

PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL PERÚ

FACULTAD DE CIENCIAS E INGENIERÍA



Optimización de la asignación de personal en el canal de
afiliaciones receptoras en una empresa del sector financiero aplicando
programación lineal y simulación de eventos discretos

Tesis para obtener el título profesional de Ingeniera Industrial

AUTORA:

Elizabeth Villavicencio Billinghamurst

ASESOR:

Christian Santos Cornejo Sánchez

Lima, mayo, 2023

Informe de similitud

Yo, Christian Santos Cornejo Sánchez, docente de la Facultad de Ciencias e Ingeniería de la Pontificia Universidad Católica del Perú, asesor de la tesis titulada

Optimización de la asignación de personal en el canal de afiliaciones receptoras en una empresa del sector financiero aplicando programación lineal y simulación de eventos discretos

de la autora Elizabeth Villavicencio Billingham, de constancia de lo siguiente:

- El mencionado documento tiene un índice de puntuación de similitud de 9%. Así lo consigna el reporte de similitud emitido por el software *Turnitin* el 16/05/2023.
- He revisado con detalle dicho reporte y la tesis, y no se advierte indicios de plagio.
- Las citas a otros autores y sus respectivas referencias cumplen con las pautas académicas.

Lima, 19 de mayo de 2023

| | |
|---|---|
| Apellidos y nombres del asesor: Cornejo Sánchez, Christian Santos | |
| DNI: 09868135 | Firma  |
| ORCID: 0000-0003-1297-5510 | |

Resumen

Esta tesis tiene como objetivo proponer una metodología de dimensionamiento de agentes telefónicos en un *call center* dedicado a la gestión de ventas. Ese objetivo se aborda en esta tesis debido principalmente a el impacto que genera esa cantidad de agentes tanto en los costos como en la utilidad de la industria de centros de contacto, que según Radic (2015) genera alrededor de 45 000 puestos de trabajo anuales en el Perú.

La empresa A pertenece al giro de medios de pagos y tiene como principal canal de afiliaciones al *call center*, objeto de estudio en esta tesis. Las llamadas ingresantes son potenciales clientes que buscan contratar a la empresa A, por ello es necesario que este canal cumpla con niveles de servicio de calidad que garanticen que las llamadas serán atendidas en el menor tiempo posible y serán gestionadas por un agente telefónico que finalmente intentará vender un producto. Para mejorar la gestión de llamadas es importante determinar la cantidad adecuada de agentes telefónicos por rango de horarios, de esta manera se busca minimizar la cantidad de llamadas perdidas y el tiempo de espera.

En esta tesis se propone una metodología de dimensionamiento de agentes telefónicos que involucra el uso de la distribución *Erlang-C*, optimización lineal entera y la simulación de eventos discretos. Como resultado de esta propuesta se obtiene un ahorro de S/ 15 375 anual sobre los costos de dimensionamiento que representan un 12% menos que la metodología que actualmente se utiliza en la empresa A. Asimismo, se logra los niveles de atención de 95% y nivel de servicio de 80% definidos como estándares en los *call centers*.

Agradecimiento

A mi asesor el Ing. Cornejo por su infinita paciencia y constante aliento para poder culminar esta etapa.



Dedicatoria

La presente tesis está dedicada en primer lugar a Dios, por permitirme haber llegado hasta aquí. A mi madre, por su incondicional amor. A mi padre por sacrificar su vida entera para darme la mejor educación. A Richard por ser un gran ejemplo a seguir. A Claudia y Alesso por darme alas para volar y a Christopher Noah mi primer sobrino.



Índice

| | |
|--|----|
| Introducción..... | 1 |
| Capítulo 1. Descripción del sistema, problemática y diagnóstico de la situación..... | 3 |
| 1.1 Descripción sector <i>call center</i> | 3 |
| 1.2 Descripción del sistema..... | 3 |
| 1.2.1 Canal de afiliaciones receptivas..... | 4 |
| 1.3 Problemática..... | 7 |
| 1.4 Diagnóstico de la situación..... | 10 |
| Capítulo 2. Propuesta del modelo..... | 11 |
| 2.1 Planteamiento del modelo de programación lineal entera..... | 11 |
| 2.1.1 Servicio <i>inbound</i> | 11 |
| 2.2 Modelo de programación lineal entera..... | 14 |
| Supuestos del problema..... | 14 |
| Variables de decisión..... | 15 |
| Función objetivo..... | 15 |
| Restricciones..... | 17 |
| Rango de existencia..... | 21 |
| Código del modelo de programación lineal entera..... | 21 |
| 2.3 Planteamiento del modelo de simulación de eventos discretos..... | 24 |
| 2.3.1 Descripción del sistema a simular..... | 24 |
| 2.3.2 Elementos de simulación de eventos discretos..... | 25 |
| 2.3.3 Análisis variables de entrada..... | 26 |
| 2.3.4 Modelo y animación en ARENA..... | 28 |
| 2.3.5 Análisis variable de salida..... | 46 |
| Capítulo 3. Experimentación y discusión de resultados..... | 52 |
| Conclusiones..... | 56 |
| Referencias..... | 57 |
| Anexos..... | 58 |

Índice de tablas

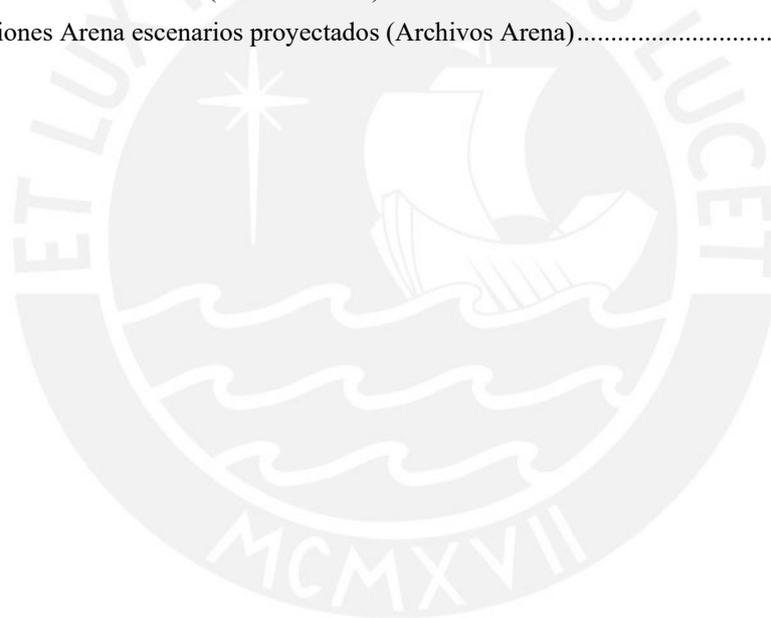
| | |
|---|----|
| Tabla 1. Participación canales de afiliación 2020..... | 5 |
| Tabla 2. Niveles del servicio <i>inbound</i> primer semestre 2019 | 6 |
| Tabla 3. Niveles del servicio <i>inbound</i> segundo semestre 2019 | 6 |
| Tabla 4. Niveles del servicio <i>inbound</i> primer semestre 2020 | 6 |
| Tabla 5. Niveles del servicio <i>inbound</i> segundo semestre 2020 | 7 |
| Tabla 6. Tráfico de llamadas <i>inbound</i> de enero a diciembre del año 2021 | 11 |
| Tabla 7 Distribución de llamadas <i>inbound</i> en el rango 8:00 a.m. a 10:00 a.m. | 12 |
| Tabla 8. Descripción de elementos horarios (h) | 16 |
| Tabla 9. Descripción de tipo de día (i)..... | 16 |
| Tabla 10. Descripción de mes (j)..... | 16 |
| Tabla 11. Descripción de simulaciones | 25 |
| Tabla 12. Resultados del <i>Input Analyzer</i> para todos los tipos de día lunes con un nivel de significancia ($\alpha = 0.05$)..... | 27 |
| Tabla 13. Variables de salida considerados en el modelo de ARENA | 47 |
| Tabla 14. Valores de h_0 iniciales según variable de salida y mes base (llamadas) | 48 |
| Tabla 15. Resultados del coeficiente de variación para cada variable y mes..... | 48 |
| Tabla 16. Resultados de los h recalculados para octubre y noviembre (llamadas)..... | 48 |
| Tabla 17. Resultados de la determinación de cantidad de réplicas por mes base | 49 |
| Tabla 18. Resultados de la ejecución del mes de agosto bajo 101 réplicas | 50 |
| Tabla 19. Resultados de la ejecución del mes de setiembre bajo 48 réplicas | 50 |
| Tabla 20. Resultados de la ejecución del mes de octubre bajo 47 réplicas..... | 50 |
| Tabla 21. Resultados de la ejecución del mes de noviembre bajo 100 réplicas..... | 50 |
| Tabla 22. Resultado escenario conservador de enero a junio del 2021..... | 52 |
| Tabla 23. Resultado escenario conservador de julio a diciembre del 2021 | 53 |
| Tabla 24. Resultado escenario optimista de enero a junio del 2021 | 53 |
| Tabla 25. Resultado escenario optimista de julio a diciembre del 2021 | 53 |
| Tabla 26. Resultado escenario pesimista de enero a junio del 2021 | 53 |
| Tabla 27. Resultado escenario pesimista de julio a diciembre del 2021 | 54 |
| Tabla 28. Costos asesores telefónicos de enero a abril 2021 | 54 |
| Tabla 29. Costos asesores telefónicos de mayo a agosto 2021 | 54 |
| Tabla 30. Costos asesores telefónicos de setiembre a diciembre 2021 | 55 |

Índice de figuras

| | |
|--|----|
| Figura 1. Productos de empresa A..... | 4 |
| Figura 2. Evolución proveedores <i>call center</i> de Empresa A..... | 7 |
| Figura 3. Evolución de los niveles en el servicio inbound Tomado de base de datos Empresa A (s.f.) | 8 |
| Figura 4. Evolución de los niveles en el servicio inbound Tomado de base de datos Empresa A (s.f.) | 9 |
| Figura 5. Evolutivo de ventas sobre potenciales ventas en el <i>inbound</i> | 9 |
| Figura 6. Flujo de atención área afiliaciones en el <i>call center</i> | 24 |
| Figura 7. Secuencia de <i>blocks</i> asignación de día | 28 |
| Figura 8. Block <i>Create</i> para la asignación de día | 29 |
| Figura 9. Block <i>Branch</i> para la asignación de día | 29 |
| Figura 10. Block <i>Assign</i> para la asignación de día | 30 |
| Figura 11. Block <i>Dispose</i> para la asignación de día | 30 |
| Figura 12. Secuencia de <i>blocks</i> gestión telefónica..... | 31 |
| Figura 13. Block <i>Create</i> para la gestión telefónica..... | 32 |
| Figura 14. Block <i>Count</i> para la gestión telefónica..... | 33 |
| Figura 15. Block <i>Assign</i> para la gestión telefónica..... | 33 |
| Figura 16. Block <i>Queue</i> para la gestión telefónica | 34 |
| Figura 17. Block <i>Seize</i> para la gestión telefónica | 34 |
| Figura 18. Block <i>Branch</i> para la gestión telefónica..... | 35 |
| Figura 19. Block <i>Count</i> para la gestión telefónica..... | 36 |
| Figura 20. Block <i>Delay</i> para la gestión telefónica | 36 |
| Figura 21. Block <i>Release</i> para la gestión telefónica | 37 |
| Figura 22. Block <i>Tally</i> para la gestión telefónica | 37 |
| Figura 23. Block <i>Count</i> para la gestión telefónica..... | 38 |
| Figura 24. Block <i>Station</i> para la gestión telefónica | 38 |
| Figura 25. Block <i>Route</i> para la gestión telefónica | 39 |
| Figura 26. Secuencia de <i>blocks</i> abandono de gestión telefónica | 40 |
| Figura 27. Block <i>Create</i> para el abandono de gestión telefónica | 41 |
| Figura 28. Block <i>Search</i> para el abandono de gestión telefónica | 41 |
| Figura 29. Block <i>Branch</i> para el abandono de gestión telefónica..... | 42 |
| Figura 30. Block <i>Dispose</i> para el abandono de gestión telefónica | 42 |
| Figura 31. Block <i>Remove</i> para el abandono de gestión telefónica..... | 43 |
| Figura 32. Block <i>Count</i> para el abandono de gestión telefónica..... | 44 |
| Figura 33. Block <i>Station</i> para el abandono de gestión telefónica | 44 |
| Figura 34. Block <i>Route</i> para el abandono de gestión telefónica | 45 |
| Figura 35. Animación modelo gestión telefónica | 46 |

Índice de anexos

| | |
|---|----|
| Anexo 1. Escenario in conservador (Archivo de Excel)..... | 58 |
| Anexo 2. Escenario in optimista (Archivo de Excel)..... | 58 |
| Anexo 3. Escenario in pesimista (Archivo de Excel) | 58 |
| Anexo 4. Modelo call center (Archivo AMPL)..... | 58 |
| Anexo 5. Data call conservador (Archivo AMPL) | 58 |
| Anexo 6. Data call optimista (Archivo AMPL)..... | 58 |
| Anexo 7. Data call pesimista (Archivo AMPL)..... | 58 |
| Anexo 8. Resultados Input Analyzer (Archivo Excel) | 58 |
| Anexo 9. Archivos Input Analyzer (Archivo Arena)..... | 58 |
| Anexo 10. Resultado conservador (Archivos txt)..... | 58 |
| Anexo 11. Resultado optimista (Archivos txt) | 58 |
| Anexo 12. Resultado pesimista (Archivos txt)..... | 58 |
| Anexo 13. Simulaciones Arena escenario real (Archivos Arena)..... | 58 |
| Anexo 14. Análisis variables de salida (Archivo Excel) | 58 |
| Anexo 15. Simulaciones Arena escenarios proyectados (Archivos Arena)..... | 58 |





Introducción

La industria de los *call center* ha evolucionado de manera significativa en el Perú. Con la generación de aproximadamente 45 mil puestos trabajo y un crecimiento de 30% anual (Radic, 2005); los *call center* representan el enlace de la empresa con el cliente de una manera eficiente.

Algunos indicadores que permiten controlar la gestión operativa de esos centros son el nivel de atención, de servicio y de conversión que no solo monitorean la experiencia del cliente sino también la utilización de uno de los recursos más valiosos de esa industria: el agente telefónico.

La contratación de agentes telefónicos representa el 70% de la estructura de costos de un *call center* (Fluss, 2005). Ese elevado porcentaje es uno de los factores que impulsa a los negocios de centros de contacto a utilizar herramientas que contribuyan a lograr el difícil equilibrio a menudo contrapuesto: por un lado, generar ahorros de costos, y por otro lado, mejorar la experiencia brindada al cliente. Esta experiencia se rige por estándares de la industria (95% de nivel de atención y 80% de nivel de servicio) y se puede lograr a través del dimensionamiento de la cantidad de agentes telefónicos, el cual se indaga en esta tesis a través de un modelo de programación lineal entera y con la simulación de eventos discretos del *call center* que en adelante se denomina “A”.

Esta tesis se organiza en tres capítulos cuyo contenido se reseña a continuación:

En el capítulo 1 se aborda la descripción del sistema de *call center A* en el contexto peruano y la situación actual de ese negocio en cuanto al dimensionamiento de su canal de afiliaciones receptivas. Además, se aborda la problemática enfocada en la desestabilización que sufrió este canal de afiliaciones receptivas debido al contexto de la pandemia COVID-19. Finalmente, con base en la problemática, se realiza el diagnóstico de la situación donde se evidencia la importancia de la correcta asignación de los agentes telefónicos con el objetivo de incrementar la eficiencia en el desempeño operativo del *call center*.

En el primer apartado del capítulo 2 se establece la base de la metodología propuesta, partiendo del uso de la distribución *Erlang-C* como herramienta de dimensionamiento básica y se complementa con un modelo de programación lineal entera. En ese modelo se detalla desde los supuestos del problema hasta la codificación del programa en AMPL para determinar la cantidad de agentes por rango horario, por tipo de día, mes y escenario (conservador, pesimista u optimista).

En el último apartado del capítulo 2 se modela la simulación de eventos discretos con el objetivo de comprobar los niveles de atención y servicio requeridos en la gestión a partir de la propuesta de asignación de agentes del primer apartado de este capítulo. Aquí se detalla desde la descripción del sistema, el análisis de variables de entrada, el diseño del modelo de simulación con el *software* ARENA, la animación del sistema, el análisis de las variables de salida, la validación y la experimentación sobre el sistema.

Finalmente, en el capítulo 3 se discute los resultados obtenidos con los modelos propuestos. Se realizó un análisis comparativo entre los costos que genera la cantidad de agentes regularmente utilizados y la cantidad de agentes propuestos como resultado de los modelos diseñados en esta tesis.



Capítulo 1. Descripción del sistema, problemática y diagnóstico de la situación

1.1 Descripción sector *call center*

Los servicios de *call center* se han convertido para las empresas un punto de contacto importante con sus clientes en todo su ciclo de vida, Uribe (2011) señala que la industria en general requiere este tipo de servicio con el objetivo de tener la cercanía necesaria con sus clientes o prospectos de clientes. Latinoamérica y específicamente Perú se han convertido en mercados importantes para este sector debido a una economía en crecimiento con necesidad de nuevas soluciones. Radic (2015) estima que en el Perú los *call center* generan alrededor de 45 000 puestos de trabajo e incluso durante pandemia, este sector creció un 30% debido a la necesidad del cliente final de encontrar canales no presenciales que resuelvan sus principales necesidades para con sus servicios (García, 2021).

1.2 Descripción del sistema

La empresa A es una compañía dedicada a procesar las transacciones de tarjetas de débito y crédito a nivel nacional. Esta compañía ofrece dicho servicio a través de dispositivos físicos por donde se desliza o acerca la tarjeta para concretar la transacción; o también mediante sus productos virtuales que permiten efectuar la operación y transferir dinero sin necesidad de ningún contacto presencial. Actualmente la actividad económica de la empresa se puede definir como intermediario en transacciones financieras.

Con varios años de experiencia en el mercado peruano, la empresa A se ha dedicado a implementar soluciones innovadoras y tecnológicas con el propósito de simplificar la experiencia de pago. En el año 2020 el negocio estuvo involucrado en proyectos nacionales que buscan agilizar la reactivación económica e innovación de algunos procesos cotidianos del país; esta iniciativa surge por los retos que impone el contexto del COVID-19 a nivel nacional, que entre otros efectos ha detenido temporalmente varios sectores económicos.

En la figura 1 se ilustra los productos o soluciones que ofrece la empresa A al mercado peruano

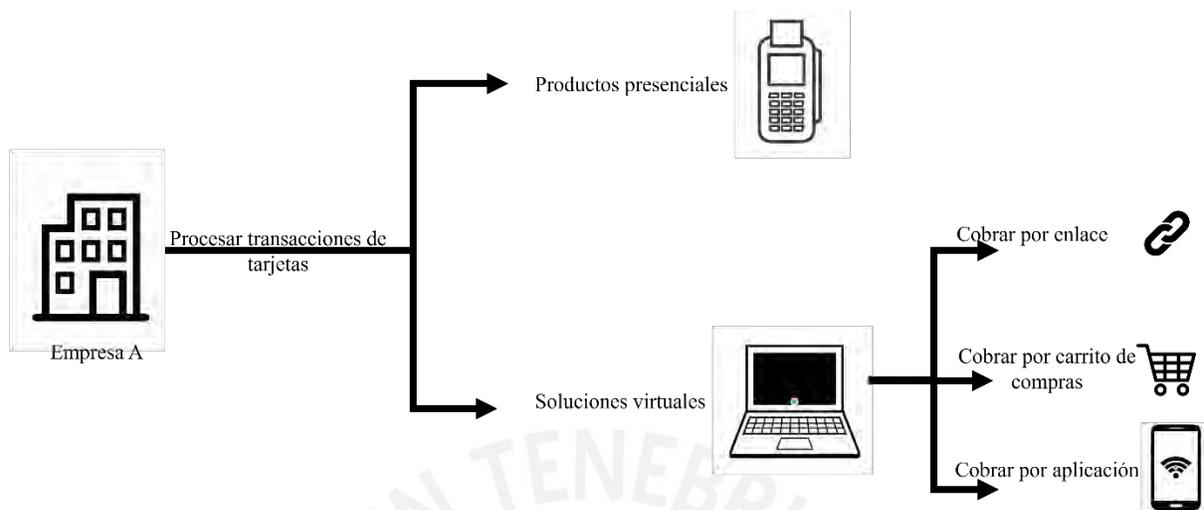


Figura 1. Productos de empresa A

Estos productos son ofrecidos mediante la televenta (call center) en dos tipos de servicios. El servicio de llamadas entrantes donde los clientes llaman al número oficial de la empresa A, denominado *inbound*; y el servicio de llamadas salientes (*outbound*) donde se marca a los potenciales clientes luego de que estos dejen su solicitud de afiliación por la página web.

1.2.1 Canal de afiliaciones receptoras

Como se ha descrito en líneas previas, la principal actividad económica es el procesamiento de transacciones financieras mediante el cobro de una comisión por el uso o alquiler de sus productos presenciales o soluciones virtuales. Estos clientes obtienen los productos o soluciones mencionadas mediante el proceso de afiliación.

Con respecto a la afiliación, existen diversos canales por los cuales un cliente puede registrarse al servicio de la empresa A. Los principales canales involucrados en el proceso de afiliación son el equipo presencial (*dealer*) y el *call center*. El *dealer* está conformado por un grupo de agentes de campo que visitan distintos comercios y explican las soluciones de pago que oferta la Empresa A. En cambio, en el *call center* se atiende llamadas o solicitudes de afiliaciones de clientes interesados en el servicio, y de los bancos-distribuidores, los cuales se reparten un 50%, 30% y 20% respectivamente, del total de afiliaciones. Sin embargo, es importante acotar que la coyuntura actual del COVID-19, el *call center* (afiliaciones receptoras) ha incrementado su participación en las afiliaciones totales (Empresa A, s.f.).

La tabla 1 muestra la participación de los canales en las afiliaciones de la Empresa A durante el primer semestre del 2020; se evidencia que el canal *call center* generó casi la totalidad de participación desde el mes de marzo, mes que coincide con el contexto pandémico COVID-19.

Tabla 1. Participación canales de afiliación 2020

| Canales de afiliaciones | Ene-20 | Feb-20 | Mar-20 | Abr-20 | May-20 | Jun-20 |
|-------------------------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| <i>Dealers</i> | 50% | 50% | 2% | 5% | 5% | 8% |
| <i>Call center</i> | 30% | 30% | 98% | 95% | 95% | 90% |
| Bancos y distribuidores | 20% | 20% | 0% | 0% | 0% | 2% |

Servicio *inbound*

El servicio de *inbound* durante el año 2019 se gestionaba con el proveedor X (*call center X*) manteniendo un promedio de 7 500 llamadas mensuales, un nivel de servicio promedio en 89%, nivel de atención de 95% y 12 agentes en promedio según el dinamismo del mes. A comienzos del año 2020 se cambió ese servicio al proveedor Z (*call center Z*) y en ese año recibió alrededor de 5 900 llamadas mensuales, un nivel de servicio de 85%, un nivel de atención de 92% y 11 agentes en promedio. Sin embargo, el contexto de la pandemia en el 2020 obligó a la empresa A a realizar sus actividades en modalidad de trabajo remoto, en particular el *call center* redujo notoriamente la cantidad de asesores telefónicos debido a las condiciones exigidas por el Estado Peruano para poder realizar la conexión remota. Este factor alteró gravemente los niveles de calidad del servicio en diversos días de gestión llegando a niveles de atención de hasta 42% lo que representa en promedio 174 llamadas perdidas, que equivale a una disminución del 43% de los niveles históricos.

Otro factor relevante en el diagnóstico del sistema es el costo involucrado en este servicio. Durante el año 2019 este servicio se pagaba por horas de conexión; es decir, la cantidad de horas que se utilizaban para gestionar las llamadas entrantes, el costo era de S/ 19.83 por hora de conexión. En el año 2019 se logró 14 508 afiliaciones cuyo importe total de venta fue S/ 535 012, es decir, el precio promedio unitario fue S/ 36.8.

Al proveedor Z se le pagó por venta o afiliación habilitada y el costo fue de S/ 38. Esta nueva tarifa de pago está ligada a la metodología de la misma, ya que con anterioridad se pagaba por hora de conexión (que al prorratear el monto total, resultaba en S/ 36.8 por afiliación) y actualmente el pago es variable según la cantidad de afiliaciones habilitadas, es decir no se toma en cuenta las horas de conexión sino más bien la cantidad de ventas a realizarse, lo que genera una mayor responsabilidad a los proveedores de *call center*, por llegar a la meta de venta planteada a inicio de mes (Empresa A, s.f.).

Es importante precisar que como parte de la estandarización del servicio y por acuerdo contractual los niveles de atención y de servicio mínimos para estos servicios son de 95% y 80%, respectivamente.

En las tablas 2 y 3 se visualiza los principales indicadores de gestión en el servicio *inbound* durante el 2019. Se evidencia cómo los estándares mínimos de gestión se cumplen a lo largo del año, excepto el mes de diciembre donde se llega un nivel de atención inferior a 95% y servicio de 80%. Este quiebre coincide con el traspaso de gestión al nuevo proveedor de *call center Z* para el servicio *inbound*.

Tabla 2. Niveles del servicio *inbound* primer semestre 2019

| <i>Inbound</i> | Ene-19 | Feb-19 | Mar-19 | Abr-19 | May-19 | Jun-19 |
|--------------------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| Llamadas recibidas | 5 720 | 5 509 | 6 306 | 6 653 | 7 038 | 6 053 |
| Nivel de atención | 98% | 96% | 98% | 97% | 95% | 96% |
| Nivel de servicio | 93% | 90% | 95% | 93% | 90% | 91% |
| Afiliaciones | 1 419 | 1 252 | 1 235 | 1 421 | 1 398 | 1 181 |
| Cantidad asesores | 11 | 11 | 11 | 11 | 11 | 13 |

Tabla 3. Niveles del servicio *inbound* segundo semestre 2019

| <i>Inbound</i> | Jul-19 | Ago-19 | Set-19 | Oct-19 | Nov-19 | Dic-19 |
|--------------------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| Llamadas recibidas | 7 364 | 6 607 | 6 824 | 6 360 | 5 992 | 6 476 |
| Nivel de atención | 95% | 95% | 93% | 98% | 94% | 89% |
| Nivel de servicio | 88% | 87% | 83% | 94% | 86% | 79% |
| Afiliaciones | 1 011 | 841 | 1 009 | 1 143 | 1 281 | 193 |
| Cantidad asesores | 13 | 13 | 14 | 13 | 13 | 13 |

En las tablas 4 y 5 se muestra los principales indicadores de gestión en el servicio *inbound* durante el 2020. Se observa que, entre los meses de abril a julio, los niveles de atención y servicio se encuentran afectados. Esto coincide con la reducción de asesores telefónicos en comparación con los primeros meses del año.

Tabla 4. Niveles del servicio *inbound* primer semestre 2020

| <i>Inbound</i> | Ene-20 | Feb-20 | Mar-20 | Abr-20 | May-20 | Jun-20 |
|--------------------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| Llamadas recibidas | 7 033 | 6 334 | 3 146 | 3 422 | 8 117 | 7 657 |
| Nivel de atención | 96% | 96% | 97% | 90% | 78% | 93% |
| Nivel de servicio | 92% | 92% | 94% | 82% | 63% | 87% |
| Afiliaciones | 1 080 | 745 | 378 | 358 | 685 | 508 |
| Cantidad asesores | 15 | 16 | 6 | 8 | 10 | 10 |

Tabla 5. Niveles del servicio *inbound* segundo semestre 2020

| <i>Inbound</i> | Jul-20 | Ago-20 | Set-20 | Oct-20 | Nov-20 | Dic-20 |
|--------------------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| Llamadas recibidas | 9 893 | 8 660 | 6 807 | 5 043 | 4 288 | 3 330 |
| Nivel de atención | 89% | 90% | 92% | 95% | 97% | 98% |
| Nivel de servicio | 77% | 84% | 86% | 92% | 95% | 89% |
| Afiliaciones | 843 | 632 | 518 | 519 | 431 | 424 |
| Cantidad asesores | 9 | 14 | 12 | 11 | 12 | 12 |

Finalmente, debido a los resultados críticos de afiliaciones y niveles de la gestión, el servicio *inbound* cambia de proveedor al *call center* W en diciembre del 2020. Esto genera oportunidades de mejora para iniciar una nueva gestión bajo determinados parámetros.

En síntesis, la figura 2 ilustra la evolución de proveedores *call center* en la Empresa A.

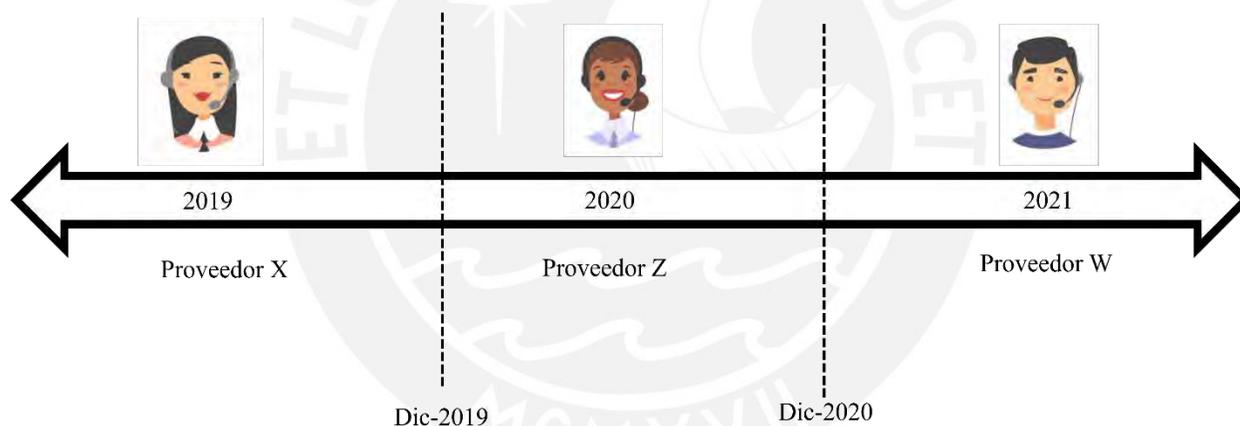


Figura 2. Evolución proveedores *call center* de Empresa A

1.3 Problemática

Debido a los cambios drásticos que ha sufrido el canal por el cambio de proveedores y nuevas estrategias comerciales, uno de los factores más importantes para la gestión que se ha visto afectado es el dimensionamiento (cantidad de recurso “agente telefónico”). El dimensionamiento a su vez se desencadena en otro tipo de conflictos en la gestión; por ejemplo, el tener menor cantidad de agentes telefónicos genera que la cantidad de llamadas atendidas sea menor porque el cliente luego de pasar un determinado tiempo en la cola de espera abandona la llamada (decae el nivel de atención) y esto a su vez genera que el nivel de servicio decaiga ya que el cliente pasa mayor tiempo en la cola a la espera de su gestión (Villavicencio,

2020). Asimismo, una cantidad menor de agentes desencadena caída de la conversión (ventas sobre la cantidad de solicitudes de afiliación), al caer el nivel de atención se tiene menor posibilidad de cerrar afiliaciones y con esto decae las ventas potenciales de la empresa A. Por último y por consecuencia del modelo de pago actual descrito, al verse afectada la conversión y no poder cerrar ventas, el ingreso del proveedor se reduce limitando la posibilidad de maximizar sus utilidades.

Toda la problemática descrita, se puede evidenciar en el contexto de trabajo remoto. A partir del tercer mes del año 2020 solo se pudo contar con el 50% del dimensionamiento inicial y ocasionó en el servicio de *inbound* niveles de atención de hasta 78%, nivel de servicio¹ de hasta 63% (solo el 63% de las llamadas se atendieron antes de 20 segundos) (Empresa A, s.f.).

En las figuras 3 y 4 se observa que a partir del mes de marzo del 2020 los niveles del servicio *inbound* han sufrido un quiebre importante representando pérdidas de potenciales ventas de llamadas que no fueron atendidas; además de generar una experiencia deficiente al público.

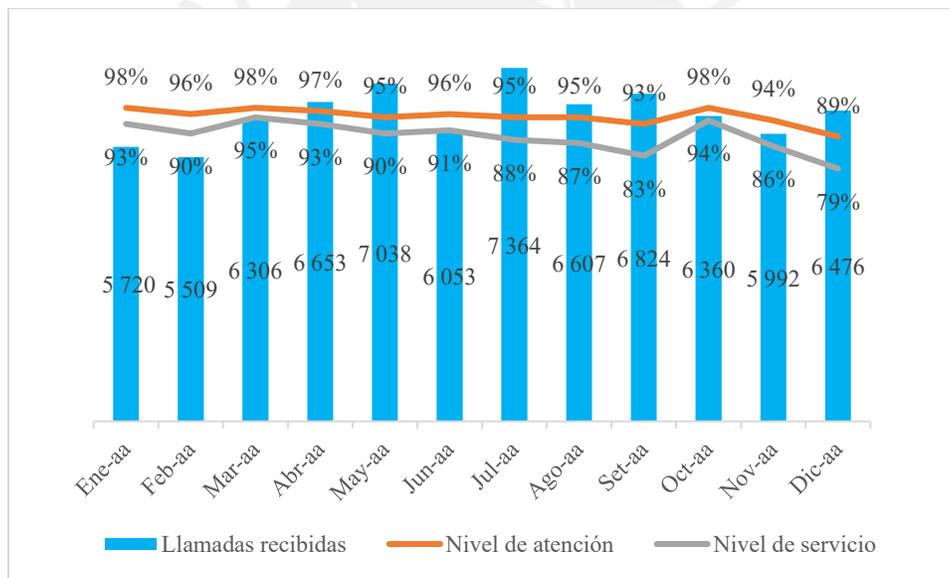


Figura 3. Evolución de los niveles en el servicio inbound
Tomado de base de datos Empresa A (s.f.)

¹ Los niveles de atención y servicio esperados son de 95% y 80%, respectivamente.

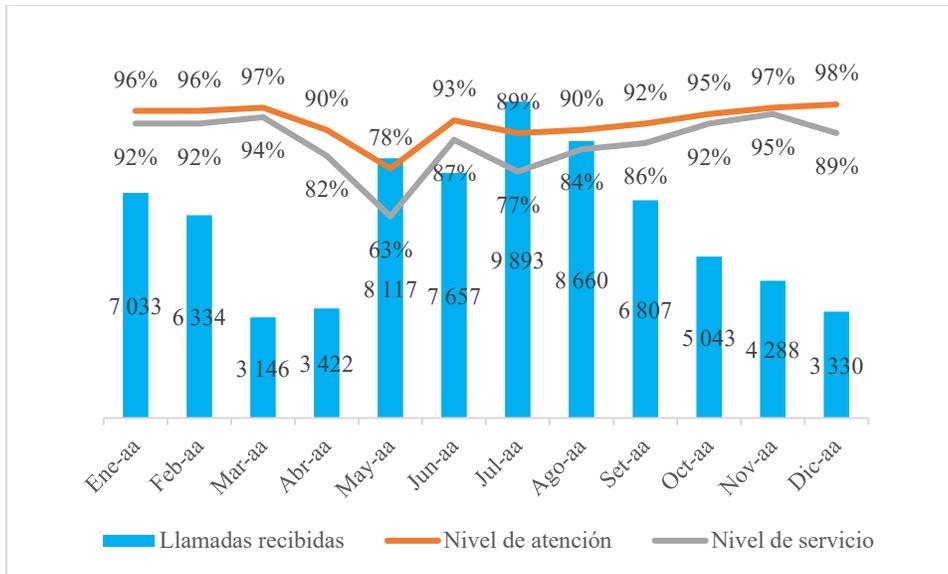


Figura 4. Evolución de los niveles en el servicio inbound

Tomado de base de datos Empresa A (s.f.)

La cantidad inadecuada de asesores tuvo como consecuencia la caída de los niveles de atención y servicio (figuras 3 y 4); asimismo afecta las potenciales ventas (figura 5) porque al recibir un tráfico de llamadas superior a la capacidad de atención por asesor telefónico, este tiene un menor tiempo para invertir en cada llamada deteriorando el ofrecimiento de los productos. Este panorama sumado a la suspensión de varias actividades económicas durante el 2020 origina una pérdida importante de potenciales ventas como se evidencia en la figura 5 desde el mes de abril del 2020 se han perdido 60% de ventas potenciales representando un total de S/ 13 782.

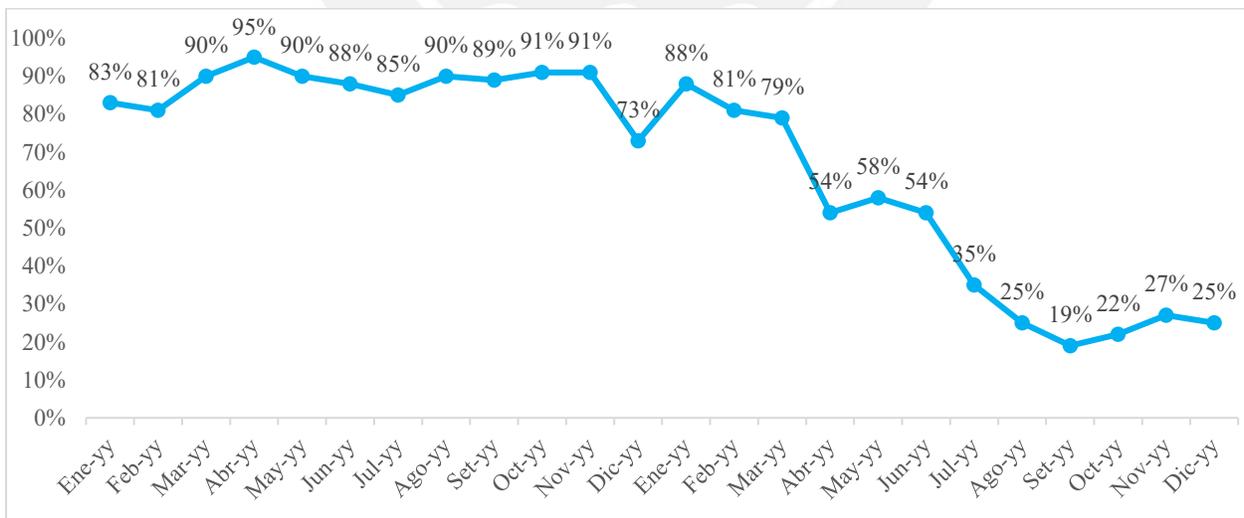


Figura 5. Evolutivo de ventas sobre potenciales ventas en el inbound

Tomado de base de datos Empresa A (s.f.)

1.4 Diagnóstico de la situación

Con base en lo expuesto en la sección 1.1 para el servicio *inbound* de la empresa A, el diagnóstico del sistema de afiliaciones *call center* se reseña en lo siguiente:

- El canal *call center* representa para la Empresa A una importante fuente de afiliaciones para así incrementar la cartera de clientes que buscan soluciones en métodos de pago. Incluso durante el 2020 este canal se ha convertido en la única fuente que trae nuevos clientes para la empresa, por tanto, tiene un rol muy importante en la generación de ingresos del negocio.
- El trabajo remoto y los cambios de proveedores efectuados en el año 2020 generan cierto grado de riesgo para el canal *call center*. La comparación de los indicadores claves de la gestión de calidad de los años 2019 y el 2020 evidencia un declive. En este sentido, surge la necesidad de incrementarlos y el punto de partida para lograrlo es definir un dimensionado eficiente, es decir, tener la cantidad de asesores adecuada que logre un equilibrio entre dos aspectos contrapuestos: por un lado, un dimensionamiento de menor costo y por otro lado que tenga la capacidad de atender el tráfico de llamadas o solicitudes de afiliación de acuerdo con los parámetros establecidos en la empresa A.
- La capacidad que posee la empresa A para ajustar la cantidad de asesores telefónicos por proveedor permite realizar mejoras en la metodología de dimensionamiento con el objetivo de lograr niveles de calidad en la gestión.
- La reducción de los niveles de gestión representa para los proveedores de *call center* una pérdida aproximada de S/ 13 782 para el servicio *inbound*.

Capítulo 2. Propuesta del modelo

2.1 Planteamiento del modelo de programación lineal entera

Para determinar la cantidad y asignación óptima de asesores telefónicos por turno de gestión del *call center* se formula un modelo de programación lineal entera cuya función objetivo minimiza los costos por asesor telefónico y está sujeto a restricciones que reflejan el cumplimiento de los estándares de atención definidos por la Empresa A. El modelo es de programación lineal entera porque las variables involucradas son agentes telefónicos. Asimismo, el horizonte del planteamiento es todos los meses del año 2021 y en los distintos escenarios que explora esta tesis: conservador, pesimista y optimista.

Como paso previo al desarrollo del modelo de programación lineal entera, se elabora el requisito mínimo de asesores por rangos de 30 minutos utilizando la fórmula de *Erlang-C* para el *inbound*. Se utiliza información histórica para conocer el comportamiento (tráfico de llamadas) de cada rango de tiempo. Es importante mencionar que para este análisis previo se considerará el TMO (tiempo promedio de operación).

2.1.1 Servicio *inbound*

La proyección de tráfico *inbound* se realiza a partir de la información de los clientes de la empresa A tomando *ratios* de comportamiento para cada mes, además de la estacionalidad que puede presentar. Según información histórica, aproximadamente el 20% de los clientes de la empresa A se contacta con este servicio para afiliarse. En las tablas 6 se plantea el tráfico proyectado a gestionarse con el proveedor W.

Tabla 6. Tráfico de llamadas *inbound* de enero a diciembre del año 2021

| Ene-21 | Feb-21 | Mar-21 | Abr-21 | May-21 | Jun-21 |
|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| 5 280 | 5 807 | 7 197 | 6 211 | 6 788 | 5 995 |
| Jul-21 | Ago-21 | Set-21 | Oct-21 | Nov-21 | Dic-21 |
| 5 719 | 5 281 | 4 524 | 6 027 | 6 158 | 4 690 |

Para encontrar el comportamiento del tráfico *inbound* por tramos de 30 minutos, se toma la información histórica de llamadas entrantes en los meses de agosto a noviembre del 2020. El motivo que justifica la elección de estos meses como referencia para encontrar la proporción de llamadas por hora; es que son periodos donde se retoma una gestión “regular” en un contexto retador descrito en el capítulo previo. Es importante precisar que para el servicio *inbound* se contempla el tipo de día de gestión, día de la semana y número de semana; por ejemplo, lunes 1 se interpreta como el lunes de la primera semana del mes. Tras haber promediado las llamadas entrantes por hora de los meses en mención, la tabla 8 muestra la

distribución de llamadas por tipo de día. Por ejemplo, al promediar el comportamiento de llamadas entrantes de agosto a noviembre 2020 se tiene un promedio de 7 546 llamadas mensuales; los lunes de la primera semana del mes de 8:00 a.m. a 8:30 a.m. llega en promedio una llamada la cual representa el 0.013% de todas las llamadas del mes.

Tabla 7 Distribución de llamadas *inbound* en el rango 8:00 a.m. a 10:00 a.m.

| Distribuciones llamadas <i>inbound</i> | 8:00 a. m. | 8:30 a. m. | 9:00 a. m. | 9:30 a. m. | 10:00 a. m. |
|---|------------|------------|------------|------------|-------------|
| lunes1 | 0.013% | 0.013% | 0.013% | 0.066% | 0.212% |
| lunes2 | 0.040% | 0.061% | 0.116% | 0.106% | 0.122% |
| lunes3 | 0.042% | 0.093% | 0.101% | 0.127% | 0.122% |
| lunes4 | 0.074% | 0.095% | 0.119% | 0.101% | 0.183% |
| lunes5 | 0.043% | 0.086% | 0.119% | 0.152% | 0.202% |
| martes1 | 0.027% | 0.040% | 0.106% | 0.073% | 0.205% |
| martes2 | 0.096% | 0.080% | 0.122% | 0.146% | 0.172% |
| martes3 | 0.046% | 0.050% | 0.114% | 0.143% | 0.154% |
| martes4 | 0.034% | 0.090% | 0.125% | 0.148% | 0.191% |
| martes5 | 0.073% | 0.099% | 0.106% | 0.106% | 0.205% |
| miércoles1 | 0.035% | 0.110% | 0.190% | 0.163% | 0.190% |
| miércoles2 | 0.040% | 0.109% | 0.098% | 0.114% | 0.164% |
| miércoles3 | 0.066% | 0.074% | 0.098% | 0.148% | 0.199% |
| miércoles4 | 0.040% | 0.106% | 0.122% | 0.143% | 0.140% |
| jueves1 | 0.057% | 0.057% | 0.110% | 0.124% | 0.199% |
| jueves2 | 0.066% | 0.069% | 0.119% | 0.164% | 0.178% |
| jueves3 | 0.030% | 0.106% | 0.138% | 0.117% | 0.140% |
| jueves4 | 0.053% | 0.087% | 0.090% | 0.119% | 0.183% |
| jueves5 | 0.066% | 0.062% | 0.137% | 0.137% | 0.225% |
| viernes1 | 0.057% | 0.093% | 0.106% | 0.163% | 0.186% |
| viernes2 | 0.021% | 0.048% | 0.139% | 0.130% | 0.143% |
| viernes3 | 0.023% | 0.045% | 0.122% | 0.090% | 0.143% |
| viernes4 | 0.069% | 0.089% | 0.089% | 0.101% | 0.114% |
| viernes5 | 0.093% | 0.049% | 0.119% | 0.146% | 0.128% |
| sábado1 | 0.032% | 0.048% | 0.060% | 0.093% | 0.095% |
| sábado2 | 0.053% | 0.040% | 0.077% | 0.072% | 0.085% |
| sábado3 | 0.050% | 0.034% | 0.074% | 0.080% | 0.103% |
| sábado4 | 0.043% | 0.050% | 0.050% | 0.042% | 0.080% |
| sábado5 | 0.060% | 0.013% | 0.044% | 0.035% | 0.044% |

En el anexo 1 se muestra la distribución de llamadas *inbound* desde las 8:00 a.m. hasta las 8:00 p.m. además de la cantidad de llamadas por tipo de escenario (conservador, pesimista y optimista).

Con la información del tráfico de llamadas por mes, se tiene la cantidad de llamadas que ingresarán por rango de hora en cada tipo de día del mes en cuestión del 2021. Se debe tomar en cuenta que no todos los meses tienen todos los tipos de días; por ejemplo, no existe un lunes en la primera semana de enero, para estos casos la distribución de ese día se fija en cero.

El siguiente paso es la aplicación de la fórmula *Erlang-C* con los siguientes parámetros (Chromy, Misuth, Kavacky, 2016):

$$P_c(N, A) = \frac{\frac{A^N N}{N! (N - A)}}{\sum_{i=0}^{N-1} \frac{A^i}{i!} + \frac{A^N N}{N! (N - A)}}$$

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

Donde:

N: es el número de agentes

λ : es la tasa de llegada de llamadas

μ : es la tasa de atención de llamadas

A: es la carga de un agente telefónico, es decir la cantidad de llamadas asignadas por agente

P_c : probabilidad de que la llamada no sea atendida de inmediato y espere

Se deriva además la siguiente fórmula para hallar el tiempo promedio de espera en cola

$$W = \frac{P_c}{\mu \left(N - \frac{\lambda}{\mu}\right)}$$

- Cantidad de llamadas
- Tiempo disponible = 30 minutos
- Tiempo medio de operación= 400 segundos
- Nivel de servicio = 80%
- Umbral de tiempo para el nivel de servicio = 20 segundos

Tras aplicar la fórmula, tenemos la cantidad mínima de asesores por rangos de 30 minutos para poder atender bajo un nivel de servicio de 80%. Aquí es importante precisar que algunos intervalos, según formula, se necesitan cero asesores, pero debido a que el servicio no puede dejarse sin conexión en ninguno

de los horarios de 8:00 a.m. a 8:00 p.m., se tomará como el mínimo un asesor telefónico. De esta manera se tienen los agentes telefónicos como mínimo requerido por cada hora de cada mes del año 2021 (vea el anexo A1).

Además, con esa información histórica se plantea dos escenarios extras. El primer escenario es el optimista donde se proyecta contar con un 25% adicional de tráfico en el servicio *inbound* y se califica como escenario optimista ya que al haber mayor cantidad de llamadas entrantes existe mayor potencial de afiliaciones o ventas. El segundo escenario es el pesimista, donde se proyecta contar con un 25% por debajo de tráfico conservador; se califica como tal al haber menor cantidad de llamadas, existe menor potencial de afiliaciones o ventas.

En los anexos 2 y 3 se encuentra el detalle de tráfico de llamadas para el escenario optimista y pesimista del 2021, respectivamente.

2.2 Modelo de programación lineal entera

Se debe considerar que para ambos servicios el horario de atención es de 8:00 a.m. a 8:00 p.m. de lunes a sábado; cada agente telefónico trabaja ocho horas por lo que el último turno de ingreso es a las 12 m. Cada asesor tiene una hora de descanso o refrigerio; sin embargo, para efectos de la programación no está contemplada.

Supuestos del problema

- Se tiene como supuesto que la data histórica (cantidad de llamadas) predecirá el comportamiento de los meses posteriores a la aplicación del modelo.
- Se utiliza como base histórica los meses de agosto a noviembre del 2020 para predecir el comportamiento del tráfico telefónico. Esto debido a que son los meses estables dentro del contexto pandémico.
- También se considera que se mantendrán las condiciones actuales en cuanto a infraestructura y condiciones de trabajo en el proveedor del *call center*.
- Los agentes telefónicos trabajarán ocho horas sin interrupciones.
- Existirán turno de ingreso a mitad de hora (8:30 a.m., 9:30 a.m., 10:30 a.m., 11:30 a.m. 12:30 p.m.).
- Las variaciones serán justificadas mediante el uso de escenarios optimistas y pesimistas

Conjuntos

H : conjunto de los elementos horarios = $\{1,2,\dots,24\}$.

- Es necesario recordar que “elemento horario” se refiere al horario de gestión $h=1$; personal (agentes telefónicos) que ingresa a las 8:00 a.m.; $h=2$; personal que ingresa a las 8:30 a.m.; $h=3$; personal que ingresa a las 9:00 a.m.; $h=4$; personal que ingresa a las 9:30 a.m.; $h=5$; personal que ingresa a las 10:00 a.m.; $h=6$; personal que ingresa a las 10:30 a.m. El personal trabaja 8 horas de gestión completa y esas horas no abarcan la hora de refrigerio. El resto de los elementos se describen en la tabla 8

I : conjunto “tipo de día” en el servicio *inbound* = $\{1,2,\dots,30\}$. Son 30 días por mes.

- Es necesario recordar que “tipo de día” no se refiere al día 1 de cada mes según calendario, sino, por ejemplo, el elemento “1” del conjunto I se refiere al lunes de la primera semana de un mes en particular; el elemento “2” del conjunto I se refiere al lunes de la segunda semana de un mes en particular. El resto de elementos se describe en la tabla 9.

J : conjunto “tipo de mes” en el servicio *inbound* = $\{1,2,\dots,12\}$.

- Donde los elementos del conjunto J son 1: enero; 2: febrero; 3: marzo...12: diciembre. Son 12 meses al año y el detalle del resto se muestra en la tabla 10.

Índices

$i \in I$

$j \in J$

$h \in H$

Variables de decisión

X_{hij} : cantidad de asesores telefónicos en el rango horario h , tipo de día i y mes j

Función objetivo

$$\text{Min } z = \sum_{h \in H; h \leq 9} \sum_{i \in I} \sum_{j \in J} X_{hij}$$

La función tiene como objetivo minimizar la cantidad de asesores por rango horario (h) en el tipo de día i y mes j .

Tabla 8. Descripción de elementos horarios (h)

| índice (h) | Descripción |
|------------|-------------|
| 1 | 8:00 a. m. |
| 2 | 8:30 a. m. |
| 3 | 9:00 a. m. |
| 4 | 9:30 a. m. |
| 5 | 10:00 a. m. |
| 6 | 10:30 a. m. |
| 7 | 11:00 a. m. |
| 8 | 11:30 a. m. |
| 9 | 12:00 p. m. |
| 10 | 12:30 p. m. |
| 11 | 1:00 p. m. |
| 12 | 1:30 p. m. |
| 13 | 2:00 p. m. |
| 14 | 2:30 p. m. |
| 15 | 3:00 p. m. |
| 16 | 3:30 p. m. |
| 17 | 4:00 p. m. |
| 18 | 4:30 p. m. |
| 19 | 5:00 p. m. |
| 20 | 5:30 p. m. |
| 21 | 6:00 p. m. |
| 22 | 6:30 p. m. |
| 23 | 7:00 p. m. |
| 24 | 7:30 p. m. |

Tabla 9. Descripción de tipo de día (i)

| Tipo de día (i) | Descripción |
|-----------------|-------------|
| 1 | lunes 1 |
| 2 | lunes 2 |
| 3 | lunes 3 |
| 4 | lunes 4 |
| 5 | lunes 5 |
| 6 | martes 1 |
| 7 | martes 2 |
| 8 | martes 3 |
| 9 | martes 4 |
| 10 | martes 5 |
| 11 | miércoles 1 |
| 12 | miércoles 2 |
| 13 | miércoles 3 |
| 14 | miércoles 4 |
| 15 | miércoles 5 |
| 16 | jueves 1 |
| 17 | jueves 2 |
| 18 | jueves 3 |
| 19 | jueves 4 |
| 20 | jueves 5 |
| 21 | viernes 1 |
| 22 | viernes 2 |
| 23 | viernes 3 |
| 24 | viernes 4 |
| 25 | viernes 5 |
| 26 | sábado 1 |
| 27 | sábado 2 |
| 28 | sábado 3 |
| 29 | sábado 4 |
| 30 | sábado 5 |

Tabla 10. Descripción de mes (j)

| Mes (j) | Descripción |
|---------|-------------|
| 1 | Enero |
| 2 | Febrero |
| 3 | Marzo |
| 4 | Abril |
| 5 | Mayo |
| 6 | Junio |
| 7 | Julio |
| 8 | Agosto |
| 9 | Setiembre |
| 10 | Octubre |
| 11 | Noviembre |
| 12 | Diciembre |

Restricciones

$$h=1$$

$X_{hij} \geq \text{Mínimo de agentes inbound requeridos en el rango de 8:00 a.m. a 8:30 a.m.}$

Esta restricción condiciona que la cantidad de agentes telefónicos que ingresan en el horario h del tipo de día i y mes j que se conectan a las 8:00 a.m. sea como mínimo lo requerido para atender el tráfico propuesto de 8:00 a.m. a 8:30 a.m. En la sección 2.1.1 se explicó que con la fórmula *Erlang-C* se determina la cantidad mínima de agentes *inbound*.

$X_{hij} + X_{(h+1)ij} \geq \text{Mínimo de agentes inbound requeridos en el rango de 8:30 a.m. a 9:00 a.m.}$

Esta restricción condiciona que la cantidad de agentes telefónicos del tipo de día i y mes j que se conectan a las 8:30 a.m. y los que ya se encontraban conectados desde las 8:00 a.m. sean como mínimo lo requerido para atender el tráfico propuesto de 8:30 a.m. a 9:00 a.m.

$X_{hij} + X_{(h+1)ij} + X_{(h+2)ij} \geq \text{Mínimo de agentes inbound requeridos en el rango de 9:00 a.m. a 9:30 a.m.}$

Esta restricción condiciona que la cantidad de agentes telefónicos del tipo de día i y mes j que se conectan a las 9:00 a.m. y los que ya se encontraban conectados desde las 8:00 a.m. sean como mínimo lo requerido para atender el tráfico propuesto de 9:00 a.m. a 9:30 a.m.

$X_{hij} + X_{(h+1)ij} + X_{(h+2)ij} + X_{(h+3)ij} \geq \text{Mínimo de agentes inbound requeridos en el rango de 9:30 a.m. a 10:00 a.m.}$

Esta restricción condiciona que la cantidad de agentes telefónicos del tipo de día i y mes j que se conectan a las 9:30 a.m. y los que ya se encontraban conectados desde las 8 am sean como mínimo lo requerido para atender el tráfico propuesto de 9:30 a.m. a 10:00 a.m.

$X_{hij} + X_{(h+1)ij} + X_{(h+2)ij} + X_{(h+3)ij} + X_{(h+4)ij} \geq \text{Mínimo de agentes inbound requeridos en el rango de 10:00 a.m. a 10:30 a.m.}$

Esta restricción condiciona que la cantidad de agentes telefónicos del tipo de día i y mes j que se conectan a las 10:00 a.m. y los que ya se encontraban conectados desde las 8:00 a.m. sean como mínimo lo requerido para atender el tráfico propuesto de 10:00 a.m. a 10:30 a.m.

$X_{hij} + X_{(h+1)ij} + X_{(h+2)ij} + X_{(h+3)ij} + X_{(h+4)ij} + X_{(h+5)ij} \geq \text{Mínimo de agentes inbound requeridos en el rango de 10:30 a.m. a 11:00 a.m.}$

Esta restricción condiciona que la cantidad de agentes telefónicos del tipo de día i y mes j que se conectan a las 10:30 a.m. y los que ya se encontraban conectados desde las 8 a.m. sean como mínimo lo requerido para atender el tráfico propuesto de 10:30 a.m. a 11:00 a.m.

$X_{hij} + X_{(h+1)ij} + X_{(h+2)ij} + X_{(h+3)ij} + X_{(h+4)ij} + X_{(h+5)ij} + X_{(h+6)ij} \geq \text{Mínimo de agentes inbound requeridos en el rango de 11:00 a.m. a 11:30 a.m.}$

Esta restricción condiciona que la cantidad de agentes telefónicos del tipo de día i y mes j que se conectan a la 1:00 p.m. y los que ya se encontraban conectados desde las 8 a.m. sean como mínimo lo requerido para atender el tráfico propuesto de 11:00 a.m. a 11:30 a.m.

$X_{hij} + X_{(h+1)ij} + X_{(h+2)ij} + X_{(h+3)ij} + X_{(h+4)ij} + X_{(h+5)ij} + X_{(h+6)ij} + X_{(h+7)ij} \geq \text{Mínimo de agentes inbound requeridos en el rango de 11:30 a.m. a 12:00 m.}$

Esta restricción condiciona que la cantidad de agentes telefónicos del tipo de día i y mes j que se conectan a la 1:00 p.m. y los que ya se encontraban conectados desde las 8 am sean como mínimo lo requerido para atender el tráfico propuesto de 11:30 a.m. a 12:00 m.

$X_{hij} + X_{(h+1)ij} + X_{(h+2)ij} + X_{(h+3)ij} + X_{(h+4)ij} + X_{(h+5)ij} + X_{(h+6)ij} + X_{(h+7)ij} + X_{(h+8)ij} \geq \text{Mínimo de agentes inbound requeridos en el rango de 12 p.m. a 12:30 p.m.}$

Esta restricción condiciona que la cantidad de agentes telefónicos del tipo de día i y mes j que se conectan a la 1:00 p.m. y los que ya se encontraban conectados desde las 8 a.m. sean como mínimo lo requerido para atender el tráfico propuesto de 12:00 m.

a 12:30 p.m.

$X_{hij} + X_{(h+1)ij} + X_{(h+2)ij} + X_{(h+3)ij} + X_{(h+4)ij} + X_{(h+5)ij} + X_{(h+6)ij} + X_{(h+7)ij} + X_{(h+8)ij} \geq \text{Mínimo de agentes inbound requeridos en el rango de 12:30 p.m. a 1:00 p.m.}$

Esta restricción condiciona que la cantidad de agentes telefónicos del tipo de día i y mes j que se conectan a la 1:00 p.m. y los que ya se encontraban conectados desde las 8:00 a.m. sean como mínimo lo requerido para atender el tráfico propuesto de 12:30 p.m. a 1:00 p.m.

$X_{hij} + X_{(h+1)ij} + X_{(h+2)ij} + X_{(h+3)ij} + X_{(h+4)ij} + X_{(h+5)ij} + X_{(h+6)ij} + X_{(h+7)ij} + X_{(h+8)ij} \geq \text{Mínimo de agentes inbound requeridos en el rango de 1 p.m. a 1:30 p.m.}$

Esta restricción condiciona que la cantidad de agentes telefónicos del tipo de día i y mes j que se conectan a la 1:00 p.m. y los que ya se encontraban conectados desde las 8:00 am sean como mínimo lo requerido para atender el tráfico propuesto de 1:00 p.m. a 1:30 p.m.

$$X_{hij} + X_{(h+1)ij} + X_{(h+2)ij} + X_{(h+3)ij} + X_{(h+4)ij} + X_{(h+5)ij} + X_{(h+6)ij} + X_{(h+7)ij} + X_{(h+8)ij} \geq \text{Mínimo de agentes inbound requeridos en el rango de 1:30 p.m. a 2 p.m.}$$

Esta restricción condiciona que la cantidad de agentes telefónicos del tipo de día i y mes j que se conectan a la 1:00 p.m. y los que ya se encontraban conectados desde las 8:00 a.m. sean como mínimo lo requerido para atender el tráfico propuesto de 1:30 p.m. a 2:00 p.m.

$$X_{hij} + X_{(h+1)ij} + X_{(h+2)ij} + X_{(h+3)ij} + X_{(h+4)ij} + X_{(h+5)ij} + X_{(h+6)ij} + X_{(h+7)ij} + X_{(h+8)ij} \geq \text{Mínimo de agentes inbound requeridos en el rango de 2:00 p.m. a 2:30 p.m.}$$

Esta restricción condiciona que la cantidad de agentes telefónicos del tipo de día i y mes j que se conectan desde las 8:00 a.m. sean como mínimo lo requerido para atender el tráfico propuesto de 2:00 p.m. a 2:30 p.m.

$$X_{hij} + X_{(h+1)ij} + X_{(h+2)ij} + X_{(h+3)ij} + X_{(h+4)ij} + X_{(h+5)ij} + X_{(h+6)ij} + X_{(h+7)ij} + X_{(h+8)ij} \geq \text{Mínimo de agentes inbound requeridos en el rango de 2:30 p.m. a 3:00 p.m.}$$

Esta restricción condiciona que la cantidad de agentes telefónicos del tipo de día i y mes j que se conectan desde las 8:00 a.m. sean como mínimo lo requerido para atender el tráfico propuesto de 2:30 p.m. a 3:00 p.m.

$$X_{hij} + X_{(h+1)ij} + X_{(h+2)ij} + X_{(h+3)ij} + X_{(h+4)ij} + X_{(h+5)ij} + X_{(h+6)ij} + X_{(h+7)ij} + X_{(h+8)ij} \geq \text{Mínimo de agentes inbound requeridos en el rango de 3:00 p.m. a 3:30 p.m.}$$

Esta restricción condiciona que la cantidad de agentes telefónicos del tipo de día i y mes j que se conectan desde las 8:00 a.m. sean como mínimo lo requerido para atender el tráfico propuesto de 3:00 p.m. a 3:30 p.m.

$$X_{hij} + X_{(h+1)ij} + X_{(h+2)ij} + X_{(h+3)ij} + X_{(h+4)ij} + X_{(h+5)ij} + X_{(h+6)ij} + X_{(h+7)ij} + X_{(h+8)ij} \geq \text{Mínimo de agentes inbound requeridos en el rango de 3:30 p.m. a 4:00 p.m.}$$

Esta restricción condiciona que la cantidad de agentes telefónicos del tipo de día i y mes j que se conectan desde las 8:00 a.m. sean como mínimo lo requerido para atender el tráfico propuesto de 3:30 p.m. a 4:00 p.m.

$h=2$

$X_{hij} + X_{(h+1)ij} + X_{(h+2)ij} + X_{(h+3)ij} + X_{(h+4)ij} + X_{(h+5)ij} + X_{(h+6)ij} + X_{(h+7)ij} \geq \text{Mínimo de agentes inbound requeridos en el rango de 4:00 p.m. a 4:30 p.m.}$

Esta restricción condiciona que la cantidad de agentes telefónicos del tipo de día i y mes j que se conectan desde las 8:30 a.m. sean como mínimo lo requerido para atender el tráfico propuesto de 4:00 p.m. a 4:30 p.m.

$h=3$

$X_{hij} + X_{(h+1)ij} + X_{(h+2)ij} + X_{(h+3)ij} + X_{(h+4)ij} + X_{(h+5)ij} + X_{(h+6)ij} \geq \text{Mínimo de agentes inbound requeridos en el rango de 4:30 p.m. a 5:00 p.m.}$

Esta restricción condiciona que la cantidad de agentes telefónicos del tipo de día i y mes j que se conectan desde las 9:00 a.m. sean como mínimo lo requerido para atender el tráfico propuesto de 4:30 p.m. a 5:00 p.m.

$h=4$

$X_{hij} + X_{(h+1)ij} + X_{(h+2)ij} + X_{(h+3)ij} + X_{(h+4)ij} + X_{(h+5)ij} \geq \text{Mínimo de agentes inbound requeridos en el rango de 5:00 p.m. a 5:30 p.m.}$

Esta restricción condiciona que la cantidad de agentes telefónicos del tipo de día i y mes j que se conectan desde las 9:30 a.m. sean como mínimo lo requerido para atender el tráfico propuesto de 5:00 p.m. a 5:30 p.m.

$h=5$

$X_{hij} + X_{(h+1)ij} + X_{(h+2)ij} + X_{(h+3)ij} + X_{(h+4)ij} \geq \text{Mínimo de agentes inbound requeridos en el rango de 5:30 p.m. a 6 p.m.}$

Esta restricción condiciona que la cantidad de agentes telefónicos del tipo de día i y mes j que se conectan desde las 10:00 a.m. sean como mínimo lo requerido para atender el tráfico propuesto de 5:30 p.m. a 6:00 p.m.

$h=6$

$X_{hij} + X_{(h+1)ij} + X_{(h+2)ij} + X_{(h+3)ij} \geq \text{Mínimo de agentes inbound requeridos en el rango de 6:00 p.m. a 6:30 p.m.}$

Esta restricción condiciona que la cantidad de agentes telefónicos del tipo de día i y mes j que se conectan desde las 10:30 a.m. sean como mínimo lo requerido para atender el tráfico propuesto de 6:00 p.m. a 6:30 p.m.

$h=7$

$X_{hij} + X_{(h+1)ij} + X_{(h+2)ij} \geq \text{Mínimo de agentes inbound requeridos en el rango de 6:30 p.m. a 7:00 p.m.}$

Esta restricción condiciona que la cantidad de agentes telefónicos del tipo de día i y mes j que se conectan desde las 11:00 a.m. sean como mínimo lo requerido para atender el tráfico propuesto de 6:30 p.m. a 7:00 p.m.

$h=8$

$X_{hij} + X_{(h+1)ij} \geq \text{Mínimo de agentes inbound requeridos en el rango de 7:00 p.m. a 7:30 p.m.}$

Esta restricción condiciona que la cantidad de agentes telefónicos del tipo de día i y mes j que se conectan desde las 11:30 a.m. sean como mínimo lo requerido para atender el tráfico propuesto de 7:00 p.m. a 7:30 p.m.

$h=9$

$X_{hij} \geq \text{Mínimo de agentes inbound requeridos en el rango de 7:30 p.m. a 8:00 p.m.}$

Esta restricción condiciona que la cantidad de agentes telefónicos del tipo de día i y mes j que se conectan desde las 12:00 m. sean como mínimo lo requerido para atender el tráfico propuesto de 7:30 p.m. a 8:00 p.m.

Rango de existencia

Todas las variables del modelo son enteras porque refieren asesores telefónicos.

$$X_{hij} \geq 0 \in \mathbb{N} \quad \forall h \in H; \forall i \in I; \forall j \in J$$

Código del modelo de programación lineal entera

A continuación se presenta el modelo de programación lineal entera en lenguaje de modelado AMPL.

```
#defino set
set TipoDia;
set TipoMesIn;
set ElementoHorario;
set MatrizX := {ElementoHorario, TipoDia, TipoMesIn};
#parametrosIn
param MinReqIn {MatrizX};
#variable
```

```

var X {MatrizX} >= 0, integer;
#F.O
minimize TotalAsesores: sum{(h,i,j) in MatrizX: h <= 9} X[h,i,j];
#restricciones Inbound
subject to RestIn1 {(h,i,j) in MatrizX: h = 1} : X[h,i,j]
                                     >= MinReqIn[h,i,j];

subject to RestIn2 {(h,i,j) in MatrizX: h = 1} : X[h,i,j] + X [h+1,i,j]
                                     >= MinReqIn[h+1,i,j];

subject to RestIn3 {(h,i,j) in MatrizX: h = 1} : X[h,i,j] + X [h+1,i,j] + X [h+2,i,j]
                                     >= MinReqIn[h+2,i,j];

subject to RestIn4 {(h,i,j) in MatrizX: h = 1} : X[h,i,j] + X [h+1,i,j] + X [h+2,i,j] + X
[h+3,i,j]
                                     >= MinReqIn[h+3,i,j];

subject to RestIn5 {(h,i,j) in MatrizX: h = 1} : X[h,i,j] + X [h+1,i,j] + X [h+2,i,j] + X
[h+3,i,j] + X [h+4,i,j]
                                     >= MinReqIn[h+4,i,j];

subject to RestIn6 {(h,i,j) in MatrizX: h = 1} : X[h,i,j] + X [h+1,i,j] + X [h+2,i,j] + X
[h+3,i,j] + X [h+4,i,j] + X [h+5,i,j]
                                     >= MinReqIn[h+5,i,j];

subject to RestIn7 {(h,i,j) in MatrizX: h = 1} : X[h,i,j] + X [h+1,i,j] + X [h+2,i,j] + X
[h+3,i,j] + X [h+4,i,j] + X [h+5,i,j] + X [h+6,i,j]
                                     >= MinReqIn[h+6,i,j];

subject to RestIn8 {(h,i,j) in MatrizX: h = 1} : X[h,i,j] + X [h+1,i,j] + X [h+2,i,j] + X
[h+3,i,j] + X [h+4,i,j] + X [h+5,i,j] + X [h+6,i,j] + X [h+7,i,j]
                                     >= MinReqIn[h+7,i,j];

subject to RestIn9 {(h,i,j) in MatrizX: h = 1} : X[h,i,j] + X [h+1,i,j] + X [h+2,i,j] + X
[h+3,i,j] + X [h+4,i,j] + X [h+5,i,j] + X [h+6,i,j] + X [h+7,i,j] + X [h+8,i,j]
                                     >= MinReqIn[h+8,i,j];

subject to RestIn10 {(h,i,j) in MatrizX: h = 1} : X[h,i,j] + X [h+1,i,j] + X [h+2,i,j] + X
[h+3,i,j] + X [h+4,i,j] + X [h+5,i,j] + X [h+6,i,j] + X [h+7,i,j] + X [h+8,i,j]
                                     >= MinReqIn[h+9,i,j];

subject to RestIn11 {(h,i,j) in MatrizX: h = 1} : X[h,i,j] + X [h+1,i,j] + X [h+2,i,j] + X
[h+3,i,j] + X [h+4,i,j] + X [h+5,i,j] + X [h+6,i,j] + X [h+7,i,j] + X [h+8,i,j]
                                     >= MinReqIn[h+10,i,j];

subject to RestIn12 {(h,i,j) in MatrizX: h = 1} : X[h,i,j] + X [h+1,i,j] + X [h+2,i,j] + X
[h+3,i,j] + X [h+4,i,j] + X [h+5,i,j] + X [h+6,i,j] + X [h+7,i,j] + X [h+8,i,j]
                                     >= MinReqIn[h+11,i,j];

subject to RestIn13 {(h,i,j) in MatrizX: h = 1} : X[h,i,j] + X [h+1,i,j] + X [h+2,i,j] + X
[h+3,i,j] + X [h+4,i,j] + X [h+5,i,j] + X [h+6,i,j] + X [h+7,i,j] + X [h+8,i,j]
                                     >= MinReqIn[h+12,i,j];

```

subject to RestIn14 $\{(h,i,j) \text{ in MatrizX: } h = 1\} : X[h,i,j] + X[h+1,i,j] + X[h+2,i,j] + X[h+3,i,j] + X[h+4,i,j] + X[h+5,i,j] + X[h+6,i,j] + X[h+7,i,j] + X[h+8,i,j]$
 $\geq \text{MinReqIn}[h+13,i,j];$

subject to RestIn15 $\{(h,i,j) \text{ in MatrizX: } h = 1\} : X[h,i,j] + X[h+1,i,j] + X[h+2,i,j] + X[h+3,i,j] + X[h+4,i,j] + X[h+5,i,j] + X[h+6,i,j] + X[h+7,i,j] + X[h+8,i,j]$
 $\geq \text{MinReqIn}[h+14,i,j];$

subject to RestIn16 $\{(h,i,j) \text{ in MatrizX: } h = 1\} : X[h,i,j] + X[h+1,i,j] + X[h+2,i,j] + X[h+3,i,j] + X[h+4,i,j] + X[h+5,i,j] + X[h+6,i,j] + X[h+7,i,j] + X[h+8,i,j]$
 $\geq \text{MinReqIn}[h+15,i,j];$

subject to RestIn17 $\{(h,i,j) \text{ in MatrizX: } h = 2\} : X[h,i,j] + X[h+1,i,j] + X[h+2,i,j] + X[h+3,i,j] + X[h+4,i,j] + X[h+5,i,j] + X[h+6,i,j] + X[h+7,i,j]$
 $\geq \text{MinReqIn}[h+15,i,j];$

subject to RestIn18 $\{(h,i,j) \text{ in MatrizX: } h = 3\} : X[h,i,j] + X[h+1,i,j] + X[h+2,i,j] + X[h+3,i,j] + X[h+4,i,j] + X[h+5,i,j] + X[h+6,i,j]$
 $\geq \text{MinReqIn}[h+15,i,j];$

subject to RestIn19 $\{(h,i,j) \text{ in MatrizX: } h = 4\} : X[h,i,j] + X[h+1,i,j] + X[h+2,i,j] + X[h+3,i,j] + X[h+4,i,j] + X[h+5,i,j]$
 $\geq \text{MinReqIn}[h+15,i,j];$

subject to RestIn20 $\{(h,i,j) \text{ in MatrizX: } h = 5\} : X[h,i,j] + X[h+1,i,j] + X[h+2,i,j] + X[h+3,i,j] + X[h+4,i,j]$
 $\geq \text{MinReqIn}[h+15,i,j];$

subject to RestIn21 $\{(h,i,j) \text{ in MatrizX: } h = 6\} : X[h,i,j] + X[h+1,i,j] + X[h+2,i,j] + X[h+3,i,j]$
 $\geq \text{MinReqIn}[h+15,i,j];$

subject to RestIn22 $\{(h,i,j) \text{ in MatrizX: } h = 7\} : X[h,i,j] + X[h+1,i,j] + X[h+2,i,j]$
 $\geq \text{MinReqIn}[h+15,i,j];$

subject to RestIn23 $\{(h,i,j) \text{ in MatrizX: } h = 8\} : X[h,i,j] + X[h+1,i,j]$
 $\geq \text{MinReqIn}[h+15,i,j];$

subject to RestIn24 $\{(h,i,j) \text{ in MatrizX: } h = 9\} : X[h,i,j] + X[h+1,i,j]$
 $\geq \text{MinReqIn}[h+15,i,j];$

El modelo y datos se encuentran en los anexos 4, 5, 6 y 7.

2.3 Planteamiento del modelo de simulación de eventos discretos

2.3.1 Descripción del sistema a simular

Los clientes interesados en adquirir un producto de la empresa A, se comunican con la central telefónica e ingresan a la opción de afiliaciones. Los asesores telefónicos de afiliaciones se encuentran distribuidos en distintos horarios para la atención de este tipo de clientes (en el rango de 8:00 a.m. a 8:00 p.m. de lunes a sábado). Si al ingresar a la opción de afiliaciones y ninguno de los asesores se encuentra disponible, el cliente espera en una cola de atención por un tiempo máximo de 70 segundos de lo contrario abandona el sistema. Al desocuparse algún asesor telefónico, el cliente próximo en la cola de espera es atendido y se determina qué tipo de cliente es: venta potencial o posventa. Los clientes denominados venta potencial pueden adquirir un producto o solo buscar información, se procede con su atención. Por otro lado, los clientes posventa llegan por error al área de afiliaciones; este tipo de cliente termina siendo derivado al área correcta para su respectiva atención.

La figura 6 ilustra el flujo de atención del sistema

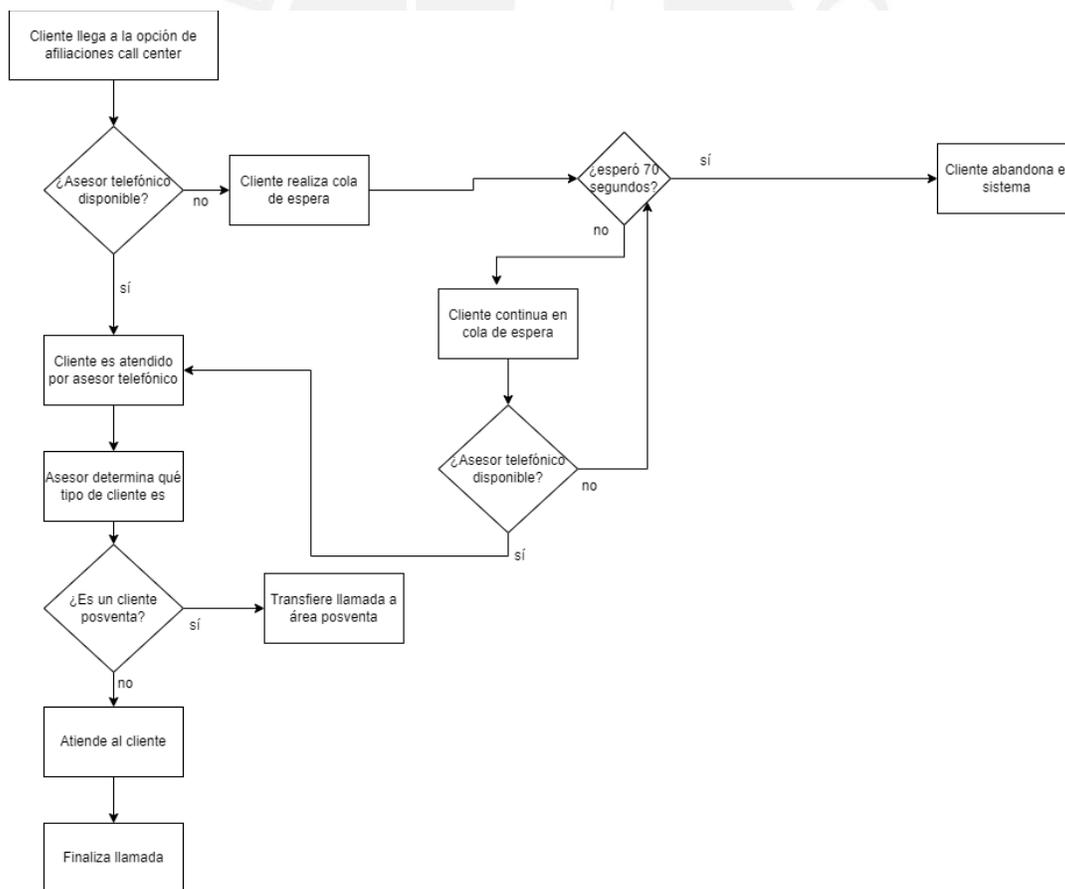


Figura 6. Flujo de atención área afiliaciones en el *call center*

Se trabaja con 36 modelos de simulación (un modelo por cada mes y tres escenarios anuales)

Tabla 11. Descripción de simulaciones

| Simulación | Descripción |
|------------|--|
| 1 a 12 | Simulación conservadora, donde 1 es enero y 12 diciembre |
| 13 al 24 | Simulación optimista, donde 13 es enero y 24 diciembre |
| 25 al 36 | Simulación pesimista, donde 25 es enero y 36 diciembre |

2.3.2 Elementos de simulación de eventos discretos

Entidades

- Llamada *inbound* en el *call center* W: potenciales clientes que llaman al *call center* W con la intención de afiliarse a algún producto o servicio de la empresa A.

Atributos

- Hora de arribo de la llamada: indica el momento en el que la llamada del potencial cliente llega al canal de afiliaciones.
- Tipo de cliente: existen tres tipos de clientes que llegan al canal telefónico de afiliaciones: los que finalmente compran llamados “venta”; aquellos que no compran, pero tienen intención de compra llamados “contacto no efectivo” y los clientes que buscan atención posventa llamados “posventa”.
- Espera: indica el tiempo que lleva el cliente potencial en la cola esperando su atención.

Recursos

- Asesores telefónicos del servicio *inbound* en el *call center* W.

Variable de estado

- Estado del asesor telefónico (0: desocupado, 1: ocupado).

Variables

- Día: indica el número de día en el que se encuentra el sistema donde 1 = lunes y 7 = domingo.
- Clientes: indica el número de clientes que va ingresando al sistema.

Cola

- Cola clientes afiliaciones: potenciales clientes que esperan ser atendidos en el canal de afiliaciones.

2.3.3 Análisis variables de entrada

Se tiene como variable de entrada el tiempo entre llegadas de las llamadas de afiliaciones por tipo de día en segundos. Se procede a realizar las pruebas de bondad de ajuste que permite determinar la mejor distribución que ajuste a los tiempos de llegada. Para ello, se realiza una prueba de hipótesis de la siguiente manera:

H_0 : los datos analizados siguen la distribución i

H_1 : los datos analizados no siguen la distribución i

Donde i es la distribución de probabilidad que propone *Input Analyzer* periférico del *software* ARENA para el análisis de variables de entrada; sin embargo, esa alternativa se discute a continuación.

Input Analyzer realiza las pruebas de bondad de ajuste chi cuadrado y Kolmogórov-Smirnov. Si en alguna de las pruebas el *p-value* es mayor o igual al nivel de significancia ($\alpha = 0.05$), entonces no existe evidencia para rechazar H_0 (Cornejo, 2020).

En la tabla 12 se presenta los resultados del *Input Analyzer* para el tipo de día lunes. Los resultados para los otros tipos de día se encuentran en el anexo 8 y 9.

Tabla 12. Resultados del *Input Analyzer* para todos los tipos de día lunes con un nivel de significancia ($\alpha = 0.05$)

| Variable de entrada | Tipo de día (lunes de la semana) | Distribución | Prueba | | Conclusión |
|--|----------------------------------|------------------------------|--------------|--------------------|---------------|
| | | | Chi cuadrado | Kolmogorov-Smirnov | |
| Tiempo entre llegada para llamadas de afiliaciones | 2 de julio | 0.999 + EXPO(122) | 0.15 | 0.00809 | No se rechaza |
| | 3 de julio | 0.999 + EXPO(106) | 0.221 | 0.15 | No se rechaza |
| | 4 de julio | -0.001 + EXPO(98.8) | 0.124 | 0.15 | No se rechaza |
| | 5 de julio | -0.001 + EXPO(104) | 0.0937 | 0.0689 | No se rechaza |
| | 2 de agosto | -0.001 + EXPO(136) | 0.75 | 0.15 | No se rechaza |
| | 3 de agosto | 0.999 + EXPO(180) | 0.394 | 0.15 | No se rechaza |
| | 4 de agosto | -0.001 + WEIB(112, 0.847) | 0.239 | 0.15 | No se rechaza |
| | 2 de setiembre | -0.001 + EXPO(115) | 0.0688 | 0.01 | No se rechaza |
| | 3 de setiembre | -0.001 + EXPO(115) | 0.189 | 0.15 | No se rechaza |
| | 4 de setiembre | -0.001 + EXPO(125) | 0.56 | 0.15 | No se rechaza |
| | 2 de octubre | -0.001 + EXPO(189) | 0.233 | 0.0274 | No se rechaza |
| | 3 de octubre | 0.999 + EXPO(183) | 0.75 | 0.15 | No se rechaza |
| | 4 de octubre | 2 + WEIB(169, 0.902) | 0.303 | 0.15 | No se rechaza |
| | 1 de noviembre | -0.001 + EXPO(230) | 0.005 | 0.133 | No se rechaza |
| | 2 de noviembre | 0.999 + EXPO(165) | 0.75 | 0.15 | No se rechaza |
| | 3 de noviembre | -0.001 + LOGN(405, 1.34e+03) | 0.175 | 0.15 | No se rechaza |
| | 4 de noviembre | 4 + EXPO(229) | 0.07 | 0.15 | No se rechaza |

2.3.4 Modelo y animación en ARENA

A continuación, se detalla el modelo diseñado en el *software* ARENA con los blocks y elements usados para simular la atención del *call center*.

2.3.4.1 Asignación de día

La figura 7 ilustra la primera secuencia de bloques que identifica el día de gestión con el objetivo de omitir la atención el día domingo.

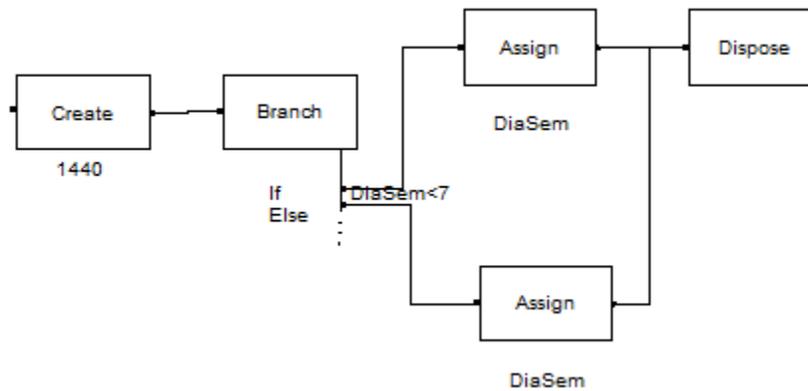


Figura 7. Secuencia de *blocks* asignación de día

Create

La figura 8 ilustra el detalle del bloque *Create* que simula la creación de cada día de la semana. Se define un intervalo de 1 440 minutos; es decir 24 horas y una cantidad máxima de 44 640 minutos; es decir 31 días.

Create Block ? X
 Label:
 Mark Attribute:
 Next Label:
 Batch Size:
 First Creation:
 Entity Type:
 Interval:
 Maximum Batches:
 Comments:
 OK Cancel Help

Figura 8. Block *Create* para la asignación de día

Branch

La figura 9 ilustra el bloque *Branch* que hace referencia a la condicional si el número de día es menor o no que 7.

Branch Block ? X
 Label:
 Max Number of Branches:
 Random Number Stream:
 Branch Types:
 If, DiaSem<7, , Yes
 Else, , Yes
 <End of list>
 Add... Edit... Delete
 Comments:
 OK Cancel Help

Figura 9. Block *Branch* para la asignación de día

Assign

La figura 10 ilustra el bloque *Assign* que define la variable “DiaSem” (día de la semana).

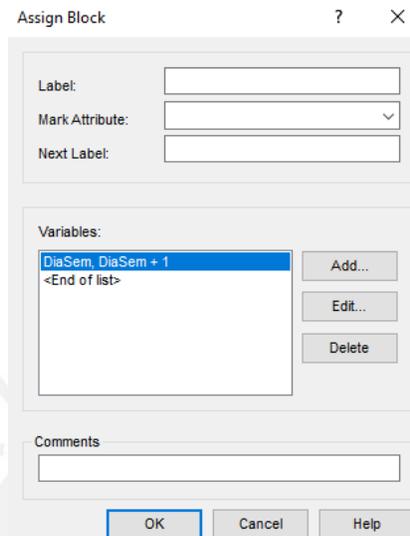


Figura 10. Block *Assign* para la asignación de día

Dispose

La figura 11 ilustra el bloque *Dispose* que simula el fin de la asignación de día.

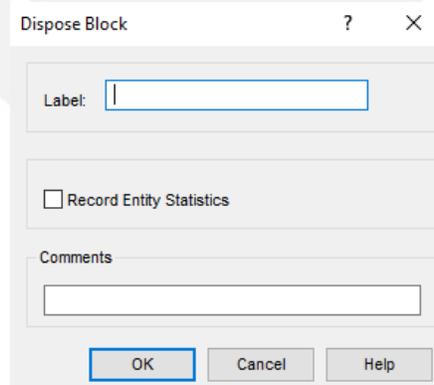


Figura 11. Block *Dispose* para la asignación de día

2.3.4.2 Gestión telefónica

La figura 12 ilustra la segunda secuencia de bloques que simula la gestión telefónica en la atención de potenciales afiliaciones.

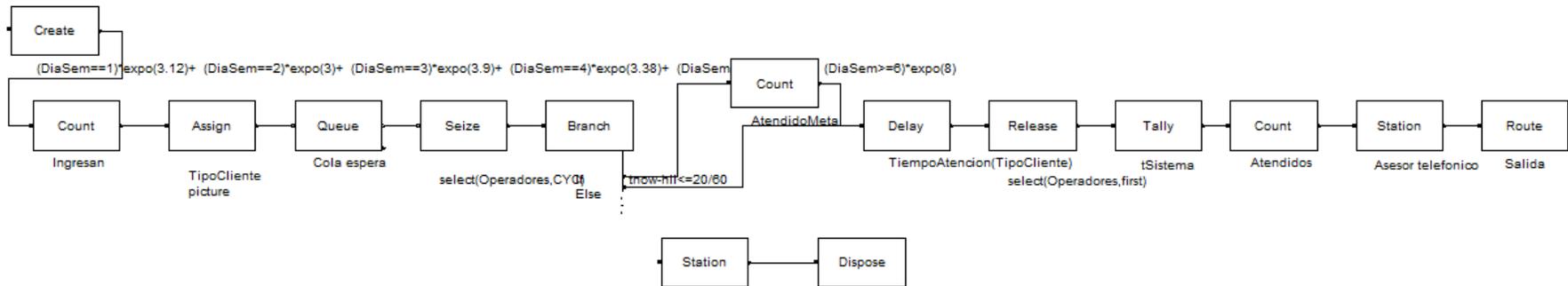
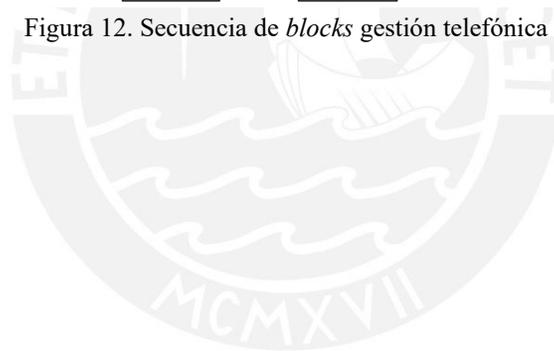


Figura 12. Secuencia de *blocks* gestión telefónica



Create

La figura 13 ilustra el block *Create* que simula la llegada de llamadas a la gestión de afiliaciones. Contiene el atributo “hLL” (tiempo de llegada de llamadas) en el operand *Mark Attribute*; el operand *Batch Size* define la gestión para los días del 1 al 6 (de lunes a sábado) en un rango de 720 minutos (12 horas) y el atributo *Maximum Batches* que define los 31 días del mes. El intervalo contiene la distribución en la que llegan las llamadas según el tipo de día, mes y escenario.

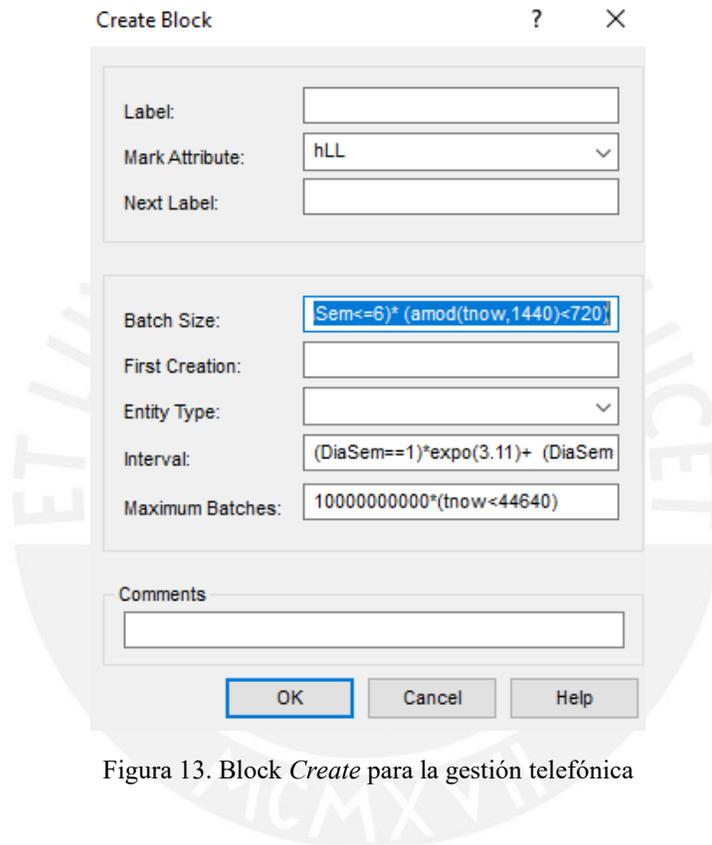


Figura 13. Block *Create* para la gestión telefónica

Count

La figura 14 ilustra el block *Count* que invoca al contador “ingresan”, esta cuenta la cantidad de clientes que ingresan al sistema.

Count Block

Label:

Mark Attribute:

Next Label:

Counter ID:

Counter Increment:

Comments:

OK Cancel Help

Figura 14. Block *Count* para la gestión telefónica

Assign

La figura 15 ilustra el block *Assign* que define la distribución de probabilidad discreta para el atributo “tipo de cliente” donde el 32% es “contacto no efectivo” (no venta), 13% es “contacto efectivo” (venta) y 55% de “posventa” (cliente de otra gestión).

Assign Block

Label:

Mark Attribute:

Next Label:

Variables:

- TipoCliente, disc(0.32,1,0.45,2,1.3)
- picture, TipoCliente
- <End of list>

Add... Edit... Delete

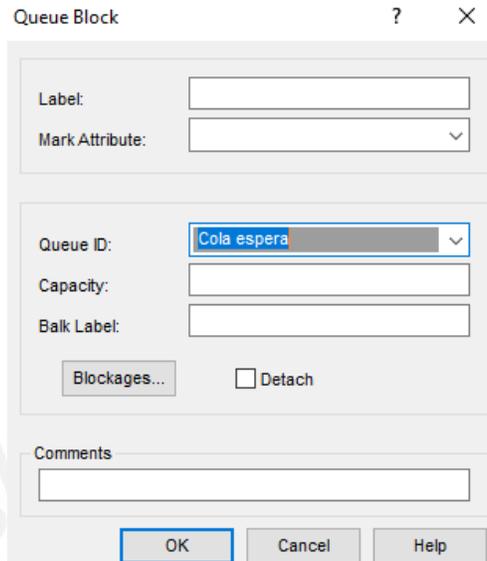
Comments:

OK Cancel Help

Figura 15. Block *Assign* para la gestión telefónica

Queue

La figura 16 ilustra el block *Queue* que simula la cola de espera de llamadas en la gestión de afiliaciones.



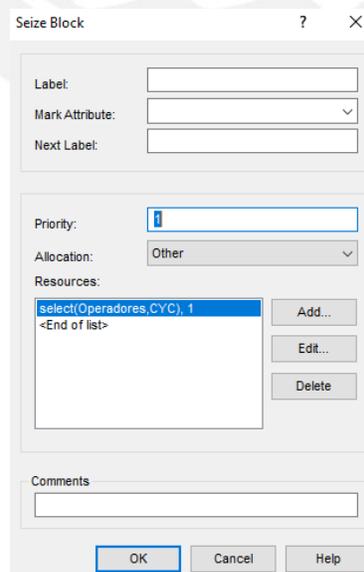
The screenshot shows a dialog box titled "Queue Block" with a question mark and a close button. It contains several input fields and a checkbox:

- Label: [Empty text box]
- Mark Attribute: [Dropdown menu]
- Queue ID: [Dropdown menu with "Cola espera" selected]
- Capacity: [Empty text box]
- Balk Label: [Empty text box]
- Blockages...: [Button]
- Detach: [Checkbox]
- Comments: [Text area]
- OK, Cancel, Help: [Buttons]

Figura 16. Block *Queue* para la gestión telefónica

Seize

La figura 17 ilustra el block *Seize* que toma al set “Operadores” (agrupa a todos los asesores telefónicos) para asignarlo a la gestión de la llamada.



The screenshot shows a dialog box titled "Seize Block" with a question mark and a close button. It contains several input fields and a list:

- Label: [Empty text box]
- Mark Attribute: [Dropdown menu]
- Next Label: [Empty text box]
- Priority: [Text box with "1"]
- Allocation: [Dropdown menu with "Other"]
- Resources: [List box containing "select(Operadores,CYC), 1" and "<End of list>"]
- Add..., Edit..., Delete: [Buttons]
- Comments: [Text area]
- OK, Cancel, Help: [Buttons]

Figura 17. Block *Seize* para la gestión telefónica

Branch

La figura 18 ilustra el block *Branch* que hace referencia a la condicional si el tiempo de espera hasta el momento es menor igual que 20 segundos.

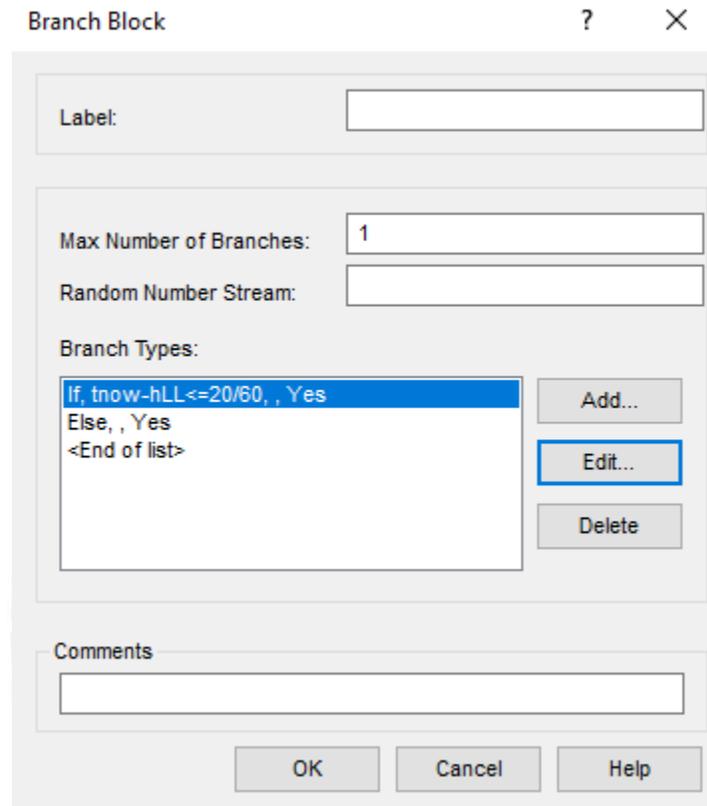


Figura 18. Block *Branch* para la gestión telefónica

Count

La figura 19 ilustra el block *Count* que cuenta la cantidad de llamadas con el contado “AtendioMeta” que esperaron máximo 20 segundos para ser atendidas.

The 'Count Block' dialog box is titled 'Count Block' and includes the following fields and controls:

- Label:** An empty text input field.
- Mark Attribute:** A dropdown menu.
- Next Label:** An empty text input field.
- Counter ID:** A dropdown menu with 'AtendidoMeta' selected.
- Counter Increment:** A text input field containing the value '1'.
- Comments:** A large empty text area.
- Buttons:** 'OK', 'Cancel', and 'Help' buttons are located at the bottom.

Figura 19. Block *Count* para la gestión telefónica

Delay

La figura 20 ilustra el block *Delay* que simula la duración de cada atención según el tipo de llamada (540 segundos para contacto no efectivo, 1 500 segundos contacto efectivo y 70 segundos posventa). En el *block* se observa al “TiempoAtención”; es decir el tiempo que dura cada llamada en segundos según el TipoCliente que define que tipo de llamada se está atendiendo (venta, no venta o posventa)

The 'Delay Block' dialog box is titled 'Delay Block' and includes the following fields and controls:

- Label:** An empty text input field.
- Mark Attribute:** A dropdown menu.
- Next Label:** An empty text input field.
- Duration:** A dropdown menu with 'TiempoAtencion(TipoCliente)' selected.
- Storage ID:** A dropdown menu.
- Allocation:** A dropdown menu with 'Other' selected.
- Comments:** A large empty text area.
- Buttons:** 'OK', 'Cancel', and 'Help' buttons are located at the bottom.

Figura 20. Block *Delay* para la gestión telefónica

Release

La figura 21 ilustra el block *Release* que libera el recurso asesor telefónico una vez culminada la atención.

Release Block

Label:

Mark Attribute:

Next Label:

Resources:

- select(Operadores, first), 1
- <End of list>

Add... Edit... Delete

Comments:

OK Cancel Help

Figura 21. Block *Release* para la gestión telefónica

Tally

La figura 22 ilustra el block *Tally* que calcula el tiempo en sistema “tSistema” de cada llamada (tiempo presente menos el tiempo de llegada).

Tally Block

Label:

Mark Attribute:

Next Label:

Tally ID:

Value:

Number of Observations:

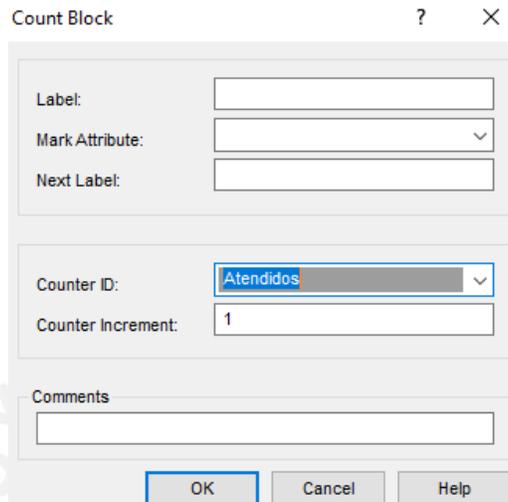
Comments:

OK Cancel Help

Figura 22. Block *Tally* para la gestión telefónica

Count

La figura 23 ilustra el block *Count* que cuenta la cantidad de llamadas atendidas con el contador “Atendidos”.

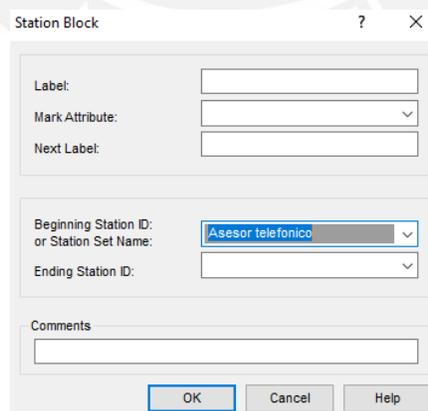


The screenshot shows a dialog box titled "Count Block" with a question mark and a close button (X) in the top right corner. The dialog is divided into several sections. The first section contains three input fields: "Label:" (empty), "Mark Attribute:" (a dropdown menu), and "Next Label:" (empty). The second section contains two input fields: "Counter ID:" (a dropdown menu with "Atendidos" selected) and "Counter Increment:" (a text box containing "1"). The third section is a "Comments" field, which is an empty text area. At the bottom of the dialog, there are three buttons: "OK", "Cancel", and "Help".

Figura 23. Block *Count* para la gestión telefónica

Station

La figura 24 ilustra el block *Station* que simula la estación “Asesor telefonico” de cada asesor telefónico para la animación.

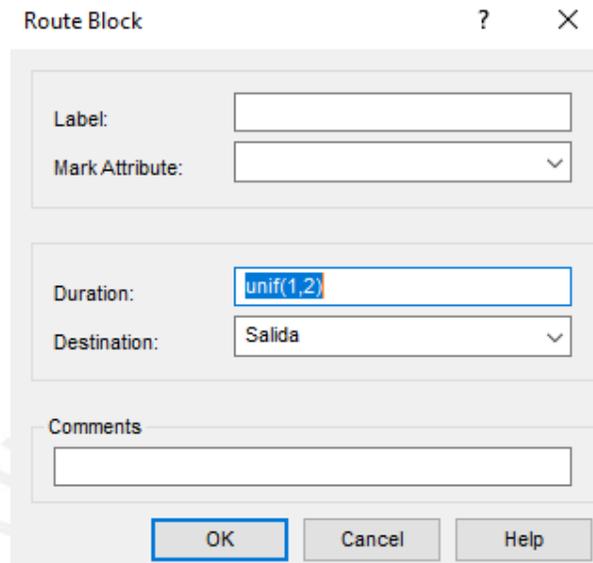


The screenshot shows a dialog box titled "Station Block" with a question mark and a close button (X) in the top right corner. The dialog is divided into several sections. The first section contains three input fields: "Label:" (empty), "Mark Attribute:" (a dropdown menu), and "Next Label:" (empty). The second section contains two input fields: "Beginning Station ID: or Station Set Name:" (a dropdown menu with "Asesor telefonico" selected) and "Ending Station ID:" (a dropdown menu). The third section is a "Comments" field, which is an empty text area. At the bottom of the dialog, there are three buttons: "OK", "Cancel", and "Help".

Figura 24. Block *Station* para la gestión telefónica

Route

La figura 25 ilustra el block *Route* que simula el traslado de la llamada hacia la salida o fin de la atención.



The image shows a 'Route Block' configuration window. It has a title bar with a question mark and a close button. The window is divided into three main sections. The first section contains a 'Label' text box and a 'Mark Attribute' dropdown menu. The second section contains a 'Duration' text box with the value 'unif(1,2)' and a 'Destination' dropdown menu with 'Salida' selected. The third section contains a 'Comments' text area. At the bottom of the window are three buttons: 'OK', 'Cancel', and 'Help'.

Figura 25. Block *Route* para la gestión telefónica

2.3.4.3 Abando de gestión telefónica

La figura 26 ilustra la secuencia de bloques que simula el abandono de una llamada en espera de la gestión telefónica. Esta secuencia solo aplica para aquellas llamadas que se encuentran en la cola de espera de 70 segundos a más.

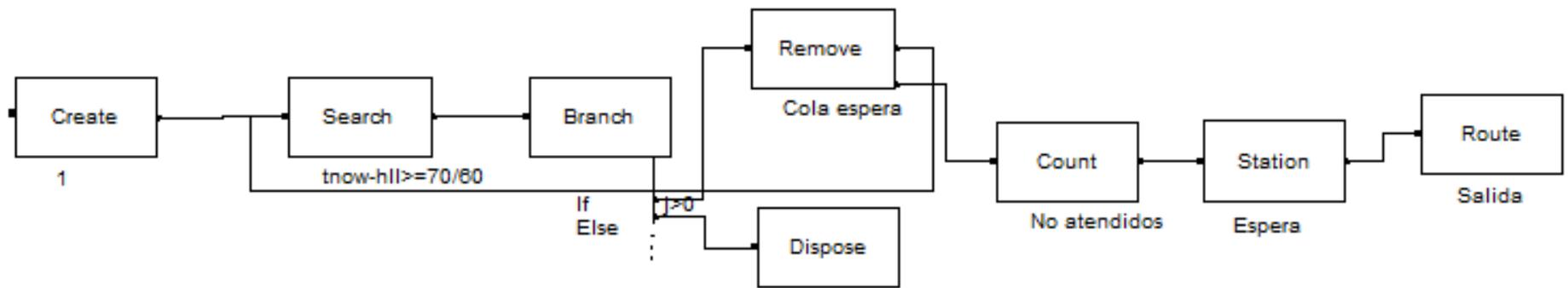
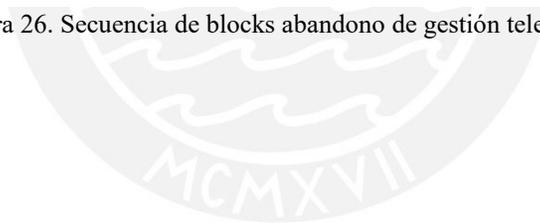


Figura 26. Secuencia de blocks abandono de gestión telefónica



Create

La figura 27 ilustra el block *Create* como inicio de la simulación de abandono de gestión telefónica para 31 días (44 640 minutos).

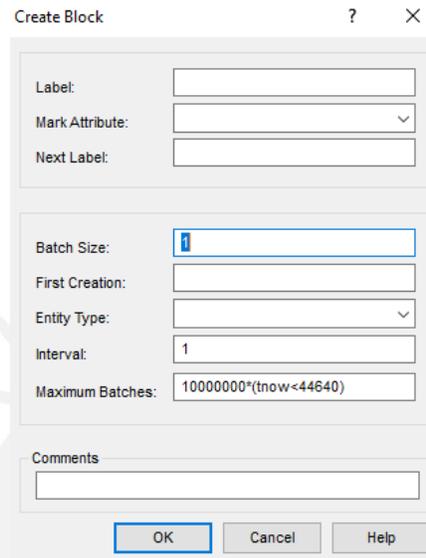


Figura 27. Block *Create* para el abandono de gestión telefónica

Search

La figura 28 ilustra el block *Search* que busca a aquellas llamadas que tienen 70 segundos o más en la cola de espera.

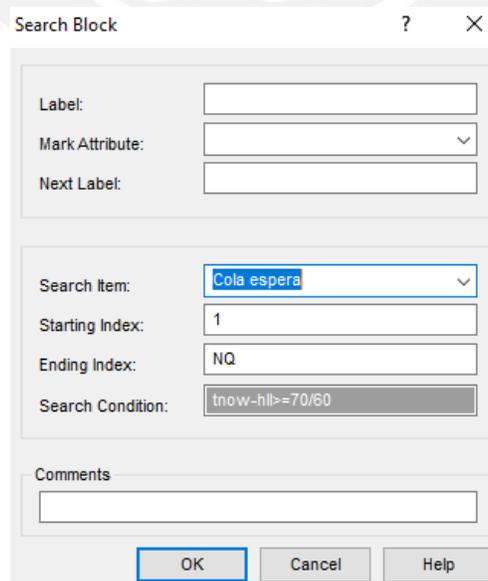
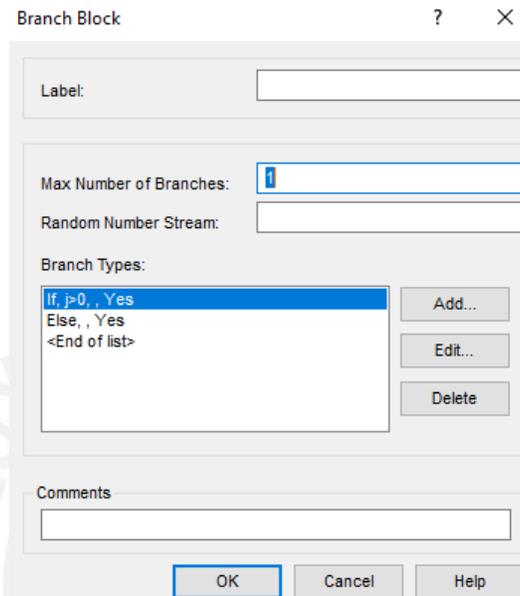


Figura 28. Block *Search* para el abandono de gestión telefónica

Branch

La figura 29 ilustra el block *Branch* con la condicional si encuentra a la llamada que tiene un tiempo de espera mayor igual a 70 segundos.



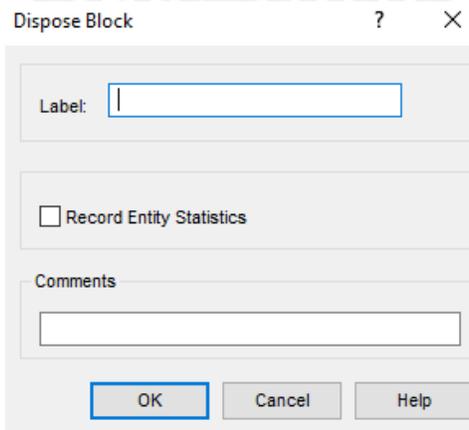
The screenshot shows the 'Branch Block' configuration dialog box. It has a title bar with a question mark and a close button. The dialog contains several fields and controls:

- Label:** An empty text input field.
- Max Number of Branches:** A text input field containing the number '1'.
- Random Number Stream:** An empty text input field.
- Branch Types:** A list box containing three items: 'If, j>0, Yes' (which is selected), 'Else, , Yes', and '<End of list>'. To the right of the list are three buttons: 'Add...', 'Edit...', and 'Delete'.
- Comments:** An empty text input field.
- Buttons:** At the bottom, there are three buttons: 'OK', 'Cancel', and 'Help'.

Figura 29. Block *Branch* para el abandono de gestión telefónica

Dispose

La figura 30 ilustra el block *Dispose* para las llamadas con tiempo de espera menor a 70 segundos.



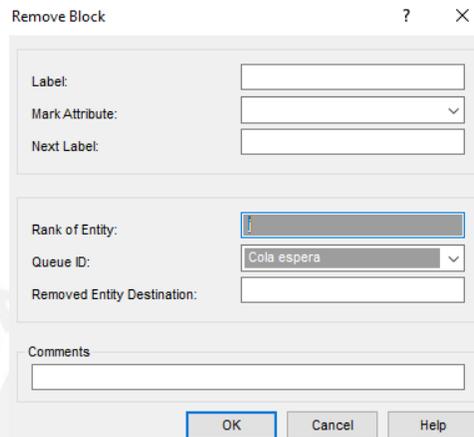
The screenshot shows the 'Dispose Block' configuration dialog box. It has a title bar with a question mark and a close button. The dialog contains several fields and controls:

- Label:** An empty text input field.
- Record Entity Statistics:** A checkbox that is currently unchecked.
- Comments:** An empty text input field.
- Buttons:** At the bottom, there are three buttons: 'OK', 'Cancel', and 'Help'.

Figura 30. Block *Dispose* para el abandono de gestión telefónica

Remove

La figura 31 ilustra el block *Remove* que retira de la cola de espera a las llamadas con tiempo de espera mayor o igual a 70 segundos. El *operand Rank of Entity* hace referencia a j, el indicador que trae a las llamadas que superaron el tiempo de espera máximo (70 segundos) y el *operand Queue ID* especifica la cola en referencia llamada “Cola espera”.



The image shows a software configuration window titled "Remove Block". It contains the following fields and controls:

- Label:** A text input field.
- Mark Attribute:** A dropdown menu.
- Next Label:** A text input field.
- Rank of Entity:** A text input field containing the character "j".
- Queue ID:** A dropdown menu with "Cola espera" selected.
- Removed Entity Destination:** A text input field.
- Comments:** A text area for additional notes.
- Buttons:** "OK", "Cancel", and "Help" buttons at the bottom.

Figura 31. Block *Remove* para el abandono de gestión telefónica

Count

La figura 32 ilustra el block *Count* que cuenta las llamadas no atendidas en la gestión telefónica debido al tiempo de espera.

Count Block

Label:

Mark Attribute:

Next Label:

Counter ID:

Counter Increment:

Comments:

OK Cancel Help

Figura 32. Block *Count* para el abandono de gestión telefónica

Station

La figura 33 ilustra el block *Station* “Espera” que simula la espera para la animación.

Station Block

Label:

Mark Attribute:

Next Label:

Beginning Station ID:
or Station Set Name:

Ending Station ID:

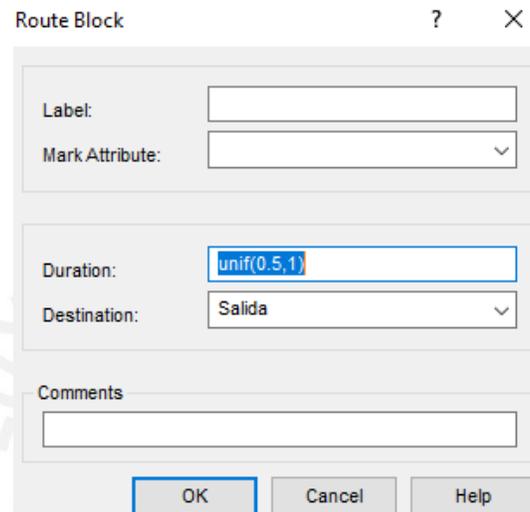
Comments:

OK Cancel Help

Figura 33. Block *Station* para el abandono de gestión telefónica

Route

La figura 34 ilustra el block *Route* que simula el traslado de la llamada hacia la estación de salida “Salida” o fin de la atención.



The image shows a software dialog box titled "Route Block". It has a standard window title bar with a question mark icon and a close button (X). The dialog is divided into several sections. The first section contains a "Label:" label followed by an empty text input field, and a "Mark Attribute:" label followed by a dropdown menu. The second section contains a "Duration:" label followed by a text input field containing the value "unif(0.5,1)", and a "Destination:" label followed by a dropdown menu with "Salida" selected. The third section is labeled "Comments" and contains an empty text input field. At the bottom of the dialog are three buttons: "OK", "Cancel", and "Help".

Figura 34. Block *Route* para el abandono de gestión telefónica

2.3.4.4 Animación

La figura 35 ilustra la animación de la gestión telefónica para las potenciales afiliaciones, cada asesor telefónico se encuentra en una estación y la cola de llamadas es graficada en la parte inferior para establecer la dinámica de atención; sin embargo, no es una atención presencial.

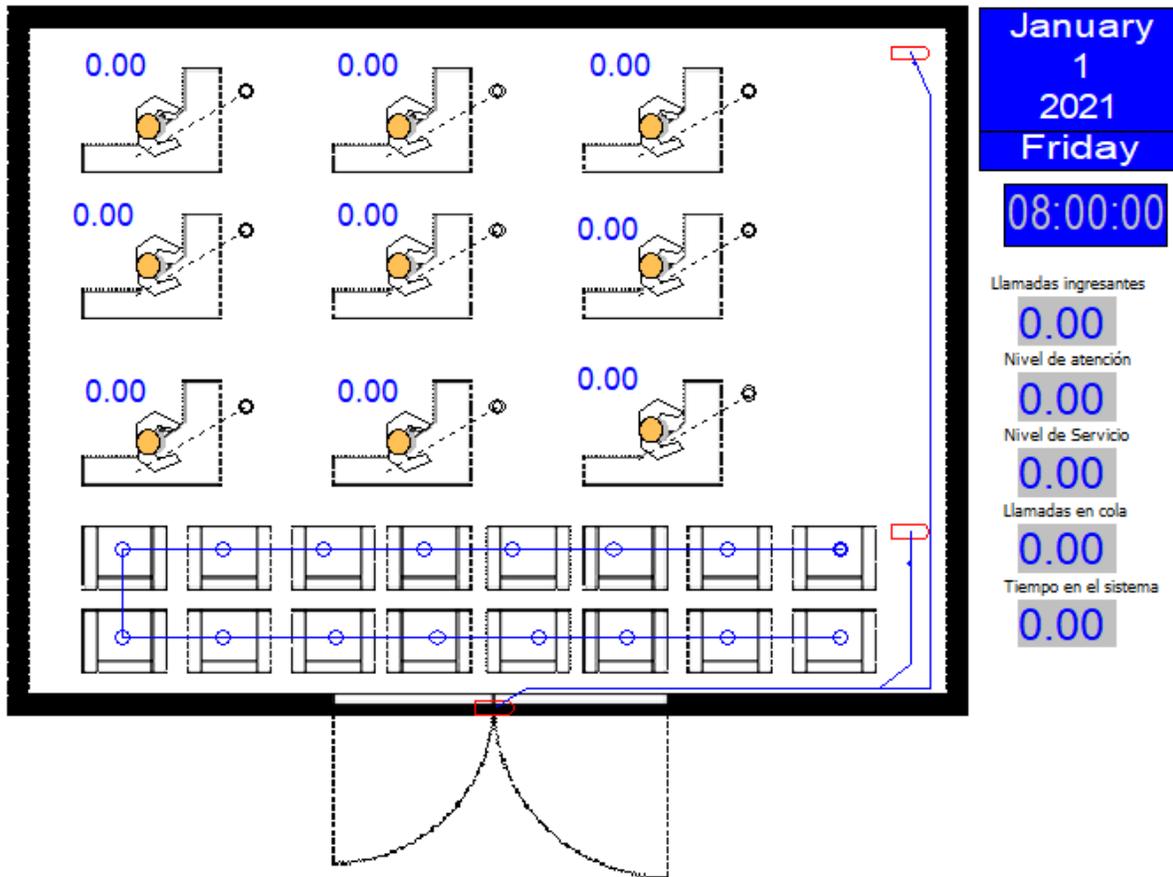


Figura 35. Animación modelo gestión telefónica

En el anexo 13 se encuentran los 12 archivos arena con las respectivas simulaciones para cada mes del escenario conservador.

2.3.5 Análisis variable de salida

En la animación preliminarmente se observa que el modelo de simulación elaborado aparentemente imita bien el sistema real de *call center*. Se visualizan la llegada de llamadas, colas de esperas, asignación de agentes telefónicos y ocupación de los mismos. Sin embargo, el análisis riguroso sobre la imitación se obtiene con el análisis de variables de salida que en la siguiente sección se expone.

Tipo de sistema

El modelo de atención *call center* es un sistema terminal porque tienen un evento claro que define el inicio y fin de la simulación: el horario de trabajo de 8 a.m. a 8 p.m. en un periodo predefinido según el mes; antes y luego de este horario el sistema no realiza ningún tipo de operación. Asimismo, las condiciones iniciales son las mismas cuando empieza la operación del sistema, es decir, en el *call center* los asesores telefónicos se encuentran desocupados. Esto ha sido definido en el element *Replicate*

Variables de salida

Se contemplan las siguientes variables de salida:

Tabla 13. Variables de salida considerados en el modelo de ARENA

| Variable de salida | Descripción |
|----------------------------|--|
| Llamadas atendidas | Llamadas que el <i>call center</i> logra contestar |
| Llamadas no atendidas | Llamadas que el <i>call center</i> no logra contestar |
| Llamadas atendidas en meta | Llamadas que el <i>call center</i> logra contestar en menos de 20 segundos |

Cantidad de réplicas

Para cada mes “base” (agosto, setiembre, octubre y noviembre) se analiza las tres variables de salida referidas en la tabla 13 porque cada mes base presenta una cantidad de asesores y comportamiento de tráfico distinto. Se ejecutó el modelo inicialmente 30 veces (réplicas n_0); luego cada escenario se corrió nuevamente el modelo con el número máximo de replicas n obtenido por cada escenario (mes) que se obtuvo con la siguiente fórmula:

$$n = n_0 \frac{h_0^2}{h^2}$$

Se calcula los h_0 iniciales en base a:

$$h = t_{1-\frac{\alpha}{2}, n-1} * \frac{S(n)}{\sqrt{n}}$$

Donde n es n_0 e igual a 30 réplicas iniciales, por teorema del límite central.

En la tabla 14 se muestran los valores de h_0 obtenidos.

Tabla 14. Valores de h_0 iniciales según variable de salida y mes base (llamadas)

| h_0 iniciales | Ago-23 | Set-23 | Oct-23 | Nov-23 |
|----------------------------|--------|--------|--------|--------|
| Llamadas atendidas | 37.1 | 25.1 | 20.8 | 23.7 |
| Llamadas no atendidas | 17.1 | 15.3 | 10.6 | 7.5 |
| Llamadas atendidas en meta | 36.6 | 23.9 | 20.0 | 22.2 |

Se determina el coeficiente de variación (CV) en las primeras 30 réplicas de cada variable de salida para establecer si se recalcula el h tolerable (diferente al h_0 inicial) siempre y cuando el CV sea mayor que 0.10.

En la tabla 15. se muestran los resultados del cálculo de coeficiente de variación para cada variable y mes.

Tabla 15. Resultados del coeficiente de variación para cada variable y mes

| Coeficiente de variación | Ago-20 | Set-20 | Oct-20 | Nov-20 |
|--|--------|--------|--------|--------|
| Número de réplicas para llamadas atendidas | 0.01 | 0.01 | 0.01 | 0.01 |
| Número de réplicas para llamadas no atendidas | 0.05 | 0.06 | 0.11 | 0.13 |
| Número de réplicas para llamadas atendidas en meta | 0.01 | 0.01 | 0.01 | 0.01 |

Para los meses de octubre y noviembre el coeficiente de variación de la variable llamadas no atendidas supera el 10%; por esa razón se les recalcula el error tolerable h :

$$S = 0.1 * \text{Media muestral}$$

En la tabla 16 se muestran los h recalculados:

Tabla 16. Resultados de los h recalculados para octubre y noviembre (llamadas)

| h recalculados | Oct-20 | Nov-20 |
|-----------------------|--------|--------|
| Llamadas no atendidas | 8.9 | 5.3 |

En la tabla 17 se muestra la cantidad de réplicas por mes base ya considerando los errores tolerables comprobados y el detalle de los cálculos se muestra en el anexo 14.

Tabla 17. Resultados de la determinación de cantidad de réplicas por mes base

| Variable de salida | Ago-20 | Set-20 | Oct-20 | Nov-20 |
|--|--------|--------|--------|--------|
| Número de réplicas para llamadas atendidas | 94 | 48 | 46 | 100 |
| Número de réplicas para llamadas no atendidas | 20 | 20 | 12 | 10 |
| Número de réplicas para llamadas atendidas en meta | 101 | 43 | 47 | 88 |
| Cantidad de réplicas (máximo) | 101 | 48 | 47 | 100 |

Verificación

De acuerdo con Banks et al. (2001) el propósito de la verificación es asegurar que el modelo conceptual esté reflejado apropiadamente en el modelo diseñado con un software en computadora. Para la verificación, se siguió las recomendaciones de Banks et al.: el modelo contiene los parámetros estimados adecuadamente; se examinó los resultados o salidas del modelo para una variedad de parámetros de entrada y el modelo en computadora luego de la ejecución no arrojó mensajes de error.

Validación

Las hipótesis de para la validación son las siguientes:

$$H_0: E(\text{llamadas atendidas}) = \mu$$

$$H_1: E(\text{llamadas atendidas}) \neq \mu$$

$$H_0: E(\text{llamadas no atendidas}) = \mu$$

$$H_1: E(\text{llamadas no atendidas}) \neq \mu$$

$$H_0: E(\text{llamadas atendidas en meta}) = \mu$$

$$H_1: E(\text{llamadas atendidas en meta}) \neq \mu$$

Donde μ es el promedio de la variable de salida en el sistema real. El propósito de la validación es determinar si hay evidencia de que los promedios obtenidos con el modelo en computadora –en esta tesis elaborado con ARENA– y que imitan el sistema real, son estadísticamente diferentes que los promedios de esas variables en el sistema real. Si la hipótesis nula H_0 es rechazada, entonces se encontró evidencia de esa diferencia. En las tablas 18 a 21 se muestran los promedios de las variables de salida que se analizan, los cuantiles *t-Student* críticos con un nivel de significancia α igual a 0.05 y los estadísticos de prueba.

Tabla 18. Resultados de la ejecución del mes de agosto bajo 101 réplicas

| Agosto | Llamadas atendidas | Llamadas no atendidas | Llamadas atendidas meta |
|---|--------------------|-----------------------|-------------------------|
| Media muestral | 7 796 | 873 | 7 277 |
| Desviación estándar muestral | 89 | 47 | 82 |
| μ | 7 780 | 880 | 7 299 |
| $t_{1-0.05/2,101-1} = t_{1-0.05/2,101-1} =$ | 1.98 | 1.98 | 1.98 |
| $ t_0 $ | 0.25 | 0.20 | 0.37 |

Tabla 19. Resultados de la ejecución del mes de setiembre bajo 48 réplicas

| Setiembre | Llamadas atendidas | Llamadas no atendidas | Llamadas atendidas meta |
|---|--------------------|-----------------------|-------------------------|
| Media muestral | 6 214 | 590 | 5 844 |
| Desviación estándar muestral | 73 | 45 | 72 |
| μ | 6 228 | 579 | 5 854 |
| $t_{1-0.05/2,48-1} = t_{1-0.05/2,48-1} =$ | 2.01 | 2.01 | 2.01 |
| $ t_0 $ | 1.36 | 1.36 | 1.36 |

Tabla 20. Resultados de la ejecución del mes de octubre bajo 47 réplicas

| Octubre | Llamadas atendidas | Llamadas no atendidas | Llamadas atendidas meta |
|---|--------------------|-----------------------|-------------------------|
| Media muestral | 4 823 | 238 | 4 672 |
| Desviación estándar muestral | 53 | 30 | 51 |
| μ | 4 813 | 233 | 4 663 |
| $t_{1-0.05/2,47-1} = t_{1-0.05/2,47-1} =$ | 2.04 | 2.04 | 2.04 |
| $ t_0 $ | 1.25 | 1.10 | 1.26 |

Tabla 21. Resultados de la ejecución del mes de noviembre bajo 100 réplicas

| Noviembre | Llamadas atendidas | Llamadas no atendidas | Llamadas atendidas meta |
|---|--------------------|-----------------------|-------------------------|
| Media muestral | 4 161 | 141 | 4 071 |
| Desviación estándar muestral | 65 | 19 | 60 |
| μ | 4 150 | 138 | 4 060 |
| $t_{1-0.05/2,100-1} = t_{1-0.05/2,100-1} =$ | 1.98 | 1.98 | 1.98 |
| $ t_0 $ | 1.68 | 1.57 | 1.88 |

En todos los meses bases el estadístico $|t_0|$ resulta menor que $t_{1-\alpha/2, n-1}$. Por lo que no se rechaza la hipótesis nula H_0 y no hay evidencia que con un nivel de significancia α igual a 0.05 el sistema terminal modelado en ARENA no imita la realidad. En el anexo 14 se encuentra el detalle de los resultados



Capítulo 3. Experimentación y discusión de resultados

El propósito de esta tesis es analizar el método de dimensionamiento propuesto para determinar la variación del margen respecto a los costos que involucra el recurso agente telefónico. El siguiente objetivo es determinar los niveles de gestión en cada uno de los escenarios propuestos y con esta información tomar decisiones.

La solución del modelo de programación entera indica la cantidad de agentes telefónicos que deben ingresar por rango horario según el tipo de día y mes para el servicio de *inbound*; a esta cantidad de agentes se aplica una reducción de 7% de ausentismo histórico. Sin embargo, el enfoque con ese modelo es determinístico y en contraste el comportamiento de las variables de entrada del sistema, como se observó en el capítulo 2, es estocástico. En particular, la cantidad de agentes puede presentar *outliers* en distintos rangos; es decir que por ejemplo se necesite ocho agentes en promedio en todos los rangos horarios en el día 1 pero en el rango de 9:00 a 9:30 a.m. se necesiten 10 agentes. Para poder ajustar la cantidad de asesores óptima (o al menos cercana al óptimo) se totaliza la cantidad de horas agentes necesarias en el mes y se distribuye proporcionalmente entre 8 horas (turno agente). De esta manera se obtiene la cantidad de agentes óptima para el mes; de manera consecutiva se halla la distribución proporcional por rangos horarios (de 30 minutos) y se asignan los asesores. Por ejemplo, si en el mes de enero 2021 se necesitan 9 asesores telefónicos y entre las 8:00-8:30 am se necesita el 28% de tiempo; se asignan 3 asesores telefónicos.

Luego de correr el programa lineal entero y posterior simulación del sistema, se tiene la siguiente cantidad de asesores, niveles de atención y servicio por tipo de escenario y mes proyectado. En el anexo 15 se tienen las corridas para los meses proyectados.

La tabla 22 indica la cantidad de agentes resultantes de la programación lineal, los niveles de atención y servicio resultantes de la simulación en el escenario conservador¹ de enero a junio del 2021.

Tabla 22. Resultado escenario conservador de enero a junio del 2021

| Escenario conservador | Ene-21 | Feb-21 | Mar-21 | Abr-21 | May-21 | Jun-21 |
|-----------------------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| Cantidad de asesores | 9 | 9 | 10 | 9 | 9 | 9 |
| Nivel de atención | 97% | 96% | 96% | 96% | 95% | 96% |
| Nivel de servicio | 94% | 94% | 93% | 93% | 91% | 93% |

¹ La definición de los escenarios propuestos (conservadora, pesimista y optimista) se encuentra en el apartado 2.1.1 Servicio *inbound*

La tabla 23 indica la cantidad de agentes resultantes de la programación lineal entera, los niveles de atención y servicio resultantes de la simulación en el escenario conservador de julio a diciembre del 2021

Tabla 23. Resultado escenario conservador de julio a diciembre del 2021

| Escenario conservador | Jul-21 | Ago-21 | Set-21 | Oct-21 | Nov-21 | Dic-21 |
|-----------------------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| Cantidad de asesores | 9 | 10 | 10 | 8 | 9 | 8 |
| Nivel de atención | 97% | 97% | 97% | 95% | 95% | 96% |
| Nivel de servicio | 94% | 95% | 95% | 91% | 93% | 93% |

La tabla 24 indica la cantidad de agentes resultantes de la programación lineal entera, los niveles de atención y servicio resultantes de la simulación en el escenario optimista de enero a junio del 2021.

Tabla 24. Resultado escenario optimista de enero a junio del 2021

| Escenario optimista | Ene-21 | Feb-21 | Mar-21 | Abr-21 | May-21 | Jun-21 |
|----------------------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| Cantidad de asesores | 10 | 10 | 11 | 10 | 11 | 10 |
| Nivel de atención | 96% | 96% | 95% | 95% | 96% | 95% |
| Nivel de servicio | 92% | 93% | 91% | 92% | 93% | 91% |

La tabla 25 indica la cantidad de agentes resultantes de la programación lineal entera, los niveles de atención y servicio resultantes de la simulación en el escenario optimista de julio a diciembre del 2021.

Tabla 25. Resultado escenario optimista de julio a diciembre del 2021

| Escenario optimista | Jul-21 | Ago-21 | Set-21 | Oct-21 | Nov-21 | Dic-21 |
|----------------------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| Cantidad de asesores | 10 | 9 | 8 | 10 | 10 | 10 |
| Nivel de atención | 96% | 95% | 95% | 95% | 96% | 97% |
| Nivel de servicio | 93% | 93% | 92% | 91% | 93% | 95% |

La tabla 26 indica la cantidad de agentes resultantes de la programación lineal entera, los niveles de atención y servicio resultantes de la simulación en el escenario pesimista de enero a junio del 2021.

Tabla 26. Resultado escenario pesimista de enero a junio del 2021

| Escenario pesimista | Ene-21 | Feb-21 | Mar-21 | Abr-21 | May-21 | Jun-21 |
|----------------------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| Cantidad de asesores | 8 | 8 | 9 | 9 | 8 | 9 |
| Nivel de atención | 96% | 95% | 95% | 95% | 95% | 95% |
| Nivel de servicio | 94% | 93% | 93% | 93% | 93% | 93% |

La tabla 27 indica la cantidad de agentes resultantes de la programación lineal entera, los niveles de atención y servicio resultantes de la simulación en el escenario pesimista de julio a diciembre del 2021.

Tabla 27. Resultado escenario pesimista de julio a diciembre del 2021

| Escenario pesimista | Jul-21 | Ago-21 | Set-21 | Oct-21 | Nov-21 | Dic-21 |
|----------------------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| Cantidad de asesores | 9 | 9 | 8 | 10 | 7 | 7 |
| Nivel de atención | 95% | 97% | 96% | 96% | 95% | 95% |
| Nivel de servicio | 93% | 96% | 95% | 95% | 90% | 93% |

Para todos los escenarios y sus respectivos meses se cumple con el objetivo de mínimo 95% nivel de atención y 80% nivel de servicio; estos resultados cumplen el primer objetivo de la metodología propuesta. El siguiente paso es contrastar la cantidad de asesores telefónicos en el escenario conservador versus la propuesta de dimensionado actual del proveedor de *call center*. Se analizará el costo asesor propuesto por el *call center* versus el costo de la cantidad asesores propuestos tras la programación entera y simulación; asumiendo un costo de S/ 1 025 por asesor La tabla 28 indica en análisis de costos de enero a abril del 2021.²

Tabla 28. Costos asesores telefónicos de enero a abril 2021

| Análisis costos | Ene-21 | Feb-21 | Mar-21 | Abr-21 |
|---------------------------------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| Llamadas | 5 280 | 4 936 | 6 117 | 5 279 |
| Afiliaciones | 686 | 642 | 795 | 686 |
| Cantidad agentes presupuestados | 11 | 10 | 11 | 11 |
| Cantidad agentes propuestos | 9 | 9 | 10 | 9 |
| Costo asesor <i>call center</i> | S/ 11 275 | S/ 10 250 | S/ 11 275 | S/ 11 275 |
| Costo asesores propuestos | S/ 9 225 | S/ 9 225 | S/ 10 250 | S/ 9 225 |
| Ahorro | S/ 2 050 | S/ 1 025 | S/ 1 025 | S/ 2 050 |

La tabla 29 indica en análisis de costos de mayo a agosto del 2021

Tabla 29. Costos asesores telefónicos de mayo a agosto 2021

| Análisis costos | May-21 | Jun-21 | Jul-21 | Ago-21 |
|---------------------------------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| Llamadas | 5 770 | 5 095 | 4 861 | 4 489 |
| Afiliaciones | 750 | 662 | 632 | 584 |
| Cantidad agentes presupuestados | 11 | 10 | 10 | 10 |
| Cantidad agentes propuestos | 9 | 9 | 9 | 10 |
| Costo asesor <i>call center</i> | S/ 11 275 | S/ 10 250 | S/ 10 250 | S/ 10 250 |
| Costo asesores propuestos | S/ 9 225 | S/ 9 225 | S/ 9 225 | S/ 10 250 |
| Ahorro | S/ 2 050 | S/ 1 025 | S/ 1 025 | S/ 0 |

²Se plantea un costo por asesor de S/ 1 025 porque es el monto del salario mínimo en el Perú (Decreto Supremo N° 003-2022-TR, 2022)

La tabla 30 indica en análisis de costos de setiembre a diciembre del 2021

Tabla 30. Costos asesores telefónicos de setiembre a diciembre 2021

| Análisis costos | Set-21 | Oct-21 | Nov-21 | Dic-21 |
|---------------------------------|-----------|-----------|-----------|----------|
| Llamadas | 3 846 | 5 123 | 5 234 | 3 986 |
| Afiliaciones | 500 | 666 | 680 | 518 |
| Cantidad agentes presupuestados | 9 | 11 | 11 | 9 |
| Cantidad agentes propuestos | 10 | 8 | 9 | 8 |
| Costo asesor <i>call center</i> | S/ 9 225 | S/ 11 275 | S/ 11 275 | S/ 9 225 |
| Costos asesores propuestos | S/ 10 250 | S/ 8 200 | S/ 9 225 | S/ 8 200 |
| Ahorro | -S/ 1 025 | S/ 3 075 | S/ 2 050 | S/ 1 025 |

La suma de los costos por asesores bajo la metodología propuesta resulta S/ 111 725 durante el 2021. Adicionalmente la cantidad de agentes telefónicos propuesta representa un ahorro de S/ 15 375 durante ese mismo año; representando un 12% menos de los costos planificados por el proveedor de *call center*.

Tras analizar los resultados presentados, se concluye que la metodología de dimensionamiento propuesta mejora la rentabilidad del servicio *inbound*; y además cumple con los objetivos de calidad del servicio (95% nivel de atención y 80% nivel de servicio en un umbral de 20 segundos)

Conclusiones

A continuación, se presenta las conclusiones y hallazgos de esta tesis:

- El canal de afiliaciones receptivas para la empresa A (canal *inbound call center*) representa un ingreso importante de nuevos clientes, por este motivo es necesario garantizar niveles de atención de calidad que permitan la gestión eficiente de llamadas.
- Como resultado de un incorrecto dimensionamiento de la cantidad de asesores telefónicos, el canal de afiliaciones receptivas de la empresa A quebró niveles de atención y servicio debido al tráfico de llamadas durante el año 2020. Como resultado de este quiebre, se estima una pérdida de S/ 13 782 de potenciales afiliaciones que no se concretaron en el canal y que resultaron como llamadas perdidas.
- El capítulo 2 propone una metodología de dimensionamiento de agentes telefónicos mediante la distribución *Erlang-C*, optimización lineal entera y simulación de eventos discretos. Para ello se proyecta la cantidad de llamadas del año 2021 en tres escenarios (pesimista, conservador y optimista) con la finalidad de obtener tres propuestas de dimensionado que cumplan con los niveles de gestión.
- Con la optimización lineal entera, se obtiene la asignación de los agentes telefónicos por mes y el horario de cada uno de ellos. Como entrada para este modelo, se utiliza el resultado de la distribución *Erlang-C* que propone la cantidad de agentes por rangos de 30 minutos. Finalmente, la simulación de eventos discretos utiliza la cantidad de agentes telefónicos propuestos por la optimización lineal y comprueba que los niveles de atención sean como mínimo 95% y el nivel de servicio 80%.
- Como resultado de la metodología propuesta, se tiene en promedio nueve agentes telefónicos mensuales en el escenario conservador con una representación en costos de S/ 111 725 durante el año 2021.
- Con la metodología propuesta se estima un ahorro de S/ 15 375 durante el 2021 respecto al dimensionamiento actual de agentes telefónicos que equivale a un 12% menos de costos.
- La metodología propuesta cumple con los objetivos de la tesis, por un lado, optimizar los costos en dimensionado de agentes telefónicos y cumplir con los niveles de atención y servicio requeridos por la empresa A para este *call center*.

Referencias

- Cornejo, C. (2020). *Simulación de sistemas*. Pontificia Universidad Católica del Perú.
- Chromy, E., Misuth, T., & Kavacky, M. (2016). Modeling of the contact center agent's work. *International Journal of Advances in Telecommunications, Electrotechnics, Signals and Systems*, 5(3), 129-132. doi: 10.11601/ijates.v5i3.174
- Decreto Supremo N° 003-2022-TR (03 de mayo del 2022). Normas Legales, N° 2054921-1 . Diario Oficial El Peruano, 03 de mayo del 2022
- Empresa A (s.f). [Base de datos]. Información no publicada.
- Fluss, D. (2005). *The real-time contact center* (1a. ed.). Broadway.
- García, G., (2021). Pandemia incrementa servicios de call centers. *RevistaNEO*. Recuperado de <https://www.revistaneo.com/index.php/articles/2021/06/01/pandemia-incrementa-servicios-de-call-centers>
- Radic, L., (2015). *Perú: La industria de los centros de contacto genera 500 millones de dólares por año*. BPOSur. Recuperado de <https://www.bposur.com/peru-la-industria-de-los-centros-de-contacto-genera-500-millones-de-dolares-por-ano/>
- Uribe, G., (2011). *El ascenso de los call centers*. *ConexiónESAN*. Recuperado de <https://www.esan.edu.pe/conexion/actualidad/2011/10/03/el-ascenso-de-los-call-centers/>
- Villavicencio, E., (2020). Uso de la programación lineal entera y simulación para dimensionar un *call center* (Trabajo de investigación). Pontificia Universidad Católica Del Perú.

Anexos

Anexo 1. Escenario in conservador (Archivo de Excel)

Anexo 2. Escenario in optimista (Archivo de Excel)

Anexo 3. Escenario in pesimista (Archivo de Excel)

Anexo 4. Modelo call center (Archivo AMPL)

Anexo 5. Data call conservador (Archivo AMPL)

Anexo 6. Data call optimista (Archivo AMPL)

Anexo 7. Data call pesimista (Archivo AMPL)

Anexo 8. Resultados Input Analyzer (Archivo Excel)

Anexo 9. Archivos Input Analyzer (Archivo Arena)

Anexo 10. Resultado conservador (Archivos txt)

Anexo 11. Resultado optimista (Archivos txt)

Anexo 12. Resultado pesimista (Archivos txt)

Anexo 13. Simulaciones Arena escenario real (Archivos Arena)

Anexo 14. Análisis variables de salida (Archivo Excel)

Anexo 15. Simulaciones Arena escenarios proyectados (Archivos Arena)