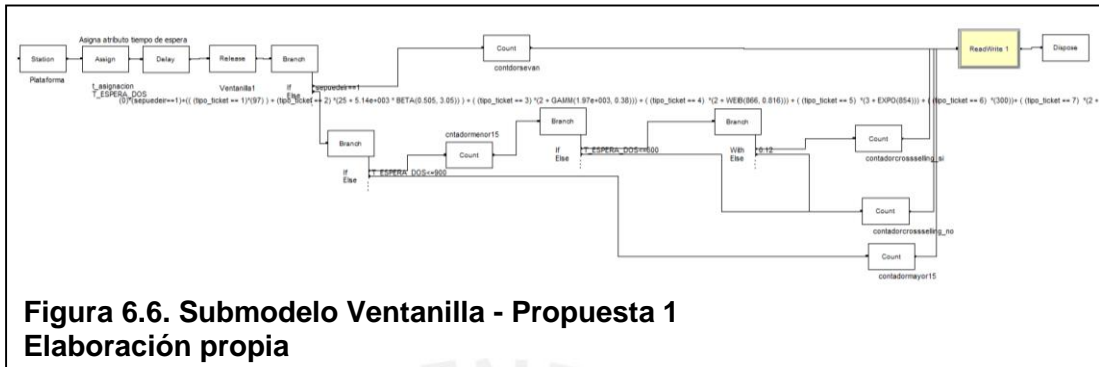


Figura 6.6. Submodelo Ventanilla - Propuesta 1
Elaboración propia

Cuando el cliente es llamado para ser atendido se le marca otro atributo adicional que se llamará *t_asignación*, que representará el instante de tiempo en el que fue asignado a la ventanilla; y además, se le dará el atributo de *T_ESPERA_DOS* que será el tiempo total de espera de la entidad obtenido de la resta de la hora actual (*Tnow*) con el atributo de *t_llegada* como se muestra en la Figura 6.7.

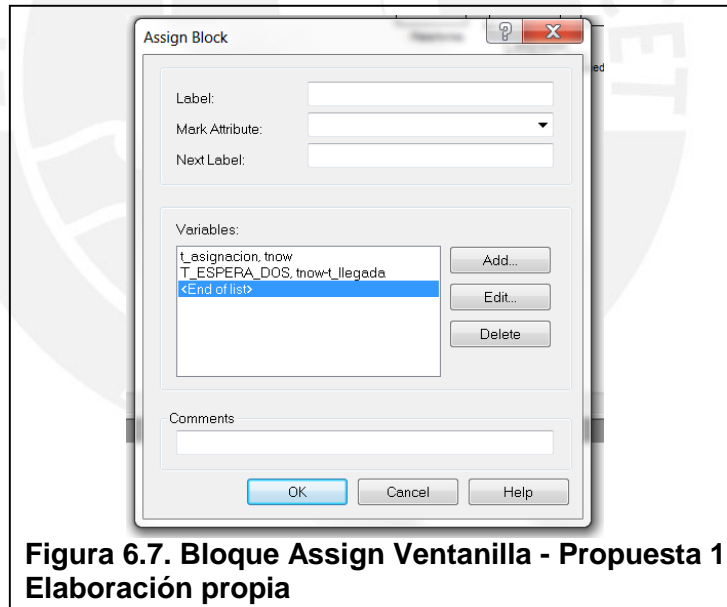


Figura 6.7. Bloque Assign Ventanilla - Propuesta 1
Elaboración propia

Luego que se tienen marcados los hitos de tiempo importantes para el modelo se procede a representar la atención en ventanilla, para este caso se utiliza el bloque Delay que tendrá un tiempo de demora dependiendo del tipo de ticket, como se observa en la Tabla 6.3.

Tabla 6.3. Bloque Delay - Propuesta 1

Operand	Valor	Significado
Duration	$(0) * (\text{sepuedeir} == 1) + ((\text{tipo_ticket} == 1) * (97)) + (\text{tipo_ticket} == 2) * (25 + 5.14e+003 * \text{BETA}(0.505, 3.05)) + ((\text{tipo_ticket} == 3) * (2 + \text{GAMM}(1.97e+003, 0.38))) + ((\text{tipo_ticket} == 4) * (2 + \text{WEIB}(866, 0.816))) + ((\text{tipo_ticket} == 5) * (3 + \text{EXPO}(854))) + ((\text{tipo_ticket} == 6) * (300)) + ((\text{tipo_ticket} == 7) * (2 + \text{EXPO}(768))) + ((\text{tipo_ticket} == 8) * (0)) + ((\text{tipo_ticket} == 9) * (61 + 1.95e+003 * \text{BETA}(0.378, 0.301))) + ((\text{tipo_ticket} == 10) * (2 + \text{WEIB}(725, 1.02))) + ((\text{tipo_ticket} == 11) * (2 + \text{WEIB}(41.1, 0.321))) + ((\text{tipo_ticket} == 12) * (2 + \text{WEIB}(773, 0.959))) + ((\text{tipo_ticket} == 13) * (0.999 + \text{GAMM}(366, 1.38))) * (\text{sepuedeir} == 2)$	Se coloca una condicional si el cliente es un abandono, que de ser así tendrá un tiempo de atención a cero, es decir la entidad pasa instantáneamente.

Elaboración propia

Luego que el cliente termina de ser atendido, se procede a liberar el recurso para que pueda atender al siguiente cliente en prioridad, para este caso se utiliza el bloque “Release”, como se observa en la Figura 6.8

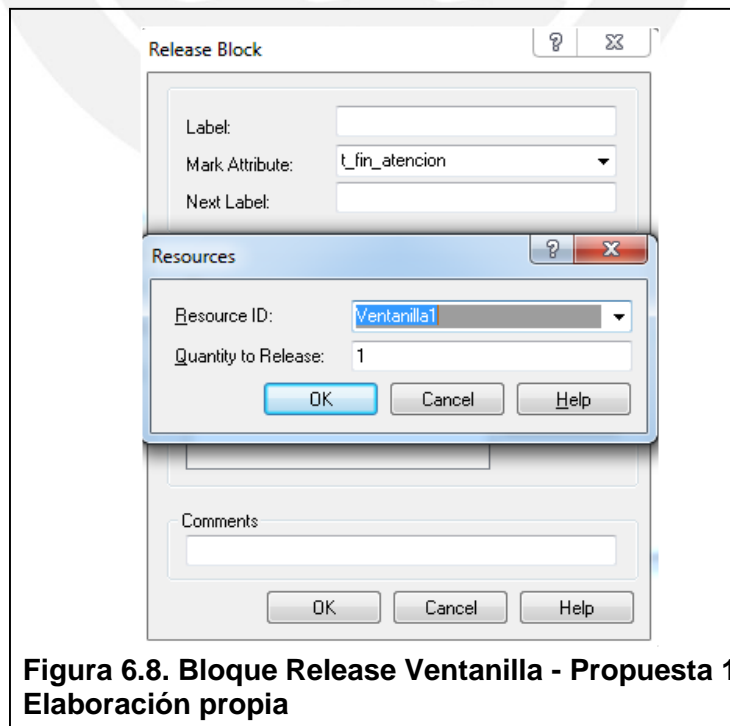


Figura 6.8. Bloque Release Ventanilla - Propuesta 1
Elaboración propia

Luego que las entidades han pasado por el sistema se procede al cálculo del Nivel de Servicio, para esto se hace uso de bloques “Counters” auxiliares, un bloque “Branch” y el element “Dstats”, como se muestra en la Tabla 6.4.

Tras todos estos cálculos las entidades ya pueden salir del modelo a través del bloque “Dispose”.

Tabla 6.4. Bloques Auxiliares - Propuesta 1

Bloque / Element	Operand	Valor	Significado
Branch abandono	Condition or Probability	sepuedeir==1	Los que tengan el atributo 1 serán separados de los atendidos.
Counter abandono	Counter Increment	1	Cuenta la cantidad de entidades que salen como no atendidas.
Branch Tiempo de espera	Condition or Probability	T_ESPERA_DOS<=900	Los que tengan el tiempo de espera final menor igual a 15 minutos serán separados de los que no cumplieron con ese requisito.
Counter T_ESPERA_DOS <15 min	Counter Increment	1	Cuenta la cantidad de clientes que tuvieron un tiempo de espera menor a 15 min.
Counter T_ESPERA_DOS >15 min	Counter Increment	1	Cuenta la cantidad de clientes que tuvieron un tiempo de espera mayor a 15 min.
Branch T_ESPERA_DOS <10 min	Condition or Probability	T_ESPERA_DOS<=600	Este bloque separa las entidades con un tiempo de espera menor a 10 min. de las que no.
Branch de probabilidad de cross-selling	Condition or Probability	With 0.12	Este bloque separa al 12% de las entidades. Estas son en las que efectivamente se le realizó el cross-selling.
Counter crossselling_si	Counter Increment	1	Cuenta la cantidad de clientes que tuvieron el cross-selling.
Counter crossselling_no	Counter Increment	1	Cuenta la cantidad de clientes que no tuvieron el cross-selling.
Dstats	Siman Expression	NC(cntadormenor15)/(NC(contadorentada)-NC(contdorsevan)+0.000000000000000001)	Es una división entre los atendidos con tiempo de espera menor a 15 min entre el total de atendidos.

Elaboración propia

6.2. Segunda propuesta de mejora

La diferencia principal es que esta segunda propuesta le dará una prioridad adicional a aquellas entidades que llegaron primero, pero manteniendo las mismas 3 fases mostradas en el punto 6.1., las cuales son:

- Simulación de llegada de clientes
- Simulación de espera en cola
- Simulación de Atención en Ventanilla

Empleando la notación de Kendall, el modelo presenta dos modelos de colas. Para el primer tipo de servidor se empleará un sistema $GI/GI/N1-x/GD/N2/\infty$, donde $N1$ representa la cantidad de servidores en paralelo; $N2$ representa el número máximo admisible de clientes en el sistema, son variables que dependen de cada tienda en estudio y “ x ” representa el número de servidores del segundo tipo, el cual empleará un sistema $GI/GI/x/FCFS/N2/\infty$.

6.2.1. Simulación de llegada de clientes

El submodelo denominado “Arribos”, en donde se crearán los elementos necesarios para la simulación de arribo de clientes, será el mismo al que se observa en la Figura 6.1. y seguirá contando con el bloque “Assign” que le otorgará a la entidad el atributo de abandono del sistema, el cual será determinado por el atributo “sepuedeir”, como se mostró en la Figura 6.1. y se explicó en la Tabla 6.1.

6.2.2. Simulación de Espera en Cola

El submodelo “Cola” ha sido modificado para que al terminar de asignar cierta cantidad de entidades por medio de la preferencia de tipo de ticket, utilizada en la primera propuesta, escoja a las entidades que tengan los mayores tiempos de espera en el sistema; como se puede apreciar en la Figura 6.9.

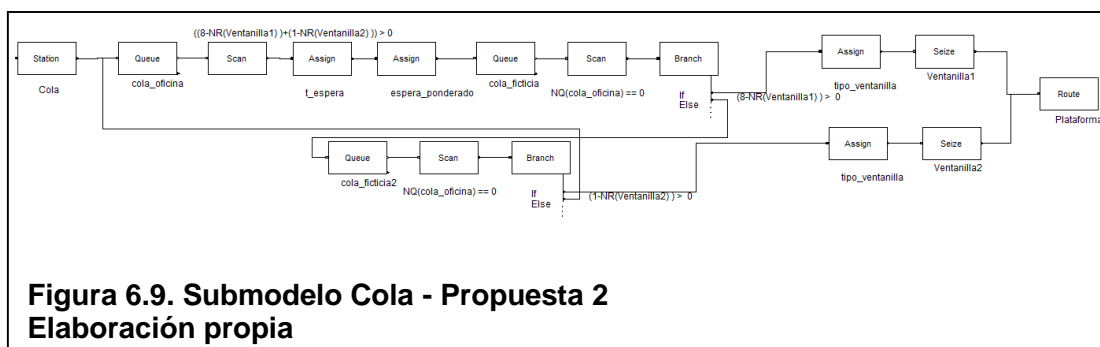
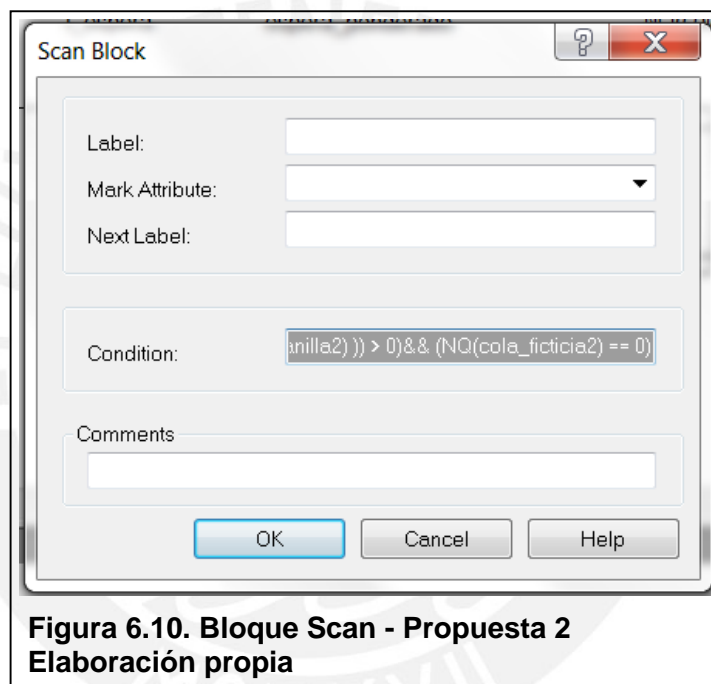


Figura 6.9. Submodelo Cola - Propuesta 2
Elaboración propia

A continuación se explicarán los cambios que se realizaron al submodelo los cuales son:

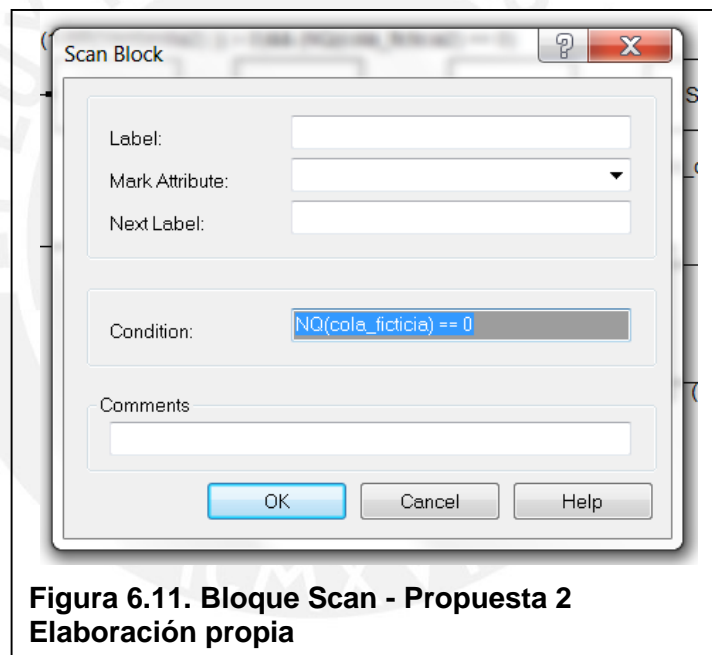
- El modelo de la segunda propuesta cuenta con la misma cola principal, “cola_oficina”, con el sistema de cola FIFO: sin embargo, el bloque “Scan” que le seguía fue modificado para evaluar ahora dos tipos de ventanillas mediante la condición $((8-NR(\text{Ventanilla1}) + (1-NR(\text{Ventanilla2}))) > 0) \&\& (NQ(\text{cola_ficticia2}) == 0)$, el cual resta del total de ventanillas disponibles el número de recursos en estado desocupado y que la “cola_ficticia2” se encuentre vacía, cola que se explicará su función posteriormente. El detalle se observa en la Figura 6.10.



- A continuación, se mantuvieron los 2 bloques “Assign”, que le otorga primero el tiempo de espera que se calcula mediante la resta del tiempo actual (Tnow) menos el atributo de tiempo de llegada (t_llegada). Luego de ello se le asigna el atributo “espera_ponderado”, el cual multiplica el tiempo de espera por un factor preestablecido de acuerdo a la preferencia del ticket como se mostró en la Tabla 6.2.
- Después de darle los dos atributos, la cola “cola_ficticia” se mantiene, la cual ordenará a las entidades de mayor a menor por el atributo “espera_ponderado” por medio del sistema de cola “High Value First” (Valor alto primero).
- Después de la cola antes mencionada, se mantendrá el bloque “Scan” que se encargará de detener a las entidades hasta que todas las que se

encuentren en la “cola_oficina” tengan su atributo de “espera_ponderado” mediante la expresión $NQ(\text{cola_oficina}) == 0$, tal y como se muestra en la Figura 6.4.

- Luego de ello se mantuvo el bloque “Branch” que deje pasar entidades hasta que encuentren ocupados todos los recursos, como se muestra en la Figura 6.5. Sin embargo, estos ya no volverán a la “cola_oficina” como sí lo hacían en la primera propuesta. Ahora las entidades pasarán a la “cola_ficticia2” con el sistema de colas FIFO, en donde las entidades serán ordenadas por su tiempo de espera real.
- Después de la cola antes mencionada se agregó otro bloque “Scan” que se encargará de detener a las entidades hasta que todas se encuentren en la “cola_ficticia2” mediante la expresión $NQ(\text{cola_ficticia}) == 0$, como se muestra en la Figura 6.11.



- Luego de ello se agregó un bloque “Branch” que deje pasar entidades hasta que encuentren ocupados todos los recursos, momento en el cual las entidades no asignadas se enviarán a la “cola_oficina” hasta que algún recurso vuelva a estar disponible.
- Seguido de esto se añade dos bloques “Seize” que asignen a la entidad el tipo de ventanilla desocupada debido a que ahora se cuenta con dos tipos de ventanilla, una con que atiende por la preferencia de ticket y la otra por tiempo de espera real.

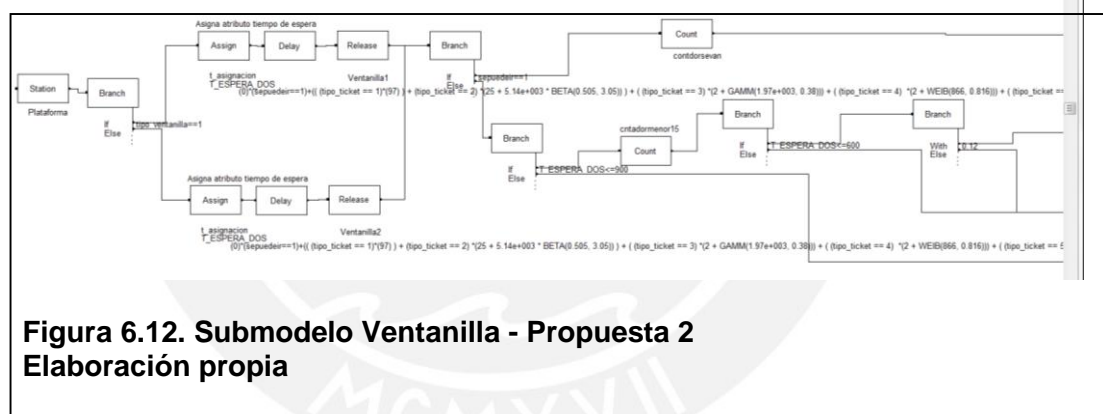
- Y por último, se agrega un bloque “Route” que los traslade al siguiente submodelo.

6.2.3. Simulación de Atención en Ventanilla

El tercer submodelo denominado “Plataforma” fue modificado para poder desasignar las entidades a los dos tipos de ventanillas. Los cambios realizados son:

- Se añadió un bloque “Branch” luego del bloque “Station” para separar las entidades por el atributo tipo de ventanilla.
- Se añadió un bloque “Delay” adicional para el segundo tipo de ventanilla; sin embargo, este mantiene la condición de la primera propuesta, que lo único que se cambia en esta propuesta es la selección de entidades más no el tiempo de atención.
- Se colocó un bloque “Release” más para poder desasignar las entidades asignadas a cada tipo de ventanilla.

Todos los cambios mencionados se representan en la Figura 6.12.



CAPÍTULO 7. Evaluación Técnica y Económica

7.1. Evaluación Técnica

En este punto se procede a evaluar los resultados generales de los modelos de simulación bajo 6 escenarios:

- Modelo Original
- Modelo Original con Optquest
- Modelo Mejorado - Propuesta 1
- Modelo Mejorado con Optquest - Propuesta 1
- Modelo Mejorado - Propuesta 2
- Modelo Mejorado con Optquest - Propuesta 2

Para ello, se tendrá que definir primero el mejor escenario para la “Propuesta 2” debido a que se tienen que evaluar los escenarios posibles con 2 tipos de ventanillas pero manteniendo la cantidad de ventanillas del modelo original.

7.1.1. Evaluación de la Propuesta 2

Se procederá a evaluar la mejor opción de las posibles combinaciones que se pueden hacer con 2 tipos de ventanillas, teniendo un total de 9 ventanillas disponibles como en el modelo original.

En la Tabla 7.1. se muestran las posibles combinaciones.

Tabla 7.1. Combinaciones posibles de la propuesta 2

Escenario	Número ventanillas tipo 1	Número ventanillas tipo 2
1	8	1
2	7	2
3	6	3
4	5	4
5	4	5
6	3	6
7	2	7
8	1	8
9	0	9

Elaboración propia

Se procederá a evaluar el resultado del modelo en ARENA de cada escenario por dos factores, el primero es el tiempo de espera promedio por ticket y el segundo es por el NDS (nivel de servicio) por ticket.

Para poder apreciar de una manera más fácil y ordenada se procederá a agruparlos en grupos de 3 tickets, para luego proceder a escoger el escenario que tenga mejores resultados.

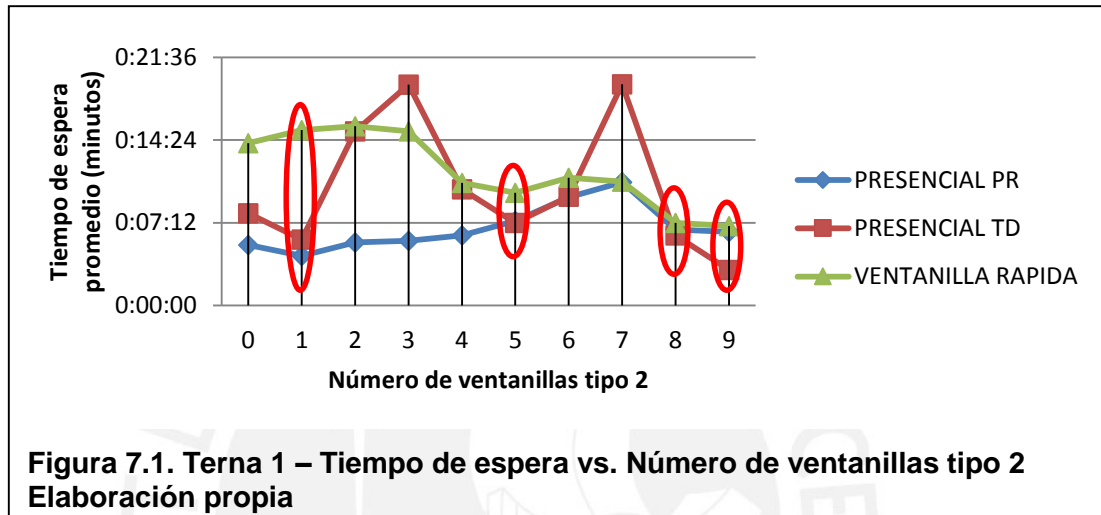


Tabla 7.2. Terna 1 – Tiempos por escenario

# Vent. tipo 2	Presencial PR	Presencial TD	Ventanilla rápida	Presencial PR	Presencial TD	Ventanilla rápida
0	0:05:16	0:08:02	0:14:08	-	-	-
1	0:04:19	0:05:45	0:15:16	Disminuye	Disminuye	Aumenta
2	0:05:30	0:15:09	0:15:36	Aumenta	Aumenta	Aumenta
3	0:05:38	0:19:14	0:15:09	Aumenta	Aumenta	Aumenta
4	0:06:07	0:10:07	0:10:40	Aumenta	Aumenta	Disminuye
5	0:07:21	0:07:11	0:09:49	Aumenta	Disminuye	Disminuye
6	0:09:25	0:09:29	0:11:08	Aumenta	Aumenta	Disminuye
7	0:10:44	0:19:15	0:10:47	Aumenta	Aumenta	Disminuye
8	0:06:37	0:06:07	0:07:11	Aumenta	Disminuye	Disminuye
9	0:06:25	0:03:05	0:06:55	Aumenta	Disminuye	Disminuye

Elaboración propia

El procedimiento a seguir será el de escoger el escenario en el que por lo menos dos de los tres tipos de tickets hayan disminuido su tiempo de espera.

De acuerdo a la premisa previa, y como se muestra en la Figura 7.1. y la Tabla 7.2., se escogerán como escenarios posibles de mejora a los escenarios {1, 5, 8, 9}.

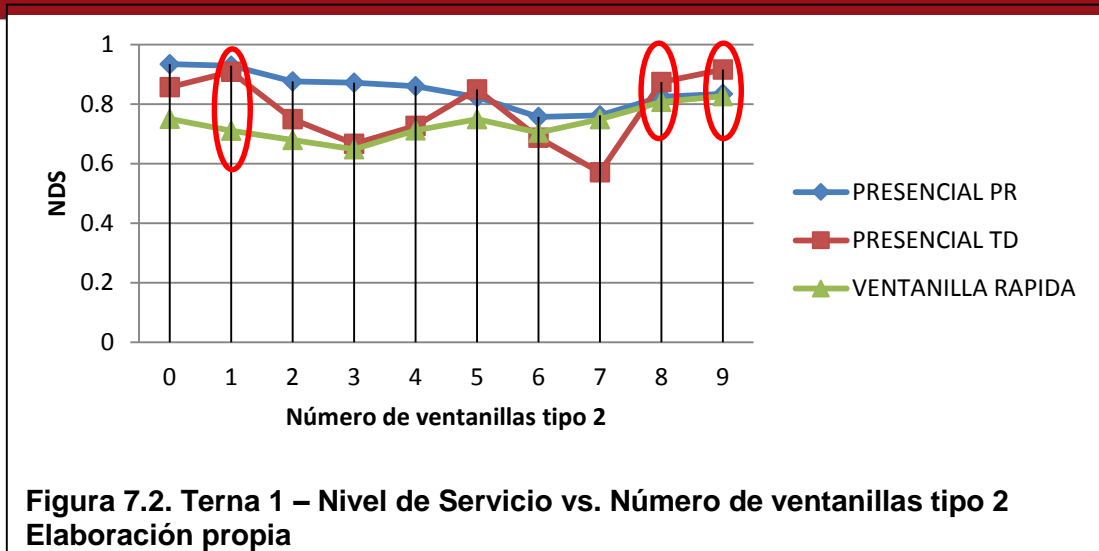


Tabla 7.3. Terna 1 – Nivel de Servicio por escenario

# Vent. tipo 2	Presencial PR	Presencial TD	Ventanilla rápida	Presencial PR	Presencial TD	Ventanilla rápida
0	0.935	0.857	0.751	-	-	-
1	0.929	0.909	0.711	Disminuye	Aumenta	Disminuye
2	0.877	0.750	0.680	Disminuye	Disminuye	Disminuye
3	0.873	0.667	0.649	Disminuye	Disminuye	Disminuye
4	0.860	0.727	0.712	Disminuye	Disminuye	Disminuye
5	0.824	0.850	0.749	Disminuye	Disminuye	Disminuye
6	0.757	0.688	0.705	Disminuye	Disminuye	Disminuye
7	0.763	0.571	0.750	Disminuye	Disminuye	Disminuye
8	0.825	0.875	0.808	Disminuye	Aumenta	Aumenta
9	0.835	0.917	0.827	Disminuye	Aumenta	Aumenta

Elaboración propia

En el caso del Nivel de Servicio se procederá de una manera similar a la evaluación de los tiempos de espera; sin embargo, la elección se hará por el aumento del Nivel de Servicio de por lo menos uno de los tres tipos de tickets.

Por lo antes mencionado, y como se muestran en la Figura 7.2. y la Tabla 7.3., se procederá a seleccionar como posibles candidatos a los escenarios {1, 8, 9}.

Luego se procederá a evaluar cada terna independientemente en donde se procederá a hallar el conjunto de escenarios en común, o en otras palabras, se procederá a hallar el conjunto intersección.

Para esta primera terna se tiene como primer conjunto solución {1, 5, 8, 9} que se refiere a Tiempos de Espera y como conjunto solución para el Nivel de Servicio se tiene {1, 8, 9}, por lo que el conjunto intersección será {1, 8, 9}, que será el conjunto que se comparará al final de la evaluación.

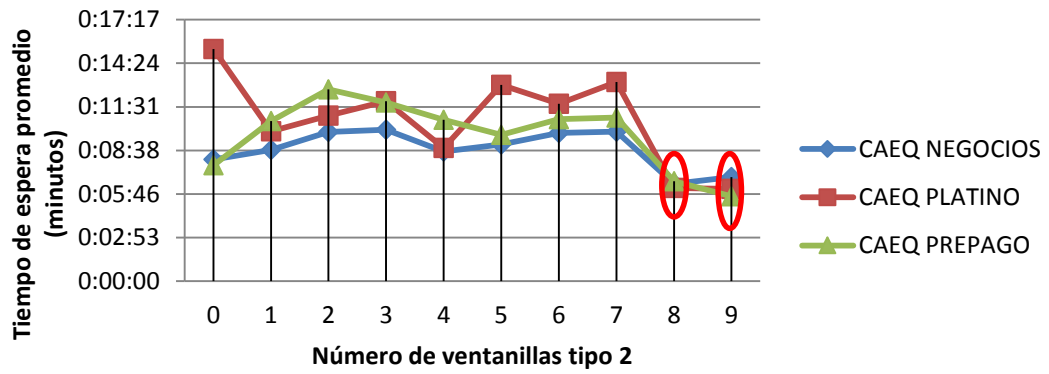


Figura 7.3. Terna 2 – Tiempo de espera vs. Número de ventanillas tipo 2
Elaboración propia

Tabla 7.4. Terna 2 – Tiempos por escenario

# Vent. tipo 2	CAEQ Negocios	CAEQ Platino	CAEQ Prepago	CAEQ Negocios	CAEQ Platino	CAEQ Prepago
0	0:08:02	0:15:20	0:07:40	-	-	-
1	0:08:41	0:09:54	0:10:35	Aumenta	Disminuye	Aumenta
2	0:09:51	0:10:56	0:12:40	Aumenta	Disminuye	Aumenta
3	0:10:00	0:11:54	0:11:48	Aumenta	Disminuye	Aumenta
4	0:08:34	0:08:48	0:10:40	Aumenta	Disminuye	Aumenta
5	0:09:02	0:12:58	0:09:40	Aumenta	Disminuye	Aumenta
6	0:09:48	0:11:43	0:10:43	Aumenta	Disminuye	Aumenta
7	0:09:53	0:13:10	0:10:49	Aumenta	Disminuye	Aumenta
8	0:06:26	0:06:10	0:06:36	Disminuye	Disminuye	Disminuye
9	0:06:53	0:06:05	0:05:37	Disminuye	Disminuye	Disminuye

Elaboración propia

De la misma manera en que se procedió para la primera terna, y de acuerdo a la Figura 7.3. y la Tabla 7.4., el conjunto de escenarios para el caso del Tiempo de Espera para la segunda terna será {8, 9}.

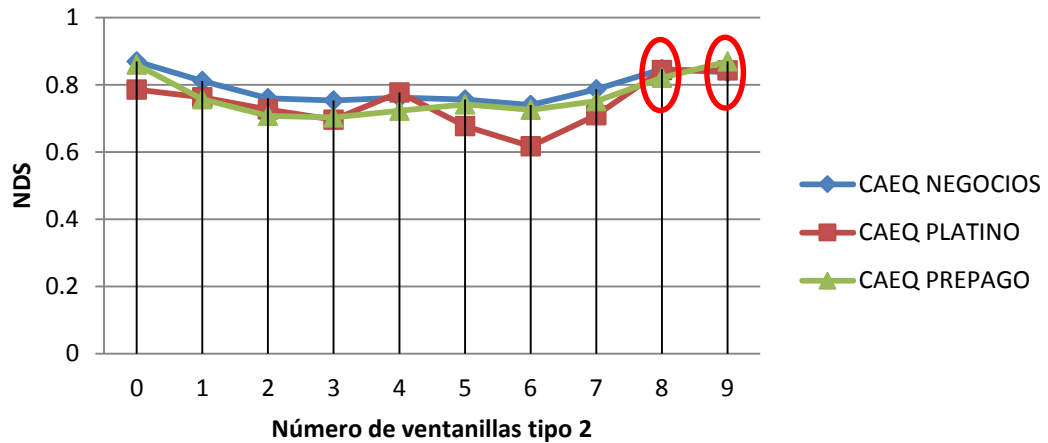


Figura 7.4. Terna 2 – Nivel de Servicio vs. Número de ventanillas tipo 2
Elaboración propia

Tabla 7.5. Terna 2 – Nivel de Servicio por escenario

# Vent. tipo 2	CAEQ Negocios	CAEQ Platino	CAEQ Prepago	CAEQ Negocios	CAEQ Platino	CAEQ Prepago
0	0.870	0.786	0.860	-	-	-
1	0.812	0.763	0.758	Disminuye	Disminuye	Disminuye
2	0.760	0.727	0.707	Disminuye	Disminuye	Disminuye
3	0.753	0.696	0.703	Disminuye	Disminuye	Disminuye
4	0.762	0.778	0.723	Disminuye	Disminuye	Disminuye
5	0.756	0.677	0.742	Disminuye	Disminuye	Disminuye
6	0.740	0.618	0.726	Disminuye	Disminuye	Disminuye
7	0.787	0.710	0.752	Disminuye	Disminuye	Disminuye
8	0.847	0.844	0.821	Disminuye	Aumenta	Disminuye
9	0.837	0.843	0.870	Disminuye	Aumenta	Aumenta

Elaboración propia

Para el caso del Nivel de Servicio de la segunda terna se tendrá como conjunto solución {8, 9}, como se puede apreciar en la Figura 7.4. y la Tabla 7.5., debido a que por lo menos uno de los indicadores aumentó.

Luego de haber obtenido los dos conjuntos solución {8, 9} y {8, 9}, y dado que son los mismos, se elige el conjunto {8, 9} como la mejor alternativa para la segunda terna.

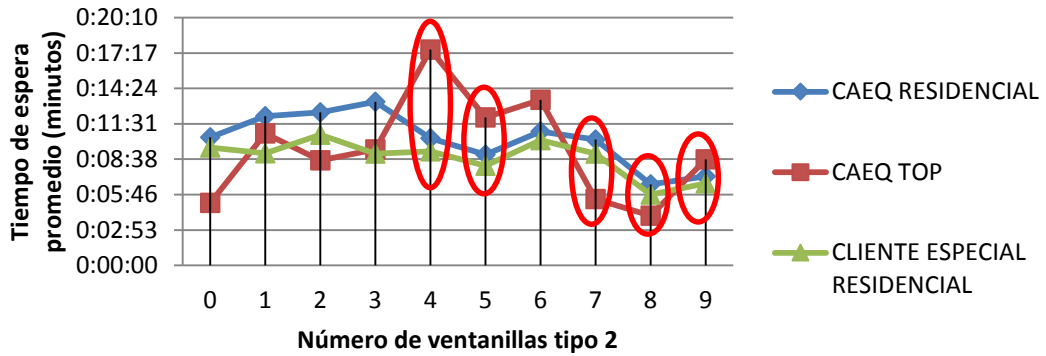


Figura 7.5. Terna 3 – Tiempo de espera vs. Número de ventanillas tipo 2
Elaboración propia

Tabla 7.6. Terna 3 – Tiempos por escenario

# Vent. tipo 2	CAEQ Residencial	CAEQ Top	Cliente Especial Residencial	CAEQ Residencial	CAEQ Top	Cliente Especial Residencial
0	0:10:25	0:05:05	0:09:36	-	-	-
1	0:12:09	0:10:44	0:09:08	Aumenta	Aumenta	Disminuye
2	0:12:28	0:08:33	0:10:38	Aumenta	Aumenta	Aumenta
3	0:13:19	0:09:26	0:09:05	Aumenta	Aumenta	Disminuye
4	0:10:21	0:17:34	0:09:16	Disminuye	Aumenta	Disminuye
5	0:09:01	0:12:03	0:08:07	Disminuye	Aumenta	Disminuye
6	0:10:53	0:13:29	0:10:12	Aumenta	Aumenta	Aumenta
7	0:10:15	0:05:24	0:09:05	Disminuye	Aumenta	Disminuye
8	0:06:36	0:04:03	0:05:45	Disminuye	Disminuye	Disminuye
9	0:07:14	0:08:38	0:06:41	Disminuye	Aumenta	Disminuye

Elaboración propia

En el caso de la tercera terna, luego de emplear el mismo procedimiento que se tomó en los dos casos previos, se llegó a obtener como resultado que el conjunto solución es {4, 5, 7, 8, 9} para el caso del factor de Tiempo de Espera, tal y como se puede apreciar en la Figura 7.5. y en la Tabla 7.6., debido a que en estos se puede observar la disminución de algunos de los valores correspondientes a los tickets en evaluación.

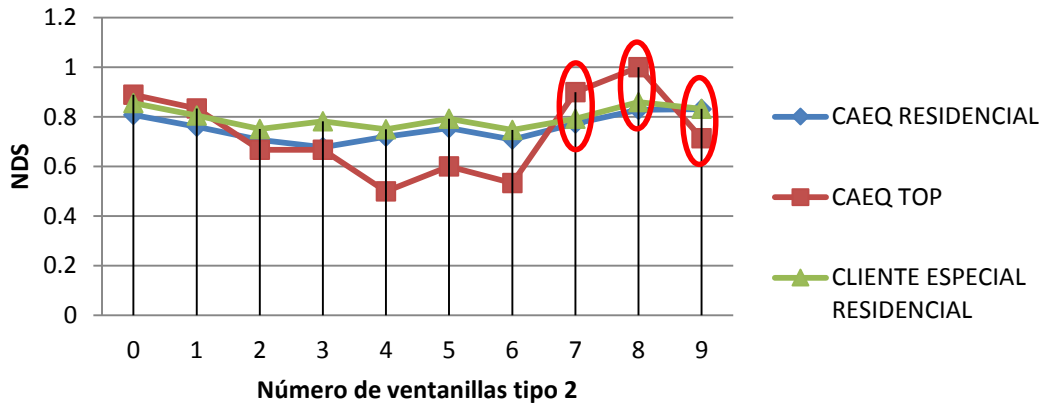


Figura 7.6. Terna 3 – Nivel de Servicio vs. Número de ventanillas tipo 2
Elaboración propia

Tabla 7.7. Terna 3 – Nivel de Servicio por escenario

# Vent. tipo 2	CAEQ Residencial	CAEQ Top	Cliente Especial Residencial	CAEQ Residencial	CAEQ Top	Cliente Especial Residencial
0	0.809	0.889	0.855	-	-	-
1	0.761	0.833	0.805	Disminuye	Disminuye	Disminuye
2	0.707	0.667	0.752	Disminuye	Disminuye	Disminuye
3	0.677	0.667	0.782	Disminuye	Disminuye	Disminuye
4	0.720	0.500	0.749	Disminuye	Disminuye	Disminuye
5	0.755	0.600	0.792	Disminuye	Disminuye	Disminuye
6	0.708	0.533	0.747	Disminuye	Disminuye	Disminuye
7	0.773	0.900	0.792	Disminuye	Aumenta	Disminuye
8	0.828	1.000	0.859	Aumenta	Aumenta	Aumenta
9	0.831	0.714	0.833	Aumenta	Disminuye	Disminuye

Elaboración propia

Prosiguiendo con la evaluación de la tercera terna, se procederá a evaluar el Nivel de Servicio de ésta teniendo en cuenta los resultados de los distintos escenarios, para estos tres tipos de tickets en particular se obtuvo como resultado que el conjunto solución es {7, 8, 9}, como se puede apreciar en la Figura 7.6. y la Tabla 7.7.

Como se tiene el conjunto de los Tiempos de Espera {4, 5, 7, 8, 9} y el conjunto del Nivel de Servicio {7, 8, 9} se llega a la conclusión de que el conjunto intersección y conjunto solución para esta terna es el {7, 8, 9}.

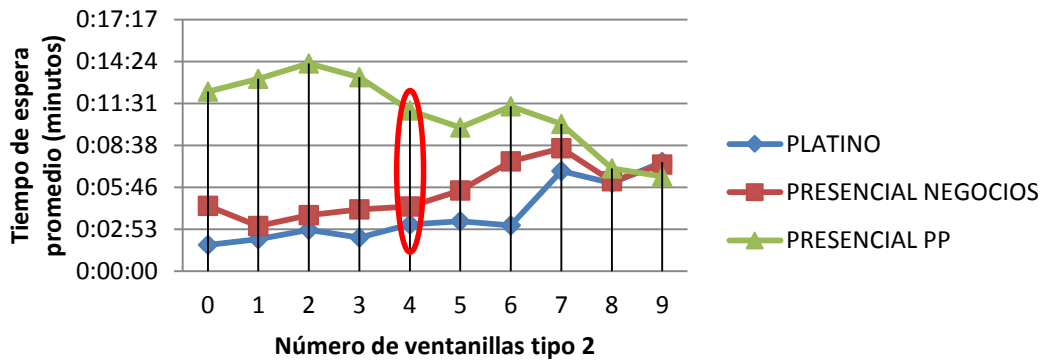


Figura 7.7. Terna 4 – Tiempo de espera vs. Número de ventanillas tipo 2
Elaboración propia

Tabla 7.8. Terna 4 – Tiempos por escenario

# Vent. tipo 2	Platino	Presencial Negocios	Presencial PP	Platino	Presencial Negocios	Presencial PP
0	0:01:48	0:04:29	0:12:20	-	-	-
1	0:02:11	0:03:06	0:13:13	Aumenta	Disminuye	Aumenta
2	0:02:50	0:03:50	0:14:16	Aumenta	Disminuye	Aumenta
3	0:02:18	0:04:15	0:13:19	Aumenta	Disminuye	Aumenta
4	0:03:13	0:04:26	0:11:02	Aumenta	Disminuye	Disminuye
5	0:03:25	0:05:32	0:09:52	Aumenta	Aumenta	Disminuye
6	0:03:09	0:07:32	0:11:20	Aumenta	Aumenta	Disminuye
7	0:06:53	0:08:26	0:10:07	Aumenta	Aumenta	Disminuye
8	0:06:03	0:06:10	0:07:03	Aumenta	Aumenta	Disminuye
9	0:07:30	0:07:19	0:06:31	Aumenta	Aumenta	Disminuye

Elaboración propia

En el caso de la última terna planteada, con respecto al Tiempo de Espera por ticket se obtuvo como resultado que el conjunto solución es {4}, así como se puede apreciar en la Figura 7.7. y la Tabla 7.8., debido a que en este escenario en particular se cumple que por lo menos dos de los valores del Tiempo de Espera de los tickets lograron una disminución en su valor con respecto al del tiempo del original planteado.

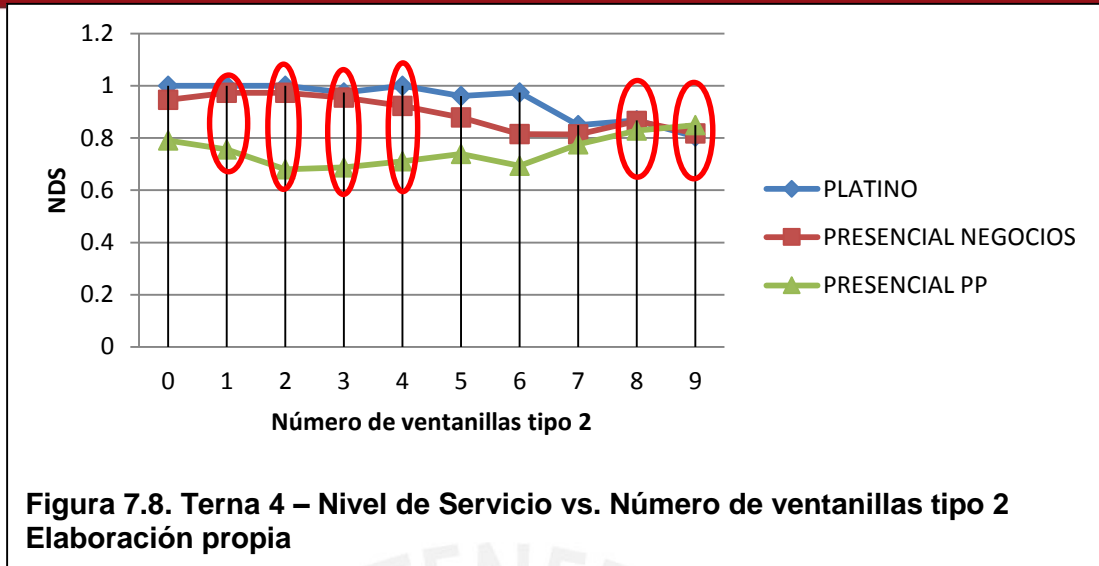


Tabla 7.9. Terna 4 – Nivel de Servicio por escenario

# Vent. tipo 2	Platino	Presencial Negocios	Presencial PP	Platino	Presencial Negocios	Presencial PP
0	1.000	0.946	0.791	Disminuye	Disminuye	Disminuye
1	1.000	0.973	0.756	Disminuye	Aumenta	Disminuye
2	1.000	0.974	0.680	Disminuye	Aumenta	Disminuye
3	0.975	0.954	0.688	Disminuye	Aumenta	Disminuye
4	1.000	0.923	0.711	Disminuye	Disminuye	Disminuye
5	0.961	0.879	0.739	Disminuye	Disminuye	Disminuye
6	0.974	0.815	0.694	Disminuye	Disminuye	Disminuye
7	0.850	0.814	0.775	Disminuye	Disminuye	Disminuye
8	0.868	0.865	0.829	Disminuye	Disminuye	Aumenta
9	0.805	0.818	0.850	Disminuye	Disminuye	Aumenta

Elaboración propia

Para el caso del Nivel de Servicio de la última terna, luego de haber realizado la evaluación que se empleó en las ternas anteriores, se obtuvo como resultado para el Nivel de Servicio el conjunto solución {1, 2, 3, 4, 8, 9}, tal y como se puede apreciar en la Figura 7.8. y en la Tabla 7.9.

Luego, como en el procedimiento llevado a cabo en las ternas previas, se procederá a evaluar la intersección del conjunto solución obtenido para el Nivel de Servicio con el conjunto solución obtenido para el segundo indicador (Tiempo de Espera), cuyo conjunto solución fue {4}, obteniendo como resultado el conjunto {4} para esta terna en particular.

Para concluir con este proceso de selección, el último paso a seguir para la elección del mejor escenario de la Segunda Propuesta es encontrar el conjunto intersección de las cuatro ternas tomadas en donde se logre que la mayoría de los

tickets tuvieran una disminución en los Tiempos de Espera y un aumento en el Nivel de Servicio.

Para ello se ha realizado un consolidado de los resultados obtenidos en las evaluaciones parciales previas como se muestra en la Tabla 7.10.

Tabla 7.10. Resumen de evaluación de ternas

Número de Terna	Conjunto solución
1	{1, 8, 9}
2	{8, 9}
3	{7, 8, 9}.
4	{4}

Elaboración propia

Si se quisiera hallar un conjunto intersección para estos cuatro conjuntos se obtendría un conjunto vacío debido a que la terna cuatro no contiene valores en común con las otras halladas, y es por ello que tenemos que evaluar de otra manera dicha terna que es la que genera el conjunto vacío.

Como se mostró en la Figura 7.7. y la Tabla 7.8., se seleccionó como conjunto solución el conjunto {4}, debido a que es el único en donde dos de los tres valores tuvieron una disminución. Sin embargo, para salvar el conjunto vacío habrá que tomar como conjunto solución el conjunto obtenido en el Nivel de Servicio, debido a que nos da más opciones de escenarios posibles a ser tomados, que son {1, 2, 3, 4, 8, 9}.

Una vez realizado este procedimiento, se obtiene como conjunto intersección de las cuatro ternas el conjunto {8, 9}, y dado a que nos da dos opciones, se tendrán que evaluar de una manera más específica esos dos escenarios en particular con los resultados obtenidos de la corrida del modelo de simulación con ocho y nueve ventanillas tipo 2.

Como se puede apreciar en la Tabla 7.11., el escenario con ocho ventanillas de tipo 2 es el más favorable debido a que se puede observar una mejora considerable en el Tiempo de Espera y con una menor caída del Nivel de Servicio, que es un factor importante para la mejora en general pero no para la elección de esta propuesta debido a que ésta se basaba en mejorar el Tiempo de Espera en general.

Tabla 7.11. Tabla resumen de posibles escenarios

Tipo de Ticket	Tiempo de Espera			Nivel de Servicio		
	0	8	9	0	8	9
CAEQ Negocios	0:08:02	0:06:26	0:06:53	0.870	0.847	0.837
CAEQ Platino	0:15:20	0:06:10	0:06:05	0.786	0.844	0.843
CAEQ Prepago	0:07:40	0:06:36	0:05:37	0.860	0.821	0.870
CAEQ Residencial	0:10:25	0:06:36	0:07:14	0.809	0.828	0.831
CAEQ Top	0:05:05	0:04:03	0:08:38	0.889	1.000	0.714
Cliente Especial Residencial	0:09:36	0:05:45	0:06:41	0.855	0.859	0.833
Platino	0:01:48	0:06:03	0:07:30	1.000	0.868	0.805
Presencial Negocios	0:04:29	0:06:10	0:07:19	0.946	0.865	0.818
Presencial PP	0:12:20	0:07:03	0:06:31	0.791	0.829	0.850
Presencial PR	0:05:16	0:06:37	0:06:25	0.935	0.825	0.835
Presencial TD	0:08:02	0:06:07	0:03:05	0.857	0.875	0.917
Ventanilla rápida	0:14:08	0:07:11	0:06:55	0.751	0.808	0.827
Promedio	0:08:31	0:06:14	0:06:34	0.862	0.856	0.832

Elaboración propia

Una vez seleccionado el escenario con ocho ventanillas de tipo 2, se evalúan los dos indicadores principales, el tiempo de espera y el Nivel de Servicio, como se observa en la Tabla 7.12.

Tabla 7.12. Comparativo de Escenarios

Escenarios	Tiempo Promedio de Espera	Nivel de Servicio
Modelo Original	00:10:08	84.46%
Modelo Original con Optquest	00:10:08	84.46%
Propuesta 1	00:08:54	85.68%
Propuesta 1 con Optquest	00:08:54	85.68%
Propuesta 2	00:06:14	85.57%
Propuesta 2 con Optquest	00:06:14	85.57%

Elaboración propia

Como se observa en la Tabla 7.12., los modelos usados con *Optquest* no presentan ninguna diferencia con su modelo base, esto se debe a que el único parámetro importante que se le daba a este programa era el número de recursos, pero este lo hemos mantenido fijo, y le hemos cambiado parámetros internos al modelo.

Debido a lo antes mencionado, solamente se compararán el modelo original con las dos propuestas y no se tendrán en cuenta los resultados el *Optquest*, como se muestra en la Tabla 7.13.

Tabla 7.13. Comparativo del modelo original vs. Propuestas de mejora

Tipo de Ticket	Modelo Original		Propuesta 1		Propuesta 2	
	Tiempo de Espera	NDS	Tiempo de Espera	NDS	Tiempo de Espera	NDS
CAEQ Negocios	0:03:58	94.66%	0:08:02	87.01%	0:06:26	84.66%
CAEQ Platino	0:03:32	96.63%	0:15:20	78.57%	0:06:10	84.38%
CAEQ Prepago	0:02:49	97.08%	0:07:40	86.01%	0:06:36	82.09%
CAEQ Residencial	0:04:02	92.42%	0:10:25	80.85%	0:06:36	82.83%
CAEQ Top	0:02:06	100.00%	0:05:05	88.89%	0:04:03	100.00%
Cliente Especial Residencial	0:01:20	99.07%	0:09:36	85.55%	0:05:45	85.93%
Platino	0:02:26	100.00%	0:01:48	100.00%	0:06:03	86.84%
Presencial Negocios	0:08:04	84.95%	0:04:29	94.64%	0:06:10	86.52%
Presencial PP	0:10:22	79.75%	0:12:20	79.10%	0:07:03	82.88%
Presencial PR	0:13:04	79.20%	0:05:16	93.50%	0:06:37	82.46%
Presencial TD	0:01:42	100.00%	0:08:02	85.71%	0:06:07	87.50%
Ventanilla rápida	0:15:47	72.12%	0:14:08	75.09%	0:07:11	80.79%
Promedio	0:10:08	84.46%	0:08:54	85.68%	0:06:14	85.57%

Elaboración propia

Si bien el modelo mejorado no presenta un cambio muy notorio en el nivel de servicio, sí se observa una disminución en el tiempo de espera de más de 3 minutos, el cual para una tienda que atiende más de 500 clientes al día, es una mejora considerable.

Además de lo antes mencionado, se puede apreciar que si se comparan las dos propuestas de mejora, es la "Propuesta 2" la que tiene los tiempos de espera menores y es por esto que se toma el modelo de la Propuesta 2 como la opción más factible para la Empresa, pero falta revisar los costos que éste conlleva para su implementación, lo cual se verá en la Tabla 7.14.

7.2. Evaluación económica y Cronograma de Implementación

En este acápite se procederá a evaluar la rentabilidad de la ejecución de la propuesta de mejora mediante el cálculo de la inversión total versus las ganancias que se pueden estimar para un periodo de 12 meses.

A continuación se presentará una tabla en la que se encuentran los principales costos involucrados en la implementación de la propuesta de mejora.

Tabla 7.14. Gastos incurridos en la implementación

OBJETO	DESCRIPCIÓN	COSTO ESTIMADO (S/.)
Licencia del software	Se refiere al costo de la licencia del software ARENA para poder usarlo de manera legal en el proyecto de implementación de la mejora.	56,785.00
Sueldo de los analistas	Los analistas son aquellas personas a las que se les contratará con el fin de que realicen una evaluación de la situación actual.	3,000.00 al mes
Sueldo del programador	La persona encargada de ejecutar los cambios en el sistema de Bmatic.	2,500.00 al mes

Elaboración propia

Para calcular el costo de oportunidad de la empresa (COK), se empleará el método CAPM (Capital Asset Pricing Model), en donde primero se deberá calcular el retorno financiero, para lo cual de la página del libro de betas del profesor en finanzas Aswath Damodaran se obtuvo que $\beta_E = 0.92$ y $D/C = 1.0825$ para el sector de telecomunicaciones.

A continuación, se procederá a calcular el retorno económico de la Empresa XYZ, para lo cual se debe calcular primero el Beta sobre activos (β_{OA}) de acuerdo a la expresión de la Figura 7.9.

$$\beta_{OA} = \beta_E / (1 + (1 - \tau_{PERÚ}) * (1 - \varphi_{PERÚ})D/C)$$

Figura 7.9. Fórmula del cálculo del Beta
Elaboración propia

Donde cada factor se representa en la Tabla 7.15.

Tabla 7.15. Cálculo del retorno económico de la Empresa XYZ

Beta Fin β_E	Deuda/Capital D/C	Tasa Impositiva $\tau_{PERÚ}$	Participación $\varphi_{PERÚ}$	Beta Ec. β_{OA}
0.92	1.0825	30.0%	60.0%	0.71

Elaboración propia

Luego se calculará el COK mediante la expresión $K_{OA} = rf + \beta_{OA}$ (Prima de Riesgo) donde cada factor se presenta en la Tabla 7.16.

Tabla 7.16. Cálculo del COK de la Empresa XYZ

Tasa libre de Riesgo <i>rf</i>	Prima de Riesgo	Beta Ec. β_{OA}	COK K_{OA}
4.73%	5.49%	0.71	8.63

Elaboración propia

Los ingresos estarán dados por el cross-selling realizado en ventanilla. Esta tendrá como variables el porcentaje de abandono de los clientes, el porcentaje de efectividad de cross-selling y el promedio de variación en la facturación del cliente.

De acuerdo a lo explicado anteriormente se procedió a multiplicar la cantidad total de clientes a nivel nacional por mes (700,000 clientes) por el 2.8% de abandono y por el 15% de efectividad de cross-selling para luego multiplicarlo por la ganancia promedio de S/. 15.00 adicional en la facturación del cliente con lo que se obtuvo como resultado S/. 44,100.00.

A continuación se realizó el flujo de caja de los 12 meses de la ejecución del proyecto que se puede apreciar en el Anexo 6

Dado el flujo de Caja Económica del Anexo 6, se procedió a evaluar el Valor actual neto con el fin de saber si el proyecto de implementación va a ser rentable, con lo que se obtuvo un VAN = S/. 160,030.31, para un periodo de 12 meses.

Además de hacer uso de este indicador, se evaluó también la TIR, donde se obtuvo como resultado un 33.458%.

De acuerdo a los resultados obtenidos, debido a que el valor del VAN es positivo, es recomendable que el proyecto sea aceptado y ejecutado debido a que en un futuro se podrá recuperar la inversión inicial.

Para ello se ha definido las fases y sus periodos de duración que incurriremos en desarrollar apropiadamente el proyecto, como se puede apreciar en la Tabla 7.17.

Tabla 7.17. Cronograma de Implementación de la propuesta de mejora

	Meses														
	Pre-Inversión		Inversión										Post-Inversión		
Estudios de Pre-Inversión	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	...
1. Estudio de Prefactibilidad															
2. Estudio de factibilidad															
Inversión															
1. Informe Técnico General															
2. Prueba piloto															
3. Implementación															
4. Capacitación en manejo del sistema															
Post-Inversión															
1. Control														

Elaboración propia

CAPÍTULO 8. Conclusiones y Recomendaciones

8.1. Conclusiones

- Actualmente la empresa XYZ cuenta con un alto porcentaje de participación del mercado (54.4%); sin embargo, frente a la aparición de nuevos competidores y a clientes con cada vez más poder de decisión se llegó a la conclusión de que su sistema de ordenador de colas debería ser modificado para darle prioridad a sectores a los cuales no se le daban mucha importancia por su valor para la empresa, pero que en volumen representa a un mayor porcentaje de la cartera de clientes de la empresa (55%). Esto con el fin de mantener el posicionamiento en el mercado y tener perspectiva de crecimiento.
- La recolección de datos es una parte fundamental de la ejecución de un modelo de simulación debido a que es necesario tener una data suficientemente grande de cada variable que podría ser relevante como *input* en nuestro software de simulación (una base de datos con más de mil datos es apropiada). Esto con el fin de que el modelo propuesto sea lo más parecido al sistema real.
- En el instante de la construcción del modelo de simulación es necesario evaluar los supuestos que van a regir nuestro modelo y qué objetos necesita tener para que se comporte funcionalmente como el sistema real. Es necesario que nuestro modelo tenga los mismos *inputs* que se reciben en el sistema real y que los recursos que lo procesan se representen fielmente en el modelo de simulación.
- La validación del modelo de simulación propuesto es un procedimiento importante debido a que gracias a ello se sustenta que el modelo representa verazmente al sistema físico real y que si se cambia una variable o condición en el modelo esta sería igual a que se modificara en el sistema real, solamente que sin incurrir en costos de implementación.
- La propuesta de mejora propuesta es básicamente una reformulación de las prioridades de los tipos de clientes al momento de ser atendidos en la cola de atención presencial en donde se trató de lo posible de no alterar el número actual de ventanillas, empleados y cantidad de horas de atención con las que se cuenta en el sistema real. Debido a que no se han modificado las características físicas de la empresa, y solo se ha modificado una parte del software, los costos de implementación se redujeron a los salarios de las personas contratadas para la implementación del proyecto

(S/. 2,500.00 para el programadores y S/. 3,000.00 al analista) de mejora sin tener sobrecostos mensuales por depreciación de alguna máquina extra.

- Si bien es cierto que al modificar el perfil de preferencia de los clientes se hizo que clientes que casi no esperaban a ser atendidos ahora si cuentan con un tiempo de espera (el tipo de cliente CAEQ TOP aumento su tiempo de espera de 0:02:06 a 0:04:03), se procuró de que este nuevo tiempo de espera se encuentre dentro de ciertos límites para que no sea un tiempo que genere malestar entre ellos. Además, esta decisión se sustentó en un análisis económico teniendo en cuenta todos los gastos de implementación y los ingresos futuros que generaría la nueva opción, llegando a la conclusión que sí sería factible la implementación de la propuesta de mejora recomendada debido a que será económicamente viable como se señaló en el capítulo 7.
- Si la propuesta de mejora se implementa, el tiempo promedio de espera se reduciría de 00:10:08 a 00:06:14 con lo que se ahorraría 00:03:54 por cliente. Este tiempo podrá ser utilizado para atender más clientes, que en teoría se podría atender a 1 cliente más por cada 2 que ingresen. Si en 1 hora se podía atender a 6 clientes aproximadamente, ahora se podrán atender a 3 clientes más por hora que daría como resultado un aumento en los ingresos de la empresa.

8.2. Recomendaciones

- En base al análisis técnico y económico ejecutado, se recomienda implementar la mejora propuesta debido a que el proyecto de mejora es económicamente viable y la inversión se recuperará en un año. Mensualmente se obtendría una ganancia de S/. 44,000.00 solo por la implementación de la propuesta de mejora.
- El modelo que se realizó se hizo básicamente para las cinco agencias más representativas de la empresa XYZ; sin embargo, se puede aplicar a todas las agencias modificando algunos parámetros propios de cada agencia con el fin de mejorar el servicio a nivel nacional y con ello lograr fidelizar a los actuales clientes.
- El proyecto, luego de ser implementado, se ha considerado que tenga un periodo de estudio de 12 meses en dónde se recomienda realizar cuadros estadísticos de los indicadores de desempeño evaluados como tiempo

promedio de espera y nivel de servicio para poder evaluar la magnitud de mejora y poder corregir algunos valores si es que fuesen necesarios.

- Se recomendaría que además de las evaluaciones estadísticas que se puedan realizar, se debería evaluar la propuesta de manera subjetiva realizando algún tipo de cuestionario a los clientes con el fin de saber la percepción del cliente y su opinión sobre los cambios efectuados. En la última medición de la compañía se obtuvo una nota de 7.2 en una escala de 1 a 10 y se tomaría este dato como punto de partida para medir el impacto de la mejora en el cliente.



REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALTIOK, Tayfur y MELAMED, Benjamin. 2007. *Simulation Modeling and analysis with Arena*. Amsterdam: Academic.
- ASCANIO LLAJA, Adrián Anthony. 2011. *Mejora en los servicios comerciales de una entidad bancaria usando simulación de sistemas*. Lima: s.n. Presentado PUCP. Facultad de Ciencias e Ingeniería. Mención: Ingeniería Industrial.
- BANKS, Jerry; CARSON, John; BARRY, Nelson; NICOL, David. 2004. *Discrete-Event System Simulation*. Cuarta Edición. Editorial Prentice Hall International.
- CLEMENTE MOQUILLAZA, Luis Alfredo Manuel. 2008. *Mejora en el nivel de atención a los clientes de una entidad bancaria usando simulación*. Primera Edición Lima: s.n. Presentado PUCP. Facultad de Ciencias e Ingeniería. Mención: Ingeniería Industrial.
- CORDOVA ZAMORA, Manuel. 2006. *Estadística Aplicada*. Lima: Moshera.
- COX, D.R.; L. SMITH, Walter. 1964. *Estudio matemático de las colas*. Editorial Uteha
- Damodaran Online – *Betas by Sector*
(http://pages.stern.nyu.edu/~adamodar/New_Home_Page/datafile/Betas.html)
- Damodaran Online – *Implied Equity Risk Premium*
(<http://pages.stern.nyu.edu/~adamodar/>)
- KELTON, David; SADOWSKI, Deborah; SADOWSKI, Randall. 1998. *Simulation with Arena*. Editorial McGraw-Hill.
- KELTON, David y LAW, Averill. 1991. *Simulation Modeling and Analysis*. Tercera Edición. Editorial McGraw-Hill.
- LEINROCK, Leonard. 1975. *Queueing Systems*. Editorial Wiley

- Portal web de OSIPTEL – Organismo Supervisor de Inversión Privada en Telecomunicaciones (<http://www.osiptel.gob.pe/WebsiteAjax/index.aspx>)
- Rockwell Automation – *Publicación ARENA-SG001B-EN-P* - Enero 2013 (http://literature.rockwellautomation.com/idc/groups/literature/documents/sg/arena-sg001_-en-p.pdf)
- TORRES VEGA, Pedro J. 2010. *Simulación de sistemas con el software Arena*. Primera Edición. Fondo Editorial de la Universidad de Lima
- WAYNE L., Winston. 2005. *Investigación de operaciones: aplicaciones y algoritmos*. Cuarta Edición. Editorial Thomsonq

