

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA**

**FACULTAD DE INGENIERÍA INDUSTRIAL Y DE SISTEMAS**



**TESIS**

**MODELO ANALÍTICO BASADO EN PROGRAMACIÓN LINEAL  
PARA MEJORAR LA PLANIFICACIÓN EN UNA EMPRESA DE  
SERVICIOS**

**PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE  
INGENIERO INDUSTRIAL**

**ELABORADO POR:**

**RANDY VILLANUEVA GONZALES**

**0009-0001-7057-569X**

**ASESOR:**

**ING. CARMEN IVONNE LAU CARRILLO**

**0000-0003-3807-1931**

**LIMA – PERÚ**

**2024**

## **DEDICATORIA**

*A Dios, mis padres y familia por su apoyo constante en mi formación académica y en todo aspecto de mi vida.*

*A mis profesores de la facultad, cuyas enseñanzas y legado vivirán y serán transmitidas a las futuras generaciones.*

*A la Universidad Nacional de Ingeniería, cuna de conocimiento y máximo referente de excelencia, por el aporte invaluable en el camino hacia mi crecimiento profesional.*

## **AGRADECIMIENTO**

*A la empresa en estudio, por la oportunidad de colocarme frente a un proyecto complejo y retador, así como la confianza hacia mi persona.*

*A mi asesora, Ing. Carmen Ivonne Lau Carrillo., cuyos conocimientos compartidos han sido fundamentales en la elaboración de la presente tesis, por su inmensurable apoyo, conocimiento y guía.*

## **RESUMEN**

La presente tesis tiene como objetivo desarrollar un Modelo analítico basado en programación lineal para mejorar la planificación en una empresa de servicios.

El objetivo principal es determinar en qué medida un modelo analítico basado en programación lineal mejora la planificación en una empresa de servicios, por lo cual, se buscará mejorar la eficiencia operacional, carga trabajo y experiencia del cliente.

Para realizar el trabajo se desarrolla una metodología compuesta de 4 etapas para implementar el modelo propuesto. La primera consiste en la fase de desarrollo del modelo analítico, se analiza el tráfico de llamadas, se elabora el forecast, se analiza el dimensionamiento, se elabora los turnos de trabajo, se formula el modelo de programación y se calcula el capacity. La segunda fase consiste en la aplicación, elaborando el modelo to-be del proceso de programación y el cronograma de actividades de implementación a realizar. La tercera fase consiste en la propuesta de control mediante indicadores claves. Finalmente, la cuarta fase consiste en elaborar un plan de riesgo asociado al proceso para obtener el capacity donde se detalla las acciones a tomar frente a la ocurrencia de los riesgos identificados; asimismo, se elabora un cuadro de mando que facilite el seguimiento de desempeño.

Con la implementación de este Modelo analítico basado en programación lineal se logrará mejorar la eficiencia operacional, la carga de trabajo del área y la experiencia del cliente.

Palabras claves: Programación lineal, Planificación de recursos, Tráfico, Capacity, forecast, dimensionamiento, headcount.

## **ABSTRACT**

The objective of this thesis is to develop an analytical model based on linear programming to improve planning in a service company.

The main objective is to determine to what extent an analytical model based on linear programming improves resource planning in a service company, therefore, it will seek to improve operational efficiency, workload and customer experience.

To carry out the work, a methodology composed of 4 stages is developed to implement the proposed model. The first consists of the development phase of the analytical model, the call traffic is analyzed, the forecast is prepared, the sizing is analyzed, the work shifts are prepared, the programming model is formulated and the capacity is calculated. The second phase consists of the application, developing the to-be model of the programming process and the schedule of implementation activities to be carried out. The third phase consists of the control proposal using key indicators. Finally, the fourth phase consists of developing a risk plan associated with the process to obtain the capacity, which details the actions to be taken in the event of the identified risks; Likewise, a dashboard is prepared to facilitate performance monitoring.

With the implementation of this analytical model based on linear programming, operational efficiency, the area's workload and customer experience will be improved.

Keywords: Linear programming, Resource planning, Traffic, Capacity, Forecast, Sizing.

## TABLA DE CONTENIDO

DEDICATORIA.....	II
AGRADECIMIENTO.....	III
RESUMEN.....	IV
ABSTRACT.....	V
TABLA DE CONTENIDO.....	VI
LISTA DE TABLAS.....	XI
LISTA DE FIGURAS.....	XIV
INTRODUCCIÓN.....	XVI
CAPÍTULO I PARTE INTRODUCTORIA DEL TRABAJO.....	1
1.1    GENERALIDADES.....	1
1.2    PROBLEMÁTICA.....	4
1.2.1    Descripción de la realidad del problema.....	4
1.2.2    Definición del problema.....	8
1.2.2.1    Problema general.....	14
1.2.2.2    Problemas específicos.....	14
1.3    JUSTIFICACIÓN.....	15
1.4    LIMITACIONES.....	15
1.5    OBJETIVOS.....	16
1.5.1    Objetivo general.....	16
1.5.2    Objetivos específicos.....	16
1.6    HIPÓTESIS.....	16

1.6.1	Hipótesis general.....	16
1.6.2	Hipótesis específicas.....	16
1.7	METODOLOGÍA DE DESARROLLO.....	17
CAPÍTULO II MARCO TEÓRICO .....		19
2.1	ANTECEDENTES BIBLIOGRÁFICOS.....	19
2.1.1	Antecedentes internacionales.....	19
2.1.2	Antecedentes nacionales.....	20
2.2	BASES TEÓRICAS .....	22
2.2.1	Modelo analítico basado en programación lineal .....	22
2.2.1.1	The general employee scheduling problem.....	22
2.2.1.2	Programación lineal .....	24
2.2.1.3	Métodos de pronósticos .....	24
2.2.1.4	Normativa laboral vigente.....	28
2.2.2	Planificación de Recursos .....	30
2.2.2.1	Eficiencia operacional .....	31
2.2.2.2	Carga de trabajo .....	32
2.2.2.3	Experiencia del cliente .....	33
2.3	DEFINICIÓN DE TÉRMINOS .....	34
CAPÍTULO III DIAGNÓSTICO ESTRATÉGICO Y FUNCIONAL.....		36
3.1	MISIÓN Y VISIÓN .....	36
3.2	MATRIZ FODA .....	36
3.3	VALORES .....	39

3.4	TIPO DE EMPRESA Y SU CLASIFICACIÓN .....	39
3.5	ORGANIGRAMA .....	40
3.6	SERVICIOS.....	40
3.7	PROCESOS .....	41
3.7.1	Identificación del Macroproceso crítico .....	42
CAPÍTULO IV MÉTODO Y DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN .....		43
4.1	TIPO Y NIVEL DE INVESTIGACIÓN.....	43
4.1.1	Tipo de investigación.....	43
4.1.2	Nivel de investigación.....	43
4.2	ENFOQUE Y DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN.....	43
4.2.1	Enfoque de la investigación.....	43
4.2.2	Diseño de la investigación .....	44
4.3	PERIODO DE ANÁLISIS.....	44
4.4	POBLACIÓN Y MUESTRA .....	45
4.4.1	Población.....	45
4.4.2	Muestra .....	45
4.5	TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS.....	47
4.5.1	Técnicas de recolección de datos.....	47
4.5.2	Instrumentos de recolección de datos .....	47
4.5.2.1	Confiability del instrumento.....	48
4.6	TÉCNICAS Y HERRAMIENTAS PARA EL PROCESAMIENTO DE DATOS	



4.6.1	Técnica para el procesamiento de datos .....	49
4.6.2	Herramienta para el procesamiento de datos .....	49
CAPÍTULO V APLICACIÓN PROPUESTA .....		50
5.1	METODOLOGÍA A USAR.....	50
5.1.1	Propuesta de alternativas de solución .....	50
5.1.2	Fundamentos para la selección de alternativas .....	53
5.2	ESTRATEGIAS A APLICAR .....	55
5.2.1	Estrategias básicas para el desarrollo de la solución.....	55
5.3	DESARROLLO DEL MODELO ANALÍTICO BASADO EN PROGRAMACIÓN LINEAL .....	56
5.3.1	Desarrollo del modelo analítico.....	56
5.3.1.1	Análisis del tráfico .....	57
5.3.1.2	Elaboración del forecast.....	65
5.3.1.3	Análisis del dimensionamiento .....	74
5.3.1.4	Elaboración de turnos de trabajo.....	78
5.3.1.5	Formulación del modelo de programación lineal .....	81
5.3.1.6	Cálculo del capacity .....	83
5.3.2	Implementación del modelo analítico.....	85
5.3.3	Medición de resultados.....	89
5.3.4	Actualización del capacity.....	93
CAPÍTULO VI ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS.....		98
6.1	PRESENTACIÓN DE RESULTADOS .....	98

6.2	VALIDACIÓN DEL INSTRUMENTO .....	102
6.2.1	Validación Preprueba .....	102
6.2.2	Validación Posprueba.....	103
6.3	PRUEBA DE HIPÓTESIS .....	103
6.3.1	Impacto en la Eficiencia operacional.....	103
6.3.2	Impacto en Carga de Trabajo .....	105
6.3.3	Impacto en la Experiencia del cliente.....	108
	CAPÍTULO VII ANÁLISIS COSTO-BENEFICIO.....	111
7.1	COSTO DE LA SOLUCIÓN PROPUESTA .....	111
7.2	BENEFICIOS A OBTENER .....	112
7.2.1	Determinación del coste de capital (Ke) .....	113
7.2.2	Cálculo del WACC.....	114
7.2.3	Evaluación de flujos de efectivo a valor actual.....	116
	CONCLUSIONES.....	118
	RECOMENDACIONES.....	120
	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	121
	ANEXOS .....	129

## LISTA DE TABLAS

Tabla 1: Comparación de procesos de planificación actuales.....	7
Tabla 2: Identificación de problema raíz .....	10
Tabla 3: The general employee scheduling problem.....	23
Tabla 4: Matriz FODA de la empresa.....	38
Tabla 5: Calificación del alfa de Cronbach.....	48
Tabla 6: Comparación de alternativas de solución propuestas .....	53
Tabla 7: Matriz de Comparación de Alternativas.....	54
Tabla 8: Análisis de varianza Tráfico-Mes.....	59
Tabla 9: Análisis de varianza marzo-agosto.....	60
Tabla 10: Prueba de Tukey de tráfico por mes .....	61
Tabla 11: Análisis de varianza por semana.....	62
Tabla 12: Prueba de Tukey de tráfico por semana.....	63
Tabla 13: Análisis de varianza por día .....	64
Tabla 14: Prueba de Tukey de tráfico por día .....	64
Tabla 15: Comparación de tipos de pronósticos .....	66
Tabla 16: Registro de días con eventos no controlables .....	68
Tabla 17: Mediana por día de la semana.....	69
Tabla 18: Valores pronosticados e indicadores de errores por método.....	74
Tabla 19: Horarios posibles según duración del turno .....	80
Tabla 20: Turnos de trabajo considerados .....	81
Tabla 21: Rol de turno óptimo.....	83
Tabla 22: Cronograma de actividades .....	89
Tabla 23: Ficha de indicador desviación de llamadas recibidas .....	90
Tabla 24: Ficha de indicador desviación de duración.....	91
Tabla 25: Ficha indicador nivel de abandono.....	91

Tabla 26:Ficha indicador nivel de atención .....	92
Tabla 27:Ficha indicador nivel de servicio .....	93
Tabla 28:Calificación de la probabilidad.....	94
Tabla 29:Calificación del impacto .....	94
Tabla 30:Matriz de riesgos.....	94
Tabla 31:Valoración de riesgos.....	95
Tabla 32:Evaluación de riesgos del proceso.....	95
Tabla 33:Plan de acción ante riesgos .....	96
Tabla 34: Cuadro de Mando propuesto.....	97
Tabla 35: Resultados obtenidos del Análisis de fiabilidad del instrumento de la preprueba .....	102
Tabla 36: Resultados obtenidos del Análisis de fiabilidad del instrumento de la posprueba.....	103
Tabla 37: Promedio obtenido en la Dimensión 1: Eficiencia operacional y su diferencia .....	104
Tabla 38: Prueba t-student de muestras relacionadas de la dimensión 1 .....	105
Tabla 39: Promedio obtenido en la Dimensión 2: Carga de trabajo y su diferencia .....	106
Tabla 40: Prueba t-student de muestras relacionadas de la dimensión 2 .....	107
Tabla 41: Promedio obtenido en la Dimensión 3: Experiencia del cliente y su diferencia.....	108
Tabla 42: Prueba t-student de muestras relacionadas de la dimensión 3 .....	110
Tabla 43: Costo empresa actual del personal (en pesos argentinos).....	111
Tabla 44: Costo empresa propuesto del personal (en pesos argentinos).....	112
Tabla 45: Costo de software .....	112
Tabla 46: Cálculo de Ke.....	114

Tabla 47: Cálculo del WACC .....	115
Tabla 48: Cálculo del WACC mensual real .....	115
Tabla 49: Flujo de caja económico .....	116

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Crecimiento de la demanda de pasajeros por tipo de transporte .....	2
Figura 2: Pérdida en la demanda de pasajeros respecto al 2019.....	3
Figura 3: Recuperación de la demanda de pasajeros respecto al 2019 .....	4
Figura 4: Diagrama de Ishikawa: Gestión deficiente de Call Center.....	9
Figura 5: Diagrama de Ishikawa: Ineficaz planificación de recursos .....	11
Figura 6: Diagrama de Pareto de motivos de insatisfacción.....	12
Figura 7: Clasificación de motivos por efectos generados .....	13
Figura 8: Árbol de problemas obtenido .....	14
Figura 9: Planificación continua de la fuerza de trabajo .....	30
Figura 10: Organigrama de la empresa .....	40
Figura 11: Mapa de procesos de la empresa .....	41
Figura 12: Diagrama de diseño posprueba y grupo de control.....	44
Figura 13: Etapas del modelo propuesto .....	55
Figura 14: Volumen de llamadas recibidas 2018-2021 .....	57
Figura 15: Volumen de llamadas recibidas 2022 .....	58
Figura 16: Intervalos de tráfico por mes.....	60
Figura 17: Intervalos de confianza simultáneos de Tukey.....	61
Figura 18: Intervalos de confianza simultáneos por día .....	65
Figura 19: Mediana por día de la semana.....	70
Figura 20: Resultados del Suavizado exponencial simple.....	72
Figura 21: Resultados del Suavizado exponencial doble .....	72
Figura 22: Resultados del método de Holt Winters .....	73
Figura 23: Duración de llamada promedio .....	75
Figura 24: Curvas de demanda y capacidad.....	84
Figura 25: Proceso de programación actual.....	86

Figura 26: Organigrama actual .....	86
Figura 27: Proceso de programación propuesta .....	87
Figura 28: Organigrama propuesto .....	88
Figura 29: Evolución del nivel de atención.....	98
Figura 30: Evolución del nivel de servicio .....	100
Figura 31: Evolución del nivel de abandono.....	101

## INTRODUCCIÓN

La pandemia de COVID 19 presentó un impacto sin precedentes en las actividades empresariales a escala global. Este impacto evidenció y amplificó en gran medida las debilidades y fortalezas que las empresas poseían, evidenciando de esta forma su grado de preparación ante un escenario altamente complejo, volátil, impredecible y ambiguo.

Las empresas que lograron superar esta etapa se vieron obligadas a reevaluar y redefinir su estrategia si querían mitigar los riesgos potenciales de cara a la etapa post pandemia. Dentro de estas estrategias, fue evidente priorizar aquellas enfocadas de manera directa a obtener la fidelización del cliente, lo cual en momentos críticos y de alta incertidumbre (como la pandemia) marca la diferencia entre un crecimiento significativo, mantenerse a flote o liquidar las operaciones de la empresa.

La planificación en una empresa impacta directamente en lograr una excelente o pésima experiencia del cliente, especialmente en aquellos de interacciones directas. Es en estos casos, donde las herramientas de gestión e ingeniería existentes tienen el potencial de mejorar sustancialmente la planificación si se aplican mediante un análisis riguroso y una metodología adecuada. En ese sentido, la presente tesis propone un modelo analítico con sustento metodológico que mejore la planificación en una empresa de servicios.



En el CAPÍTULO I, se desarrolla la introducción al trabajo de investigación, la cual comprende la descripción de la realidad problemática, formulación del problema, justificación y limitación de la investigación, formulación de objetivos, formulación de hipótesis y metodología de desarrollo.

En el CAPÍTULO II se analiza la literatura clave para la investigación, organizada en antecedentes, bases teóricas y definición de términos. En lo que concierne a bases teóricas, se incluye literatura sobre la variable independiente y la dependiente.

En el CAPÍTULO III, se realiza el diagnóstico situacional de la empresa en dos niveles de detalle: estratégico y funcional. A nivel estratégico, se muestra la misión, visión, valores y análisis FODA; a nivel funcional, se expone el organigrama, los servicios y los procesos actuales de la empresa.

En el CAPÍTULO IV, se presenta el método y diseño de la presente investigación en la cual se detalla también la población, muestra y las técnicas de recolección y procesamiento de datos a emplear.

En el CAPÍTULO V, se lleva a cabo el desarrollo de la propuesta de la presente tesis donde se detallan estrategias y se desarrolla el modelo propuesto en cada una de sus etapas.

En el CAPÍTULO VI, se presentan y se discute los resultados descriptivos, la validación del instrumento y la prueba de hipótesis correspondiente.

En el CAPÍTULO VII, se realiza la evaluación económica financiera de la propuesta en la cual se pretende determinar su viabilidad económica; además, se realiza un análisis detallado de las variables macroeconómicas que afectan el resultado y se las incluye en el cálculo mediante metodologías robustas e información sustentada en fuentes oficiales.

Finalmente, la presente tesis culmina con las conclusiones generadas y las recomendaciones derivadas en base al know how desarrollado a lo largo del trabajo de investigación.

# **CAPÍTULO I**

## **PARTE INTRODUCTORIA DEL TRABAJO**

### **1.1 GENERALIDADES**

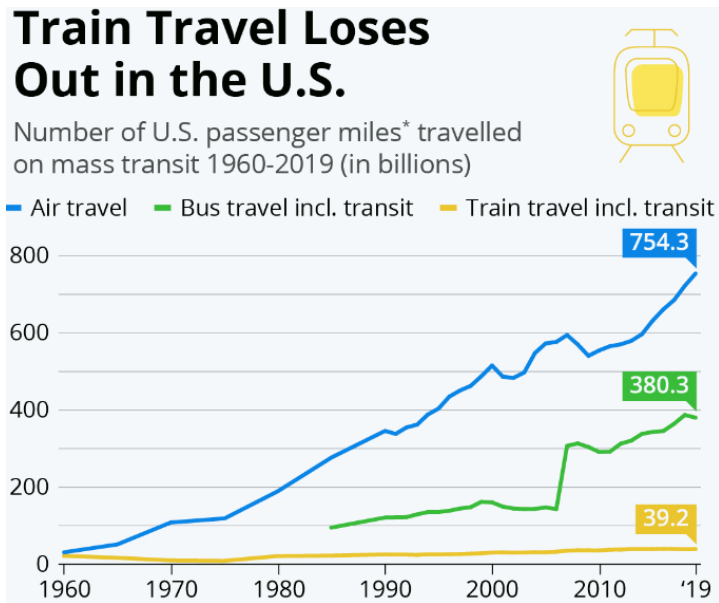
La presente investigación se desarrolla en una empresa dedicada al transporte terrestre de pasajeros en autobuses de lujo hacia los principales lugares turísticos de Florida y Texas, cuyas operaciones se desarrollan dentro del territorio de Estados Unidos; asimismo, la empresa cuenta con un área de call center la cual se encuentra ubicada en la provincia de Tucumán, Argentina.

La empresa cuenta con 14 años de experiencia en el sector de transporte terrestre ofreciendo un servicio que se centra en la comodidad y accesibilidad para sus clientes.

Antes de la pandemia, el sector de transporte público de pasajeros era altamente competitivo debido a la oferta variada de modos de transporte; según la American Public Transportation Association (APTA, s.f.) el sector incluye el transporte por autobuses (Coach), tren, metro, transvías, taxis, teleféricos, furgonetas y servicios de paratransito para personas mayores o con discapacidad. Asimismo, el viaje por avión es otra alternativa al transporte de pasajeros.

Según Buchholz (2021) la demanda de viajes por avión presenta un crecimiento constante y considerable desde 1960, mientras que la demanda por viajes en autobuses crece, pero a un ritmo menor. El resultado se muestra en la Figura N°1.

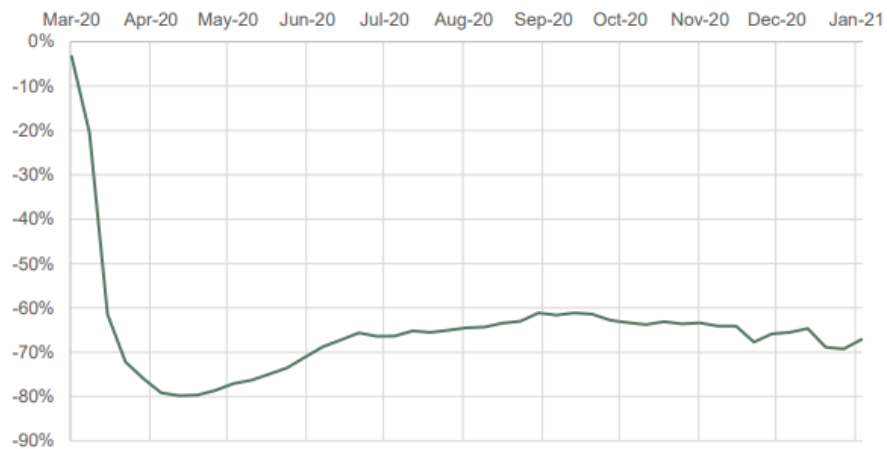
Figura 1: Crecimiento de la demanda de pasajeros por tipo de transporte



Fuente: United States Department of Transportation (2022).

La pandemia por Covid-19 afectó en gran medida a la industria del transporte terrestre de pasajeros debido a diversas restricciones impuestas para evitar la proliferación del Covid-19 y al miedo de las personas frente a un posible contagio, por lo cual presentaban dificultades para realizar viajes por ocio, negocios o turismo. Según APTA (2021) en la pandemia el sector de transporte de pasajeros disminuyó casi en un 80% para abril del 2020 y se mantuvo por debajo del 60% respecto a los valores del 2019 durante el resto del año. En la Figura N°2 se muestra la pérdida en porcentaje relativo a valores del 2019.

Figura 2: Pérdida en la demanda de pasajeros respecto al 2019

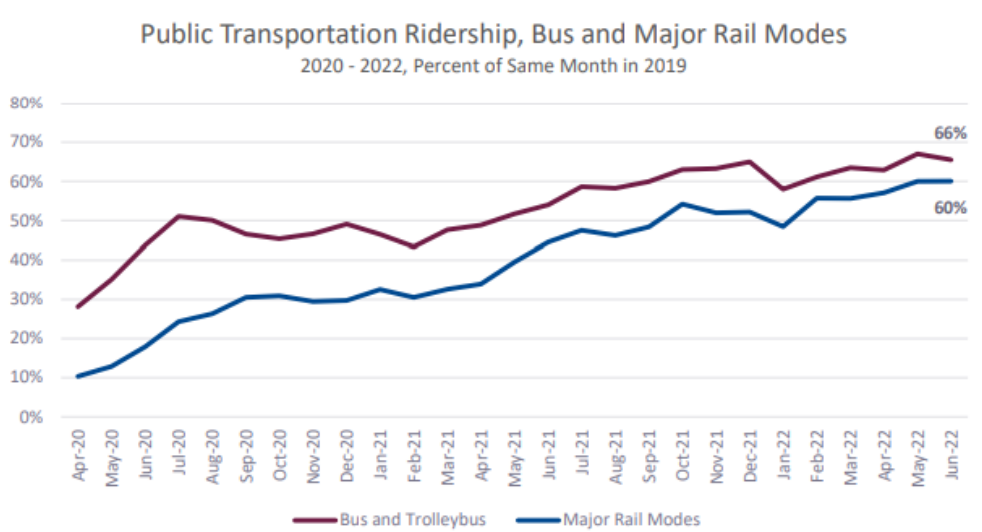


Fuente: American Public Transportation Association (2021).

Ante esta situación la empresa del presente trabajo de investigación, que operaba solo en el estado de Florida, tomó la decisión de mantener su flota de autobuses en funcionamiento, pese a las dificultades y el riesgo que esto conllevaba. Sin embargo, dicha estrategia resulto positiva, ya que aumento la lealtad de sus clientes y dio como resultado la recuperación del negocio hasta el punto de realizar una expansión al estado de Texas en diciembre del 2021.

La investigación se desarrolló en un entorno Post Covid-19, la cual se caracteriza por la paulatina recuperación de la demanda en el sector transporte a los valores y condiciones de mercado que presentaban antes de la pandemia. En ese sentido, de acuerdo con la información obtenida de APTA (2022), en la Figura N°3 se muestra la recuperación de la demanda de pasajeros por tipo de modo de transporte, se observa que a junio 2022 la demanda de pasajeros en buses y trolebuses asciende al 66% respecto al valor de la demanda en el mismo mes del año 2019.

Figura 3: Recuperación de la demanda de pasajeros respecto al 2019



Fuente: American Public Transportation Association (2022).

Es por ello que, en un entorno disruptivo de alta competencia y recuperación de la demanda de pasajeros, las estrategias enfocadas a la mejora en los procesos operativos y servicio al cliente exhiben una importancia crítica para el éxito económico de una empresa dedicada al transporte de pasajeros.

## 1.2 PROBLEMÁTICA

### 1.2.1 Descripción de la realidad del problema

En la actualidad, la ventaja competitiva que presenta la empresa de cara a sus competidores son los autobuses de lujo con los que brinda el servicio, los cuales presentan características que los diferencian, de forma significativa, de la competencia. Entre sus principales características están modernos, cómodos y amplios asientos de lujo, servicio de Wi-Fi y carga de equipos electrónicos, aire acondicionado, servicios higiénicos en el bus entre otros.

Sin embargo, desde un análisis estratégico, la alta dirección ha clasificado como alto riesgo la amenaza de que la competencia eleve su inversión y adquiera autobuses

de lujo similares a los que se cuenta, de esta manera la ventaja competitiva frente al resto se perdería. Ante este escenario, la empresa ha decidido aumentar sus esfuerzos en mejorar la experiencia del cliente desde la forma en la que hace contacto con la empresa hasta la atención posterior al servicio, de esta manera, en un escenario donde la competencia eleve su inversión, la empresa se diferenciara por la experiencia que brinda a sus clientes, siendo esta su nueva ventaja competitiva frente a los demás.

Uno de los procesos que impacta de forma directa sobre la mejora en la experiencia del cliente son aquellos relacionados a la planificación; en ese sentido, la alta dirección ha determinado la necesidad de mejorar el proceso de planificación de forma general en la empresa. No obstante, se observó que la mayoría de los procesos de planificación se vienen desarrollando de manera eficiente o se encuentran en etapa de implementación dentro de la organización, por lo cual es necesario identificar criterios para comparar los distintos procesos de planificación con los que cuenta actualmente la empresa. Los criterios a evaluar son los siguientes:

- **Alcance**

Detalla la extensión de las actividades en cada proceso de planificación.

- **Contacto con el cliente**

Tipifica si el proceso desarrolla actividades en las cuales se tenga o no contacto directo con el cliente.

- **Estado actual**

Valora la situación actual en la que se encuentran inmersos los procesos existentes de planificación. Se considera si la planificación está funcionando correctamente, si se encuentra en una etapa de implementación o presenta deficiencias.

- **Criticidad**

Tipifica si el funcionamiento del proceso es crítico para las operaciones de la empresa. La planeación estratégica, al ser un proceso relativamente nuevo dentro de la organización, es la única que presenta criticidad media.

- **Prioridad de mejora**

Muestra las preferencias de la alta dirección respecto a aquellos procesos de planificación en los cuales estiman direccionar los mayores esfuerzos.

A continuación, se muestra una comparación entre los procesos de planificación inmersos actualmente en la operativa de la empresa como se observa en la Tabla N°1.



Tabla 1: Comparación de procesos de planificación actuales

	Alcance	Contacto con el cliente	Estado actual	Criticidad	Prioridad de mejora
<b>Planificación financiera</b>	Garantizar viabilidad económica	Sin contacto directo	Correcto	Alta	Baja
<b>Planificación estratégica de Marketing</b>	Atraer y retener clientes	De cara al cliente	Correcto	Alta	Baja
<b>Planificación de operaciones</b>	Garantizar la eficiencia operativa de los viajes	De cara al cliente	Correcto	Alta	Baja
<b>Planificación del mantenimiento</b>	Mantener autobuses de lujo en óptimas condiciones	Sin contacto directo	Correcto	Alta	Baja
<b>Planificación estratégica</b>	Alcanzar una ventaja competitiva sostenible en el tiempo. Buscar expandir el negocio a un tercer estado	Sin contacto directo	En desarrollo	Media	Baja
<b>Planificación de recursos</b>	Asegurar el uso efectivo de los agentes de Call Center	De cara al cliente	Deficiente	Alta	Alta

Fuente: La empresa.

Elaboración: Propia.

Por lo expuesto, si se desea mejorar de manera general la planificación en la empresa, entonces es necesario priorizar la mejora en aquel proceso crítico cuyo contacto sea de forma directa con el cliente, con alta prioridad de mejora y con un desempeño actual deficiente. De esta manera, al mejorar la planificación de recursos en la empresa, mejora de manera general la planificación en la organización.

En ese sentido, se decidió destinar esfuerzos al área que centralizaba la gestión de reclamos de los clientes la cual es el área de call center de la empresa. Esta área presenta diversos problemas: no existe un seguimiento a los indicadores operativos del call center, no se tienen metas establecidas dentro del área, el nivel de atención es inferior al 70% (esto significaba que no se gestionaba un 30% del total de reclamos

entrantes), la programación del personal requiere demasiado tiempo, la programación se realiza en base a la disponibilidad del agente y no a la demanda de llamadas, nivel elevado de abandono de llamadas por parte de los agentes , etc. Ante estos problemas, se decidió evaluar dos alternativas de acción: tercerizar el call center o mejorar la gestión actual mediante herramientas de gestión e ingeniería.

Aunque la tercerización del call center implicaría una mejora en la calidad del servicio, también involucraría que se pierda la cercanía con el cliente a su vez que los costos de tercerizar resultan mayores a los actuales.

En caso de no tomar decisiones para afrontar esta situación, se corre el riesgo de no mejorar la experiencia del cliente, y, por tanto, perder toda ventaja competitiva posible frente a los demás generando pérdidas económicas y reduciendo su cuota de mercado.

### **1.2.2 Definición del problema**

#### **a) Análisis Causa-Efecto**

Como se mencionó en el anterior punto, el problema complejo reside en la gestión actual del call center la cual evidencia una deficiencia significativa que afecta directamente la experiencia del cliente. En ese sentido, a continuación, se realizó el diagrama de Ishikawa para el problema en cuestión como se muestra en la Figura N°4.

Figura 4: Diagrama de Ishikawa: Gestión deficiente de Call Center



Fuente: La empresa.

Elaboración: Propia.

Con las causas identificadas, se relacionan y clasifican en categorías de problemas más detallados, de esta manera se desglosa el problema complejo con el objetivo de analizar y comprender a mayor profundidad los problemas raíz que contribuyen a la gestión deficiente del call center. En la Tabla N°2 se muestra el resultado.

Tabla 2: Identificación de problema raíz

Tipo de causa	Causas	Problema raíz
Método	Tiempos de espera y abandono de llamadas elevados	Ineficaz planificación de recursos
	Tiempos elevados para programar al personal	Ineficaz planificación de recursos
Mano de obra	Falta de capacitación en técnicas de planificación y programación	Ineficaz planificación de recursos
	Anteriormente no se contaba con un jefe o encargado de la gestión	Inadecuada gestión del talento
Medio	Cultura organizacional que no promueve la mejora de procesos	Inadecuada gestión del talento
	Condiciones laborales que no fomentan la eficiencia en la planificación	Inadecuada gestión del talento
Medida	Falta de un cuadro de mando para el control	Ineficaz planificación de recursos
	Falta de sistemas de seguimiento y reporting	Ineficaz planificación de recursos

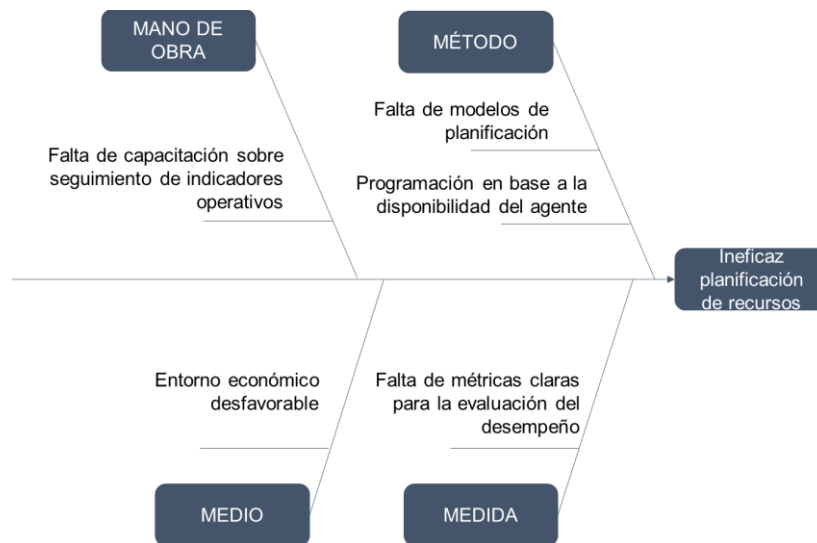
Fuente: La empresa.

Elaboración: Propia

Debido a que, de forma reciente, la empresa viene trabajando sobre el problema raíz relacionado a la gestión del talento con la contratación de una Customer Experience Manager y la creación de la VP de Estrategia y Desarrollo del Negocio; la presente tesis se enfocará en el problema raíz “Ineficaz planificación de recursos”.

En base al problema raíz identificado, se elabora el diagrama de Ishikawa relacionado para desglosar aún más las causas subyacentes que impactan directamente en la planificación de recursos. El diagrama se muestra en la Figura N°5.

Figura 5: Diagrama de Ishikawa: Ineficaz planificación de recursos



Fuente: La empresa.

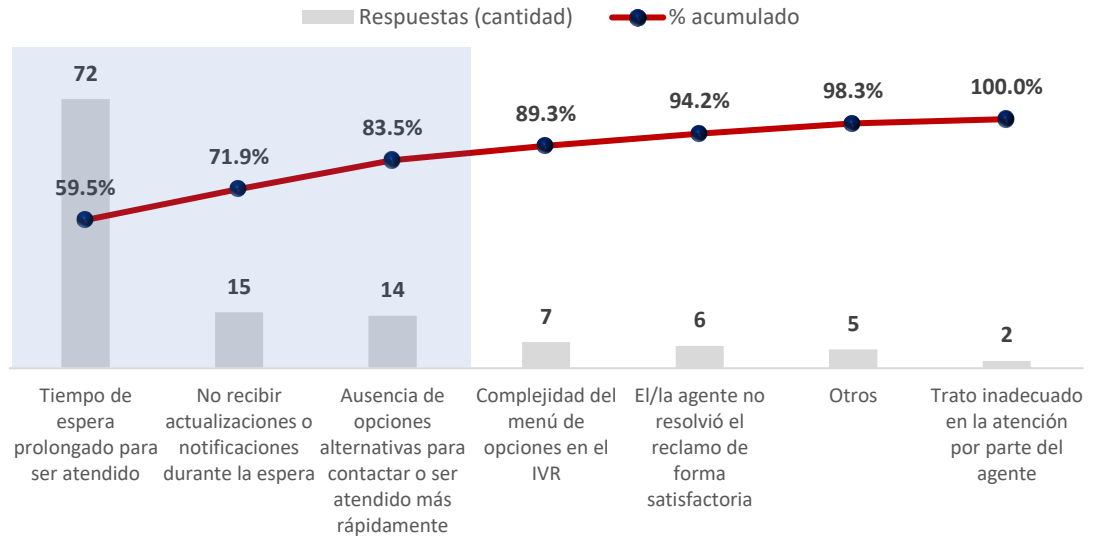
Elaboración: Propia.

De esta manera se identificaron las causas directas que generan la ineficaz planificación de recursos, estas causas servirán de input para elaborar el árbol de problema asociado a la presente investigación.

#### **b) Análisis de Pareto**

Con las causas ya identificadas, se continúa con la identificación de los efectos asociados al problema de ineficaz planificación de recursos. Para ello se hará uso de los resultados del cuestionario sobre satisfacción del servicio de call center que la empresa realizó a los clientes para obtener, de esta manera, un diagnóstico de la situación actual desde junio hasta la primera semana de agosto. De manera específica, se hace uso de los resultados relacionados a la calidad de atención en el cual los clientes seleccionaron, entre una lista de motivos, aquellos que contribuyeron a su baja calificación por el servicio. El resultado se muestra en la Figura N°6.

Figura 6: Diagrama de Pareto de motivos de insatisfacción



Fuente: La empresa.

Elaboración: Propia.

Como se observa, las opciones que abarcan el 80% de los motivos de insatisfacción son: “tiempo de espera prolongado para ser atendido”, “no recibir actualizaciones o notificaciones durante la espera”, “ausencia de operaciones alternativas para contactar o ser atendido más rápidamente”.

En base al análisis anterior, se puede clasificar los motivos principales en efectos directos ocasionados por la ineficaz planificación de recursos. En la Figura N°7 se observa la clasificación realizada.

Figura 7: Clasificación de motivos por efectos generados



Fuente: La empresa.

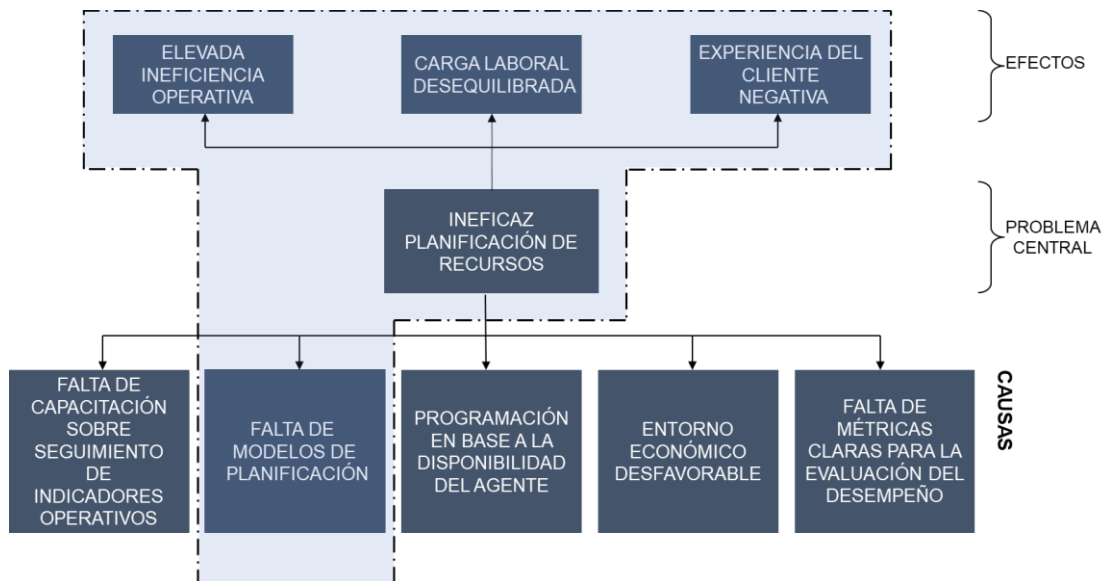
Elaboración: Propia.

De esta forma, se ha obtenido los efectos generados producto de la ineficaz planificación de recursos, estos efectos servirán de input para la elaboración del árbol de problema de investigación.

### c) Análisis de problemas

En base al análisis realizado a) y en b) se obtuvieron las causas y efectos relacionados al problema de ineficaz planificación de recursos, de esta manera, se hará uso de la técnica “árbol de problemas” para identificar el problema de investigación. El resultado se muestra en la Figura N°8.

Figura 8: Árbol de problemas obtenido



Fuente: La empresa.

Elaboración: Propia.

En base al análisis realizado y debido a la situación actual que atraviesa la empresa, se propone implementar un modelo analítico basado en programación lineal para mejorar la planificación en una empresa de servicios.

#### 1.2.2.1 Problema general

- ¿En qué medida un modelo analítico basado en programación lineal mejora la planificación en una empresa de servicios?

#### 1.2.2.2 Problemas específicos

- ¿De qué manera un modelo analítico basado en programación lineal mejora la eficiencia operacional en una empresa de servicios?
- ¿De qué forma un modelo analítico basado en programación lineal mejora la carga de trabajo en una empresa de servicios?
- ¿De qué modo un modelo analítico basado en programación lineal mejora la experiencia del cliente en una empresa de servicios?



### 1.3 JUSTIFICACIÓN

Esta investigación se justifica por las siguientes razones:

- Por su aporte innovador, ya que implementa un modelo analítico como propuesta de solución al problema general de programación de recursos (The general employee scheduling problem).
- En el aspecto económico, ya que reduce los costos de llevar un call center y genera ahorros en horas-hombre.
- Por el aporte de la Ingeniería Industrial a la línea de investigación de operaciones y mejora de procesos, ya que contribuye a fomentar alternativas de solución analíticas a problemas de tipo NP-Hard<sup>1</sup>.
- Por su aporte metodológico, ya que busca implementar una metodología para la aplicación de un modelo matemático a un problema real de planificación de recursos.

### 1.4 LIMITACIONES

El desarrollo de esta investigación presento las siguientes limitaciones:

- Limitaciones de tiempo, los plazos asignados para llevar a cabo la propuesta de modelo fueron sumamente ajustados.
- Limitaciones de recursos, la coordinación con el personal clave se llevó a través de sesiones virtuales con diferencias horarias, lo cual dificulto la comunicación de manera oportuna. Asimismo, se enfrentó una baja

---

<sup>1</sup> NP-Hard: Clase de complejidad de problemas de decisión que son más difíciles que los que pueden ser resueltos por una máquina de Turing no determinista en tiempo polinomial (National Institute of Standards and Technology NIST, 2021).

disponibilidad por parte del personal encargado para proporcionar los datos necesarios al cierre de la investigación.

- Limitaciones de acceso, la información requería ser transferida manualmente para su análisis debido a que su estructura no facilitaba su tratamiento.

## **1.5 OBJETIVOS**

### **1.5.1 Objetivo general**

- Determinar en qué medida un modelo analítico basado en programación lineal mejora la planificación en una empresa de servicios.

### **1.5.2 Objetivos específicos**

- Determinar en qué manera un modelo analítico basado en programación lineal mejora la eficiencia operacional en una empresa de servicios.
- Determinar en qué forma un modelo analítico basado en programación lineal mejora la carga de trabajo en una empresa de servicios.
- Determinar en qué modo un modelo analítico basado en programación lineal mejora la experiencia del cliente en una empresa de servicios.

## **1.6 HIPÓTESIS**

### **1.6.1 Hipótesis general**

- La implementación de un modelo analítico basado en programación lineal mejora la planificación en una empresa de servicios.

### **1.6.2 Hipótesis específicas**

- La aplicación de un modelo analítico basado en programación lineal mejora la eficiencia operacional en una empresa de servicios.
- La implementación de un modelo analítico basado en programación lineal mejora la carga de trabajo en una empresa de servicios.

- La aplicación de un modelo analítico basado en programación lineal mejora la experiencia del cliente en una empresa de servicios.

## **1.7 METODOLOGÍA DE DESARROLLO**

Para el desarrollo e implementación del modelo se propone seguir 4 etapas las cuales son las siguientes:

- Etapa 1: Desarrollo del modelo analítico
- Etapa 2: Implementación del modelo analítico
- Etapa 3: Medición de resultados
- Etapa 4: Actualización del capacity

Asimismo, las herramientas a utilizar para la elaboración de la presente tesis son las siguientes:

Para la recolección y procesamiento de datos:

- Cuestionario
- SPSS

Para el análisis de datos:

- Microsoft Excel
- Minitab
- R Studio
- OpenSolver

Para el apoyo en la implementación del modelo:

- Ciclo PHVA
- Herramienta AS-IS / TO-BE
- Notación BPMN
- Plan de riesgos

- Cuadro de Mando
- Ficha de indicadores

## **CAPÍTULO II**

### **MARCO TEÓRICO**

#### **2.1 ANTECEDENTES BIBLIOGRÁFICOS**

##### **2.1.1 Antecedentes internacionales**

En el artículo elaborado por Arévalo (2014) titulado “Propuesta metodológica para incrementar la competitividad en los centros de contacto y solución telefónicos de empresas del sector de las telecomunicaciones a través del desarrollo del proceso Workforce Management”. Esta investigación presentó como objetivo principal brindar una metodología que incorpore el comportamiento diario real de un call center con herramientas estadísticas y modelos matemáticos, y de esta manera incrementar la competitividad y experiencia del cliente. De esta manera el resultado obtenido fue una metodología pionera con sustento estadístico que elimina cualquier subjetividad en la programación de turnos.

En la tesis propuesta por Martínez (2013) titulada “Asignación de horarios de trabajo, resolución mediante algoritmo de búsqueda Tabú”, para alcanzar el título de magister en ingeniería industrial. Esta investigación presenta como objetivo principal generar la asignación de turnos del personal mediante el uso del algoritmo de búsqueda Tabú. Los resultados fueron la mejora y automatización de la asignación de turnos a su vez que reduce los extensos tiempos que consume la programación del personal.

En el proyecto de grado propuesto por Angarita (2021) titulado “Modelo de optimización para la toma decisiones en la gestión de la fuerza de trabajo para

centros de contacto” para optar por el grado académico de magister en inteligencia analítica para la toma de decisiones. Esta investigación tuvo como objetivo principal desarrollar un modelo que minimice los costos operativos del personal. Los resultados fueron el desarrollo de un método integrado y un ahorro total estimado de 80.5 millones de pesos colombianos lo cual significó una disminución superior al 14% del costo de personal.

En el proyecto de grado propuesto por Camilo et al (2021) titulado “Propuesta de mejoramiento para los indicadores de servicio en el call center de la empresa avanza” para alcanzar el título de especialista en Gerencia de Operaciones. Esta investigación tuvo como objetivo principal proponer herramientas y estrategias para mejorar los resultados de gestión. Entre sus resultados se destaca la aplicación de propuestas tecnológicas que mejoren los indicadores de servicio y la gestión del personal operativo.

### **2.1.2 Antecedentes nacionales**

En la tesis propuesta por Abanto y Abanto (2018) titulada “Propuesta de mejora aplicada a la programación de turnos de cajeros y dimensionamiento de la cantidad asistentes de venta en una tienda por departamentos que incremente la productividad y satisfacción del cliente”, para alcanzar el título de ingeniero industrial. Esta investigación tuvo como objetivo principal desarrollar una propuesta para la programación de horarios y cantidad de personal en base a programación lineal para mejorar la productividad y satisfacción del cliente. Se obtuvo una reducción del 53% del tiempo de espera en colas y una mejora del 100% en la productividad del número de asistentes de ventas.

En la tesis propuesta por Vásquez y Pomachagua (2013) titulada “Propuesta de mejora en el servicio de atención de aeronaves ofrecido por una empresa del sector aeroportuario”, para optar el grado de magíster en ingeniería industrial. Esta

investigación presentó como objetivo principal mejorar el nivel de atención de aeronaves mediante la mejora en la planificación del personal empleando análisis de procesos, pronósticos de demanda, programación lineal y estudio del trabajo. Los resultados obtenidos fueron aumento de la eficiencia de 65% a 90%, reducción de costos de personal operativo al disminuir la cantidad en 10%, un VAN financiero de S/307,782 y TIR 58.28% con un periodo de recuperación estimado de 5 meses.

En la tesis propuesta por Ramos (2021) titulada “Implementación de un sistema de planeación de materiales en el estudio de ingeniería de un proyecto de inversión industrial pesquero”, para optar el grado académico de doctor en ingeniería industrial. Esta investigación presentó como objetivo principal la implementación de un sistema de planeación de materiales y de esta manera contribuir a mejorar la toma de decisiones en el marco de un proyecto de inversión, para ello hace uso de pronóstico de demanda, programación lineal y métodos de planeamiento de recursos. Entre sus resultados se destaca la propuesta de cuatro subsistemas interrelacionados desde el pronóstico de la demanda hasta el plan de requerimiento de materiales.

En el trabajo de suficiencia propuesto por Villafana (2021) titulado “Programación lineal para la distribución de horarios del personal de atención telefónica en una empresa de telecomunicaciones”, para optar por el título de licenciado en investigación operativa. Esta investigación presentó como objetivo principal determinar la distribución de horarios mediante programación lineal. Se obtuvo un modelo que permitió determinar de forma confiable la cantidad de personal requerido por turno con niveles de atención superiores al 92%

En la tesis propuesta por Reque y Vidaurre (2022) titulada “Optimización de la programación de turnos en teleoperadores para el incremento de productividad en un call center de ventas a España”, para optar por el título de ingeniero industrial. Esta investigación tuvo como objetivo principal optimizar la programación de turnos

del personal haciendo uso de programación lineal entera. Los resultados fueron aumento de la productividad en 4.52% y una mejora en la programación de turnos del 99%.

En el trabajo de suficiencia propuesto por Victorio (2022) titulado “Modelo de programación lineal para la asignación de asesores a puntos de venta en la empresa grupo Agra SAC” para optar por el título de licenciado en investigación operativa. Esta investigación tuvo como objetivo principal formula un modelo en base a programación lineal que optimice la programación de asesores. Se obtuvo una reducción en el tiempo de proceso del 67% y la asignación óptima de asesores asignados a los distintos puntos de venta.

## **2.2 BASES TEÓRICAS**

### **2.2.1 Modelo analítico basado en programación lineal**

#### **2.2.1.1 The general employee scheduling problem**

Soares (2013) define el problema como buscar la asignación de trabajadores a tareas, turnos de trabajo o periodos de descanso teniendo en cuenta las reglas organizativas y legales, las habilidades y preferencia de los empleados, las necesidades de la demanda y otros requisitos aplicables.

Wren (1983) (como se citó en Soares, 2013) define la programación como la asignación, sujeta a restricciones, de recursos a objetivos ubicados en el espacio-tiempo, de manera que se minimice el costo total de algún conjunto de recursos utilizados y la programación de turnos como la asignación sujeta a restricciones de recursos en franjas horarias de acuerdo a un patrón.

Por otro lado, Kletzander y Musliu (2020) señalan que es cada vez más difícil generar horarios manualmente para más empleados y más requisitos y estos consumen mucho tiempo. Por lo cual, las soluciones automatizadas son imprescindibles para



mantener la competitividad. Asimismo, señala que es una tarea desafiante proporcionar una formulación general y métodos de solución que puedan resolver problemas grandes ya que son problemas NP-Hard.

Arévalo (2014) menciona que la fuerza de trabajo o Workforce Management es el nombre comúnmente utilizado para referirse al ciclo de planificación que resulta en la programación de los turnos y agentes de un centro de contacto (call center); además el proceso se compone de las siguientes etapas:

- Forecasting, dónde se realiza el análisis y el pronóstico del volumen de llamadas en un determinado periodo de tiempo.
- Dimensionamiento, en el cual se identifica la capacidad necesaria de recurso para atender un determinado número específico de llamadas.
- Scheduling, dónde se determina la cantidad óptima de agentes necesarias en determinados intervalos de tiempo.
- Rostering, en el cual se planifica de manera acertada los turnos de trabajo.

Jungmok (2011) (como se citó en Arévalo, 2014) define términos clave relacionados a la fuerza de trabajo en un call center como se muestra en la Tabla N°3.

Tabla 3: The general employee scheduling problem

TÉRMINO	DESCRIPCIÓN
<i>Average Speed of Answer</i>	El tiempo promedio necesario para que una llamada sea atendida.
<i>Average Talk Time</i>	El tiempo promedio que un usuario espera para ser conectado con un agente.
<i>Queue Time</i>	La cantidad de tiempo necesario para que la persona que llama sea atendida.
<i>Calls Per Hour</i>	El número medio de llamadas que un agente responde por hora.
<i>Hold Time</i>	El tiempo medio de un usuario en espera.
<i>Occupancy</i>	El tiempo medio necesario para un agente en su asiento.
<i>Blocked Calls</i>	El número total de ocupados y fuera de orden troncales telefónicas que bloquear las llamadas.
<i>Abandonment Rate</i>	El porcentaje de llamadas que se desconectan antes de ser contestadas.
<i>Service Level</i>	Porcentaje de transacciones que deben ser atendidas dentro de determinado periodo.

Fuente: Jungmok (2011)

### 2.2.1.2 Programación lineal

Taha (2012) indica que todos los modelos de IO, incluyendo los modelos lineales, se componen de tres principales componentes:

- Las variables de decisión.
- El objetivo que se desea optimizar.
- Las restricciones que debe satisfacer la solución.

Alvarez (2005) menciona que la programación lineal es una técnica de optimización la cual consiste en maximizar o minimizar una determinada función lineal, conocida como función objetivo, la cual se encuentra sujeta a determinadas restricciones. Además, señala que un modelo de programación lineal presenta la siguiente forma como se muestra en la Ecuación 2.1:

$$\text{Maximizar o minimizar } Z = c_1x_1 + c_2x_2 + \dots + c_nx_n \quad (2.1)$$

Sujeto a restricciones, como se muestra en la Ecuación 2.2:

$$a_{11}x_{11} + a_{12}x_2 + \dots + a_{1n}x_n \leq b_1$$

$$a_{11}x_{11} + a_{12}x_2 + \dots + a_{1n}x_n \leq b_1$$

.

.

.

$$a_{m1}x_{11} + a_{m2}x_2 + \dots + a_{mn}x_n \geq b_m \quad (2.2)$$

Y restricciones de no negatividad, de acuerdo a la Ecuación 2.3:

$$x_j \geq 0, j = 1, 2, \dots, n \quad (2.3)$$

Donde a, b y c son valores conocidos y las variables x se llaman variables de decisión.

### 2.2.1.3 Métodos de pronósticos

Según Hyndman y Athanasopoulos (2018) define al pronóstico como la actividad de prever el futuro de la manera más precisa posible, dado toda la información disponible que abarca desde los datos históricos hasta el conocimiento de cualquier evento

futuro que pueda influir en las predicciones. Los pronósticos y su integración en los modelos deben ser una parte fundamental de las actividades orientadas a la toma de decisiones de la dirección, esto debido a que puede ejecutar un papel importante en muchas áreas de una determinada empresa. Las organizaciones modernas requieren predicciones a corto plazo, a mediano plazo y a largo plazo, según la aplicación específica.

- Pronóstico a corto plazo, resultan necesarios para la programación de personal, actividades de producción y transporte. Desde una perspectiva del proceso de programación, de manera frecuente también se requieren pronósticos de la demanda.
- Pronóstico a mediano plazo, de carácter necesario para determinar los requisitos hacia un horizonte futuro de recursos, como la compra de materias primas, la contratación de personal o la adquisición de maquinaria y equipo.
- Pronóstico a largo plazo, se usan de manera intensa en la planificación estratégica. Las decisiones resultantes deben exhibir y considerar las oportunidades que brinda el mercado, existencia de factores ambientales y recursos internos a disposición.

Chase et al (2009) menciona cuatro tipos básicos de modelos de pronósticos.

- Cualitativo, de naturaleza subjetiva basada en el juicio, estimados y opiniones. Las técnicas que la componen son acumulativas, investigación de mercados, analogía histórica, método de Delfos y grupo de consenso.
- Análisis de series de tiempo, basada en la idea y premisa que el histórico de eventos a lo largo del tiempo puede ser usados como base para proyectar el futuro. Las técnicas que la componen son promedio móvil simple, promedio móvil ponderado, suavización exponencial, análisis de regresión, técnica de box-jenkins, series de tiempo Shiskin y proyecciones de tendencias.

- Causal, busca comprender y analizar el sistema subyacente y el entorno del elemento al cuál se pretende pronosticar. Las técnicas que la componen son análisis de regresión, principales indicadores, modelos de entrada/salida y modelos econométricos.
- Modelos de simulación, son aquellos modelos de naturaleza y comportamiento dinámicos que facilitan la elaboración de suposiciones acerca de variables internas y externas en el modelo.

#### **2.2.1.3.1 Método Holt-Winters**

Holt (1957) y Winters (1960) (como se citó en Hyndman y Athanasopoulos, 2018), ampliaron el método de Holt para capturar la estacionalidad de una serie de tiempo. El método estacional Holt-Winters consta de la ecuación asociadas al pronóstico y tres ecuaciones de suavización: una de ellas referida al nivel ( $\ell_t$ ), una referida a la tendencia ( $b_t$ ) y una para el componente asociado al factor estacional ( $s_t$ ), con los correspondientes parámetros de suavización ( $\alpha$ ,  $\beta^*$ ,  $\gamma$ ). Usamos 'm' para denotar la frecuencia asociada a la estacionalidad, esto quiere decir, la cantidad de estaciones en un año. Por ejemplo, para datos con temporalidad trimestral,  $m = 4$ , y para aquellos con temporalidad mensuales,  $m = 12$ .

Existen dos variaciones del método indicado que divergen en la naturaleza del componente estacional. El método aditivo, presente un mayor grado de preferencia en situaciones donde las variaciones estacionales son cercanas a un valor constantes a lo largo de la serie, por otro lado, el método multiplicativo es preferente al existir variaciones estacionales que exhiban cambios proporcionales al nivel de la serie. Con el método aditivo, la expresión del componente estacional se da en términos absolutos y a la escala de la serie observada; asimismo, en la ecuación de nivel se realiza un ajuste a la serie restando el componente estacional. Es importante mencionar que dentro de cada año la suma del componente estacional dará un

resultado aproximado de cero. Por otro lado, en el método multiplicativo el componente estacional es expresado de manera relativa (porcentajes) y se ajusta a la serie de forma estacional dividiéndola por el componente estacional, de esta manera la suma del componente estacional, en cada año, resulta aproximadamente 'm'.

#### 2.2.1.3.2 Método Holt-Winter aditivo

Los componentes del método aditivo presentan la siguiente forma de acuerdo a las Ecuaciones 2.4, 2.5, 2.6 y 2.7:

$$y_{t+h|t} = l_t + hb_t + s_{t+h-m(k+1)} \quad (2.4)$$

$$l_t = \alpha(y_t - s_{t-m}) + (1 - \alpha)(l_{t-1} + b_{t-1}) \quad (2.5)$$

$$b_t = \beta^*(l_t - l_{t-1}) + (1 - \beta^*)b_{t-1} \quad (2.6)$$

$$s_t = \gamma(y_t - l_{t-1} - b_{t-1}) + (1 - \gamma)s_{t-m} \quad (2.7)$$

Donde 'k' es la parte entera de  $(h - 1) / m$ , lo que asegura que las estimaciones de los índices estacionales utilizados para el pronóstico provengan del último año de la muestra. La ecuación del nivel muestra un promedio ponderado entre la observación ajustada estacionalmente  $(y_t - s_{t-m})$  y el pronóstico no estacional  $(l_{t-1} + b_{t-1})$  para el tiempo 't'. La ecuación de la tendencia es idéntica al método lineal de Holt. La ecuación estacional muestra un promedio ponderado entre el índice estacional actual  $(y_t - l_{t-1} - b_{t-1})$  y el índice estacional del mismo período del año anterior (es decir, hace 'm' períodos).

La ecuación para el componente estacional a menudo se expresa de acuerdo a la Ecuación 2.8:

$$s_t = \gamma^*(y_t - l_t) + (1 - \gamma^*)s_{t-m} \quad (2.8)$$

Si sustituimos  $l_t$  de la ecuación de suavización para el nivel que exhibe la forma del componente anterior, obtenemos la Ecuación 2.9:

$$s_t = \gamma^*(1 - \alpha)(y_t - l_{t-1} - b_{t-1}) + [1 - \gamma^*(1 - \alpha)]s_{t-m} \quad (2.9)$$

lo cual es idéntico a la ecuación de suavización para el componente estacional que se detalla en este punto, con  $\gamma = \gamma^*(1 - \alpha)$ . La restricción habitual de parámetros es  $0 \leq \gamma^* \leq 1$ , lo que se traduce en  $0 \leq \gamma \leq 1 - \alpha$ .

### 2.2.1.3.3 Método Holt-Winter multiplicativo

Para el método multiplicativo, solo se modifica el cálculo de los componentes de la siguiente manera como se muestra en las Ecuaciones 2.10, 2.11, 2.12 y 2.13.

$$y_{t+h|t} = (l_t + hb_t)s_{t+h-m(k+1)} \quad (2.10)$$

$$l_t = \alpha \frac{y_t}{s_{t-m}} + (1 - \alpha)(l_{t-1} + b_{t-1}) \quad (2.11)$$

$$b_t = \beta^*(l_t - l_{t-1}) + (1 - \beta^*)b_{t-1} \quad (2.12)$$

$$s_t = \gamma \frac{y_t}{(l_{t-1} + b_{t-1})} + (1 - \gamma)s_{t-m} \quad (2.13)$$

### 2.2.1.4 Normativa laboral vigente

A continuación, se enuncia la normativa laboral vigente Argentina necesaria para abordar el desarrollo del modelo en la presente tesis.

#### 2.2.1.4.1 Ley de Jornada de Trabajo N° 11.544

Es aquella norma que establece regulaciones sobre la duración y condición de trabajo y los límites de jornada laboral en el país. Esta ley establece aspectos como las horas máximas de trabajo diarias y semanales, descansos, horas extras y otras disposiciones relacionadas con las condiciones laborales para proteger y defender los derechos inherentes a los trabajadores y de esta manera garantizar un ambiente laboral seguro y justo.

Respecto a la duración, señala en el artículo 1 que bajo ningún motivo la duración del trabajo no excederá las ocho horas diarias o su equivalente cuarenta y ocho horas semanales para cualquier persona ocupada por cuenta de un tercero en explotaciones públicas o privadas, aún si no persigan o busquen fines de lucro (Ministerio de Justicia y Derechos Humanos, 1929).

#### **2.2.1.4.2 Ley de Contrato de Trabajo Nº 20.744**

Es una ley que establece las reglas para las relaciones laborales en empleos subordinados, excluyendo a la administración pública nacional, empleados domésticos y trabajadores agrícolas.

En cuanto a las horas de trabajo, el artículo 196 del capítulo I del título IX, "De la duración del trabajo y descanso semanal", establece que la duración de la jornada laboral es la misma en todo el país y está regulada por la ley 11.544.

En relación al pago o salario en general, el artículo 103 del capítulo I del título IV, "Remuneración del trabajador", define la remuneración como la compensación que el trabajador debe recibir como resultado del contrato laboral, la cual no puede ser inferior al salario mínimo vital.

Respecto a la modalidad de trabajo, se explica en el artículo 92 TER del capítulo I del título III, titulado "De las modalidades del contrato de trabajo", que un contrato laboral a tiempo parcial implica que el empleado se compromete a trabajar durante un número específico de horas al día o a la semana, las cuales son inferiores a las dos terceras partes de la jornada regular de esa actividad. En este caso, el salario no puede ser menor a una proporción equivalente al salario de un trabajador a tiempo completo, establecido por ley o acuerdo entre trabajadores, de igual categoría o posición laboral. Si las horas acordadas exceden esa proporción, el empleador debe pagar el salario correspondiente a un empleado con jornada completa

Los trabajadores bajo contrato a tiempo parcial no están autorizados a trabajar horas extras, excepto lo establecido en el artículo 89 de esta ley. Si se excede el límite de horas establecido para este tipo de contrato, el empleador deberá pagar el salario correspondiente a una jornada completa por el mes en el que ocurrió esta situación, además de posibles consecuencias adicionales derivadas de este incumplimiento (Ministerio de Justicia y Derechos Humanos, 1976).

### 2.2.2 Planificación de Recursos

De acuerdo con Chapman (2006), la planificación de recursos tiene como propósito principal el coordinar y planificar recursos incorporando la pertinencia, cantidad y tipo de los mismo. De esta manera, la planificación siempre estará sujeta por una estimación a futuro, dónde la empresa precisará de un estimado de recursos para garantizar en un determinado plazo la disponibilidad del mismo.

Según Belcourt y Podolsky (2019), la planificación de recursos asegura que los activos humanos sean gestionados y alineados con la estrategia corporativa.

Asimismo, indica que el enfoque de planificación debe combinar un enfoque de pronosticar la oferta y demanda de recursos humanos, y un enfoque que requiera adaptar políticas y buenas prácticas. En la Figura N°9 se muestra el enfoque aplicado a la fuerza de trabajo.

Figura 9: Planificación continua de la fuerza de trabajo

A WORKFORCE PLANNING CONTINUUM				
AD HOC	HEAD COUNT PLANNING	WORKFORCE FORECASTING ANALYTICS	STRATEGIC WORKFORCE PLANNING	HUMAN CAPITAL PLANNING
No workforce planning/hire as needed	Head count analysis and basic labour costing	Historical or lagging performance indicators/descriptive workforce analytics	Workforce segmentation/workforce planning to support projected business needs	Enterprise-level workforce planning/workforce risk management and mitigation planning

Fuente: Strategic Human Resources Planning (2019).



Por lo expuesto, se puede mencionar que la planificación de recursos es el proceso que permite determinar el estimado de recursos a emplear, gestionar y alinear su uso de acuerdo a la estrategia de la empresa.

En ese sentido, los aspectos específicos que permiten una mayor comprensión y análisis más detallado de la planificación de recursos pueden ser agrupados de la siguiente manera:

### **2.2.2.1 Eficiencia operacional**

Según Chase et al (2009), la eficiencia se refiere a aquella proporción de la producción que resulta real de un proceso respecto a un parámetro determinado. De esta manera, en la presente tesis se evaluará los siguientes indicadores de eficiencia operacional.

- Nivel de atención: ADI Consulting (2022) lo define como el número de interacciones atendidas sobre el total de interacciones recibidas. Tiene como objetivo evaluar la calidad y eficiencia del servicio brindado, identificar áreas de mejora y garantizar una experiencia satisfactoria para los clientes, fortaleciendo la reputación y fidelidad hacia la empresa.

Se calcula según la Ecuación 2.14:

$$Nivel\ de\ atención = \frac{Total\ llamadas\ atendidas}{Total\ llamadas\ recibidas} \quad (2.14)$$

- Nivel de servicio: Securitec (2021) lo define como el porcentaje de llamadas que son atendidas en el tiempo promedio establecido por el negocio. Tiene como objetivo evaluar la efectividad en el cumplimiento de estándares, tiempos de respuesta, calidad de resolución de consultas o problemas, garantizando una experiencia eficiente y satisfactoria para los clientes.

Se calcula según la Ecuación 2.15:

$$Nivel\ de\ servicio = \frac{Total\ llamadas\ atendidas\ dentro\ de\ 20\ s}{Total\ llamadas\ recibidas} \quad (2.15)$$

- Nivel de abandono: Securitec (2021) lo define como el porcentaje de clientes que finalizan o abandonan la llamada debido a que no recibía atención durante un determinado intervalo de tiempo. Tiene como objetivo controlar y conocer que tan satisfactorio es la experiencia de ellos clientes en relación al tiempo de espera.

Se calcula según la Ecuación 2.16:

$$\text{Nivel de abandono} = \frac{\text{Total llamadas abandonadas}}{\text{Total llamadas recibidas}} \quad (2.16)$$

- Productividad del personal: Según Chase et al (2009), es la proporción de productos en relación con los insumos empleados para su obtención. Tiene como objetivo evaluar la utilización de recursos para generar resultados que impulsen el rendimiento y la competitividad empresarial. En el contexto de la presente tesis, se identifica como producto al total de llamadas atendidas en un periodo de tiempo, e insumos a la cantidad de agentes.

Se calcula según la Ecuación 2.17:

$$\text{Productividad del personal} = \frac{\text{Cantidad de llamadas atendidas}}{\text{Cantidad de agentes}} \quad (2.17)$$

#### 2.2.2.2 Carga de trabajo

Se refiere a la cantidad de recursos necesarios para ejecutar actividades durante un periodo de tiempo determinado; en ese sentido, el recurso a medir en la presente tesis es el tiempo de duración de las actividades de planificación y atención de llamadas. De esta manera, en la presente tesis se evaluará los siguientes indicadores de carga de trabajo.

- Tiempo de programación: Según Belcourt y Podolsky (2019) la planificación y optimización de recursos debe ser capaz de crear rápidamente horarios de acuerdo a determinadas reglas de trabajo. Tiene como objetivo medir el tiempo empleado para crear horarios efectivos y óptimos que aseguren la cobertura adecuada para atender la demanda de llamadas garantizando una

distribución eficaz del personal. En el contexto de la presente tesis, se consideró el tiempo de trabajo necesario, en días, para elaborar el rol de turno del personal.

- Capacidad disponible: Tiene como objetivo identificar la cantidad de tiempo en que se requirió un mayor número de agentes para atender eficientemente las llamadas entrantes y de esta manera asegurar una cobertura adecuada durante periodos de mayor demanda. En el contexto de la presente tesis, se consideró la cantidad de horas al día en los cuales fue necesario contar con mayor personal para atender la demanda de llamadas entrantes.

### **2.2.2.3 Experiencia del cliente**

SalesForce (2021) lo define como el conjunto de percepciones e impresiones que un cliente posee sobre una determinada empresa tras interactuar con ella. De esta manera, en la presente tesis se evaluará los siguientes indicadores de experiencia del cliente.

- Satisfacción del cliente: Upbe (2022) lo define como una medición nivel de satisfacción de los clientes por medio de una determinada encuesta en los cuales se consulta al cliente cómo de satisfecho están con la interacción que acaban de tener con el agente, las respuestas se categorizan en una escala del 1 al 5 en la que 1 es “nada satisfecho” y 5 es “muy satisfecho”. Tiene como objetivo evaluar la calidad del servicio ofrecido e identificar oportunidades para mejorar la satisfacción del cliente.
- Net Promoter Score (NPS): Según Upbe (2022), mide la lealtad de los clientes y predice la probabilidad de que recomienden el servicio, las respuestas se miden en una escala del 1 al 10 en la que 0 es “nada probable” y 10 “muy probable”, aquellos clientes que respondan con valores entre 0-6 se clasifican

como “detractores”, entre 7-8 como “pasivos” y entre 9-10 como “promotores”. Tiene como objetivo medir la satisfacción y lealtad de los clientes, permitiendo identificar la percepción general de los clientes y orientar esfuerzos a mejorar la calidad del servicio y retener clientes satisfechos.

## 2.3 DEFINICIÓN DE TÉRMINOS

**Call Center:** Constituye un centro de producción de telemensajes y su estructura puede ser observada con las dimensiones típicas de un ensamble sociotécnico: proceso, organización y coordinación de trabajo. (Micheli, 2007).

**Capacity:** Es el nombre por el cual se conoce mayormente a la herramienta para generar roles de turnos. (Vásquez y Pomachagua, 2013).

**Customer experience:** La experiencia del cliente consiste en gran medida con la percepción subjetiva exhibida por los clientes respecto al contacto directo o indirecto con la compañía. Incluye todos los aspectos de una oferta: atención al cliente, publicidad, empaque, características, facilidad de uso, confiabilidad. (Schwager y Meyer, 2007).

**Dimensionamiento:** Identificación de la capacidad o recursos necesarios para satisfacer el número de llamadas. (Arévalo, 2014).

**Forecast:** Se trata de predecir el futuro con la mayor precisión posible, considerando toda la información disponible, que incluye datos históricos y el conocimiento de cualquier evento futuro que pueda afectar las previsiones. (Hyndman y Athanasopoulos, 2018).

**Headcount:** Es la representación o la manifestación del recuento de los trabajadores de una compañía donde inicialmente se está utilizando para poseer un control y darle una especie de rastreo a la remuneración salarial del personal. (Bohórquez y Méndez, 2022).

**IVR:** Los sistemas de Respuesta de Voz Interactiva (IVR) utilizan unidades de voz generadas por computadora para responder a las entradas de los usuarios telefónicos. Con los sistemas IVR, los usuarios de teléfonos móviles pueden acceder a información simplemente marcando un número telefónico para establecer conexión y comunicación con un servidor o internet. (Ilorobong, Ambrose y Olawande, 2017).

**Tráfico telefónico:** Se define como intensidad de tráfico telefónico al flujo de ocupaciones simultáneas en un grupo de órganos durante un periodo de tiempo dado. (Carrión, 2012). En adelante será referido como “tráfico”. Las “ocupaciones” hacen referencia a llamadas entrantes y los órganos a los servidores de atención (en la presente tesis, los agentes).

## **CAPÍTULO III**

### **DIAGNÓSTICO ESTRATÉGICO Y FUNCIONAL**

#### **3.1 MISIÓN Y VISIÓN**

- **Misión**

Brindar una experiencia de viaje en autobús de lujo hacia y desde los principales destinos turísticos, ofreciendo horarios flexibles y tarifas accesibles. Nos enfocamos en la comodidad y accesibilidad, proporcionando características de calidad en cada asiento.

- **Visión**

Ser reconocidos como líderes en la industria de transporte en autobús, estableciendo un estándar de excelencia en comodidad y servicio. Buscamos ampliar nuestra red de destinos a nivel nacional, manteniendo nuestro compromiso con la calidad, accesibilidad y satisfacción del cliente como pilares fundamentales de nuestro crecimiento y éxito continuo.

#### **3.2 MATRIZ FODA**

Para realizar la matriz FODA, primero se realiza un análisis detallado de los componentes a considerar los cuales son las fortalezas, oportunidades, debilidades y amenazas que presenta la empresa en estudio.

##### **Fortalezas**

- Flota de autobuses de lujo.

- Poseen una base de clientes fieles que recomiendan la empresa entre sus familiares y amigos.
- Alta gerencia con amplia experiencia en el sector transporte terrestre por autobús.
- Visibilidad y posicionamiento de marca en Florida y Texas.
- Creación de la VP de Estrategia y Desarrollo de Negocio.

### **Oportunidades**

- Demanda potencial de clientes en nuevos estados.
- Asociación con empresas de taxi para ofrecer descuento por el transporte. de los clientes a los puntos de recojo.
- Programas de fidelización y servicios complementarios.
- Existencia de metodologías y herramientas de gestión e ingeniería.

### **Debilidades**

- Niveles deficientes de operación en el área de call center.
- Reprogramación y cancelación frecuente de servicios.
- No cuentan con la mayoría de procesos operativos y de soporte levantados.
- Falta de toma de decisiones basadas en datos.

### **Amenazas**

- Adquisición de autobuses de lujo por parte de la competencia.
- Reducción en el precio de los tickets de aerolíneas con itinerario en Florida/Texas.
- Bus descompuesto (broken bus).
- Fenómenos climatológicos que suspende las operaciones durante días.

En base a las fortalezas, debilidades, oportunidades y amenazas identificadas y extraídas de la empresa en estudio, se construye la matriz FODA obteniendo en los

cruces estrategias de fortalezas-oportunidades (FO), fortalezas-amenazas (FA), debilidades-oportunidades (DO) y debilidades-amenazas (DA). En la Tabla N°4 se observa las estrategias obtenidas de la matriz FODA.

Tabla 4: Matriz FODA de la empresa

	FORTALEZAS	DEBILIDADES
	<b>F1:</b> Flota de autobuses de lujo  <b>F2:</b> Poseen una base de clientes fieles que recomiendan la empresa entre sus familiares y amigos.  <b>F3:</b> Alta gerencia con amplia experiencia en el sector transporte terrestre por autobús.  <b>F4:</b> Visibilidad y posicionamiento de marca en Florida y Texas  <b>F5:</b> Creación de la VP de Estrategia y Desarrollo de Negocio	<b>D1:</b> Niveles deficientes de operación en el área de call center  <b>D2:</b> Reprogramación y cancelación frecuente de servicios  <b>D3:</b> No cuentan con la mayoría de procesos operativos y de soporte levantados  <b>D4:</b> Falta de toma de decisiones basadas en datos
OPORTUNIDADES		
<b>O1:</b> Demanda potencial de clientes en nuevos estados  <b>O2:</b> Asociación con empresas de taxi para ofrecer descuento por el transporte de los clientes a los puntos de recojo  <b>O3:</b> Programas de fidelización y servicios complementarios  <b>O4:</b> Existencia de metodologías y herramientas de gestión e ingeniería	<b>(F3-O1)</b> Expansión de las operaciones a un tercer estado    <b>(F4-O3)</b> Diversificación de destinos, ofertas y servicios premium	<b>(D1-D4-O4)</b> Implementación de un modelo analítico de apoyo a la gestión    <b>(D3-O4)</b> Levantamiento de procesos de la empresa
AMENAZAS		
<b>A1:</b> Adquisición de autobuses de lujo por parte de la competencia  <b>A2:</b> Reducción en el precio de los tickets de aerolíneas con itinerario en Florida/Texas  <b>A3:</b> Bus descompuesto (broken bus)  <b>A4:</b> Fenómenos climatológicos que suspenden las operaciones durante días.	<b>(F5-A2)</b> Creación de portafolios de ofertas y promociones inteligentes  <b>(F5-A1)</b> Implementación de soluciones TI para mejorar la Gestión de Relación con los Clientes (CRM)  <b>(F3-A4)</b> Creación de nuevos puntos de recojo y destino	<b>(D1-A1)</b> Outsourcing del call center    <b>(D4-A3)</b> Renovación de flota de buses

Fuente: La empresa.

Elaboración: Propia.



De la matriz FODA se obtiene la estrategia relacionada al tema de estudio en la presente tesis “Implementación de un modelo analítico de apoyo a la gestión”.

### **3.3 VALORES**

La empresa de estudio practica y promueve los siguientes valores:

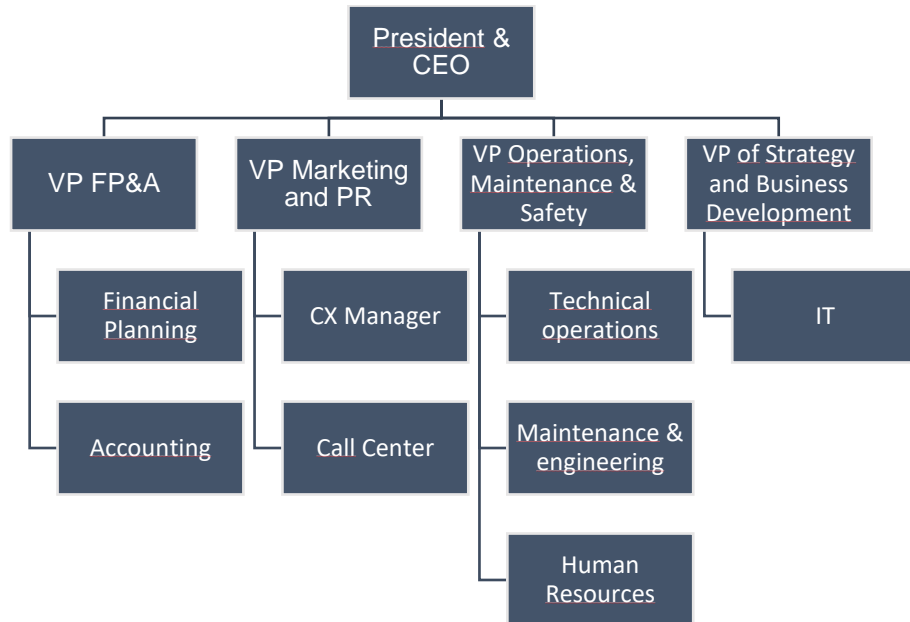
- **Comodidad:** Valoran la importancia de ofrecer un viaje cómodo a los clientes buscando su confort durante el trayecto.
- **Accesibilidad:** Promueven la accesibilidad al transporte al proveer horarios flexibles y tarifas asequibles.
- **Calidad:** Poseen un compromiso con la calidad en el servicio ofrecido, enfocándose en la experiencia del cliente al proveer un ambiente de viaje de lujo y comodidades, asegurando que los clientes tengan una experiencia consistente y satisfactoria en cada viaje.
- **Diversidad e inclusión:** Ofrecen descuentos para varios grupos de pasajeros, lo cual es un compromiso con la equidad y la inclusión, reconociendo las necesidades y la diversidad de sus clientes.

### **3.4 TIPO DE EMPRESA Y SU CLASIFICACIÓN**

Empresa corporativa con operaciones en Estados Unidos. Se dedica al transporte terrestre de pasajeros en autobuses de lujo hacia los principales lugares turísticos de Florida y Texas.

### 3.5 ORGANIGRAMA

Figura 10: Organigrama de la empresa



Fuente: La empresa.

Elaboración: Propia.

### 3.6 SERVICIOS

La empresa ofrece viajes en autobuses de lujo en 3 tipos de clase:

- **First Class:** Ofrece el registro de hasta 2 maletas más un equipaje de mano gratis, wi-fi gratuito, enchufes de corriente de 110V, asientos de 21 pulgadas de ancho, asientos reclinables hasta 140 grados y apoyapiés.
- **Business Class:** Ofrece el registro de hasta 2 maletas más un equipaje de mano gratis, wi-fi gratuito, enchufes de corriente de 110V, asientos de 18 pulgadas de ancho, asientos reclinables hasta 140 grados y apoyapiés.
- **Premium economy:** Ofrece el registro de hasta 2 maletas más un equipaje de mano gratis, wi-fi gratuito, enchufes de corriente de 110V y apoyapiés.

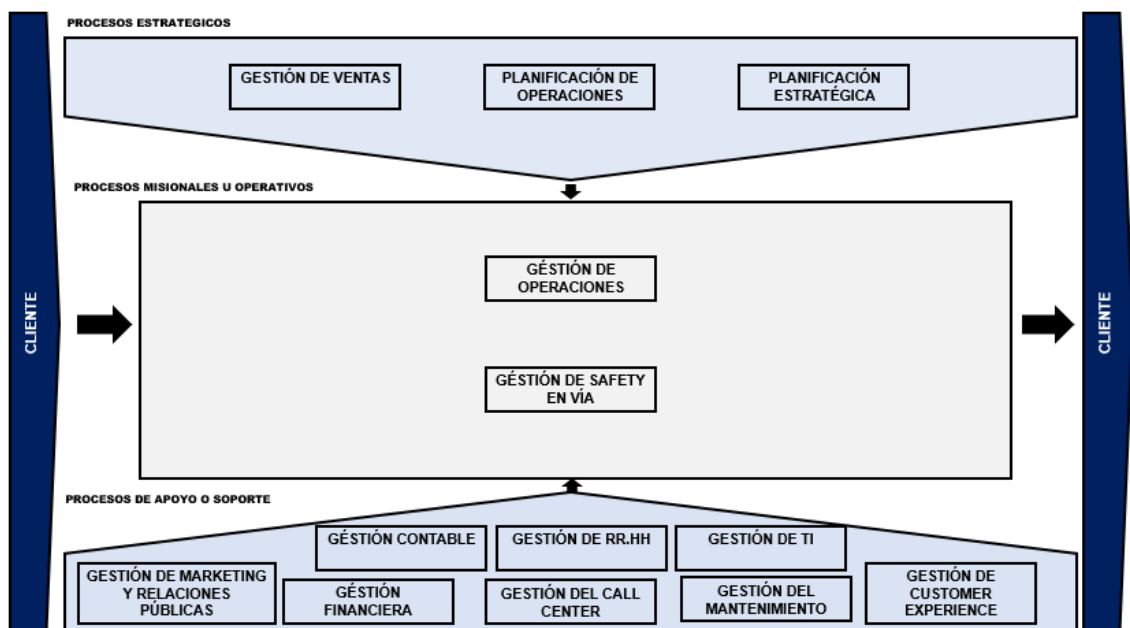
Los destinos turísticos que ofrece se encuentran en los estados de Florida y Texas.

- En Florida, ofrecen destinos a Ft. Lauderdale, Fort Pierce, Kissimmee, Naples, Orlando, Tallahassee Downtown, West Palm Beach, Fort Myers, Gainesville, Miami, Ocala, Orlando UCF, Pompano Beach, Sarasota, Tallahassee FSU y Tampa.
- En Texas, ofrecen destinos a Austin, Cypress, Dallas, Houston, Katy, San Marcos, College Station, Fort Worth, Richardson, The Woodlands y San Antonio.

### 3.7 PROCESOS

Los procesos que desarrolla la empresa se pueden visualizar de forma detallada mediante el mapa de procesos, de esta manera, se muestran los procesos estratégicos, operativos, soporte y sus relaciones como se observa en la Figura N°11.

Figura 11: Mapa de procesos de la empresa



Fuente: La empresa.

Elaboración: Propia.

### **Procesos Estratégicos**

- Gestión de ventas.
- Planificación de operaciones.
- Planificación estratégica.

### **Procesos Operativos**

- Gestión de operaciones.
- Gestión de safety en vía.

### **Procesos de Soporte**

- Gestión de marketing y relaciones públicas.
- Gestión financiera.
- Gestión contable.
- Gestión de RR.HH.
- Gestión del Call Center.
- Gestión de Recursos Humanos.
- Gestión de Tecnologías de la Información.
- Gestión del mantenimiento.
- Gestión de Customer Experience.

#### **3.7.1 Identificación del Macroproceso crítico**

El macroproceso donde se realizará el análisis será el proceso de Gestión del Call Center.

## **CAPÍTULO IV**

### **MÉTODO Y DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN**

#### **4.1 TIPO Y NIVEL DE INVESTIGACIÓN**

##### **4.1.1 Tipo de investigación**

Es de tipo aplicada de acuerdo con Vargas (2009) ya que es aquella que se caracteriza por la utilización de conocimientos en la práctica para aplicarlos en provecho de los grupos que participan en esos procesos, así como a la sociedad en general. Además, implica la generación de nuevos y actualizados conocimientos que contribuyen al enriquecimiento de la disciplina.

##### **4.1.2 Nivel de investigación**

Es de nivel explicativo de acuerdo con Hernández et al (2014) ya que pretende explicar por qué ocurre un fenómeno o se relacionan dos o más variables, y plantea hipótesis causales entre una variable independiente y otra dependiente. En la presente tesis se plantea hipótesis causales bivariadas.

#### **4.2 ENFOQUE Y DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN**

##### **4.2.1 Enfoque de la investigación**

La presente tesis presenta enfoque cuantitativo de acuerdo con Hernández et al (2014) ya que puede dirigirse a determinar causalidad y sus implicaciones.

#### 4.2.2 Diseño de la investigación

El diseño de la investigación es experimental como define Hernández et al (2014) ya que pretende implementar un tratamiento específico en un caso, contexto o grupo, y posteriormente evaluar el impacto de dicho tratamiento en otras variables.

En la presente tesis se hará uso del diseño con posprueba y grupo de control, esto debido a que el estímulo de la variable independiente se dará en dos niveles: presencia y ausencia de la aplicación. Se concluye con la medición de la variable dependiente al finalizar el estímulo. En la Figura N°12 se muestra el diagrama del diseño donde "RG" es la muestra, "-" es el símbolo de ausencia del estímulo, "X" es el símbolo del estímulo/tratamiento y "0" es la medición de la muestra; si aparece antes del estímulo ( $0_2$ ) se trata de una preprueba, si aparece después del estímulo ( $0_1$ ) se trata de una posprueba.

Figura 12: Diagrama de diseño posprueba y grupo de control

$RG_1$	X	$0_1$
$RG_2$	—	$0_2$

Elaboración: Propia.

Donde:

RG: Muestra

$0_1$ : Medición posprueba de la Planificación (con la aplicación del Modelo Analítico Basado en Programación Lineal)

$0_2$ : Medición preprueba de la Planificación (sin la aplicación del Modelo Analítico Basado en Programación Lineal)

#### 4.3 PERIODO DE ANÁLISIS

Se recolecto data histórica desde el año 2018 hacia enero del 2023. Las encuestas fueron realizadas entre octubre 2022 y marzo del 2023.

## 4.4 POBLACIÓN Y MUESTRA

### 4.4.1 Población

Hernández et al (2014) define población como aquel conjunto de todos los casos que coinciden con una serie de determinadas especificaciones.

La presente tesis tiene como población de estudio los resultados de los días operativos del call center.

### 4.4.2 Muestra

Hernández et al (2014) afirma que la muestra es un subgrupo de la población de la cual se obtiene datos específicos del cual se pretende que sean un reflejo fiel de la población; asimismo, clasifica a las muestras en no probabilistas y probabilísticas (aquellas donde los elementos tienen la misma posibilidad de ser escogidos al azar).

Es importante mencionar que los días operativos del call center comprenden, de lunes a domingo, el horario de 08:00 am hasta 01:00 am (hora argentina).

Por lo expuesto, en la presente tesis se hará uso de muestras probabilística cuya determinación se detalla a continuación.

En primer lugar, se determina el tamaño de la muestra haciendo uso de la Ecuación 4.1 para una población finita.

$$n = \frac{N * Z_{\alpha}^2 * p * q}{e^2 * (N - 1) + Z_{\alpha}^2 * p * q} \quad (4.1)$$

A continuación, se explica cada parámetro y los valores considerados:

- $n$ = Tamaño de la muestra buscada
- $N$ =Tamaño de la población, en este caso se considera el resultado de 153 días distintos que abarca la cantidad de días desde el 01 de setiembre del 2022 al 31 de enero del 2023.

- $Z$ =Parámetro estadístico el cual de manera directa depende del nivel de confianza, se considera un nivel de confianza del 95% cuyo valor de  $Z$  asociado resulta 1.96.
- $p$ =Probabilidad de éxito de que ocurra el evento estudiado, se considera un valor estándar de 50%.
- $q$ =Probabilidad de que no ocurra el evento estudiado, se considera un valor de 50%.
- $e$ =Error de estimación máximo aceptado, se considera un error del 10%.

En base a los valores considerados se realiza el cálculo respectivo, de esta manera se obtiene un tamaño de 59 días.

Es importante mencionar que el análisis pretende comparar los resultados de muestras en dos condiciones distintas de prueba las cuales son:

- Preprueba, se refiere al contexto antes de implementar el modelo, es decir, desde el mes de agosto hacia atrás.
- Posprueba, referido al periodo de tiempo en la cual el modelo se encuentra implementado y en funcionamiento, esto abarca desde el 01 de setiembre del 2022 al 31 de enero del 2023.

Las muestras resultan ser equivalentes (pareadas) debido a que provienen de la misma población y cada observación está asociada con una observación correspondiente en la otra muestra. Asimismo, se considera que ambas muestras tengan el mismo tamaño lo cual facilita la comparación directa de las observaciones emparejadas. Por lo tanto, la muestra de "Preprueba" y "Posprueba" tendrán tamaños muestrales iguales.

Finalmente, a pesar de que el tamaño de muestra resultante asciende a 59, se tomó la decisión de considerar una muestra de tamaño 45 en lugar de 59 como se estimó inicialmente por fórmulas estadísticas, esta decisión se fundamenta en la limitación



encontrada respecto a la disponibilidad del personal encargado para proporcionar respuestas a los cuestionarios. A pesar de que se planificó originalmente trabajar con una muestra más amplia, la baja disponibilidad y colaboración del personal clave para responder a los cuestionarios limitó la obtención de datos. Esta restricción en la participación del personal implicó que solo fuera posible recolectar 45 respuestas en la preprueba y posprueba, lo que resultó en una cantidad menor de respuestas disponibles para el análisis estadístico, afectando el tamaño final de la muestra para la evaluación del modelo implementado.

Por lo expuesto, la muestra considerada es el resultado de 45 días operativos del call center.

## **4.5 TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS**

### **4.5.1 Técnicas de recolección de datos**

Hernández y Duana (2020) indica que comprenden un conjunto de procedimientos y actividades que les permiten al investigador obtener información necesaria para brindar respuesta a su pregunta de investigación. Asimismo, señala que las técnicas empleadas generalmente son la encuesta, entrevista, análisis de contenidos, fechas de cotejos entre otros. Para la presente tesis se hará uso de la técnica encuesta.

### **4.5.2 Instrumentos de recolección de datos**

Hernández y Duana (2020) los define como aquellos recursos que utiliza el investigador para registrar datos observables que representen fielmente las variables del investigador. Asimismo, enlista algunos como cuestionarios, escalas de actitudes, entre otros. Define también al cuestionario como aquel conjunto de preguntas respecto de una o más variables que se medirán.

Por lo expuesto, la presente tesis hará uso del cuestionario como instrumento seleccionado de recolección de datos; donde el cuestionario elaborado comprende

13 preguntas cerradas con escalamiento de Likert compuesta de la siguiente manera: 5 preguntas para la variable independiente “Modelo analítico basado en programación lineal” y 8 preguntas para la variable dependiente “Planificación”.

Es importante señalar que las preguntas del cuestionario fueron elaboradas en base al fundamento teórico analizado y validadas por expertos.

#### 4.5.2.1 Confiabilidad del instrumento

Según Frías (2022), el coeficiente más conocido y aplicado para medir la confiabilidad propia del instrumento es el alfa de Cronbach. Este indicador estima cuan fiable son las respuestas de acuerdo al grado de consistencia de los mismos. Asimismo, George y Mallery (2003) (como se citó en Frías, 2022) sugieren los siguientes valores de acuerdo a la Tabla N°5 para la evaluación de los valores alfa:

Tabla 5: Calificación del alfa de Cronbach

Coeficiente alfa	Calificación
>0.90 a 0.95	Excelente
>0.80	Bueno
>0.70	Aceptable
>0.60	Cuestionable
<0.50	Inaceptable

Fuente: George y Mallery (2003) según Frías (2022).

Por lo tanto, para medir la fiabilidad del instrumento propuesto en las pruebas se usará el Alfa de Cronbach. Lo que se espera es que el valor a obtener del alfa de Cronbach sea próximo a 1 ya que esto indicará mayor grado de confiabilidad en el instrumento a usar.

## **4.6 TÉCNICAS Y HERRAMIENTAS PARA EL PROCESAMIENTO DE DATOS**

### **4.6.1 Técnica para el procesamiento de datos**

De acuerdo con Barón (2022), cuando se elige muestras apareadas o relacionadas, se suele usar la prueba t-student para muestras relacionadas, esta prueba determina que si el cálculo de la media de las diferencias (con distribución aproximadamente normal) obtenida no es consistente con una posible media de cero, entonces se rechaza la hipótesis nula, por lo tanto, se acepta que hay diferencia entre los grupos. En ese sentido, para el análisis de los resultados se usará la prueba t-student para muestras relacionadas ya que es un procedimiento estadístico que se aplicará en muestras relacionadas (equivalentes) y medirá una muestra en cierta condición, es decir, antes y después de la implementación del Modelo Analítico. Además, el tamaño de la muestra es de 45, un valor que permite usar este estadístico. Es así que se identificará si existe diferencias estadísticamente significativas cuando se compara estos dos grupos. De esta manera, se conocerá si la Planificación mejora debido al efecto de la variable Modelo Analítico basado en Programación Lineal y si se rechaza o se acepta la hipótesis de trabajo.

### **4.6.2 Herramienta para el procesamiento de datos**

La herramienta a emplear en el procesamiento de datos es el software SPSS del proveedor IBM. En el software se introducirá la información obtenida en forma de tabla y valores escalados para la comparación de medias de muestra pareadas para prueba de hipótesis.

## **CAPÍTULO V**

### **APLICACIÓN PROPUESTA**

#### **5.1 METODOLOGÍA A USAR**

##### **5.1.1 Propuesta de alternativas de solución**

Las oportunidades de mejora, en base a la descripción del problema, deben ser abordadas mediante metodologías y herramientas que se adecuen a resolver la problemática en las condiciones que presenta la empresa en estudio, es por ello que se plantean las siguientes alternativas de solución.

##### **❖ Alternativa 1: Programación lineal**

De acuerdo a lo citado en el punto 2.2.1.2, es una técnica que busca la maximización o minimización de una función lineal específica sujeta a restricciones predefinidas, en ese sentido se puede mencionar las etapas clave que la conforman:

- Formulación del problema, se identifica y define claramente el objetivo a maximizar o minimizar (función objetivo) y se establece las restricciones bajo las cuales se desarrolla el problema.
- Identificación de variables, se determinan las variables involucradas en el problema y se asignan valores que satisfagan las restricciones establecidas.
- Construcción del modelo matemático, se desarrolla un modelo matemático basado en las variables, la función objetivo y las restricciones definidas en la formulación del problema.

- Resolución del modelo, se utiliza los métodos y algoritmos de optimización para encontrar la solución óptima del problema planteado.
- Interpretación de resultados, analiza la solución obtenida en términos de viabilidad, eficiencia y congruencia con los objetivos establecidos; asimismo se verifica la solución encontrada y se realiza ajustes de ser necesario.

#### ❖ **Alternativa 2: Modelos Erlang**

De acuerdo con Robbins et al (2010), los centros de llamadas suelen ser modelados haciendo uso de la cola determinada M/M/N, conocida en la terminología estándar dentro de los ámbitos de la industria como el modelo Erlang C. Este modelo hace múltiples suposiciones cuestionables en el marco de un centro de llamadas. Específicamente, asume que las llamadas arriban como un proceso de Poisson con una tasa promedio de la cual se tiene pleno conocimiento y que son atendidas por un número determinado de agentes estadísticamente idénticos cuyos tiempos de servicios exhiben una distribución de forma exponencial. Lo más significativo es que Erlang C supone que todos los llamadores esperan el tiempo necesario para recibir servicio sin abandonar, es decir, colgar la llamada.

A continuación, se muestra de forma general las etapas para su aplicación:

- Definir la tasa promedio de llegada de llamadas.
- Establecer el número de agentes disponibles.
- Calcular las probabilidades de que un cliente espere.
- Evaluar la eficiencia del modelo.

#### ❖ **Alternativa 3: Búsqueda Tabú**

Martínez (2013) menciona que Glover propuso la técnica en 1986, donde el término “tabú” se relaciona con restricciones sociales impuestas como medida preventiva, donde se prohíbe algo considerado arriesgado. Estas restricciones sociales suelen perdurar antes de desaparecer, aunque durante su vigencia, no funcionan como

prohibiciones cuando la opción prohibida resulta más atractiva que las demás. Asimismo, el método funciona de la siguiente manera: a partir de una solución, se evalúa un grupo de soluciones cercanas y se elige la más favorable entre ellas, convirtiéndose en la nueva solución (aunque no supere a la solución inicial). Sin embargo, no todas las opciones cercanas son consideradas como posibles nuevas soluciones, algunas están excluidas. Este procedimiento se repite iterativamente hasta que cumple alguna condición previamente establecida.

A continuación, se detalla los principales componentes de la búsqueda Tabú.

- Solución inicial, necesaria para inicializar la técnica, se puede obtener de manera aleatoria, a partir de una solución conocida o a partir de una heurística.
- Función objetivo, es el valor al cual se pretende maximizar o minimizar.
- Tipos de movimientos, pueden ser movimiento de inserción (un elemento pasa a ocupar la posición de otro y desplaza al resto) o intercambio (dos elementos intercambian posiciones).
- Lista tabú, es la memoria del proceso de búsqueda.
- Criterios de aspiración, determina si una solución tabú que pertenece a un vecindario puede dejar de serlo si cumple cierto criterio, esto aumenta la flexibilidad de la búsqueda.
- Lista de candidatos, es el conjunto del cual se seleccionará la próxima solución.
- Criterio de detención, de manera general los criterios empleados son número de iteraciones, tiempo de computación o haber logrado un resultado lo suficientemente bueno.

### 5.1.2 Fundamentos para la selección de alternativas

En base a las alternativas de solución propuestas, se procede a realizar un análisis de estas para obtener aquella que se adecue y aborde de mejor manera al problema de investigación. En la Tabla N°6, se observa la comparación entre las tres alternativas de solución propuestas.

Tabla 6: Comparación de alternativas de solución propuestas

	<b>Programación lineal</b>	<b>Modelos Erlang</b>	<b>Búsqueda Tabú</b>
Actividad principal	Optimizar una función objetivo establecida	Aproximación de la cantidad de personal necesario en un call center dado un nivel de servicio objetivo	Mejora de soluciones en base a metaheurísticas
Objetivo	Minimizar costos del personal	Calcular el número de personal necesario	Generar roles de turnos
Entregable	Cantidad de personal necesario cuyo costo empresa sea el mínimo posible	Cantidad de personal necesario para lograr un nivel de servicio determinado	Propuestas de asignación de turnos
Impacto financiero	Reducción de costos operativos	Reducción de costos operativos	Reducción de costos operativos
Método	Programación entera pura	Teoría de colas	Metaheurística

Elaboración: Propia.

Luego de analizar diversos puntos de comparación entre las alternativas de solución propuestas, se procede a evaluarlos cuantitativamente en función de un conjunto determinado de criterios y de esta manera poder obtener aquella alternativa de solución que más se adapte a abordar y solucionar el problema general.

Los criterios definidos para evaluar las alternativas de solución propuestas son los siguientes:

- **Facilidad de implementación**

Hace referencia a la simplicidad para aplicar métodos, medidas o acciones logrando alcanzar los objetivos planeados.

- **Costo de implementación**

Hace referencia al bajo nivel de inversión económico para ejecutar la implementación de la alternativa de solución.

- **Tiempo de implementación**

Es el periodo de tiempo necesario para desarrollar la implementación de los método o acciones propuestas.

- **Calidad de soluciones**

Hace referencia a que tan bueno resulta una solución aplicada a casos reales.

- **Probabilidad de éxito**

Hace referencia a la probabilidad de éxito en el ámbito de la implementación de la solución cumpliendo los objetivos planeados.

A continuación, se realiza una matriz de comparación de alternativas en la cual, en base a una calificación del uno al cuatro (donde 1 es muy bajo y 4 es muy alto), se obtendrá la alternativa de solución a elegir. Dichas ponderaciones de valores se basan en la situación actual en la cual se encuentra inmersa la empresa de estudio.

En la Tabla N°7, se muestra la matriz de comparación de alternativas.

Tabla 7: Matriz de Comparación de Alternativas

Criterios	Peso (%)	Programación lineal		Modelos Erlang		Búsqueda Tabú	
		Calif.	Puntaje	Calif.	Puntaje	Calif.	Puntaje
Facilidad de implementación	30%	4	1.2	4	1.2	1	0.3
Costo de implementación	10%	4	0.4	4	0.4	4	0.4
Tiempo de implementación	20%	3	0.6	3	0.6	2	0.4
Calidad de soluciones	30%	4	1.2	3	0.9	2	0.6
Probabilidad de éxito	10%	4	0.4	4	0.4	3	0.3
<b>Total</b>	<b>100%</b>		<b>3.8</b>		<b>3.5</b>		<b>2</b>

Elaboración: Propia.

Se observa que la alternativa de solución con mayor puntaje es la propuesta de solución en base a Programación Lineal ya que presenta gran facilidad de



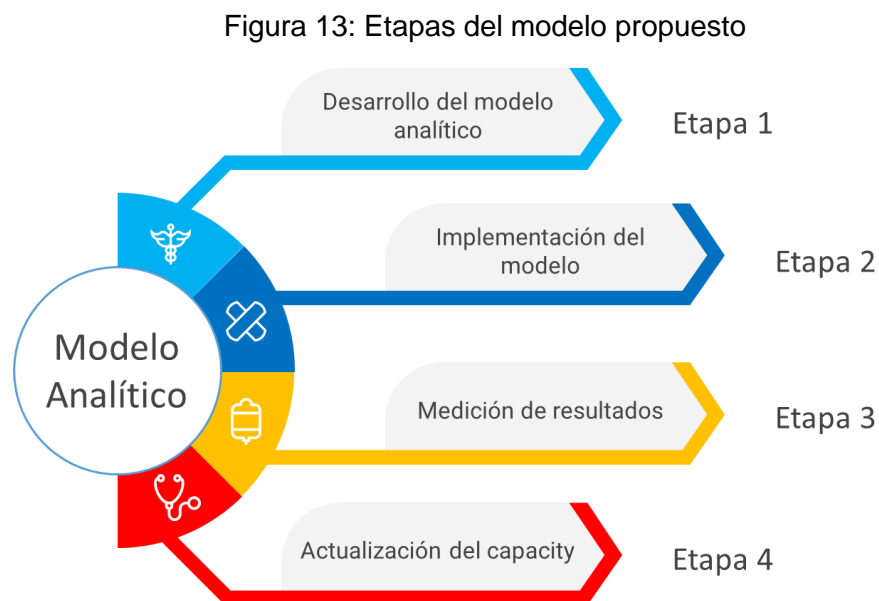
implementación y soluciones de buena calidad con un tiempo e inversión relativamente bajos.

De esta manera, la alternativa de solución seleccionada la cual se desarrollará en la presente tesis es Alternativa 1. "Programación Lineal".

## 5.2 ESTRATEGIAS A APLICAR

### 5.2.1 Estrategias básicas para el desarrollo de la solución

En la presente tesis, para dar solución al problema que atraviesa la empresa, se propone implementar un Modelo Analítico basado en programación lineal. Para dicha solución, las estrategias a seguir son las etapas de implementación del modelo como se muestra en la Figura N°13.



Elaboración: Propia.

#### ❖ Etapa 1. Desarrollo del modelo analítico

En esta etapa se analiza el tráfico de llamadas con data histórica de seis meses para evaluar la variabilidad por día de semana, semana y mes. Asimismo, se elabora el forecast del tráfico considerando el comportamiento

histórico y se realiza ajustes en base al juicio de experto que brindan las personas encargadas de la gestión del call center. Finalmente, se evalúa los turnos de trabajo factibles y se formula el modelo de programación lineal para posteriormente calcular el Capacity.

❖ **Etapa 2. Implementación del modelo**

En esta etapa se realiza el modelo To-Be del nuevo proceso de programación de personal en base al modelo desarrollado; asimismo, se realiza un cronograma con las actividades de implementación a realizar.

❖ **Etapa 3. Medición de resultados**

En esta etapa se realiza la propuesta de control mediante indicadores operacionales claves desde la implementación del modelo en setiembre del 2022 hacia enero del 2023.

❖ **Etapa 4. Actualización del capacity**

En esta etapa se realiza un plan de riesgo asociados al proceso de obtención del capacity y se elabora un cuadro de mando que facilite el seguimiento de su desempeño y la toma de decisiones.

## **5.3 DESARROLLO DEL MODELO ANALÍTICO BASADO EN PROGRAMACIÓN LINEAL**

### **5.3.1 Desarrollo del modelo analítico**

Esta etapa está conformada por las siguientes seis fases:

- Análisis del tráfico
- Elaboración del forecast
- Análisis del dimensionamiento
- Elaboración de turnos de trabajo
- Formulación del modelo de programación lineal

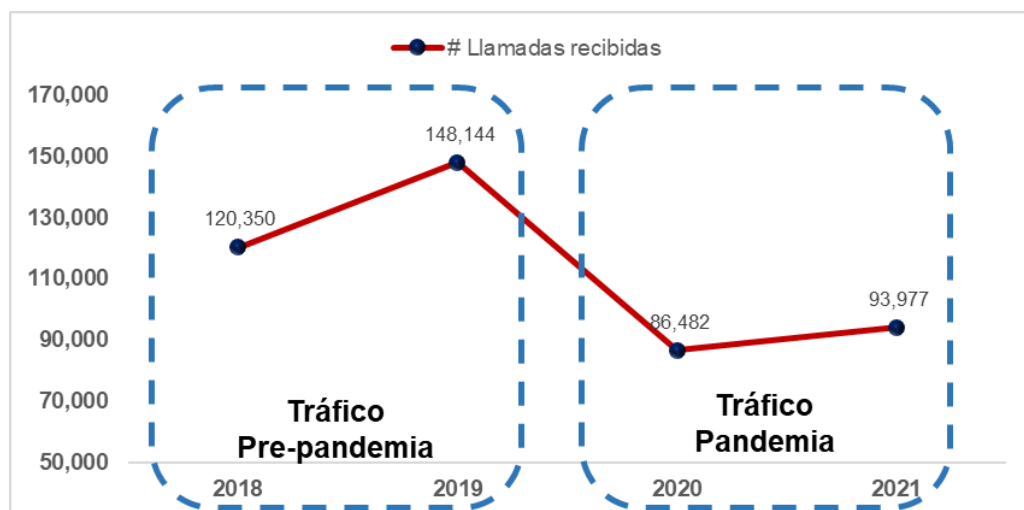
- Cálculo del capacity

### 5.3.1.1 Análisis del tráfico

En esta fase se realiza un análisis del comportamiento de las llamadas entrantes (análisis del tráfico) en función al volumen de llamadas, día de la semana y mes del año.

En primer lugar, se analiza el comportamiento del volumen de llamadas recibidas (en adelante “tráfico”) en los últimos cuatro años la cual se muestra en la Figura N°14.

Figura 14: Volumen de llamadas recibidas 2018-2021



Fuente: La empresa.

Elaboración: Propia.

Se puede observar que el tráfico se divide en dos grupos: pre-pandemia y pandemia. El grupo pre-pandemia se caracteriza por abarcar los años antes de la propagación mundial del Covid-19, esto significa que el tráfico registrado se da en un escenario de condiciones normales de operación; esto es la inexistencia de restricciones en los viajes por transporte público, inexistencia de medidas sanitarias y niveles normales de venta de boletos. Por otro lado, el grupo pandemia es caracterizado por niveles de tráfico inferiores a años normales debido al estado de emergencia por Covid-19.

En el análisis de datos históricos posteriores a la pandemia se debe excluir del análisis aquellos que vieron su comportamiento directamente impactado por los efectos de la pandemia pues presentan valores atípicos. Por lo expuesto, en adelante no se considerarán los niveles de tráfico en los años afectados por la pandemia.

Asimismo, en octubre del 2021 la empresa expandió sus operaciones al estado de Texas, incrementando la flota de autobuses en el proceso. Según Gallo et al (2021), en la elaboración de pronósticos de demanda es muy importante mitigar los valores atípicos, esto es eliminar valores fuera de los rangos normales de operación ocasionados por eventos disruptivos. Por lo expuesto, los niveles de tráfico en los años previos a la expansión de la operación en Texas presentan valores que no reflejan la realidad actual ya que no considera la expansión de la flota y el comportamiento del tráfico de Texas y por lo tanto no serán considerados para la elaboración del forecast.

De esta manera, se eligen los meses del año 2022 para realizar el análisis de tráfico. Para analizar el tráfico mensual del 2022 primero se obtiene la información mensual del tráfico como se observa en la Figura N°15.

Figura 15: Volumen de llamadas recibidas 2022



Fuente: La empresa.

Elaboración: Propia.

Según Arévalo (2014) es de interés conocer el comportamiento de las llamadas a lo largo del año, mes, semana y día para poder establecer picos de llamadas y valles. Por lo tanto, se realizará un análisis del tráfico por mes del año, semana del mes y día de la semana.

#### a) Análisis del tráfico por mes

Para el análisis estadístico del tráfico mensual se recopiló la data del tráfico de acuerdo a la metodología para el análisis mes a mes de Arévalo (2014) donde menciona que es necesario contar con un número de meses a analizar, número de días observados en el mes y número de llamadas ofrecidas en el día. De esta manera se construye una base de datos con el registro diario del tráfico (Ver Anexo 4).

Se realiza el análisis de varianza (ANOVA) entre el tráfico y mes del año. En la Tabla N°8 se muestra el resultado.

Tabla 8: Análisis de varianza Tráfico-Mes

<b>Fuente</b>	<b>GL</b>	<b>SC Ajust.</b>	<b>MC Ajust.</b>	<b>Valor F</b>	<b>Valor p</b>
Mes	7	1219645	174235	23.27	0.000
Error	235	1759432	7487		
Total	242	2979077			

Fuente: La empresa.

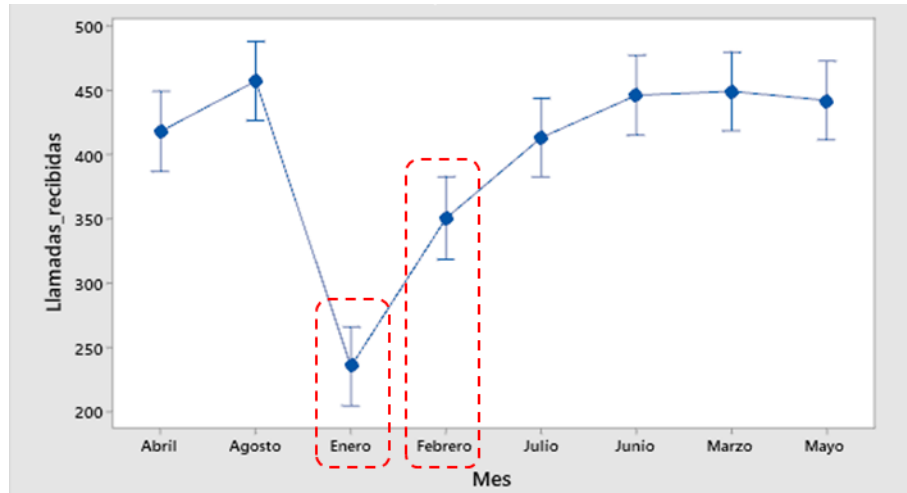
Elaboración: Propia.

Un valor p menor a 0.05 indica que se rechaza la hipótesis nula y las medias entre intervalos son significativamente diferentes, por lo tanto, existe una variabilidad marcada desde enero a agosto del 2022.

No obstante, como se indicó en el punto 5.3.1.1 la operación de la empresa se expande a Texas en octubre del 2021 y desde esa fecha entra en un periodo de estabilización progresiva debido, en gran medida, al levantamiento de restricciones en los viajes en dicho estado el cuál entro en vigencia desde noviembre 2020 (Ballotpedia, 2022); asimismo, los efectos en el tráfico se ven normalizados a marzo

del 2022. Por lo tanto, se excluye del análisis los valores de tráfico de los meses de enero y febrero 2022 que se muestra en la Figura N°16.

Figura 16: Intervalos de tráfico por mes



Fuente: La empresa.

Elaboración: Propia.

Se vuelve a realizar el ANOVA a los meses de marzo a agosto, el resultado se muestra en la Tabla N°9.

Tabla 9: Análisis de varianza marzo-agosto

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
Mes	5	57327	11465	1.85	0.105
Error	169	1045519	6187		
Total	174	1102846			

Fuente: La empresa.

Elaboración: Propia.

El valor p resultante es 0.105 y al ser mayor a 0.05 indica que las medias de los intervalos no tienen diferencias significativas. Adicionalmente, se realiza la prueba de Tukey donde se observa la comparación y agrupación de parejas de datos. La Tabla N°10 muestra como los meses comparten un mismo grupo por lo tanto sus medias no significativamente diferentes; asimismo, la Figura N°17 muestra que los intervalos

contienen el valor de 0, esto es un indicador adicional de que las medias correspondientes no son significativamente diferentes.

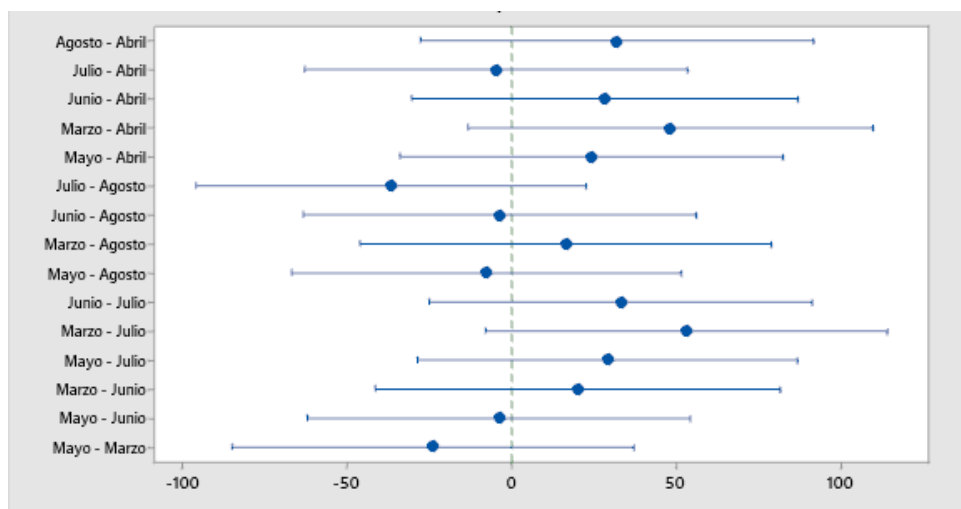
Tabla 10: Prueba de Tukey de tráfico por mes

<b>Mes</b>	<b>N</b>	<b>Media</b>	<b>Agrupación</b>
Marzo	25	466.0	A
Agosto	28	449.8	A
Junio	30	446.1	A
Mayo	31	442.1	A
Abril	30	417.9	A
Julio	31	413.1	A

Fuente: La empresa.

Elaboración: Propia.

Figura 17: Intervalos de confianza simultáneos de Tukey



Fuente: La empresa.

Elaboración: Propia.

De acuerdo a Arévalo (2014) los meses que tienen un comportamiento muy diferente deben ser tratados aparte.

Por lo expuesto, los meses de marzo a agosto presentan comportamiento similar y por lo tanto se pueden tratar de igual manera en forma conjunta, lo que significa poder aplicar una misma técnica de pronóstico en dichos meses.

**b) Análisis del tráfico por semana**

Para el análisis estadístico del tráfico por semana se considera la data de semanas completas desde marzo a agosto del 2022. De esta manera se construye una base de dato para dicho intervalo de tiempo (Ver Anexo 4).

Se realiza el análisis de varianza (ANOVA) entre el tráfico y la semana. En la Tabla N°11 se muestra el resultado.

Tabla 11: Análisis de varianza por semana

<b>Fuente</b>	<b>GL</b>	<b>SC Ajust.</b>	<b>MC Ajust.</b>	<b>Valor F</b>	<b>Valor p</b>
Semana	24	142676	5945	0.93	0.563
Error	150	960171	6401		
Total	174	1102846			

Fuente: La empresa.

Elaboración: Propia.

Un valor p menor a 0.05 indica que las medias entre intervalos son significativamente diferentes, por lo tanto, no existe una variabilidad marcada entre semanas de marzo a agosto del 2022.

Adicionalmente, la Tabla N°12 muestra como las semanas comparten un mismo grupo por lo tanto sus medias no son significativamente diferentes.



Tabla 12: Prueba de Tukey de tráfico por semana

<b>Semana</b>	<b>N</b>	<b>Media</b>	<b>Agrupación</b>
11	7	498.1	A
12	7	489.3	A
35	7	473.3	A
22	7	473.3	A
20	7	463.7	A
15	7	453.9	A
13	7	452.4	A
34	7	450.7	A
27	7	448.9	A
33	7	448.4	A
26	7	445.3	A
25	7	439.9	A
30	7	439.1	A
23	7	438.4	A
24	7	432.1	A
32	7	426.7	A
31	7	425.9	A
16	7	423.1	A
19	7	421.4	A
29	7	419.4	A
21	7	413.4	A
18	7	408.6	A
17	7	404.7	A
14	7	385.7	A
28	7	377.9	A

Fuente: La empresa.

Elaboración: Propia.

Por lo expuesto, las semanas de marzo a agosto presentan comportamiento similar y por lo tanto se pueden tratar de igual manera en forma conjunta, lo que significa poder aplicar una misma técnica de pronóstico en dichas semanas.

### **c) Análisis del tráfico por día**

Para el análisis estadístico del tráfico por día se considera la data de semanas completas desde marzo a agosto del 2022. Se realiza el análisis de varianza (ANOVA) entre el tráfico y el día de la semana. En la Tabla N°13 se muestra el resultado.

Tabla 13: Análisis de varianza por día

<b>Fuente</b>	<b>GL</b>	<b>SC Ajust.</b>	<b>MC Ajust.</b>	<b>Valor F</b>	<b>Valor p</b>
Día	6	505748	84291	23.72	0.000
Error	168	597098	3554		
Total	174	1102846			

Fuente: La empresa.

Elaboración: Propia.

Un valor p menor a 0.05 indica que las medias entre intervalos son significativamente diferentes, por lo tanto, existe una variabilidad marcada entre días de la semana de marzo a agosto del 2022.

La Tabla N°14 muestra como las semanas comparten diferentes grupos debido a la marcada diferencia en sus medias. Se observa que el grupo A se conforma por el día viernes, este grupo es un pico de alto tráfico en la semana; el grupo B se conforma por los días lunes, miércoles, jueves, viernes y domingo, este grupo presenta un tráfico intermedio; finalmente, el grupo C se conforma por los días martes, miércoles, sábado y domingo, este grupo es un valle de bajo tráfico en la semana.

Tabla 14: Prueba de Tukey de tráfico por día

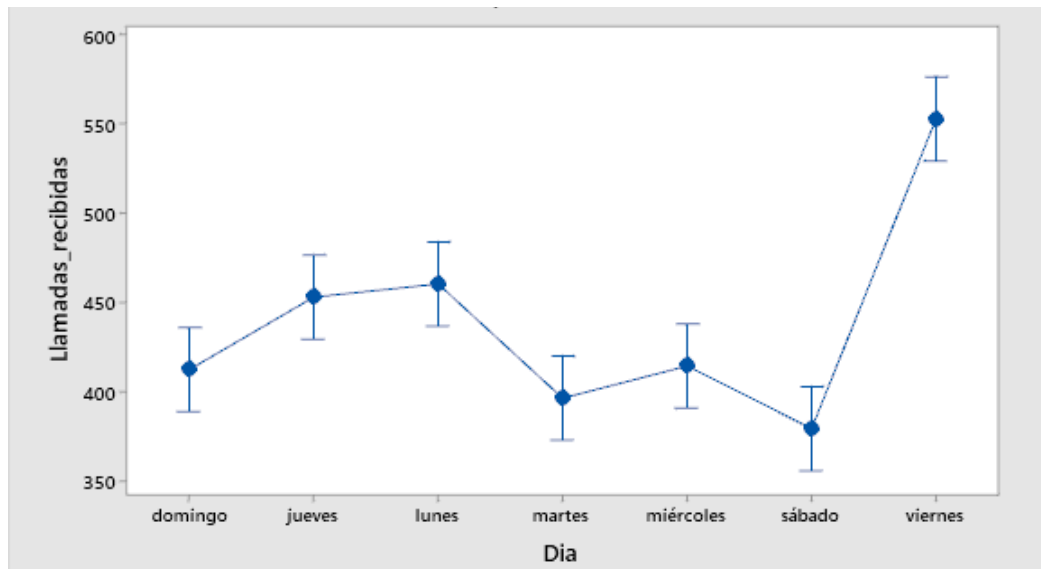
<b>Día</b>	<b>N</b>	<b>Media</b>	<b>Agrupación</b>
viernes	25	552.4	A
lunes	25	460.1	B
jueves	25	452.7	B
miércoles	25	414.2	B C
domingo	25	412.2	B C
martes	25	396.2	C
sábado	25	379.2	C

Fuente: La empresa.

Elaboración: Propia.

De forma adicional, la Figura N°18 muestra de forma gráfica la diferencia entre las medias por grupo.

Figura 18: Intervalos de confianza simultáneos por día



Fuente: La empresa.

Elaboración: Propia.

Considerando el análisis realizado y adicionalmente el juicio de experto de las supervisoras del call center, se determinan grupos donde los días pico son aquellos con alto tráfico, los días valle son aquellos con bajo tráfico y los días normales que no pertenecen a ninguno de los otros dos grupos mencionados.

- Días pico: lunes, jueves y viernes.
- Días valle: martes y sábado.
- Días normales: miércoles y domingo.

Por lo expuesto, los días pico y valle presentan comportamiento diferente y por lo tanto se deben tratar aparte, lo que significa poder aplicar una técnica de pronóstico diferente.

### 5.3.1.2 Elaboración del forecast

En esta fase se realiza un análisis del tipo de pronóstico a desarrollar, condiciones de los datos para aplicar pronósticos cuantitativos, aplicación de métodos de

pronóstico basados en series de tiempo y selección del método de pronóstico a considerar.

**a) Análisis del tipo de pronóstico a desarrollar**

Actualmente, existen muchos tipos de pronósticos para distintas aplicaciones y problemas en específico y estos se pueden clasificar de diversas maneras. Chapman (2006) clasifica los pronósticos en tres grupos: cualitativos, cuantitativos métodos causales y cuantitativos series de tiempo; asimismo, detalla las ventajas y desventajas de cada uno. De esta forma se elabora un cuadro comparativo con los factores más importantes considerados en la elección del tipo de pronóstico a desarrollar, en la Tabla N°15 se observa el resultado.

Tabla 15: Comparación de tipos de pronósticos

Tipo	Disponibilidad de datos	Rapidez	Confiabilidad	Técnicas
Pronósticos cualitativos	Se puede usar cuando no se tiene suficiente data histórica	Permite obtener resultados con bastante rapidez	Subjetivo, se desarrolla en función a la experiencia de la persona	- Encuestas de mercado - Método Delphi -Analogía por ciclo de vida -Juicio de experto
Pronósticos cuantitativos: método causal	Requieren datos históricos confiables y precisos	En ocasiones desarrollar el modelo toma mucho tiempo y resulta costoso	Los modelos desarrollados de forma adecuada pueden brindar excelentes resultados	-Modelos de entrada y salida -Modelos econométricos -Modelos de simulación -Regresión
Pronósticos cuantitativos: series de tiempo	Requieren datos históricos confiables y precisos	Los resultados se obtienen con relativa rapidez en comparación al método causal	Se encuentran entre los más utilizados, los resultados dependerán del patrón de comportamiento de datos	-Métodos de descomposición -Modelos de suavización exponencial -Modelos ARIMA

Elaboración: Propia.

Al inicio de la investigación se tuvo una disponibilidad de data histórica diaria del tráfico de llamadas desde el año 2018 en adelante el cuál fue obtenida a través de la web del call center, por otro lado, es importante mencionar que se tuvo una fuerte presión de la alta dirección para obtener una propuesta de mejora en un plazo de 3

semanas por lo que la propuesta de mejora y los sustentos correspondientes debían ser elaborados de forma ágil y a su vez confiable.

Por lo mencionado y de acuerdo a la Tabla N°15, el tipo de pronóstico elegido es cuantitativos series de tiempo ya que satisface las condiciones de la situación de la investigación de acuerdo a los factores de elección ya que se cuenta con data histórica real del tráfico de llamadas desde el 2018, los resultados se obtienen con relativa rapidez satisfaciendo el plazo de entrega por parte de la alta dirección, potenciales buenos resultados por el patrón de comportamiento del tráfico y suficiente conocimiento técnico para aplicar las técnicas respetivas.

#### **b) Condiciones de los datos para pronósticos cuantitativos**

De acuerdo con Hyndman y Athanasopoulos (2018), para aplicar pronósticos cuantitativos se deben satisfacer dos condiciones:

- Información histórica numérica disponible.
- Algunos patrones del pasado continuarán en el futuro (estacionariedad de los datos).

La primera condición se satisface ya que se cuenta con data desde el 2018. La segunda se refiere a la estacionariedad de la serie de tiempo, de acuerdo con Box et al (2016) la estacionariedad se refiere a que las propiedades probabilísticas de la serie, en particular la media y la varianza, no cambien en el tiempo.

Por lo tanto, se debe evaluar si los datos presentan o no estacionariedad en su comportamiento. Sin embargo, antes de analizar la estacionariedad es necesario realizar un tratamiento a los valores atípicos (outliers).

Según Hyndman y Athanasopoulos (2018), los outliers son observaciones muy diferentes a la mayoría de las observaciones de la serie; asimismo, indica que la presencia de estos valores afecta en gran medida los resultados de los modelos si hay presencia de outliers extremos que distorsionan la data de forma significativa.

Por lo tanto, es necesario reemplazar estos valores antes de aplicar cualquier método de pronóstico

De acuerdo con Moreno (2012), las estadísticas robustas son un enfoque alternativo a los métodos estadísticos clásicos con el objetivo de producir estimadores que no sean afectados por desviaciones de los supuestos del modelo, asimismo indica a la mediana como medida robusta ante la presencia de outliers. Por este motivo se procede a detectar los valores atípicos en el histórico de llamadas recibidas y reemplazarlos por la mediana del día que corresponde.

Los valores atípicos a remplazar corresponden a aquellos días donde ocurrieron casos de bus malogrado (broken bus), cancelación del servicio (service cancellation) y pocas unidades en operación (few units operating), ya que son eventos que no pueden ser controlados a nivel operativo. En la Tabla N°16 se observa el registro de los casos con el detalle de día, evento y unidad de marzo a agosto 2022.

Tabla 16: Registro de días con eventos no controlables

<b>Día</b>	<b>Tipo de evento</b>	<b>Unidad</b>	<b>Ruta</b>
9/03/2022	Broken bus	3809	Tampa-Miami
12/03/2022	Service cancellation	8008	Miami-Orlando
28/03/2022	Service cancellation	7001	Orlando-Miami
8/06/2022	Broken bus	3851	Dallas-Houston
23/06/2022	Service cancellation	9036	Miami-Tampa
4/07/2022	Few units operating	5650	Fort Lauderdale-Tallahassee
7/07/2022	Few units operating	3802	Tallahassee-Miami
26/08/2022	Broken bus	3809	Miami-Orlando

Fuente: La empresa.

Elaboración: Propia.

A continuación, se reemplaza los valores atípicos de tráfico con la mediana asociada al día de la semana que corresponden, en la Tabla N°17 se muestra el valor de las medianas por día de la semana.

Tabla 17: Mediana por día de la semana

Día	Mediana
Lunes	475
Martes	388
Miércoles	418
Jueves	452
Viernes	565
Sábado	377
Domingo	422

Fuente: La empresa.

Elaboración: Propia.

Con los valores atípicos reemplazados, se procede a comprobar la estacionariedad de la serie de tiempo, para ello se empleó la prueba de Dickey-Fuller aumentada (ADF) la cual según Gujarati y Porter (2010) (Como se citó en Bazán, 2020) verifica la estacionariedad de una serie de tiempo averiguando si contiene una raíz unitaria. Asimismo, es una de las pruebas más utilizadas para comprobar la estacionariedad de acuerdo a Bello (2018) (Como se citó en Bazán, 2020).

La prueba de ADF plantea la siguiente hipótesis nula y alternativa:

- $H_0$ : La serie tiene al menos una raíz unitaria, por lo tanto, la serie es no estacionaria.
- $H_a$ : La serie no tiene raíz unitaria, por lo tanto, la serie es estacionaria.

Se realiza la prueba ADF en el software R Studio mediante el script usando el comando `adf.test` de la librería "tseries". En la Figura N°19 se muestra el resultado.

Figura 19: Mediana por día de la semana

```
Augmented Dickey-Fuller Test
data: Llamadas_recibidas
Dickey-Fuller = -12.664, Lag order = 0, p-value = 0.01
alternative hypothesis: stationary
```

Fuente: La empresa.

Elaboración: Propia.

Un valor p menor a 0.05 indica que la serie no contiene raíz unitaria y por lo tanto la serie resulta estacionaria.

Después de analizar y seleccionar el tipo y método de pronóstico, y haber evaluado las condiciones de los datos (limpieza de outliers y prueba de estacionariedad), la data se encuentra lista para desarrollar series de tiempo.

### **c) Aplicación de métodos de pronóstico basado en serie de tiempo**

De acuerdo con Stoll (2020), el método de suavizado exponencial triple (Holt Winters) y el ARIMA presentan los mejores resultados entre los métodos tradicionales de pronóstico. Por otro lado, Hyndman y Athanasopoulos (2018) indica que mientras los modelos ARIMA pretenden describir las autorrelaciones de datos, los métodos de suavizado se basan en la descripción de la tendencia y la estacionalidad de los datos. Considerando el análisis del tráfico del punto 5.3.1.1, se observó la estacionalidad que presentan los días de la semana pudiendo detectar tres grupos de días con comportamientos que se repiten de semana en semana.

Por lo expuesto, los métodos de series de tiempo a evaluar serán aquellos basados en el suavizado exponencial ya que se adecuan de mejor manera a la naturaleza del problema.

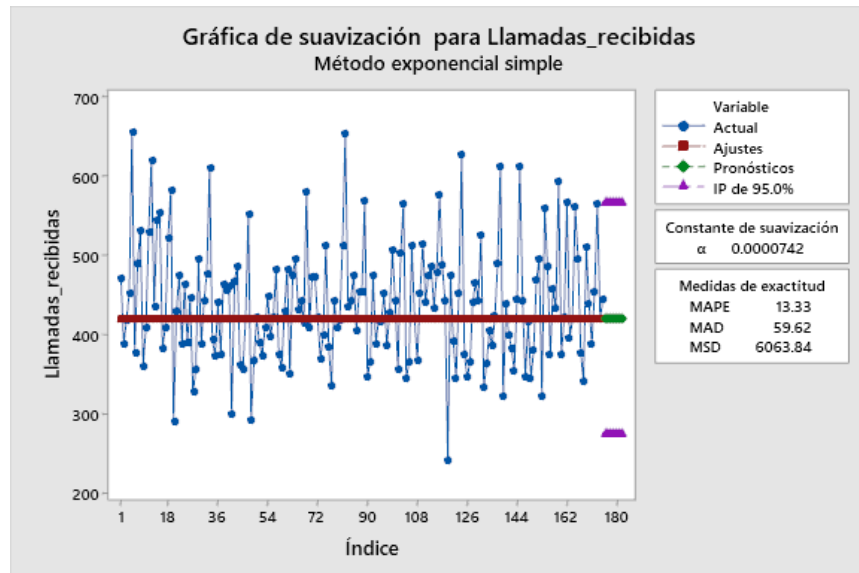
Con la ayuda del software Minitab se obtuvieron los pronósticos para una semana patrón y el error absoluto porcentual medio (MAPE) aplicando las técnicas de



promedio móvil (2 y 3 periodos), suavizado exponencial simple, doble (Método de Holt) y método de Holt Winters aditivo ya que según Hyndman y Athanasopoulos (2018) el método aditivo se prefiere cuando las variaciones estacionales son aproximadamente constantes a lo largo de la serie. A continuación, se muestran los resultados obtenidos en las Figuras N°20, N°21 y N°22.

- **Suavizado exponencial simple**

Figura 20: Resultados del Suavizado exponencial simple

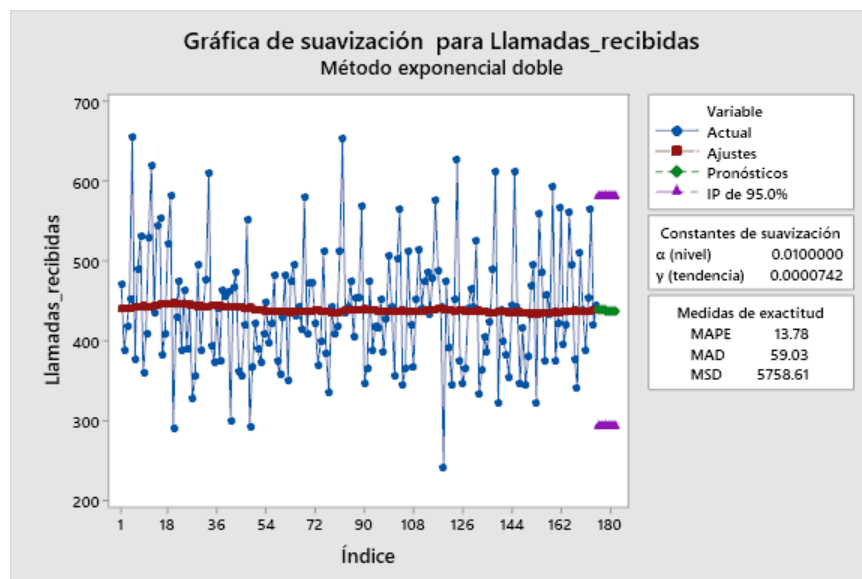


Fuente: La empresa.

Elaboración: Propia.

- **Suavizado exponencial doble (método de Holt)**

Figura 21: Resultados del Suavizado exponencial doble

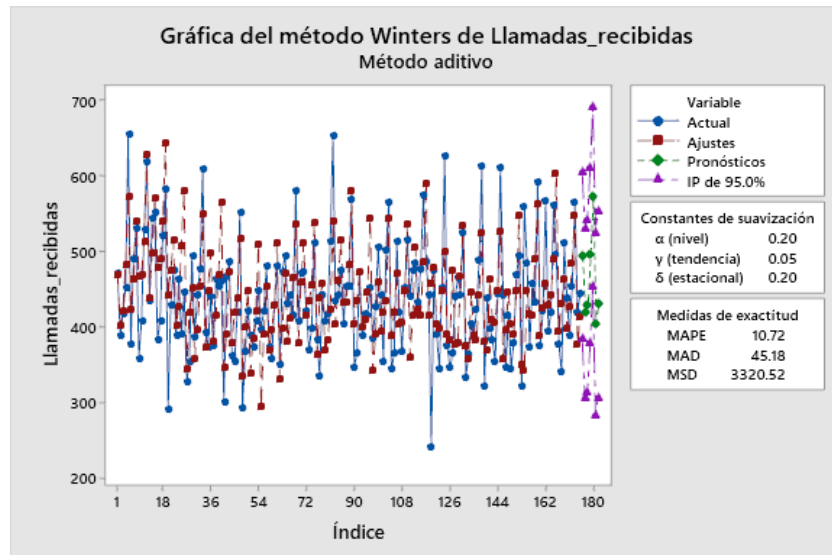


Fuente: La empresa.

Elaboración: Propia.

- **Método de Holt Winters**

Figura 22: Resultados del método de Holt Winters



Fuente: La empresa.

Elaboración: Propia.

**d) Selección del método de pronóstico a considerar**

Los métodos de pronóstico desarrollados en Minitab se comparan a través de los valores pronosticados e indicadores de desempeño de pronósticos como son el MAD (Desviación Media Absoluta), MSE (Error Cuadrático Medio) y MAPE (Error Porcentual Absoluto Medio). Estos indicadores son ampliamente usados para evaluar los métodos de pronóstico. Stoll (2020) al utilizar el indicador MAPE y MSE concluyó que los métodos cuyos pronósticos resultaban muy cercanos al comportamiento real eran aquellos con valores pequeños de MAPE y MSE. En la Tabla N°18, se observa una tabla resumen con los resultados obtenidos en Minitab.

Tabla 18: Valores pronosticados e indicadores de errores por método

Dia	# Llamadas recibidas (Pronóstico)		
	Suavizado exponencial simple	Suavizado exponencial doble	Método Holt Winters
Lunes	420	438	495
Martes	420	438	419
Miércoles	420	438	428
Jueves	420	438	496
Viernes	420	438	573
Sábado	420	438	404
Domingo	420	438	431
<b>MSE</b>	6,063.84	5,758.61	3,320.52
<b>MAD</b>	59.62	59.03	45.18
<b>MAPE(%)</b>	13.33	13.78	10.72

Fuente: La empresa.

Elaboración: Propia.

Por lo expuesto, el método a utilizar será el Holt Winters debido a que presenta el menor valor de MAPE y MSE entre los métodos evaluados.

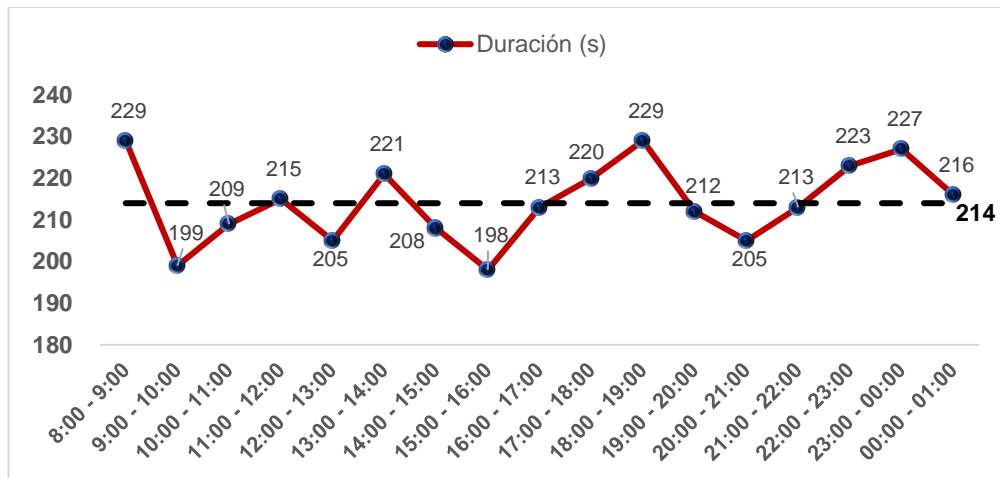
### 5.3.1.3 Análisis del dimensionamiento

En esta fase se realiza un análisis del tiempo de duración media por llamada (Td) y el dimensionamiento de la demanda de trabajo en el call center.

#### a) Análisis del tiempo de duración media por llamada

De acuerdo a Arévalo (2014) se debe consolidar una base de datos que contenga información de por lo menos los últimos dos meses, esto con el objetivo de identificar el tiempo promedio de duración de la llamada. Considerando ello, se obtuvo la data de la duración de la llamada a través de la página web que administra el tráfico del call center desde julio a agosto; además, se identificó y retiró del análisis aquellos registros de llamadas atípicas los cuales correspondían a llamadas con duración 0 minutos y mayores a 10 minutos. El resultado se muestra en la Figura N°23.

Figura 23: Duración de llamada promedio



Fuente: La empresa.

Elaboración: Propia.

Se observa que la duración de la llamada presenta una media de 214 segundos (3 minutos y 34 segundos). Esta información fue contrastada con el know-how de la supervisora del call center y la Customer Experience Manager con el objetivo de conciliar un valor estándar que se vea reflejado en la operación diaria real y a su vez en el análisis de la información realizada.

Por lo expuesto, se considera una duración de llamada promedio de 3 minutos y 30 segundos, valor con el cual se trabajará en las fases siguientes.

**b) Dimensionamiento de la demanda de trabajo**

De acuerdo con Arévalo (2014), el número de agentes requeridos en un intervalo *i* viene dado por la Ecuación 5.1:

$$Ni = \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n \frac{x_{ij}TPC_j}{TPA_j} \tag{5.1}$$

Donde:

m: Número de intervalos de tiempos de Y minutos partidos en un día.

n: Número de grupos de agentes en el que se encuentra segmentado el call center.

Xij: Número de llamadas en el intervalo i que contestaría el grupo de agentes j.

TPC: Tiempo Promedio de Conversación por agente.

TPA: Tiempo Promedio Productivo TPA del agente.

i: 1,2,3.....,m

j: 1,2,3.....,n

Por lo anterior, se determinará el número de agentes a través del cálculo mencionado.

Sin embargo, es necesario adaptar la fórmula a las condiciones particulares de la empresa, por lo cual se debe tener en cuenta lo siguiente:

- Se elige intervalos de tiempos de 1 hora obteniendo así 24 intervalos en un día para los siete días de la semana, esto es debido a la magnitud del tráfico de llamadas que presenta el call center actualmente, el cual se encuentra en un volumen inferior a 1,000 llamadas por día, caso contrario del artículo fuente en la cual maneja volúmenes que van desde 7,000 a 27,000 llamadas diarias.
- Actualmente, se cuenta con un perfil de agente único con información sociodemográfica similar (estudiantes menores a 30 años con igual condición laboral); además, el número actual de agentes es inferior a 20 personas. Por lo tanto, se considera un mismo grupo al no contar con una muestra significativa grande para ser analizada.
- El TPC expuesto en el artículo no especifica si se considera o no el tiempo en espera (hold) y el tiempo de espera para contestar (Te) dentro de la duración de la llamada. Caso contrario de la presente tesis en la cual el tiempo hold se encuentra dentro de la duración de la llamada. Por lo tanto, se considera para el cálculo la suma del tiempo de duración medio de la llamada (Td) y el tiempo

de espera medio para contestar la llamada ( $T_e$ ), se determina para este último un tiempo máximo de 20 segundos.

- El TPA expuesto en el artículo considera un tiempo auxiliar de 15 minutos. Sin embargo, este valor viene determinado por las casuísticas propias que presentan las operaciones de cada empresa en el día a día. En el caso de la empresa de estudio de la presente tesis, considera un tiempo operativo ( $T_o$ ) de 60 minutos debido a que, para efectos del cálculo final de agentes, se considera el uso de porcentajes de puesto adicional para cubrir el suplemento y ausencias de los agentes.

Por lo expuesto, la Ecuación 5.2 adaptada a la empresa de estudio se muestra a continuación:

$$Ni = \sum_{i=1}^{168} \frac{Xi Td_i}{To_i} \quad (5.2)$$

Donde:

$X_i$ : Número de llamadas en el intervalo  $i$ .

$Td$ : Tiempo de duración medio de la llamada.

$To$ : Tiempo de operativo del agente.

$i$ : 1,2, 3...,168 (24 intervalos de 7 días)

Finalmente, para determinar el número final de agentes por intervalo, se hará uso de porcentajes de puesto adicional, de esta forma el número final de agentes requeridos en un intervalo vendrá dado por la Ecuación 5.3:

$$Ni^* = Ni(1 + A\%) \quad (5.3)$$

Donde:

$Ni^*$ : Número final de agentes requeridos en el intervalo  $i$ .

Ni: Número de agentes requeridos en el intervalo i para un nivel de atención del 80%.

A: Porcentaje de puesto adicional.

Para la presente tesis, el porcentaje ascenderá a 5%, valor determinado por la política de la empresa.

#### **5.3.1.4 Elaboración de turnos de trabajo**

De acuerdo con Martínez (2013), la programación del personal debe cumplir 3 objetivos básicos los cuales son:

- Cubrir la necesidad operativa.
- Respetar la normativa laboral.
- Elaborar una programación equitativa para los colaboradores.

Al analizar los objetivos se observa que se encuentran relacionados a satisfacer ciertas condiciones de forma obligatoria; en ese sentido, desde un punto de vista técnico, equivale a la existencia de restricciones que debe satisfacer el modelo de programación propuesto. Podemos establecer entonces, las siguientes restricciones para el modelo a formular:

- Restricciones operativas
- Restricciones legales
- Restricciones personales

Respecto a las restricciones operativas, se analiza y define los posibles turnos de trabajo a considerar de modo tal que satisfaga la demanda de trabajo. Vásquez y Pomachagua (2013) proponen variables de programación de 2 tipos de intervalos de trabajo: Turnos enteros (periodos con horas consecutivas) y Turnos volantes (periodos que se distribuyen en 2 periodos no consecutivos) en los cuales la hora de refrigerio se encuentra incluida.

Respecto a las restricciones legales, los turnos de trabajo deben respetar la normativa laboral vigente, en este caso el marco normativo argentino. Martínez



(2013) indica la necesidad de cumplir con la normativa para evitar eventuales multas frente a una fiscalización de trabajo, por lo tanto, se debe respetar el marco normativo referente a la jornada laboral, horas de descanso entre los turnos, etc. En ese sentido, los turnos de trabajo a considerar se deben encontrar dentro del marco de la Ley de Contrato de Trabajo N° 20.744, del cual se puede destacar las siguientes directrices:

- Art. 196, la duración del trabajo que no exceda las 8 horas diarias o 48 horas semanales; asimismo, de acuerdo a la Ley de Jornada de Trabajo N° 11.544 menciona que esta limitación es máxima, es decir no se impide una duración menor de horas diarias o semanales. En ese sentido y para la formulación del modelo, se considera horarios menores a 8 horas diarias y 48 semanales como posibles turnos de trabajo.
- Art. 197, la distribución de las horas de trabajo estará determinada por el empleador y no estará sujeta a una previa autorización; no obstante, deberá ser comunicado a los trabajadores. En ese sentido, la formulación del modelo de programación puede hacer uso de combinaciones de turnos respetando la normativa existente.
- Art. 92, la remuneración del trabajo a tiempo parcial no podrá resultar inferior al proporcional de un trabajo a tiempo completo. En ese sentido y para la formulación, se considera la remuneración proporcional como variable del modelo.

Respecto a las restricciones personales, se tiene en consideración los turnos que impliquen una remuneración parcial lo suficiente para satisfacer la necesidad económica del personal, por otro lado, se tiene en cuenta la política de descanso actual la cual incluye la hora de descanso como parte del tiempo operacional.

Por lo expuesto y con el know-how de los responsables del área, se determinan los siguientes lineamientos:

- Considerar turnos con un mínimo de 4 horas diarias y 20 semanales debido a que, en la actualidad, los agentes no ven atractivo una remuneración menor a 4 horas diarias.
- Considerar turnos con un máximo de 8 horas diarias y 48 semanales sin la activación de horas extras.
- Los turnos tendrán hora inicio entre las 08:00 am y 21:00 pm debido al horario de operación en Texas y Florida que empieza a las 08:00 am hora argentina.
- Los turnos tendrán hora fin entre las 12:00 pm y 01:00 am debido al horario de operación en Texas y Florida que finaliza a las 01:00 am hora argentina.
- En base a la duración de los turnos se consideran los horarios con horas de inicio y fin dentro del rango establecido en los incisos anteriores, por ejemplo, el turno de 8 horas dispone de horarios que inician desde las 08:00 hasta las 17:00, en este caso se tendría 10 horarios posibles por diferente hora de inicio. En la siguiente tabla se muestra el número de horarios posibles para un turno según su duración. En la Tabla N°19 se muestra el resultado.

Tabla 19: Horarios posibles según duración del turno

Duración de turnos (horas)	#horarios según hora de inicio
8	10
7	11
6	12
5	13
4	14

Fuente: La empresa.

Elaboración: Propia.

- Considerar turnos enteros y mantener la política de descanso como tiempo operacional.

De esta manera los turnos de trabajo a considerar en el modelo resultan los siguientes de acuerdo a la Tabla N°20.

Tabla 20: Turnos de trabajo considerados

Nº	Turno	Hr diarias	Dias descanso	Hr semanal total
1	8x1	8	1	48
2	7x1	7	1	42
3	6x1	6	1	36
4	5x1	5	1	30
5	4x1	4	1	24
6	7x2	7	2	35
7	6x2	6	2	30
8	5x2	5	2	25
9	4x2	4	2	20

Fuente: La empresa.

Elaboración: Propia.

### 5.3.1.5 Formulación del modelo de programación lineal

Taha (2012) indica que los modelos de investigación de operaciones, incluido la programación lineal, se componen de tres principales componentes:

- Las variables de decisión.
- El objetivo que se desea optimizar.
- Las restricciones que debe satisfacer la solución.

En ese sentido, se formulará el modelo de programación siguiendo la secuencia mencionada.

En primer lugar, se definirá las variables de decisión como se muestra a continuación:

$x_{ijk}$ : Cantidad de agentes del turno  $i$  con hora de inicio  $j$  e inicio de semana  $k$

$i \in \{1, \dots, 9\}$  / turnos de trabajo

$j \in \{1, \dots, S_{(i)}\}$  / hora de inicio del turno

$k \in \{1, \dots, 7\}$  / día de inicio de semana

$S_{(i)} \in \{10, 11, 12, 13, 14\}$  / número de horas de inicio posible según turno

$$a_{ijkm} = \begin{cases} 1, & \text{si el agente del turno } i \text{ con inicio } j \text{ y comienzo } k \text{ es asignado en el intervalo } m \\ 0, & \text{si el agente del turno } i \text{ con inicio } j \text{ y comienzo } k \text{ no es asignado en el intervalo } m \end{cases}$$

$m \in \{1, \dots, 168\}$  / intervalos de 1 hora en una semana

$C_i$ : Costo empresa por hora de un agente del turno  $i$

$N_m^*$ : Número final de agentes requeridos en el intervalo  $m$

En segundo lugar, se define la función objetivo a optimizar, en este caso el objetivo es minimizar el costo del personal, el resultado se muestra a continuación en la Ecuación 5.4:

$$\text{Min } Z = \sum_{i=1}^9 \sum_{j=1}^{S(i)} \sum_{k=1}^7 C_i x_{ijk} \left( \sum_{m=1}^{168} a_{ijkm} \right) \quad (5.4)$$

Finalmente, formulamos las restricciones a la cual estará sujeta el modelo en base a las fases desarrolladas en los puntos anteriores las cuales se muestran en las Ecuaciones 5.5, 5.6, 5.7, 5.8, 5.9 y 5.10.

$$x_{ijk} a_{ijkm} - N_m^* \geq 0 \quad (5.5)$$

$$x_{ijk} \in Z_0^+ \quad (5.6)$$

$$S_{(i)}, N_m^* \in Z^+ \quad (5.7)$$

$$C_i, S_{(i)}, N_m^* \geq 0 \quad (5.8)$$

$$a_{ijkm} \in \{0,1\} \quad (5.9)$$

$$i \in \{1, \dots, 9\} / j \in \{1, \dots, S_{(i)}\} / k \in \{1, \dots, 7\} \quad (5.10)$$

### 5.3.1.6 Cálculo del capacity

Con la ayuda del software de optimización Open Solver se obtiene el capacity semanal que minimiza los costos de personal obteniendo USD 580.8 como costo óptimo (el modelo se muestra en el anexo 7). En la Tabla N°21 se muestra el rol de turno obtenido.

Tabla 21: Rol de turno óptimo

# Agente	Hora inicio	Hora fin	Dia descanso	Lun	Mar	Mier	Jue	Vie	Sab	Dom
A1	09:00	17:00	Martes	A	X	A	A	A	A	A
A2	08:00	13:00	Miércoles	A	A	X	A	A	A	A
A3	13:00	18:00	Miércoles	A	A	X	A	A	A	A
A4	17:00	22:00	Domingo	A	A	A	A	A	A	X
A5	14:00	18:00	Sábado	A	A	A	A	A	X	A
A6	18:00	01:00	Lun-Mar	X	X	A	A	A	A	A
A7	18:00	01:00	Mie-Jue	A	A	X	X	A	A	A
A8	08:00	14:00	Sab-Dom	A	A	A	A	A	X	X
<b>Programados</b>				<b>7</b>	<b>6</b>	<b>5</b>	<b>7</b>	<b>8</b>	<b>6</b>	<b>6</b>
<b>Descansos</b>				<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>1</b>	<b>0</b>	<b>2</b>	<b>2</b>
<b>Total agentes</b>				<b>8</b>	<b>8</b>	<b>8</b>	<b>8</b>	<b>8</b>	<b>8</b>	<b>8</b>

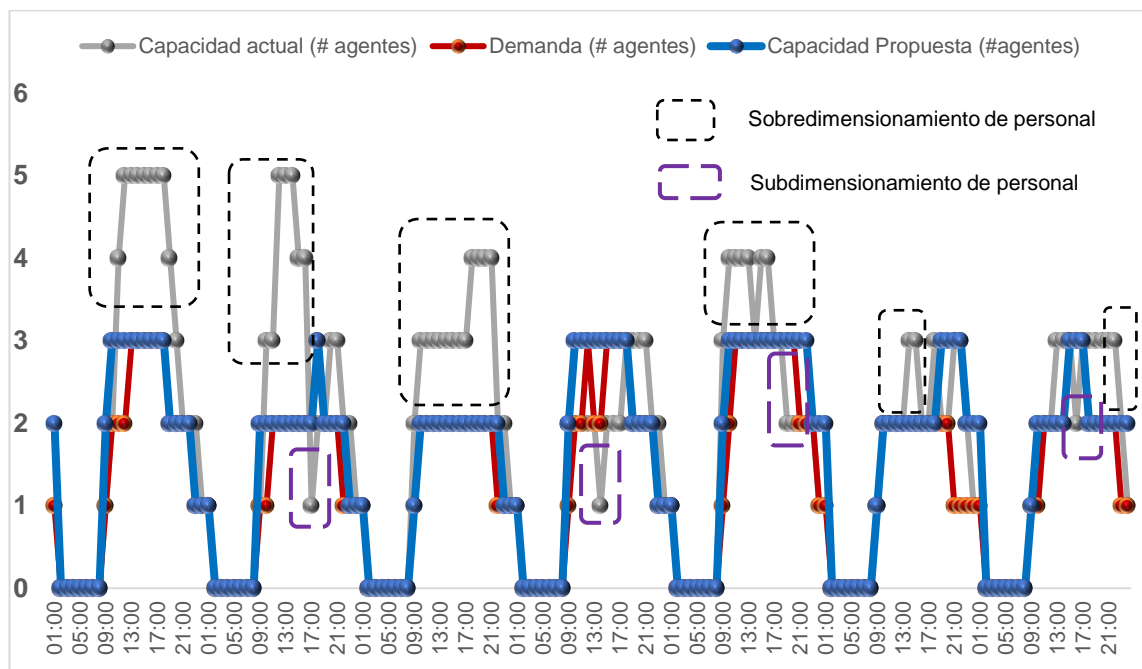
Fuente: La empresa.

Elaboración: Propia.

Se observa que el número de agentes requerido para atender el tráfico de llamadas dentro de los primeros 20 segundos con un nivel de atención del 80% es de 8 agentes. Estos agentes se encuentran distribuidos de la siguiente forma: un agente

en el turno 8x1, tres agentes de 5x1, un agente de 4x1, dos agentes de 7x2 y un agente de 6x2. Asimismo, se observa que el modelo programa una mayor cantidad de agentes a los días picos identificados en los puntos anteriores (lunes, jueves y viernes) y asigna menos a los días valle y normales. En la Figura N°24 se observa el resultado.

Figura 24: Curvas de demanda y capacidad



Fuente: La empresa.

Elaboración: Propia.

En la Figura N°24 se observa zonas de sobredimensionamiento, en las cuales la cantidad actual de agentes disponibles es mayor a la demanda, esto significa que intervalos en los cuales los recursos no se aprovechan de forma eficiente lo cual repercute de forma directa en el costo de personal y en el nivel de servicio de otros intervalos en los que sí se requiere la disponibilidad del agente. Por otro lado, se muestran zonas de subdimensionamiento, en estas zonas la capacidad actual no logra satisfacer la cantidad de necesaria de agentes para atender la demanda.

De lo expuesto, se observa que la capacidad propuesta logra satisfacer de forma efectiva la demanda de agentes en cada intervalo de tiempo y a su vez mejora el uso de recursos al minimizar los picos de personal en cada intervalo.

### **5.3.2 Implementación del modelo analítico**

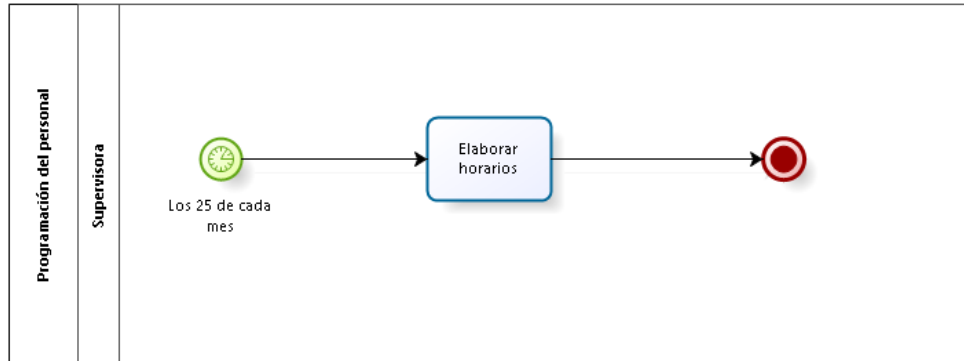
Con la propuesta técnica desarrollada en la etapa anterior, se procede a elaborar el plan de implementación del modelo y el proceso al cual estará sujeto, esto con el objetivo de presentar, de manera formal, el proyecto a la alta dirección para su revisión, aprobación; así también el socializar el plan al personal del call center.

En ese sentido, el plan de implementación se conforma por las siguientes fases: modelo As-Is (actual) de la programación del personal, modelo To-Be (propuesta) y cronograma de actividades.

#### **a) Modelo As-Is**

En la actualidad, el proceso tiene inicio todos los días 25 de cada mes con una duración promedio de una semana debido a la carga de trabajo actual y la disponibilidad horaria que los agentes comunican, siendo la supervisora la única responsable por la elaboración de los horarios teniendo en cuenta la disponibilidad de los agentes y sin analizar de forma cuantitativa el tráfico del call, el proceso finaliza al compartir los horarios al personal. En la Figura N°25 se observa el detalle de flujo.

Figura 25: Proceso de programación actual

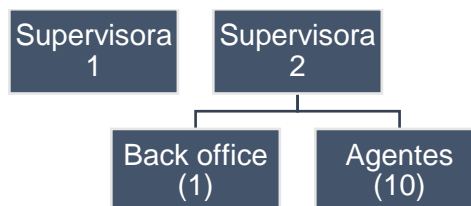


Fuente: La empresa.

Elaboración: Propia.

Por otro lado, respecto a la estructura funcional del call center, en la actualidad es gestionado por dos supervisoras las cuales, entre otras funciones, elaboran y aprueban el rol de turnos del mes; un back office que se encarga de actividades no relacionadas a la atención de llamadas y diez agentes. En la Figura N°26 se observa la estructura actual.

Figura 26: Organigrama actual



Fuente: La empresa.

Elaboración: Propia.

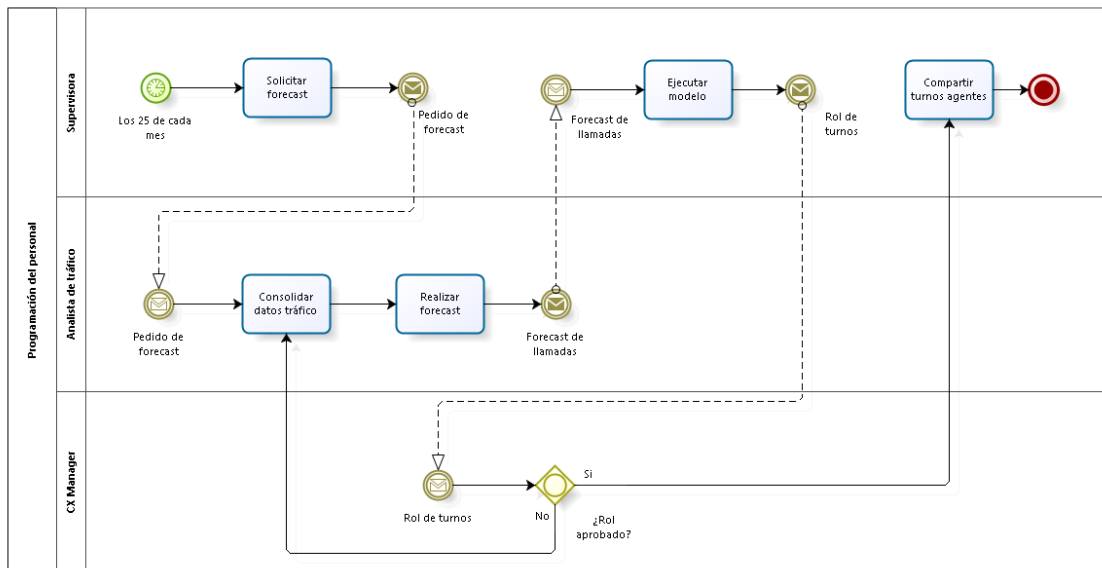
### b) Modelo To-Be

Se propone iniciar el proceso los días 25 de cada mes con la solicitud del forecast del mes siguiente al analista de tráfico, el cual es un colaborador de la organización



que a partir de la fecha será responsable de la obtención, consolidación y análisis del tráfico del call center; el analista consolidará los datos del tráfico obtenidos de la plataforma web del call y realizara el pronóstico con la metodología compartida en el punto 5.3.1.2, posterior a ello envía el forecast a la supervisora la cual ejecutará el modelo de programación propuesto mediante la herramienta open solver; con el rol de turno óptimo obtenido envía el resultado a la CX Manager, la cual validará la razonabilidad del rol de turno propuesto, en caso de no ser aprobado, se vuelve a la actividad de consolidar la data y levantar la información atípica u error en el tratamiento de los datos y continua desde dicha actividad; sin embargo, en caso de ser aprobado la supervisora comparte el rol de turnos a los agentes y finaliza el proceso. En la Figura N°27 se observa el detalle de flujo.

Figura 27: Proceso de programación propuesta

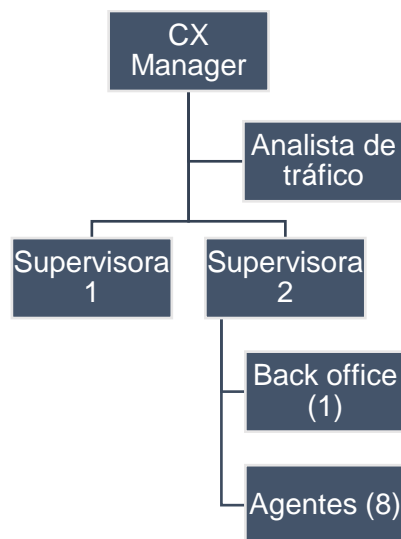


Fuente: La empresa.

Elaboración: Propia.

Respecto a la estructura funcional propuesta, se plantea incorporar a la CX Manager como responsable de la gestión completa del call center la cual entre sus funciones está la aprobación del rol de turnos; por otra parte, se incorpora al analista de tráfico que desempeña un rol de asesoría que facilita información del tráfico requerida por la CX Manager o supervisoras; se mantiene una persona como back office y el número de agentes se reduce a 8 como resultado de la aplicación del modelo analítico propuesto. En la Figura N°28 se observa la estructura propuesta.

Figura 28: Organigrama propuesto



Fuente: La empresa.

Elaboración: Propia.

### c) Cronograma de actividades

La fase final de la implementación consiste en determinar las actividades y los hitos a cumplir para poner en marcha el plan aprobado. Es importante mencionar que setiembre fue el primer mes en el cual el proceso propuesto entro en funcionamiento, por lo cual la adaptación y capacitación del personal se fue realizando de forma gradual y progresiva comenzando por la actualización de los horarios de setiembre y

manteniendo el headcount del mes de agosto, esta decisión se tomó a causa de la aprobación del plan dentro del mes de setiembre y no de forma anterior. En la Tabla N°22 se muestra el resultado.

Tabla 22:Cronograma de actividades

Nº	Actividad	Fecha inicio	Fecha fin
1	Envío del plan de trabajo propuesto	26/08/2022	26/08/2022
2	Revisión de gerencia general	29/08/2022	30/08/2022
3	Levantamiento de observaciones y adición de la data al cierre de agosto a la propuesta	30/08/2022	2/09/2022
4	Aprobación de gerencia general	2/09/2022	2/09/2022
5	Socializar el plan aprobado al personal del call center	5/09/2022	9/09/2022
6	Actualizar rol de turnos de setiembre con el output del modelo	5/09/2022	9/09/2022
7	Capacitar a la supervisora en el uso del modelo de programación	12/09/2022	16/09/2022
8	Ejecución del proceso de programación del personal	23/09/2022	26/09/2022
9	Compartir el rol de turnos de octubre a los agentes	27/09/2022	27/09/2022

Fuente: La empresa.

Elaboración: Propia.

### 5.3.3 Medición de resultados

En esta etapa, se propone formalizar la medición de resultados operacionales a través de indicadores clave los cuales permitirán cuantificar, analizar diversos aspectos de la operación y proporcionarán la base para una mayor comprensión y mejora continua tanto para los clientes atendidos como para el personal del call center.

Es importante mencionar el comienzo del trabajo con indicadores a partir del mes de setiembre hacia adelante.

### a) Desviación de llamadas recibidas

Mide la variación porcentual entre el tráfico real y el forecast para periodo determinado. Este indicador permite evaluar la precisión de la estimación del tráfico en comparación con los resultados reales. Un valor positivo indica que el tráfico real ha sido superior al tráfico estimado, mientras que un valor negativo indica que el tráfico real ha sido inferior. En la Tabla N°23, se observa la ficha del indicador.

Tabla 23:Ficha de indicador desviación de llamadas recibidas

<b>Nombre</b>	Desviación de llamadas recibidas		
<b>Objetivo</b>	Medir la desviación del tráfico real contra el forecast		
<b>Unidad</b>	%		
<b>Fórmula para el cálculo</b>	$(LI. Recibidas - LI. Forecast) / LI. Forecast$		
<b>Fuente de obtención</b>	Plataforma web del call center		
<b>Responsable cumplimiento</b>	Analista de tráfico		
<b>Meta</b>	5.00%	<b>Frecuencia</b>	Mensual
<b>Fecha</b>	-	<b>Valor</b>	-

Fuente: La empresa.

Elaboración: Propia.

### b) Desviación de duración de llamadas

Mide la variación porcentual entre la duración promedio real de las llamadas y la duración estándar de la llamada. Este indicador permite evaluar el cambio de la duración promedio de la atención al cliente en términos relativos. Un valor positivo indica que la duración promedio ha sido mayor que la duración estándar, mientras que un valor negativo indica que las llamadas han presentado menor duración en ser atendidas. En la Tabla N°24, se observa la ficha del indicador.

Tabla 24:Ficha de indicador desviación de duración

<b>Nombre</b>	Desviación de duración de llamada		
<b>Objetivo</b>	Medir la desviación de la duración real contra el estándar		
<b>Unidad</b>	%		
<b>Fórmula para el cálculo</b>	$(\text{Duración real} - \text{Duración estándar}) / \text{Duración estándar}$		
<b>Fuente de obtención</b>	Plataforma web del call center		
<b>Responsable cumplimiento</b>	Analista de tráfico		
<b>Meta</b>	5.00%	<b>Frecuencia</b>	Mensual
<b>Fecha</b>	-	<b>Valor</b>	-

Fuente: La empresa.

Elaboración: Propia.

### c) Nivel de abandono

Mide la proporción de llamadas que han sido abandonadas por el agente en relación al total de llamadas recibidas. Este indicador es importante para la eficiencia de los agentes. Un valor alto indica problemas en la carga de trabajo o capacidad operacional insuficiente para la atención, mientras que un valor bajo indica que las llamadas han sido atendidas de manera eficiente con la capacidad operacional disponible. En la Tabla N°25, se observa la ficha del indicador.

Tabla 25:Ficha indicador nivel de abandono

<b>Nombre</b>	Nivel de abandono		
<b>Objetivo</b>	Reducir el abandono de las llamadas recibidas		
<b>Unidad</b>	%		
<b>Fórmula para el cálculo</b>	Llamadas abandonadas / Llamadas Recibidas		
<b>Fuente de obtención</b>	Plataforma web del call center		
<b>Responsable cumplimiento</b>	Supervisora		
<b>Meta</b>	15%	<b>Frecuencia</b>	Mensual
<b>Fecha</b>	-	<b>Valor</b>	-

Fuente: La empresa.

Elaboración: Propia.

#### d) Nivel de atención

Mide la proporción de llamadas que han sido atendidas en relación al total de llamadas recibidas. Este indicador es importante para evaluar la calidad del servicio ofrecido. Un valor alto indica que una proporción mayor de llamadas está siendo atendida lo cual es un signo de calidad alta del servicio, mientras que un valor bajo indica que las llamadas no se vienen atendiendo en la proporción adecuada lo cual es un signo de ineficiencia operacional y calidad baja del servicio hacia el cliente. En la Tabla N°26, se observa la ficha del indicador.

Tabla 26:Ficha indicador nivel de atención

<b>Nombre</b>	Nivel de atención		
<b>Objetivo</b>	Aumentar el porcentaje de llamadas atendidas		
<b>Unidad</b>	%		
<b>Fórmula para el cálculo</b>	Llamadas atendidas / Llamadas Recibidas		
<b>Fuente de obtención</b>	Plataforma web del call center		
<b>Responsable cumplimiento</b>	Supervisora		
<b>Meta</b>	80.00%	<b>Frecuencia</b>	Mensual
<b>Fecha</b>	-	<b>Valor</b>	-

Fuente: La empresa.

Elaboración: Propia.

#### e) Nivel de servicio

Mide la proporción de llamadas que han sido atendidas dentro de un tiempo de espera determinado (en este caso 20 segundos). Este indicador es importante para evaluar la calidad en la atención eficiente para un determinado tiempo de espera. Un valor alto indica que una proporción mayor de llamadas se viene atendiendo dentro de los primeros 20 segundos de espera lo cual es un signo de calidad alta del servicio y una mejor experiencia por parte del cliente, mientras que un valor bajo indica que las llamadas no se vienen atendiendo dentro del tiempo de espera determinado lo

cual puede ocasionar insatisfacción por parte del cliente al percibir una calidad baja en el servicio. En la Tabla N°27, se observa la ficha del indicador.

Tabla 27:Ficha indicador nivel de servicio

<b>Nombre</b>	Nivel de servicio		
<b>Objetivo</b>	Aumentar el porcentaje de llamadas atendidas dentro de los primeros 20 segundos de espera		
<b>Unidad</b>	%		
<b>Fórmula para el cálculo</b>	Llamadas atendidas dentro de 20 s / Llamadas Recibidas		
<b>Fuente de obtención</b>	Plataforma web del call center		
<b>Responsable cumplimiento</b>	Supervisora		
<b>Meta</b>	80.00%	<b>Frecuencia</b>	Mensual
<b>Fecha</b>	-	<b>Valor</b>	-

Fuente: La empresa.

Elaboración: Propia.

#### 5.3.4 Actualización del capacity

En esta etapa se realiza el plan de riesgos asociados a las actividades del proceso de programación para obtener el capacity y se elabora el cuadro de mando a llevar a cabo para su correcto seguimiento.

##### a) Plan de riesgos

El proceso propuesto tiene asociados riesgos potenciales con relación a su implementación, por ello es necesario identificar estos riesgos y proponer planes de acción que puedan hacerles frente. Para ello se evaluará de forma cuantitativa el nivel de riesgo asociado en función de la probabilidad de ocurrencia e impacto que presenta cada riesgo. Es importante mencionar que la metodología de evaluación realizada en la presente tesis ha sido adaptada de la identificación de peligros y evaluación de riesgos (6x6) de la Autoridad Nacional del Servicio Civil (SERVIR, 2016). En la Tabla N°28 y N°29 se muestran las calificaciones de probabilidad e impacto respectivamente.

Tabla 28: Calificación de la probabilidad

Descripción	Puntaje
Muy Alta	5
Alta	4
Media	3
Baja	2
Muy Baja	1

Elaboración: Propia.

Tabla 29: Calificación del impacto

Descripción	Puntaje
Máxima	20
Mayor	10
Moderada	5
Menor	2
Mínima	1

Elaboración: Propia.

Los puntajes asociados a cada riesgo se obtienen con la multiplicación de sus calificaciones de probabilidad e impacto. A continuación, el puntaje obtenido se ubica en la matriz de riesgos que se muestra en la Tabla N°30.

Tabla 30: Matriz de riesgos

Probabilidad		Impacto				
		Mínima	Menor	Moderada	Mayor	Máxima
		1	2	5	10	20
Muy Alta	5	5	10	25	50	100
Alta	4	4	8	20	40	80
Media	3	3	6	15	30	60
Baja	2	2	4	10	20	40
Muy Baja	1	1	2	5	10	20

Elaboración: Propia.

Los puntajes de riesgo se clasifican de acuerdo con el sector de la matriz dónde se encuentran, en la Tabla N°31 se muestran los niveles de riesgo considerados.



Tabla 31: Valoración de riesgos

Descripción	Puntaje	Leyenda
Riesgo a terminar	$50 < x \leq 100$	
Riesgo transferible	$15 < x \leq 50$	
Riesgo tratable	$3 < x \leq 15$	
Riesgo tolerable	$x \leq 3$	

Elaboración: Propia.

Una vez explicado la metodología del cálculo, se identifican los principales riesgos asociados al proceso. En la Tabla N°32 se muestra la evaluación de riesgos y en la Tabla N°33 el plan de acción frente a los riesgos identificados.

Tabla 32: Evaluación de riesgos del proceso

Proceso	Riesgo	Probab	Impac	Puntaje
Programación de recursos	Existe la probabilidad de no realizar la solicitud de forecast dentro del plazo establecido.	2	10	20
	Existe la probabilidad de que la plataforma web del call center no se encuentre operativa durante el periodo de elaboración del forecast.	1	5	5
	Existe la probabilidad de que la aplicación open solver deje de funcionar o presente errores en su ejecución.	1	20	20
	Existe la probabilidad de no compartir el rol de turno aprobado a los agentes dentro del plazo establecido.	2	20	40
	Existe la probabilidad de encontrar ineficiencias en el proceso relacionados directamente con el desempeño de un agente en específico.	3	5	15
	Existe la probabilidad de que ocurra una variación significativa en el tráfico y no se disponga de filtros para separar el ruido de la llamada.	2	20	40

Fuente: La empresa.

Elaboración: Propia.

Tabla 33: Plan de acción ante riesgos

Riesgo	Nivel	Respuesta	Plan de acción
Existe la probabilidad de no realizar la solicitud de forecast dentro del plazo establecido.	Transferible	Transferir	-Elaborar flujos de trabajo mediante una solución de software en la nube.
Existe la probabilidad de que la plataforma web del call center no se encuentre operativa durante el periodo de elaboración del forecast.	Tolerable	Mitigar	-Generar un repositorio en la nube con data histórica de la plataforma.
Existe la probabilidad de que la aplicación open solver deje de funcionar o presente errores en su ejecución.	Transferible	Transferir	-Evaluar otras aplicaciones de optimización como respaldo.
Existe la probabilidad de no compartir el rol de turno aprobado a los agentes dentro del plazo establecido.	Transferible	Transferir	-Elaborar flujos de trabajo mediante una solución software en la nube que notifique a los agentes de forma automática con un correo.
Existe la probabilidad de encontrar ineficiencias en el proceso relacionados directamente con el desempeño de un agente en específico.	Tratable	Mitigar	-Capacitar al agente y actualizar el perfil para próximas convocatorias
Existe la probabilidad de que ocurra una variación significativa en el tráfico y no se disponga de filtros para separar el ruido de la llamada.	Transferible	Transferir	-Modificar el IVR de acuerdo a una nueva clasificación de llamadas establecida.

Fuente: La empresa.

Elaboración: Propia.

De esta manera, se obtuvo un marco donde los riesgos identificados disponen de planes de acción para que puedan ser gestionados de forma efectiva en caso de su ocurrencia.

### b) Cuadro de Mando (CM)

El CM propuesto ha sido elaborado en base al desarrollo de los puntos anteriores y a la definición de los valores críticos y óptimos (semáforo) los cuales se encuentran alineados desde el punto de vista técnico desarrollado y desde el know-how de las supervisoras y CX Manager, de esta manera se obtiene un CM realista para ser implementado. En la Tabla N°34 se muestra el resultado.

Tabla 34: Cuadro de Mando propuesto

Indicador			Meta		Semáforo		Responsable
Título	Unidad	Frecuencia	Fecha	Valor	Verde	Rojo	
Desviación de llamadas recibidas	%	mensual	5/09/2022	5.00%	<5%	>10%	Analista de tráfico
Desviación de duración de llamada	%	mensual	5/09/2022	5.00%	<5%	>10%	Analista de tráfico
Nivel de abandono	%	mensual	5/09/2022	15.0%	<15.0%	>25.0%	Supervisora
Nivel de atención	%	mensual	5/09/2022	80.00%	>80%	<70%	Supervisora
Nivel de servicio	%	mensual	5/09/2022	80.00%	>80%	<70%	Supervisora

Fuente: La empresa.

Elaboración: Propia.

## CAPÍTULO VI

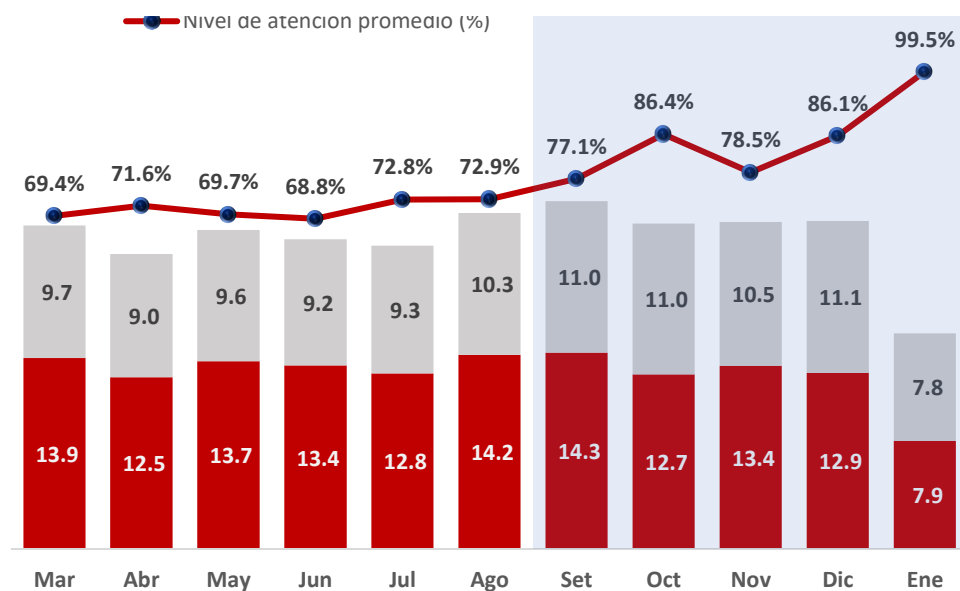
### ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS

#### 6.1 PRESENTACIÓN DE RESULTADOS

##### a) Nivel de atención

La medición del nivel de atención y los componentes que lo conforman se muestran en la Figura N°29.

Figura 29: Evolución del nivel de atención



Fuente: La empresa.

Elaboración: Propia.

Se observa una mejora evidente del indicador en la zona dónde se encuentra implementado el modelo de setiembre 2022 a enero 2023 (zona sombreada de azul). Si consideramos el nivel de atención promedio de marzo a agosto se obtiene 70.9%, y el promedio de setiembre a enero resulta 84.1%, esto significa un aumento del 18.7% sobre el indicador. La explicación de los valores y tendencias se detallan a continuación:

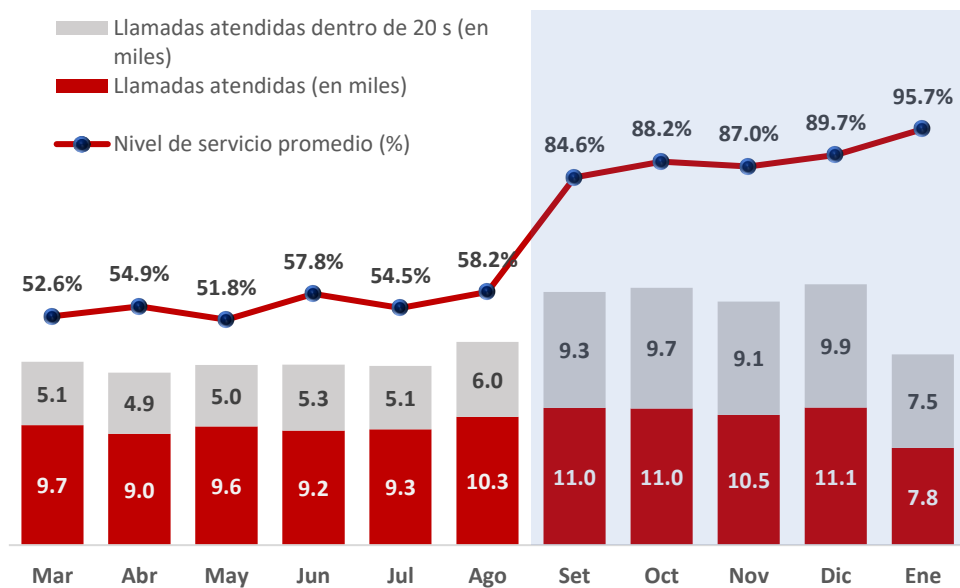
- De agosto a octubre, se observa una tendencia al alza del indicador producto del nuevo headcount y rol de turno proporcionado por el modelo; sin embargo, en setiembre se presenta un valor inferior al 80% (parámetro inicial), esto es debido, en gran medida, al aumento del tráfico de llamadas producto del paso del huracán Ian por Florida, lo cual generó un elevado número de reclamos por cancelaciones y reprogramaciones de servicios, lo cual a su vez se tradujo en el aumento del tráfico.
- De octubre a noviembre, se observa una tendencia a la baja, esto es debido a tres factores principales: días festivos, días de descuentos y fenómenos climatológicos. Respecto a los días festivos y de descuento, fueron los días de Thanksgiving, Black Friday y Cyber Monday aquellos que congestionaron el tráfico en días específicos lo cual se tradujo en días cuya capacidad de operación no cubría la totalidad de llamadas recibidas. Por otro lado, los fenómenos climatológicos que afectaron la operación de una manera similar a setiembre fue el huracán Nicole que afectó Florida y el brote de tornados en Texas, ambos ocasionaron un mayor tráfico en días valle y normales.
- De noviembre a enero, se observa una tendencia al alza, esto es debido a que en este periodo no se presentó fenómenos climatológicos que afectaran la operación; asimismo, en enero se observa que el indicador llega a un valor cercano al 100% de atención, esto se debe a que en enero se puso en

producción la aplicación “track my bus” a través de la página web de la empresa que permitía a los clientes consultar la ubicación y el estado de su bus en tiempo real, esto redujo de manera significativa el volumen de llamadas recibidas al filtrar aquellas relacionadas a conocer la ubicación, estado del bus y reprogramación.

**b) Nivel de servicio**

La medición del nivel de servicio y los componentes que lo conforman se muestran en la Figura N°30.

Figura 30: Evolución del nivel de servicio



Fuente: La empresa.

Elaboración: Propia.

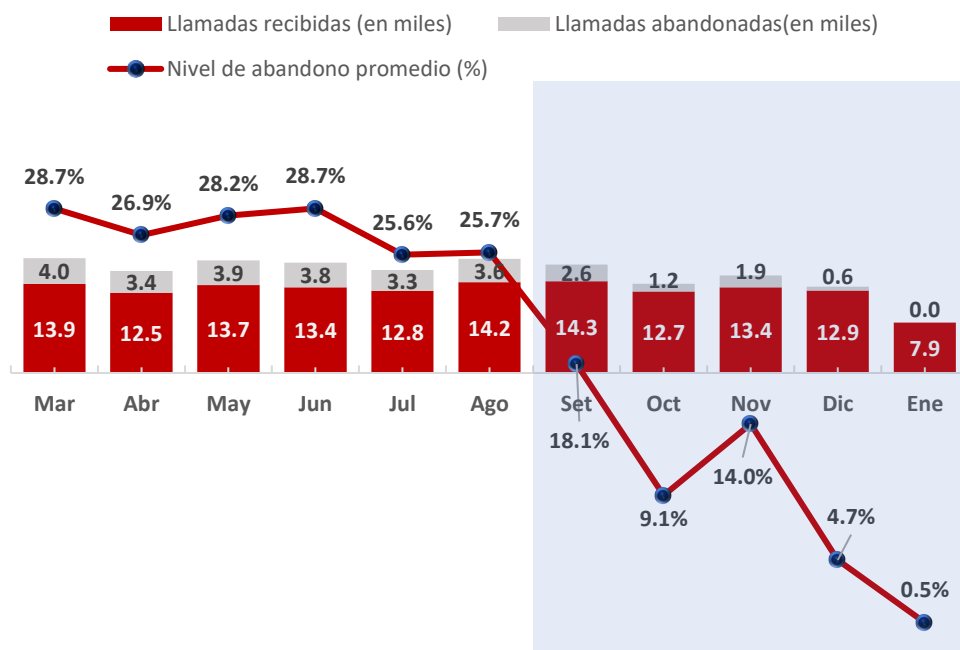
Se observa una mejora evidente del indicador en la zona del modelo implementado (sombreado de azul) ya que la tendencia al alza se mantiene desde agosto 2022 a enero 2023. Si consideramos el nivel de servicio promedio de marzo a agosto se obtiene 55.0%, y el promedio de setiembre a enero resulta 88.6%, esto significa un

aumento relativo del 61.2%, esto es una prueba significativa y robusta de la efectividad del modelo aplicado.

### c) Nivel de abandono

La medición del nivel de abandono y los componentes que lo conforman se muestran en la Figura N°31.

Figura 31: Evolución del nivel de abandono



Fuente: La empresa.

Elaboración: Propia.

Se observa una mejora evidente del indicador en la zona dónde se encuentra implementado el modelo de setiembre 2022 a enero 2023 (zona sombreada de azul). Si consideramos el nivel de abandono promedio de marzo a agosto se obtiene 27.3%, y el promedio de setiembre a enero resulta 10.3%, esto significa una reducción del 62.5% en el abandono de llamadas lo cual es un indicador muy positivo de la eficacia del modelo propuesto. La explicación de los valores y tendencias se detallan a continuación:

- De agosto a octubre, se observa una tendencia a la baja del producto del nuevo rol de turno y headcount proporcionado por el modelo.
- De octubre a noviembre, se observa una tendencia al alza, como se mencionó en a), esto se debió a los días festivos, de descuento y fenómenos climatológicos que aumentaron el volumen de llamadas recibidas en días valle y normal lo cual redujo la capacidad de atención de las llamadas.
- De noviembre a enero, se observa una tendencia a la baja, esto es debido a que no hubo presencia de fenómenos climatológicos que afectaran la operación; además, se tuvo una mayor capacidad de atención en enero producto de la reducción del volumen de llamadas recibidas por el uso de la aplicación “track my bus”.

## 6.2 VALIDACIÓN DEL INSTRUMENTO

### 6.2.1 Validación Preprueba

Los datos de la preprueba se analizaron en el Software SPSS Statistics a través de la prueba Análisis de fiabilidad. De esta manera, se obtuvo el Alfa de Cronbach como se muestra en la Tabla N°35.

Tabla 35: Resultados obtenidos del Análisis de fiabilidad del instrumento de la preprueba

Alfa de Cronbach	N de elementos
,869	13

Fuente: Procesado en SPSS Statistics.

Elaboración: Propia.

El coeficiente de confiabilidad del cuestionario es de 0.869 que se ubica según la Tabla N°5 entre el rango 0.80 y 0.90, lo que significa que el instrumento tiene una buena confiabilidad.



## 6.2.2 Validación Posprueba

Del mismo modo, se analizaron los datos de la posprueba obteniendo el Alfa de Cronbach como se muestra en la Tabla N°36.

Tabla 36: Resultados obtenidos del Análisis de fiabilidad del instrumento de la posprueba

Alfa de Cronbach	N de elementos
,805	13

Fuente: Procesado en SPSS Statistics.

Elaboración: Propia.

El coeficiente de confiabilidad del cuestionario es de 0.805 que se ubica según la Tabla N°5 entre el rango 0.80 y 0.90, lo que significa que el instrumento tiene una buena confiabilidad.

## 6.3 PRUEBA DE HIPÓTESIS

### 6.3.1 Impacto en la Eficiencia operacional

Prueba T de Student Relacionada- Dimensión 1

Ho: La aplicación de un modelo analítico basado en programación lineal no mejora la eficiencia operacional en una empresa de servicio.

Ha: La aplicación de un modelo analítico basado en programación lineal mejora la eficiencia operacional en una empresa de servicios.

1. En primer lugar, se calcula el promedio de la dimensión 1: Eficiencia operacional tanto en la preprueba (D1-Pre) como en la posprueba (D1-Pos).
2. Se calcula las diferencias que existe entre la fase 1 (preprueba) y fase 2 (posprueba). El resultado se muestra en la Tabla N°37.

Tabla 37: Promedio obtenido en la Dimensión 1: Eficiencia operacional y su diferencia

<b>D1-PRE</b>	<b>D1-POS</b>	<b>Diferencia</b>
1.25	4.75	-3.50
1.00	4.75	-3.75
1.00	4.75	-3.75
1.75	4.00	-2.25
1.00	5.00	-4.00
1.25	5.00	-3.75
1.00	4.25	-3.25
1.25	4.00	-2.75
1.00	4.25	-3.25
1.25	5.00	-3.75
1.00	4.25	-3.25
2.25	4.50	-2.25
1.00	4.00	-3.00
1.00	4.50	-3.50
1.25	5.00	-3.75
1.75	5.00	-3.25
1.25	4.25	-3.00
1.25	4.00	-2.75
1.00	5.00	-4.00
1.00	5.00	-4.00
1.75	4.25	-2.50
1.00	4.50	-3.50
1.00	4.25	-3.25
1.25	5.00	-3.75
1.00	4.75	-3.75
1.00	5.00	-4.00
2.50	5.00	-2.50
2.00	5.00	-3.00
1.00	4.50	-3.50
1.50	4.75	-3.25
1.25	4.75	-3.50
1.25	4.75	-3.50
1.50	4.50	-3.00
2.25	4.25	-2.00
1.00	5.00	-4.00
2.00	4.25	-2.25
1.00	4.50	-3.50
1.75	5.00	-3.25
1.75	5.00	-3.25

1.50	5.00	-3.50
1.50	4.25	-2.75
2.25	4.00	-1.75
2.00	4.25	-2.25
1.75	4.75	-3.00
1.25	4.75	-3.50

Fuente: La empresa.

Elaboración: Propia.

3. Haciendo uso del software SPSS Statistics mediante el análisis para muestras relacionadas se realiza la prueba t-student para muestras relacionadas como se observa en la Tabla N° 38.

Tabla 38: Prueba t-student de muestras relacionadas de la dimensión 1

		Diferencias emparejadas					t	gl	Sig. (bilateral)
		Media	Desv. Desviación	Desv. Error promedio	95% de intervalo de confianza de la diferencia				
					Inferior	Superior			
Par 1	D1_PRE - D1_POST	-321,66667	58,53321	8,72562	-339,25199	-304,08134	-36,865	44	,000

Fuente. Procesado en SPSS Statistics.

Elaboración: Propia.

Como el P-Value 0.000 es menor a 0.05, entonces se rechaza la hipótesis nula y se acepta la hipótesis alternativa “La aplicación de un modelo analítico basado en programación lineal mejora la eficiencia operacional en una empresa de servicios”.

### 6.3.2 Impacto en Carga de Trabajo

Prueba T de Student Pareada- Dimensión 2.

Ho: La implementación de un modelo analítico basado en programación lineal no mejora la carga laboral en una empresa de servicios.

Ha: La implementación de un modelo analítico basado en programación lineal mejora la carga laboral en una empresa de servicios.

1. En primer lugar, se calcula el promedio de la dimensión 2: Carga de trabajo tanto en la preprueba (D2-Pre) como en la posprueba (D2-Pos).
2. Se calcula las diferencias que existe entre la fase 1 (preprueba) y fase 2 (posprueba). El resultado se muestra en la Tabla N°39.

Tabla 39: Promedio obtenido en la Dimensión 2: Carga de trabajo y su diferencia

D2-PRE	D2-POS	Diferencia
1.00	5.00	-4.00
1.50	4.50	-3.00
1.50	4.00	-2.50
1.00	4.00	-3.00
1.00	5.00	-4.00
1.00	5.00	-4.00
1.00	4.50	-3.50
1.00	4.50	-3.50
1.50	4.50	-3.00
1.00	5.00	-4.00
1.00	5.00	-4.00
2.50	5.00	-2.50
1.00	5.00	-4.00
1.00	4.50	-3.50
1.00	5.00	-4.00
1.00	5.00	-4.00
1.00	4.50	-3.50
1.00	4.50	-3.50
1.00	5.00	-4.00
1.00	5.00	-4.00
2.00	4.50	-2.50
1.00	5.00	-4.00
1.00	4.50	-3.50
1.00	5.00	-4.00
1.00	5.00	-4.00
1.50	5.00	-3.50
2.00	4.00	-2.00
2.00	5.00	-3.00
1.00	5.00	-4.00
2.00	5.00	-3.00
1.00	4.50	-3.50
1.00	4.00	-3.00
1.50	5.00	-3.50

2.00	4.50	-2.50
1.00	4.50	-3.50
2.00	4.50	-2.50
1.00	5.00	-4.00
2.00	4.50	-2.50
2.00	4.50	-2.50
2.00	5.00	-3.00
1.50	4.50	-3.00
2.00	5.00	-3.00
2.00	4.50	-2.50
1.50	4.50	-3.00
1.00	5.00	-4.00

Fuente: La empresa.

Elaboración: Propia.

3. Mediante el análisis para muestras relacionadas en SPSS se realiza la prueba t-student para muestras relacionadas como se observa en la Tabla N° 40.

Tabla 40: Prueba t-student de muestras relacionadas de la dimensión 2

		Diferencias emparejadas					t	gl	Sig. (bilateral)
		Media	Desv. Desviación	Desv. Error promedio	95% de intervalo de confianza de la diferencia				
					Inferior	Superior			
Par 1	D2_PRE - D2_POST	-335,55556	59,94526	8,93611	-353,56511	-317,54601	-37,551	44	,000

Fuente: Procesado en SPSS Statistics.

Elaboración: Propia.

Como P-Value 0.000 es menor a 0.05, entonces se rechaza la hipótesis nula y se acepta la hipótesis alternativa “La implementación de un modelo analítico basado en programación lineal mejora la carga de trabajo en una empresa de servicios”.

### 6.3.3 Impacto en la Experiencia del cliente

Prueba T de Student Pareada- Dimensión 3.

Ho: La aplicación de un modelo analítico basado en programación lineal no mejora la experiencia del cliente en una empresa de servicios.

Ha: La aplicación de un modelo analítico basado en programación lineal mejora la experiencia del cliente en una empresa de servicios

1. En primer lugar, se calcula el promedio de la dimensión 3: Experiencia del cliente tanto en la preprueba (D3-Pre) como en la posprueba (D3-Pos).
2. Se calcula las diferencias que existe entre la fase 1 (preprueba) y fase 2 (posprueba). El resultado se muestra en la Tabla N°41.

Tabla 41: Promedio obtenido en la Dimensión 3: Experiencia del cliente y su diferencia

D3-PRE	D3-POS	Diferencia
1.00	3.50	-2.50
2.50	3.50	-1.00
1.00	4.00	-3.00
1.50	3.00	-1.50
1.00	4.50	-3.50
2.00	4.50	-2.50
2.00	4.00	-2.00
1.00	4.00	-3.00
1.00	4.00	-3.00
2.50	3.00	-0.50
2.00	4.00	-2.00
2.50	4.50	-2.00
2.50	4.50	-2.00
2.00	4.00	-2.00
1.50	5.00	-3.50
2.00	4.50	-2.50
3.00	4.00	-1.00
1.50	3.50	-2.00
1.50	3.00	-1.50
2.00	4.00	-2.00
2.00	4.00	-2.00
1.00	2.50	-1.50

2.00	4.00	-2.00
2.00	4.50	-2.50
2.00	4.50	-2.50
1.00	2.50	-1.50
1.50	3.00	-1.50
2.50	4.50	-2.00
1.50	4.00	-2.50
2.00	4.50	-2.50
1.50	2.50	-1.00
1.00	3.00	-2.00
2.00	5.00	-3.00
1.50	3.00	-1.50
1.00	4.50	-3.50
2.00	4.00	-2.00
2.00	3.00	-1.00
2.50	4.50	-2.00
1.50	4.50	-3.00
2.00	4.00	-2.00
2.00	3.50	-1.50
2.50	3.00	-0.50
2.00	3.50	-1.50
1.50	4.00	-2.50
1.50	3.00	-1.50

Fuente: La empresa.

Elaboración: Propia.

- Haciendo uso del software SPSS Statistics mediante el análisis para muestras relacionadas se realiza la prueba t-student para muestras relacionadas como se observa en la Tabla N°42.

Tabla 42: Prueba t-student de muestras relacionadas de la dimensión 3

		Diferencias emparejadas					t	gl	Sig. (bilateral)
		Media	Desv. Desviación	Desv. Error promedio	95% de intervalo de confianza de la diferencia				
					Inferior	Superior			
Par 1	D3_PRE - D3_POST	-204,44444	74,48476	11,10353	-226,82214	-182,06674	-18,413	44	,000

Fuente: Procesado en SPSS Statistics.

Elaboración: Propia.

Como  $P\text{-Value} < 0.001$  es menor a 0.05, entonces se rechaza la hipótesis nula y se acepta la hipótesis alternativa “La aplicación de un modelo analítico basado en programación lineal mejora la experiencia del cliente en una empresa de servicios”.



## CAPÍTULO VII

### ANÁLISIS COSTO-BENEFICIO

#### 7.1 COSTO DE LA SOLUCIÓN PROPUESTA

Se realiza y exhibe la evaluación económica financiera del proyecto en un horizonte de 1 año con el fin de evaluar la medida del impacto directo en la rentabilidad de la implementación de un Modelo Analítico basado en Programación Lineal. Para la evaluación se consideró el costo empresa del total de agentes, asimismo se detalla el costo de los recursos por adquirir.

- **Escenario actual**

Es el escenario actual del área de call center, sin la implementación del modelo analítico propuesto, el total de horas semanales programadas es de 311 horas y el headcount asciende a 10 agentes con un costo empresa de 300 pesos argentinos por hora. En la Tabla N°43 se observa el detalle.

Tabla 43: Costo empresa actual del personal (en pesos argentinos)

Cantidad de agentes	Costo empresa (hora)	Horas de trabajo (semana)	Costo Total (mes)
10	\$ 300.00	311	\$ 373,200.00

Fuente: La empresa.

Elaboración: Propia.

- **Escenario con modelo**

Escenario con la implementación del modelo analítico de la presente tesis, el headcount propuesto necesario para cubrir las operaciones de forma efectiva asciende a 8 agentes que cubren la operación de una semana con 262 horas programadas. En la Tabla N°44 se observa el detalle.

Tabla 44: Costo empresa propuesto del personal (en pesos argentinos)

Cantidad de agentes	Costo empresa (hora)	Horas de trabajo (semana)	Costo Total (mes)
8	\$ 300.00	262	\$ 314,400.00

Fuente: La empresa.

Elaboración: Propia.

Asimismo, para el desarrollo del modelo fue necesario adquirir una licencia permanente del software de análisis estadístico R Studio. Para la conversión del costo en pesos argentinos se consideró el tipo de cambio 135.33 pesos por USD obtenidos del Banco Central de la República Argentina (BCRA, 2022). El resultado se observa en la Tabla N°45.

Tabla 45: Costo de software

Elemento de costo	Frecuencia	Cantidad	Precio unitario	IGV	Moneda	Total
R studio	Única	1	80.00	14.40	USD	94.40
<b>Total (USD)</b>						<b>94.40</b>
<b>Total (Pesos Argentinos)</b>						<b>12,775.15</b>

Fuente: La empresa.

Elaboración: Propia.

## 7.2 BENEFICIOS A OBTENER

Para determinar el beneficio económico que genera la implementación del Modelo Analítico basado en Programación Lineal se determinará el ahorro generado por la

implementación del modelo respecto al escenario actual. Para ello, se desarrolla la siguiente metodología basada en la toma de decisiones de inversión:

- Determinación del coste de capital ( $K_e$ )
- Cálculo del WACC
- Evaluación de flujos de efectivo a valor actual

### 7.2.1 Determinación del coste de capital ( $K_e$ )

De acuerdo con Ross, Westerfield y Jaffe (2012), el coste de capital puede ser calculado con la Ecuación 7.1:

$$K_e = R_f + \beta * (R_m - R_f) \quad (7.1)$$

Donde  $R_f$  es la tasa libre de riesgo,  $R_m$  el rendimiento esperado del mercado y la beta de la empresa.

German (2004), en su artículo dónde propone una alternativa para estimar la tasa de corte en Argentina, indica que a los países emergentes se le adiciona el efecto del riesgo país en el flujo; asimismo, menciona que dicho efecto debe ser adicionado al cálculo del  $K_e$  para el caso de Argentina ya que se encuentra bajo los efectos de la devaluación, inflación y default. De esta manera, la Ecuación 7.2 muestra el resultado incluyendo los efectos del riesgo país:

$$K_e = R_f + \beta * (R_m - R_f) + R_p \quad (7.2)$$

Donde  $R_p$  es la prima por riesgo país.

A continuación, se muestra el resultado del cálculo del coste de capital como se observa en la Tabla N°46.

Tabla 46: Cálculo de Ke

Descripción	Valor
Rp	18.21%
Rf	3.50%
Rm	52.40%
Beta	1.17
<b>Ke</b>	<b>78.92%</b>

Elaboración: Propia

Los parámetros de cálculo se determinaron de la forma siguiente:

- Tasa libre de riesgo (Rf): Rendimiento de bonos del tesoro de EE.UU a 10 años, obtenido del Banco Central de Reserva del Perú (BCRP, 2023).
- Rendimiento esperado del mercado (Rm): Tasa de interés de depósitos a plazo fijo en Argentina, obtenido del Banco Mundial (2023).
- Beta: Obtenido de la base de datos de Betas por sector de la NYU Stern elaborado por Damodaran (2023a), se consideró la beta del sector Business & Consumer Services.
- Riesgo país (Rp): Obtenido de la base de datos sobre primas de riesgo país de la NYU Stern School of Business elaborado por Damodaran (2023b).

### 7.2.2 Cálculo del WACC

Ross, Westerfield y Jaffe (2012) definen el Costo Promedio Ponderado de Capital (WACC) como la tasa para descontar flujos de efectivo. El WACC se puede calcular mediante la Ecuación 7.3:

$$WACC = Ke * \frac{Patrimonio}{Deuda + Patrimonio} + Kd * \frac{Deuda}{Deuda + Patrimonio} * (1 - T) \quad (7.3)$$

Donde Kd es el costo de la deuda y T es la tasa de impuestos.

Se considera la proporción total de financiamiento como aporte de capital, en ese sentido, la proporción de deuda tendrá el valor de 0. El cálculo resultante del WACC se observa en la Tabla N°47.

Tabla 47: Cálculo del WACC

Descripción	Valor
Tasa de impuesto	29.50%
Deuda	0.00%
Patrimonio	100.00%
Ke	78.92%
<b>WACC (nominal)</b>	<b>78.92%</b>

Elaboración: Propia.

Ross, Westerfield y Jaffe (2012) indican que se deben considerar los efectos de la inflación sobre las tasas de interés. En ese sentido, presentan la Ecuación 7.4 para el cálculo de la tasa de interés real en base a la tasa de interés nominal y la tasa de inflación.

$$Tasa\ real = \frac{(1 + Tasa\ nominal)}{(1 + Tasa\ de\ inflación)} - 1 \quad (7.4)$$

Considerando una inflación proyectada del 69.60% para el 2023 de acuerdo con Bloomberg (2022), el valor del WACC nominal y la conversión de tasa efectiva anual (TEA) a mensual (TEM), se obtiene el resultado en la Tabla N°48.

Tabla 48: Cálculo del WACC mensual real

Descripción	Valor
WACC (nominal)	78.92%
Inflación	69.60%
WACC (real) TEA	5.50%
<b>WACC (real) TEM</b>	<b>0.45%</b>

Elaboración: Propia.

### 7.2.3 Evaluación de flujos de efectivo a valor actual

En base a los puntos anteriores, se elabora el flujo de efectivo para el escenario actual y con modelo por el periodo de un año. En la Tabla N°49 se muestra el resultado.

Tabla 49: Flujo de caja económico

Escenario actual: Sin la implementación del modelo	To	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Set	Oct	Nov	Dic
Inversión inicial	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
Costos asociados	\$ -	\$ 373,200	\$ 373,200	\$ 373,200	\$ 373,200	\$ 373,200	\$ 373,200	\$ 373,200	\$ 373,200	\$ 373,200	\$ 373,200	\$ 373,200	\$ 373,200
Costo total	\$ -	\$ 373,200	\$ 373,200	\$ 373,200	\$ 373,200	\$ 373,200	\$ 373,200	\$ 373,200	\$ 373,200	\$ 373,200	\$ 373,200	\$ 373,200	\$ 373,200
Costo total ajuste inflación	\$ -	\$ 220,047	\$ 129,745	\$ 76,500	\$ 45,106	\$ 26,596	\$ 15,681	\$ 9,246	\$ 5,452	\$ 3,214	\$ 1,895	\$ 1,118	\$ 659
<b>VAN real</b>	<b>\$ -</b>	<b>\$ 219,068</b>	<b>\$ 128,593</b>	<b>\$ 75,484</b>	<b>\$ 44,309</b>	<b>\$ 26,009</b>	<b>\$ 15,267</b>	<b>\$ 8,962</b>	<b>\$ 5,261</b>	<b>\$ 3,088</b>	<b>\$ 1,813</b>	<b>\$ 1,064</b>	<b>\$ 625</b>
Escenario con modelo: Con la implementación del modelo	To	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Set	Oct	Nov	Dic
Inversión inicial	\$ 12,775	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
Costos asociados	\$ -	\$ 314,400	\$ 314,400	\$ 314,400	\$ 314,400	\$ 314,400	\$ 314,400	\$ 314,400	\$ 314,400	\$ 314,400	\$ 314,400	\$ 314,400	\$ 314,400
Costo total	\$ 12,775	\$ 314,400	\$ 314,400	\$ 314,400	\$ 314,400	\$ 314,400	\$ 314,400	\$ 314,400	\$ 314,400	\$ 314,400	\$ 314,400	\$ 314,400	\$ 314,400
Costo total ajuste inflación	\$ 12,775	\$ 185,377	\$ 109,303	\$ 64,447	\$ 38,000	\$ 22,405	\$ 13,211	\$ 7,789	\$ 4,593	\$ 2,708	\$ 1,597	\$ 941	\$ 555
<b>VAN real</b>	<b>\$ 12,775</b>	<b>\$ 184,553</b>	<b>\$ 108,332</b>	<b>\$ 63,591</b>	<b>\$ 37,328</b>	<b>\$ 21,911</b>	<b>\$ 12,862</b>	<b>\$ 7,550</b>	<b>\$ 4,432</b>	<b>\$ 2,601</b>	<b>\$ 1,527</b>	<b>\$ 896</b>	<b>\$ 526</b>
VAN Real	To	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Set	Oct	Nov	Dic
<b>Escenario Actual</b>	\$ -	\$ 219,068	\$ 128,593	\$ 75,484	\$ 44,309	\$ 26,009	\$ 15,267	\$ 8,962	\$ 5,261	\$ 3,088	\$ 1,813	\$ 1,064	\$ 625
<b>Escenario con Modelo</b>	\$ 12,775	\$ 184,553	\$ 108,332	\$ 63,591	\$ 37,328	\$ 21,911	\$ 12,862	\$ 7,550	\$ 4,432	\$ 2,601	\$ 1,527	\$ 896	\$ 526
<b>Ahorro</b>	<b>-\$ 12,775</b>	<b>\$ 34,516</b>	<b>\$ 20,261</b>	<b>\$ 11,893</b>	<b>\$ 6,981</b>	<b>\$ 4,098</b>	<b>\$ 2,405</b>	<b>\$ 1,412</b>	<b>\$ 829</b>	<b>\$ 487</b>	<b>\$ 286</b>	<b>\$ 168</b>	<b>\$ 98</b>
Ahorro anual (Pesos)	\$ 70,657.56												
Ahorro total (USD)	USD 522.11												

Fuente: La empresa.

Elaboración: Propia

Se observa que el ahorro anual a valor actual asciende a 70,657.56 pesos argentinos (USD 522.11). Es importante mencionar que dichos montos de ahorro se ven afectados por el efecto de la inflación en Argentina lo cual reduce significativamente el valor actual de los flujos en comparación con entornos económicos más estables y con menores tasas de inflación y riesgo.

En conclusión, el valor positivo del ahorro anual indica que la propuesta genera un valor económico positivo al reducir el costo corriente de la operación respecto al escenario actual, por lo tanto, se acepta el escenario con modelo.

## CONCLUSIONES

1. La implementación del Modelo analítico basado en programación lineal mejora la planificación al reducir el headcount de agentes necesarios y genera un ahorro anual de USD 522.11 lo cual es un resultado positivo considerando la condición inflacionaria de Argentina y marca un hito en términos de eficiencia y optimización dentro de la empresa.
2. En base al análisis de los resultados, se concluye que el Modelo analítico basado en programación lineal propuesto generó en promedio un aumento de 18.7% en el nivel de atención, aumento del 61.2% en el nivel de servicio y redujo en 62.5% el nivel de abandono en una empresa de servicios durante el periodo setiembre del 2022 a enero del 2023. Demostrándose así el impacto positivo del Modelo analítico basado en programación lineal sobre la eficiencia operacional.
3. Se concluye que el Modelo analítico redujo los días necesarios para la elaboración del rol de turno desde un escenario en el cual se necesitaba en promedio 4 a más días, a un escenario en el cual se obtiene el rol de turno en menos de 2 días. De esta manera, se muestra la mejora en la carga de trabajo de la empresa.
4. Se concluye que el Modelo analítico incrementó los resultados de la encuesta de satisfacción del cliente, de resultar en promedio poco o nada satisfecho, ahora los clientes contestan que se encuentran satisfecho y muy satisfecho.



Asimismo, el indicador NPS mejoró respecto al promedio de NPS anterior el cual resultaba inferior al 69%, ahora resulta mayor al 70%. De esta manera, se muestra la mejora de la experiencia del cliente.

## RECOMENDACIONES

1. Es recomendable trabajar, de forma paralela, la calidad de los speech (conversación que el agente sostiene con el cliente) para disminuir los tiempos de llamada y resolución de consultas, y de esta manera aumentar la capacidad de atención de un mayor volumen de llamadas entrantes.
2. Se recomienda considerar que el valor de ahorro obtenido se ve mermado debido a la situación económica del país en comparación con entornos más estables y con menor riesgo, dado que la constante fluctuación económica en Argentina limita el poder adquisitivo de este ahorro proyectado. En ese sentido, es recomendable considerar el contexto inflacionario al evaluar los beneficios económicos derivados de la implementación de modelos de optimización.
3. De cara a futuras investigaciones, es recomendable analizar las posibles sinergias de trabajo por puesto, esto es analizar qué pasaría si en determinadas franjas horarias del día, las supervisoras puedan realizar la función de los agentes y de esta manera evaluar si es posible reducir aún más el headcount necesario.
4. Finalmente, brindado el marco metodológico y técnico, y dado los resultados obtenidos en la presente tesis, se recomienda aplicar el modelo analítico propuesto en empresas con problemáticas afines.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Abanto, C. E., & Abanto, E. H. (2018). *Propuesta de mejora aplicada a la programación de turnos de cajeros y dimensionamiento de la cantidad asistentes de venta en una tienda por departamentos que incremente la productividad y satisfacción del cliente*. (Tesis de pregrado, Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas. Obtenido de <https://repositorioacademico.upc.edu.pe/handle/10757/625637>
- ADI Consulting. (2022). *¿Qué es y cómo medir el Nivel de Atención en el Contact Center?*. Obtenido de <https://www.adiconsulting.net/que-es-y-como-medir-el-nivel-de-atencion-en-el-contact-center/>
- Alvarez, J. (2005). *Investigación de Operaciones* (2 ed.). Universidad Nacional de Ingeniería.
- American Public Transportation Association. (2021). *The Impact of the COVID-19 Pandemic on Public Transit Funding Needs in the U.S.* Obtenido de <https://www.apta.com/wp-content/uploads/APTA-COVID-19-Funding-Impact-2021-01-27.pdf>
- American Public Transportation Association. (2022). *APTA Public Transportation Ridership Update*. Obtenido de <https://www.apta.com/wp-content/uploads/APTA-POLICY-BRIEF-Transit-Ridership-09.28.2022.pdf>

- American Public Transportation Association. (s.f.). *Public Transportation Facts*.  
Obtenido de <https://www.apta.com/news-publications/public-transportation-facts/>
- Angarita, R. (2021). *Modelo de optimización para la toma decisiones en la gestión de la fuerza de trabajo para centros de contacto*. (Proyecto de grado maestría, Universidad de los Andes). Obtenido de <https://repositorio.uniandes.edu.co/handle/1992/51029>
- Arévalo, G. (2014). *Propuesta metodológica para incrementar la competitividad en los centros de contacto y solución telefónicos de empresas del sector de las telecomunicaciones a través del desarrollo del proceso Workforce Management*. *Revista Escuela de Administración de Negocios*, (76) 92-126.  
Obtenido de <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=20631321006>
- Autoridad Nacional del Servicio Civil. (2016). *IPER – Identificación de Peligros, evaluación de Riesgos y medidas de control en las entidades públicas*.  
Obtenido de [https://storage.servir.gob.pe/gestores-rrhh/2016/presentacion\\_iper\\_peligros\\_riesgos\\_control\\_ago2016.pdf](https://storage.servir.gob.pe/gestores-rrhh/2016/presentacion_iper_peligros_riesgos_control_ago2016.pdf)
- Ballotpedia. (2022). *Travel restrictions issued by states in response to the coronavirus (COVID-19) pandemic, 2020-2022*. Obtenido de [https://ballotpedia.org/Travel\\_restrictions\\_issued\\_by\\_states\\_in\\_response\\_to\\_the\\_coronavirus\\_\(COVID-19\)\\_pandemic,\\_2020-2022#Timeline\\_of\\_federal\\_travel\\_restrictions](https://ballotpedia.org/Travel_restrictions_issued_by_states_in_response_to_the_coronavirus_(COVID-19)_pandemic,_2020-2022#Timeline_of_federal_travel_restrictions)
- Banco Central de la República Argentina. (2022). *Cotizaciones por fecha*. Obtenido de [https://www.bcra.gob.ar/PublicacionesEstadisticas/Cotizaciones\\_por\\_fecha\\_2.asp](https://www.bcra.gob.ar/PublicacionesEstadisticas/Cotizaciones_por_fecha_2.asp)

- Banco Central de Reserva del Perú. (2023). *Bonos del Tesoro EE.UU - 10 Años (%)*.  
Obtenido de <https://estadisticas.bcrp.gob.pe/estadisticas/series/diarias/resultados/PD04719XD/html>
- Banco Mundial. (2023). *Tasa de interés de los depósitos (%) - Argentina*. Obtenido de <https://datos.bancomundial.org/indicador/FR.INR.DPST?end=2022&locations=AR&start=2000>
- Barón, F. J. (2022). *Diferencias que presenta una variable numérica entre dos grupo*.  
Universidad de Málaga. Obtenido de <https://www.bioestadistica.uma.es/apuntesMaster/diferencias-que-presenta-una-variable-num%C3%A9rica-entre-dos-grupos.html>
- Bazán, W. (2020). Fundamentos para pronosticar una serie de tiempo estacionaria con información de su propio pasado. *Industrial Data*, 23 (1), 207-228.  
Obtenido de <https://www.redalyc.org/journal/816/81664593012/html/>
- Belcourt, M., & Podolsky, M. (2019). *Strategic Human Resources Planning* (7 ed.).  
Nelson Education. Obtenido de <https://fliphtml5.com/cflig/mggk/basic>
- Bloomberg. (2022). *Inflación 2023 Argentina: de cuánto será en los próximos 12 meses, según la Di Tella*. Obtenido de <https://www.bloomberglinea.com/2022/12/28/inflacion-2023-argentina-de-cuanto-sera-en-los-proximos-12-meses-segun-la-di-tella/>
- Bohórques, D. S., & Méndez, A. R. (2022). *Desarrollo de un modelo de procesos para HeadCount y seguimiento por medio de KPI's para la industria BPO en línea services desk*. (Trabajo de grado, Universitaria Agustiniiana). Obtenido de <https://repositorio.uniagustiniana.edu.co/bitstream/handle/123456789/2128/MendezPita-AngieRocio-2022.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

- Box, G., Jenkins, G., Reinsel, G., & Ljung, G. (2016). *Time Series Analysis: Forecasting and Control (5 ed.)*. Wiley.
- Buchholz, K. (2021). *Train Travel Loses Out in the U.S.* Obtenido de <https://www.statista.com/chart/16947/miles-travelled-on-trains-planes-buses-in-the-us/>
- Camilo, C., Solano, C. D., & Calvache, D. M. (2021). *Propuesta de mejoramiento para los indicadores de servicio en el call center de la empresa avanza*. (Proyecto de grado, Universidad ECCI). Obtenido de <https://repositorio.ecci.edu.co/handle/001/2428>
- Carrión, H. (2012). *Ingeniería de tráfico de telecomunicaciones*. Escuela Politécnica Nacional. Obtenido de <https://bibdigital.epn.edu.ec/bitstream/15000/12048/1/Ingenier%C3%ADa%20de%20Tr%C3%A1fico%20HWCR.pdf>
- Chapman, S. (2006). *Planificación y Control de la Producción (1 ed.)*. Pearson.
- Chase, R. B., Jacobs, F. R., & J, A. N. (2009). *Administración de Operaciones: Producción y cadena de suministros (12 ed.)*. Mc Graw Hill.
- Damodaran, A. (2023a). *Betas by sector (US)*. NYU Stern School of Business. Obtenido de [https://pages.stern.nyu.edu/~adamodar/New\\_Home\\_Page/datafile/Betas.html](https://pages.stern.nyu.edu/~adamodar/New_Home_Page/datafile/Betas.html)
- Damodaran, A. (2023b). *Country Default Spreads and Risk Premiums*. NYU Stern School of Business. Obtenido de [https://pages.stern.nyu.edu/~adamodar/New\\_Home\\_Page/datafile/ctryprem.html](https://pages.stern.nyu.edu/~adamodar/New_Home_Page/datafile/ctryprem.html)

- Frías, D. (2022). *Apuntes de estimación de la fiabilidad de consistencia interna de los items de un instrumento de medida*. Universidad de Valencia. Obtenido de <https://www.uv.es/friasnav/AlfaCronbach.pdf>
- Gallo, A., Perez, F., & Salinas, D. (2021). Data Mining and ShortTerm Power Demand Forecasting in the Ecuadorian Electric System. Obtenido de <https://revistaenergia.cenace.gob.ec/index.php/cenace/article/view/461/578>
- German, M. (2004). *¿Cuál es la tasa de corte en la Argentina?* UADE Business School. Obtenido de [https://marcelodelfino.net/files/Tasa\\_de\\_corte\\_en\\_la\\_Argentina.pdf](https://marcelodelfino.net/files/Tasa_de_corte_en_la_Argentina.pdf)
- Hernández, R., Fernández, C., & Baptista, M. (2014). *Metodología de la investigación* (6 ed.). Mc Graw Hill.
- Hernández, S., & Duana, D. (2020). Técnicas e instrumentos de recolección de datos. *Boletín Científico de las Ciencias Económico Administrativas del ICEA*, 9(17), 51-53. Obtenido de <https://repository.uaeh.edu.mx/revistas/index.php/icea/article/view/6019>
- Hyndman, R. J., & Athanasopoulos, G. (2018). *Forecasting: Principles and Practice* (2 ed.). OText. Obtenido de <https://otexts.com/fpp2/planning.html>
- Ilorobong, I., Ambrose, A., & Olawande, D. (2017). Comparative analysis and review of interactive voice response systems. *Conference on Information Communication Technology and Society (ICTAS)*, 1-6. Obtenido de <https://ieeexplore.ieee.org/document/7920660>
- Kletzander, L., & Musliu, N. (2020). Solving the General Employee Scheduling Problem. *Computers and Operations Research*, 113 (104794), 2. Obtenido de <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0305054819302369>

- Martínez, L. M. (2013). *Asignación de horarios de trabajo, resolución mediante algoritmo de búsqueda Tabú*. (Tesis de Maestría, Universidad del Bío-Bío).  
Obtenido de <http://repopib.ubiobio.cl/jspui/handle/123456789/1471>
- Micheli, J. (2007). Los call centers y los nuevos trabajos del siglo XXI. *CONfinés de Relaciones Internacionales y Ciencia Política*, 3 (5), 49-58. Obtenido de <https://www.redalyc.org/pdf/633/63300505.pdf>
- Ministerio de Justicia y Derechos Humanos. (1929). *Ley 11.544 Jornada de trabajo*. Argentina. Obtenido de <https://servicios.infoleg.gob.ar/infolegInternet/anexos/60000-64999/63368/texact.htm#:~:text=Ley%20N%C2%B0%2011.544%20actualizada%20%2D%20Infoleg&text=Art%C3%ADculo%201%C2%B0%20%2D%20La%20duraci%C3%B3n,no%20persigan%20finés%20de%20lucro.>
- Ministerio de Justicia y Derechos Humanos. (1976). *Ley 20.744 Contrato de trabajo*. Argentina. Obtenido de <https://servicios.infoleg.gob.ar/infolegInternet/anexos/25000-29999/25552/texact.htm>
- Moreno, J. G. (2012). *Método de detección temprana de Outliers*. (Tesis de pregrado, Pontificia Universidad Javeriana). Obtenido de <https://repository.javeriana.edu.co/handle/10554/10347>
- National Institute of Standards and Technology. (2021). *NP-hard*. Obtenido de [https://xlinux.nist.gov/dads/HTML/nphard.html#:~:text=\(definition\),Turing%20machine%20in%20polynomial%20time.](https://xlinux.nist.gov/dads/HTML/nphard.html#:~:text=(definition),Turing%20machine%20in%20polynomial%20time.)
- Ramos, C. R. (2021). *Implementación de un sistema de planeación de materiales en el estudio de ingeniería de un proyecto de inversión industrial pesquero*. (Tesis doctoral, Universidad Nacional de Ingeniería). Obtenido de <https://repositorio.uni.edu.pe/handle/20.500.14076/22826>



- Reque, M. A., & Vidaurre, J. J. (2022). *Optimización de la programación de turnos en teleoperadores para el incremento de productividad en un call center de ventas a España*. (Tesis de pregrado, Universidad Señor de Sipán). Obtenido de <https://repositorio.uss.edu.pe/handle/20.500.12802/10617>
- Robbins, T., Medeiros, D., & Harrison, T. (2010). Evaluating the Erlang C and Erlang A Models for Call Center Modeling. Obtenido de <https://myweb.ecu.edu/robbinst/PDFs/Erlang%20Compare%20Working%20paper.pdf>
- Ross, S., Westerfield, R., & Jaffe, J. (2012). *Finanzas Corporativas (9 ed.)*. Mc Graw Hill.
- SalesForce. (2021). *Customer experience y la gestión de relación*. Obtenido de [https://www.salesforce.com/mx/blog/customer-experience-y-la-relacion-con-el-cliente/?gclid=CjwKCAiA9ourBhAVEiwA3L5RFqUSrUQFI7-4kawi92BHGHSmRI8G9IsrTwrv8-7A9sJ\\_ogL7zavY6RoCOFkQAvD\\_BwE&d=7013y000002EkC4AAK&nc=7013y000002EkK8AAK&utm\\_source=google&utm\\_medium=](https://www.salesforce.com/mx/blog/customer-experience-y-la-relacion-con-el-cliente/?gclid=CjwKCAiA9ourBhAVEiwA3L5RFqUSrUQFI7-4kawi92BHGHSmRI8G9IsrTwrv8-7A9sJ_ogL7zavY6RoCOFkQAvD_BwE&d=7013y000002EkC4AAK&nc=7013y000002EkK8AAK&utm_source=google&utm_medium=)
- Schwager, A., & Meyer, C. (2007). *Understanding Customer Experience*. Obtenido de <https://hbr.org/2007/02/understanding-customer-experience>
- Securitec. (2021). *7 indicadores de call center de atención al cliente que debes conocer*. Obtenido de <https://securitec.pe/blog/indicadores-atencion-cliente/>
- Soares, M. (2013). *The staff scheduling problem: a general model and application*. (Tesis doctoral, Universidade do Porto). Obtenido de <https://core.ac.uk/download/pdf/302955726.pdf>
- Stoll, F. (2020). *A Comparison of Machine Learning and Traditional Demand forecasting Methods*. (Tesis de maestría, Clemson University). Obtenido de

[https://tigerprints.clemson.edu/cgi/viewcontent.cgi?article=4374&context=all\\_theses](https://tigerprints.clemson.edu/cgi/viewcontent.cgi?article=4374&context=all_theses)

Taha, H. A. (2012). *Investigación de Operaciones* (9 ed.). Pearson.

Upbe. (2022). *Indicadores de Call Center: Guía definitiva de KPIs*. Obtenido de <https://www.upbe.ai/blog/indicadores-call-center-kpis/>

Vargas, Z. (2009). La investigación aplicada: Una forma de conocer las realidades con evidencia científica. 33(1), 155-165. Obtenido de <https://www.redalyc.org/pdf/440/44015082010.pdf>

Vásquez, M. N., & Pomachagua, W. M. (2013). *Propuesta de mejora en el servicio de atención de aeronaves ofrecido por una empresa del sector aeroportuario*. (Tesis de maestría, Pontificia Universidad Católica del Perú). Obtenido de <https://tesis.pucp.edu.pe/repositorio/handle/20.500.12404/5052>

Victorio, Y. D. (2022). *Modelo de programación lineal para la asignación de asesores a puntos de venta en la empresa grupo Agra SAC*. (Trabajo de suficiencia, Universidad Nacional Mayor de San Marcos). Obtenido de <https://cybertesis.unmsm.edu.pe/handle/20.500.12672/19359>

Villafana, M. B. (2021). *Programación lineal para la distribución de horarios del personal de atención telefónica en una empresa de telecomunicaciones*. (Trabajo de suficiencia, Universidad Nacional Mayor de San Marcos). Obtenido de <https://cybertesis.unmsm.edu.pe/handle/20.500.12672/18900>

## ANEXOS

### ANEXO N°1. Matriz de consistencia

PROBLEMA DE ESTUDIO	PROBLEMA GENERAL	OBJETIVO GENERAL	HIPÓTESIS GENERAL	VARIABLES	DISEÑO METODOLÓGICO	
Ineficaz planificación de recursos	1. ¿En qué medida un modelo analítico basado en programación lineal mejora la planificación de recursos en una empresa de servicios?	1.Determinar en qué medida un modelo analítico basado en programación lineal mejora la planificación de recursos en una empresa de servicios	1.La implementación de un modelo analítico basado en programación lineal mejora la planificación de recursos en una empresa de servicios	<b>VARIABLE INDEPENDIENTE:</b> Modelo analítico basado en programación lineal	<b>TIPO DE INVESTIGACIÓN:</b> Aplicada  <b>NIVEL DE INVESTIGACIÓN:</b> Explicativo	
	<b>PROBLEMAS ESPECÍFICOS</b>	<b>OBJETIVOS ESPECÍFICOS</b>	<b>HIPÓTESIS ESPECÍFICAS</b>	<b>VARIABLES</b>	<b>ENFOQUE DE INVESTIGACIÓN:</b> Cuantitativo  <b>DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN:</b> Experimental  <b>TIPO DE HIPÓTESIS:</b> Causal bivarida	
	1. ¿De qué manera un modelo analítico basado en programación lineal mejora la eficiencia operacional en una empresa de servicios?	1.Determinar en qué manera un modelo analítico basado en programación lineal mejora la eficiencia operacional en una empresa de servicios	1.La aplicación de un modelo analítico basado en programación lineal mejora la eficiencia operacional en una empresa de servicios			<b>POBLACIÓN:</b> Días operativos  <b>MUESTREO:</b> Aleatorio  <b>TÉCNICAS Y HERRAMIENTAS DE RECOLECCIÓN DE DATOS:</b> Encuesta y cuestionario
	2. ¿De qué forma un modelo analítico basado en programación lineal mejora la carga laboral en una empresa de servicios?	2.Determinar en qué forma un modelo analítico basado en programación lineal mejora la carga laboral en una empresa de servicios	2.La implementación de un modelo analítico basado en programación lineal mejora la carga laboral en una empresa de servicios		<b>VARIABLE DEPENDIENTE:</b> Planificación	<b>TÉCNICAS Y HERRAMIENTAS DE ANÁLISIS Y PROCESAMIENTO DE DATOS:</b> t-Student para muestras relacionadas y SPSS
	3. ¿De qué modo un modelo analítico basado en programación lineal mejora la experiencia del cliente en una empresa de servicios?	3.Determinar en qué modo un modelo analítico basado en programación lineal mejora la experiencia del cliente en una empresa de servicios	3.La aplicación de un modelo analítico basado en programación lineal mejora la experiencia del cliente en una empresa de servicios			

Fuente: La empresa.

Elaboración: Propia.

**ANEXO N°2. Matriz de Operacionalización**

VARIABLE DE ESTUDIO	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DEFINICIÓN OPERACIONAL	DIMENSIONES	INDICADORES	ESCALA
(Y): Planificación	Es el conjunto de procesos que implican establecer objetivos, acciones para alcanzar esos objetivos y la asignación eficiente de recursos disponibles para satisfacer las necesidades de una organización.	Para su medición se empleará la técnica de encuesta y el instrumento de recolección de datos cuestionario con escalamiento Likert.	Y.1. Eficiencia operacional	Y.1.1. Nivel de atención	Ordinal
				Y.1.2. Nivel de servicio	
				Y.1.3. Nivel de abandono	
				Y.1.4. Productividad del personal	
			Y.2. Carga de trabajo	Y.2.1. Tiempo de programación	
				Y.2.2. Capacidad disponible	
			Y.3. Experiencia del cliente	Y.3.1. Satisfacción del cliente	
Y.3.2. Net Promoter Score (NPS)					

Fuente: La empresa.

Elaboración: Propia.

### ANEXO N°3. Cuestionario

**Pregunta 1:** ¿Qué porcentaje de aprendizaje en el uso del modelo considera haber logrado? Elija una de las alternativas:

- Menor a 25%
- 25-39%
- 40-59%
- 60-79%
- Mayor a 80%

**Pregunta 2:** ¿Cuántas veces ha pedido soporte para ejecutar el modelo? Elija una de las alternativas

- 4 a más
- 3
- 2
- 1
- 0

**Pregunta 3:** ¿Qué porcentaje de avance tiene la implementación del modelo en el área? Elija una de las alternativas

- 0%
- 25%
- 50%
- 75%
- 100%

**Pregunta 4:** ¿Qué porcentaje de adaptación a la realidad presentan los resultados obtenidos? Elija una de las alternativas

- 80% o menos

- 85%
- 90%
- 95%
- 100%

**Pregunta 5:** ¿Qué porcentaje de comprensión sobre los resultados presentan los agentes? Elija una de las alternativas

- Menor a 25%
- 25-39%
- 40-59%
- 60-79%
- Mayor a 80%

**Pregunta 6:** ¿Cuánto es el nivel de atención diario? Elija una de las alternativas

- Menor a 70%
- 70%-74%
- 75-79%
- 80%-84%
- Mayor a 85%

**Pregunta 7:** ¿Cuánto es el nivel de servicio diario? Elija una de las alternativas

- Menor a 65%
- 65%-69%
- 70-74%
- 75%-79%
- Mayor a 80%

**Pregunta 8:** ¿Cuánto es el nivel de abandono diario? Elija una de las alternativas

- Mayor a 30%

- 29%-25%
- 24%-20%
- 19%-15%
- Menor a 15%

**Pregunta 9:** ¿Cuántas llamadas en promedio atiende un agente al día? Elija una de las alternativas

- < 30 llamadas/día
- 30-34 llamadas/día
- 35-39 llamadas/día
- 40-44 llamadas/día
- > 45 llamadas/día

**Pregunta 10:** ¿Cuántos días de trabajo son necesarios para elaborar el rol de turnos? Elija una de las alternativas

- 5 días o más
- 4 días
- 3 días
- 2 días
- Menos de 1 día

**Pregunta 11:** ¿En cuántas horas del día se necesitó una mayor dotación de agentes para atender la demanda de llamadas entrantes? Elija una de las alternativas

- 4 horas a más
- 3 horas
- 2 horas
- 1 hora
- 0 horas

**Pregunta 12:** ¿Cuánto es el promedio de calificación de la encuesta telefónica? Elija una de las alternativas

- Mayor o igual a 1, y menor a 2
- Mayor a 2 y menor a 3
- Mayor a 3 y menor a 4
- Mayor a 4 y menor a 5
- Igual a 5

**Pregunta 13:** ¿Cuánto es valor NSP diario? Elija una de las alternativas

- Menor a 50%
- 50%-69%
- 70-79%
- 80%-89%
- Mayor a 90%



**ANEXO Nº4.** Detalle de tráfico marzo-agosto 2022

Fecha	Recibidas (# Llamadas)	Atendidas (# Llamadas)	No Atendidas (# Llamadas)	Abandonadas (# Llamadas)	Antes de 20s (# Llamadas)
1/03/2022	315	218	6	91	131
2/03/2022	435	271	12	152	163
3/03/2022	349	256	10	83	172
4/03/2022	491	348	14	129	136
5/03/2022	269	197	4	68	59
6/03/2022	412	290	10	112	125
7/03/2022	471	315	20	136	186
8/03/2022	388	263	5	120	174
9/03/2022	486	347	7	132	246
10/03/2022	452	292	9	151	93
11/03/2022	655	397	35	223	230
12/03/2022	545	349	15	181	175
13/03/2022	490	364	3	123	175
14/03/2022	531	382	7	142	164
15/03/2022	359	270	4	85	92
16/03/2022	408	313	2	93	228
17/03/2022	529	353	8	168	113
18/03/2022	620	388	4	228	268
19/03/2022	434	331	2	101	182
20/03/2022	544	380	7	157	251
21/03/2022	553	409	8	136	307
22/03/2022	383	286	8	89	103
23/03/2022	408	285	10	113	148
24/03/2022	522	343	7	172	161
25/03/2022	582	372	12	198	134
26/03/2022	290	215	6	69	80
27/03/2022	429	322	1	106	171
28/03/2022	331	241	1	89	133
29/03/2022	388	300	1	87	141
30/03/2022	463	276	19	168	127
31/03/2022	390	290	3	97	218
1/04/2022	446	330	2	114	211
2/04/2022	327	222	1	104	140
3/04/2022	355	251	11	93	128
4/04/2022	495	356	33	106	153
5/04/2022	387	287	16	84	164
6/04/2022	442	273	25	144	183

7/04/2022	477	356	5	116	214
8/04/2022	610	379	16	215	182
9/04/2022	393	248	1	144	169
10/04/2022	373	266	4	103	90
11/04/2022	440	300	8	132	138
12/04/2022	375	280	4	91	95
13/04/2022	463	314	8	141	129
14/04/2022	455	330	5	120	201
15/04/2022	462	320	2	140	234
16/04/2022	300	216	2	82	149
17/04/2022	467	358	3	106	208
18/04/2022	486	370	4	112	115
19/04/2022	362	244	1	117	132
20/04/2022	355	265	3	87	156
21/04/2022	419	338	6	75	196
22/04/2022	552	425	4	123	319
23/04/2022	292	194	1	97	128
24/04/2022	367	266	4	97	85
25/04/2022	422	294	13	115	138
26/04/2022	389	301	0	88	217
27/04/2022	373	271	5	97	182
28/04/2022	408	295	3	110	91
29/04/2022	449	354	1	94	230
30/04/2022	397	268	1	128	145
1/05/2022	422	314	7	101	173
2/05/2022	482	321	10	151	221
3/05/2022	374	274	3	97	123
4/05/2022	358	282	2	74	141
5/05/2022	429	320	4	105	109
6/05/2022	482	342	8	132	154
7/05/2022	351	290	5	56	165
8/05/2022	474	347	1	126	198
9/05/2022	495	352	8	135	151
10/05/2022	432	295	0	137	142
11/05/2022	443	313	5	125	138
12/05/2022	415	295	5	115	168
13/05/2022	581	386	42	153	260
14/05/2022	408	278	3	127	83
15/05/2022	472	291	12	169	131
16/05/2022	473	347	5	121	198
17/05/2022	422	304	8	110	173
18/05/2022	369	270	24	75	140

19/05/2022	399	291	9	99	183
20/05/2022	512	368	6	138	173
21/05/2022	384	300	1	83	189
22/05/2022	335	218	1	116	150
23/05/2022	443	312	10	121	134
24/05/2022	408	305	5	98	92
25/05/2022	418	256	12	150	77
26/05/2022	513	302	24	187	184
27/05/2022	653	340	23	290	202
28/05/2022	435	332	4	99	179
29/05/2022	443	262	21	160	136
30/05/2022	475	350	5	120	193
31/05/2022	404	297	7	100	193
1/06/2022	454	317	21	116	193
2/06/2022	454	297	6	151	178
3/06/2022	569	405	7	157	235
4/06/2022	347	255	3	89	138
5/06/2022	366	246	7	113	160
6/06/2022	474	321	6	147	205
7/06/2022	388	241	26	121	72
8/06/2022	482	315	16	151	214
9/06/2022	416	279	14	123	165
10/06/2022	452	330	9	113	215
11/06/2022	385	279	9	97	142
12/06/2022	428	335	14	79	251
13/06/2022	506	379	4	123	114
14/06/2022	442	297	12	133	199
15/06/2022	355	240	11	104	151
16/06/2022	502	325	8	169	185
17/06/2022	565	375	18	172	180
18/06/2022	344	242	11	91	157
19/06/2022	365	253	6	106	152
20/06/2022	513	303	23	187	161
21/06/2022	420	334	1	85	134
22/06/2022	367	271	13	83	133
23/06/2022	387	258	10	119	163
24/06/2022	515	340	6	169	245
25/06/2022	440	326	2	112	192
26/06/2022	475	335	7	133	241
27/06/2022	485	359	13	113	226
28/06/2022	433	317	1	115	184
29/06/2022	478	338	10	130	128

30/06/2022	576	298	33	245	206
1/07/2022	487	334	15	138	177
2/07/2022	442	268	24	150	121
3/07/2022	241	208	4	29	135
4/07/2022	280	249	1	30	80
5/07/2022	391	312	0	79	131
6/07/2022	345	228	9	108	80
7/07/2022	281	222	4	55	149
8/07/2022	627	367	23	237	191
9/07/2022	375	300	4	71	132
10/07/2022	346	293	1	52	240
11/07/2022	365	241	6	118	104
12/07/2022	440	332	3	105	110
13/07/2022	466	305	4	157	207
14/07/2022	443	326	6	111	130
15/07/2022	525	341	11	173	157
16/07/2022	334	253	7	74	149
17/07/2022	363	284	3	76	207
18/07/2022	405	325	2	78	117
19/07/2022	385	347	0	38	229
20/07/2022	423	352	1	70	204
21/07/2022	489	343	7	139	172
22/07/2022	613	360	15	238	216
23/07/2022	321	269	5	47	188
24/07/2022	438	314	13	111	135
25/07/2022	399	325	4	70	228
26/07/2022	383	321	0	62	254
27/07/2022	354	287	3	64	195
28/07/2022	445	292	9	144	123
29/07/2022	612	338	11	263	139
30/07/2022	442	312	4	126	236
31/07/2022	346	279	5	62	151
1/08/2022	416	317	6	93	193
2/08/2022	345	301	2	42	154
3/08/2022	380	315	3	62	130
4/08/2022	469	320	13	136	221
5/08/2022	495	339	4	152	193
6/08/2022	322	255	4	63	150
7/08/2022	560	299	36	225	132
8/08/2022	485	351	7	127	154
9/08/2022	374	304	3	67	192
10/08/2022	458	314	3	141	201

11/08/2022	433	305	2	126	232
12/08/2022	593	407	5	181	244
13/08/2022	375	296	4	75	223
14/08/2022	421	297	10	114	172
15/08/2022	567	392	5	170	149
16/08/2022	395	346	1	48	239
17/08/2022	419	310	7	102	118
18/08/2022	561	311	20	230	93
19/08/2022	496	330	4	162	224
20/08/2022	377	312	1	64	197
21/08/2022	340	271	6	63	184
22/08/2022	511	395	3	113	280
23/08/2022	438	375	2	61	251
24/08/2022	388	312	2	74	182
25/08/2022	454	344	4	106	135
26/08/2022	657	405	8	244	171
27/08/2022	420	338	2	80	233
28/08/2022	445	292	9	144	166
29/08/2022	535	410	8	117	262
30/08/2022	431	341	3	87	235
31/08/2022	610	426	5	179	307
1/09/2022	744	607	92	45	480
2/09/2022	662	587	13	62	517
3/09/2022	354	340	3	11	272
4/09/2022	347	340	3	4	326
5/09/2022	476	367	9	100	312
6/09/2022	443	364	17	62	353
7/09/2022	383	315	23	45	274
8/09/2022	395	325	23	47	273
9/09/2022	403	381	10	12	351
10/09/2022	277	259	2	16	251
11/09/2022	299	251	3	45	175
12/09/2022	396	334	12	50	294
13/09/2022	312	263	11	38	260
14/09/2022	362	305	7	50	250
15/09/2022	381	323	8	50	262
16/09/2022	513	415	9	89	344
17/09/2022	368	296	3	69	293
18/09/2022	484	425	31	28	336
19/09/2022	367	316	5	46	263
20/09/2022	797	590	50	157	496
21/09/2022	403	330	37	36	323

22/09/2022	501	379	11	111	303
23/09/2022	686	417	12	257	356
24/09/2022	312	230	7	75	166
25/09/2022	407	308	14	85	239
26/09/2022	860	496	44	320	377
27/09/2022	891	491	50	350	362
28/09/2022	469	240	139	90	214
29/09/2022	543	417	27	99	326
30/09/2022	481	329	9	143	290
1/10/2022	396	305	5	86	275
2/10/2022	455	386	18	51	336
3/10/2022	507	431	33	43	391
4/10/2022	397	346	14	37	273
5/10/2022	294	275	15	4	253
6/10/2022	462	377	28	57	343
7/10/2022	683	552	29	102	519
8/10/2022	313	296	11	6	290
9/10/2022	333	291	13	29	271
10/10/2022	615	528	71	16	428
11/10/2022	385	354	13	18	340
12/10/2022	570	476	40	54	395
13/10/2022	387	327	25	35	275
14/10/2022	625	422	35	168	350
15/10/2022	343	318	11	14	270
16/10/2022	307	287	6	14	273
17/10/2022	406	342	19	45	310
18/10/2022	286	262	10	14	225
19/10/2022	305	290	11	4	252
20/10/2022	460	395	20	45	367
21/10/2022	460	372	17	71	357
22/10/2022	353	329	17	7	287
23/10/2022	368	339	8	21	275
24/10/2022	373	327	10	36	307
25/10/2022	283	272	8	3	220
26/10/2022	345	322	5	18	306
27/10/2022	458	403	32	23	383
28/10/2022	526	441	18	67	361
29/10/2022	395	356	8	31	288
30/10/2022	302	284	6	12	249
31/10/2022	345	300	11	34	237
1/11/2022	294	243	10	41	199
2/11/2022	278	204	5	69	171

3/11/2022	503	390	37	76	304
4/11/2022	419	284	21	114	250
5/11/2022	237	184	4	49	180
6/11/2022	403	305	32	66	296
7/11/2022	470	349	40	81	339
8/11/2022	466	411	22	33	378
9/11/2022	976	632	145	199	451
10/11/2022	700	508	79	113	377
11/11/2022	629	526	56	47	464
12/11/2022	265	205	7	53	193
13/11/2022	207	178	5	24	158
14/11/2022	434	366	29	39	293
15/11/2022	266	216	16	34	203
16/11/2022	671	551	63	57	490
17/11/2022	488	396	45	47	345
18/11/2022	620	495	40	85	490
19/11/2022	367	331	19	17	295
20/11/2022	379	330	28	21	323
21/11/2022	489	415	39	35	391
22/11/2022	575	489	41	45	469
23/11/2022	505	463	20	22	376
24/11/2022	99	48	1	50	43
25/11/2022	262	160	24	78	152
26/11/2022	505	437	34	34	332
27/11/2022	980	661	98	221	555
28/11/2022	451	324	32	95	256
29/11/2022	230	216	8	6	194
30/11/2022	194	168	5	21	160
1/12/2022	449	346	55	48	333
2/12/2022	496	399	50	47	341
3/12/2022	324	295	15	14	257
4/12/2022	350	324	22	4	275
5/12/2022	366	326	38	2	277
6/12/2022	397	334	57	6	281
7/12/2022	476	429	28	19	412
8/12/2022	470	370	76	24	359
9/12/2022	435	350	58	27	305
10/12/2022	331	310	17	4	257
11/12/2022	420	358	21	41	326
12/12/2022	479	391	41	47	365
13/12/2022	359	314	30	15	305
14/12/2022	363	334	29	0	307

15/12/2022	377	333	43	1	270
16/12/2022	438	381	38	19	286
17/12/2022	368	326	33	9	286
18/12/2022	410	335	49	26	281
19/12/2022	614	506	92	16	445
20/12/2022	442	380	43	19	372
21/12/2022	376	347	27	2	309
22/12/2022	537	445	67	25	378
23/12/2022	597	492	72	33	423
24/12/2022	325	287	17	21	280
25/12/2022	194	174	11	9	150
26/12/2022	461	407	28	26	379
27/12/2022	413	368	26	19	353
28/12/2022	399	351	28	20	351
29/12/2022	451	382	49	20	306
30/12/2022	400	374	11	15	359
31/12/2022	337	301	6	30	301
1/01/2023	235	235	0	0	235
2/01/2023	419	419	0	0	398
3/01/2023	300	300	0	0	267
4/01/2023	343	342	0	1	328
5/01/2023	325	325	0	0	286
6/01/2023	348	348	0	0	324
7/01/2023	400	393	0	7	393
8/01/2023	458	458	0	0	428
9/01/2023	361	360	0	1	338
10/01/2023	267	267	0	0	260
11/01/2023	241	240	0	1	229
12/01/2023	225	222	0	3	209
13/01/2023	245	241	0	4	210
14/01/2023	141	141	0	0	141
15/01/2023	153	153	0	0	153
16/01/2023	217	217	0	0	205
17/01/2023	174	174	0	0	174
18/01/2023	207	207	0	0	207
19/01/2023	177	177	0	0	177
20/01/2023	259	245	5	9	245
21/01/2023	138	138	0	0	138
22/01/2023	180	180	0	0	180
23/01/2023	169	169	0	0	165
24/01/2023	155	153	0	2	153
25/01/2023	179	175	0	4	170



26/01/2023	259	259	0	0	259
27/01/2023	252	252	0	0	252
28/01/2023	246	246	0	0	246
29/01/2023	246	246	0	0	246
30/01/2023	285	283	0	2	212
31/01/2023	278	276	0	2	273

Fuente: La empresa.

Elaboración: Propia.

### ANEXO N°5. Test ADF con RStudio

#Importación de libreria

library(tseries)

library(tidyverse)

library(lubridate)

#Importar archivo de trabajo

attach(TRAFICO)

names(TRAFICO)

#Visualización de la tabla y llamadas\_recibidas

TRAFICO

Llamadas\_recibidas

#Prueba de Dickey-Fuller

adf.test(Llamadas\_recibidas,k=0)

#p-value=0.01 , se rechaza hipotesis nula entonces la serie es estacionaria

Item	NumDia	NumSem	Llamadas_recibidas	Fecha
1	1	11	471	7/03/2022
2	2	11	388	8/03/2022
3	3	11	486	9/03/2022
4	4	11	452	10/03/2022
5	5	11	655	11/03/2022
6	6	11	545	12/03/2022
7	7	12	490	13/03/2022
8	1	12	531	14/03/2022
9	2	12	359	15/03/2022
10	3	12	408	16/03/2022
11	4	12	529	17/03/2022
12	5	12	620	18/03/2022
13	6	12	434	19/03/2022
14	7	13	544	20/03/2022
15	1	13	553	21/03/2022
16	2	13	383	22/03/2022
17	3	13	408	23/03/2022
18	4	13	522	24/03/2022
19	5	13	582	25/03/2022
20	6	13	290	26/03/2022
21	7	14	429	27/03/2022
22	1	14	331	28/03/2022
23	2	14	388	29/03/2022
24	3	14	463	30/03/2022
25	4	14	390	31/03/2022
26	5	14	446	1/04/2022
27	6	14	327	2/04/2022
28	7	15	355	3/04/2022
29	1	15	495	4/04/2022
30	2	15	387	5/04/2022
31	3	15	442	6/04/2022
32	4	15	477	7/04/2022
33	5	15	610	8/04/2022
34	6	15	393	9/04/2022
35	7	16	373	10/04/2022
36	1	16	440	11/04/2022
37	2	16	375	12/04/2022
38	3	16	463	13/04/2022
39	4	16	455	14/04/2022
40	5	16	462	15/04/2022
41	6	16	300	16/04/2022

42	7	17	467	17/04/2022
43	1	17	486	18/04/2022
44	2	17	362	19/04/2022
45	3	17	355	20/04/2022
46	4	17	419	21/04/2022
47	5	17	552	22/04/2022
48	6	17	292	23/04/2022
49	7	18	367	24/04/2022
50	1	18	422	25/04/2022
51	2	18	389	26/04/2022
52	3	18	373	27/04/2022
53	4	18	408	28/04/2022
54	5	18	449	29/04/2022
55	6	18	397	30/04/2022
56	7	19	422	1/05/2022
57	1	19	482	2/05/2022
58	2	19	374	3/05/2022
59	3	19	358	4/05/2022
60	4	19	429	5/05/2022
61	5	19	482	6/05/2022
62	6	19	351	7/05/2022
63	7	20	474	8/05/2022
64	1	20	495	9/05/2022
65	2	20	432	10/05/2022
66	3	20	443	11/05/2022
67	4	20	415	12/05/2022
68	5	20	581	13/05/2022
69	6	20	408	14/05/2022
70	7	21	472	15/05/2022
71	1	21	473	16/05/2022
72	2	21	422	17/05/2022
73	3	21	369	18/05/2022
74	4	21	399	19/05/2022
75	5	21	512	20/05/2022
76	6	21	384	21/05/2022
77	7	22	335	22/05/2022
78	1	22	443	23/05/2022
79	2	22	408	24/05/2022
80	3	22	418	25/05/2022
81	4	22	513	26/05/2022
82	5	22	653	27/05/2022
83	6	22	435	28/05/2022

84	7	23	443	29/05/2022
85	1	23	475	30/05/2022
86	2	23	404	31/05/2022
87	3	23	454	1/06/2022
88	4	23	454	2/06/2022
89	5	23	569	3/06/2022
90	6	23	347	4/06/2022
91	7	24	366	5/06/2022
92	1	24	474	6/06/2022
93	2	24	388	7/06/2022
94	3	24	482	8/06/2022
95	4	24	416	9/06/2022
96	5	24	452	10/06/2022
97	6	24	385	11/06/2022
98	7	25	428	12/06/2022
99	1	25	506	13/06/2022
100	2	25	442	14/06/2022
101	3	25	355	15/06/2022
102	4	25	502	16/06/2022
103	5	25	565	17/06/2022
104	6	25	344	18/06/2022
105	7	26	365	19/06/2022
106	1	26	513	20/06/2022
107	2	26	420	21/06/2022
108	3	26	367	22/06/2022
109	4	26	387	23/06/2022
110	5	26	515	24/06/2022
111	6	26	440	25/06/2022
112	7	27	475	26/06/2022
113	1	27	485	27/06/2022
114	2	27	433	28/06/2022
115	3	27	478	29/06/2022
116	4	27	576	30/06/2022
117	5	27	487	1/07/2022
118	6	27	442	2/07/2022
119	7	28	241	3/07/2022
120	1	28	280	4/07/2022
121	2	28	391	5/07/2022
122	3	28	345	6/07/2022
123	4	28	281	7/07/2022
124	5	28	627	8/07/2022
125	6	28	375	9/07/2022

126	7	29	346	10/07/2022
127	1	29	365	11/07/2022
128	2	29	440	12/07/2022
129	3	29	466	13/07/2022
130	4	29	443	14/07/2022
131	5	29	525	15/07/2022
132	6	29	334	16/07/2022
133	7	30	363	17/07/2022
134	1	30	405	18/07/2022
135	2	30	385	19/07/2022
136	3	30	423	20/07/2022
137	4	30	489	21/07/2022
138	5	30	613	22/07/2022
139	6	30	321	23/07/2022
140	7	31	438	24/07/2022
141	1	31	399	25/07/2022
142	2	31	383	26/07/2022
143	3	31	354	27/07/2022
144	4	31	445	28/07/2022
145	5	31	612	29/07/2022
146	6	31	442	30/07/2022
147	7	32	346	31/07/2022
148	1	32	416	1/08/2022
149	2	32	345	2/08/2022
150	3	32	380	3/08/2022
151	4	32	469	4/08/2022
152	5	32	495	5/08/2022
153	6	32	322	6/08/2022
154	7	33	560	7/08/2022
155	1	33	485	8/08/2022
156	2	33	374	9/08/2022
157	3	33	458	10/08/2022
158	4	33	433	11/08/2022
159	5	33	593	12/08/2022
160	6	33	375	13/08/2022
161	7	34	421	14/08/2022
162	1	34	567	15/08/2022
163	2	34	395	16/08/2022
164	3	34	419	17/08/2022
165	4	34	561	18/08/2022
166	5	34	496	19/08/2022
167	6	34	377	20/08/2022

168	7	35	340	21/08/2022
169	1	35	511	22/08/2022
170	2	35	438	23/08/2022
171	3	35	388	24/08/2022
172	4	35	454	25/08/2022
173	5	35	657	26/08/2022
174	6	35	420	27/08/2022
175	7	36	445	28/08/2022

Fuente: La empresa.

Elaboración: Propia.

### ANEXO N°6. Winter aditivo forecast con Minitab

Con Nivel: 0.20, Tendencia: 0.05 y Estacional: 0.20.

Fecha	Año	Mes	Dia	Semana	Llamadas_recibidas
7/03/2022	2022	Marzo	lunes	11	471
8/03/2022	2022	Marzo	martes	11	388
9/03/2022	2022	Marzo	miércoles	11	418
10/03/2022	2022	Marzo	jueves	11	452
11/03/2022	2022	Marzo	viernes	11	655
12/03/2022	2022	Marzo	sábado	11	377
13/03/2022	2022	Marzo	domingo	11	490
14/03/2022	2022	Marzo	lunes	12	531
15/03/2022	2022	Marzo	martes	12	359
16/03/2022	2022	Marzo	miércoles	12	408
17/03/2022	2022	Marzo	jueves	12	529
18/03/2022	2022	Marzo	viernes	12	620
19/03/2022	2022	Marzo	sábado	12	434
20/03/2022	2022	Marzo	domingo	12	544
21/03/2022	2022	Marzo	lunes	13	553
22/03/2022	2022	Marzo	martes	13	383
23/03/2022	2022	Marzo	miércoles	13	408
24/03/2022	2022	Marzo	jueves	13	522
25/03/2022	2022	Marzo	viernes	13	582
26/03/2022	2022	Marzo	sábado	13	290
27/03/2022	2022	Marzo	domingo	13	429
28/03/2022	2022	Marzo	lunes	14	475
29/03/2022	2022	Marzo	martes	14	388
30/03/2022	2022	Marzo	miércoles	14	463
31/03/2022	2022	Marzo	jueves	14	390
1/04/2022	2022	Abril	viernes	14	446

2/04/2022	2022	Abril	sábado	14	327
3/04/2022	2022	Abril	domingo	14	355
4/04/2022	2022	Abril	lunes	15	495
5/04/2022	2022	Abril	martes	15	387
6/04/2022	2022	Abril	miércoles	15	442
7/04/2022	2022	Abril	jueves	15	477
8/04/2022	2022	Abril	viernes	15	610
9/04/2022	2022	Abril	sábado	15	393
10/04/2022	2022	Abril	domingo	15	373
11/04/2022	2022	Abril	lunes	16	440
12/04/2022	2022	Abril	martes	16	375
13/04/2022	2022	Abril	miércoles	16	463
14/04/2022	2022	Abril	jueves	16	455
15/04/2022	2022	Abril	viernes	16	462
16/04/2022	2022	Abril	sábado	16	300
17/04/2022	2022	Abril	domingo	16	467
18/04/2022	2022	Abril	lunes	17	486
19/04/2022	2022	Abril	martes	17	362
20/04/2022	2022	Abril	miércoles	17	355
21/04/2022	2022	Abril	jueves	17	419
22/04/2022	2022	Abril	viernes	17	552
23/04/2022	2022	Abril	sábado	17	292
24/04/2022	2022	Abril	domingo	17	367
25/04/2022	2022	Abril	lunes	18	422
26/04/2022	2022	Abril	martes	18	389
27/04/2022	2022	Abril	miércoles	18	373
28/04/2022	2022	Abril	jueves	18	408
29/04/2022	2022	Abril	viernes	18	449
30/04/2022	2022	Abril	sábado	18	397
1/05/2022	2022	Mayo	domingo	18	422
2/05/2022	2022	Mayo	lunes	19	482
3/05/2022	2022	Mayo	martes	19	374
4/05/2022	2022	Mayo	miércoles	19	358
5/05/2022	2022	Mayo	jueves	19	429
6/05/2022	2022	Mayo	viernes	19	482
7/05/2022	2022	Mayo	sábado	19	351
8/05/2022	2022	Mayo	domingo	19	474
9/05/2022	2022	Mayo	lunes	20	495
10/05/2022	2022	Mayo	martes	20	432
11/05/2022	2022	Mayo	miércoles	20	443
12/05/2022	2022	Mayo	jueves	20	415
13/05/2022	2022	Mayo	viernes	20	581
14/05/2022	2022	Mayo	sábado	20	408
15/05/2022	2022	Mayo	domingo	20	472

16/05/2022	2022	Mayo	lunes	21	473
17/05/2022	2022	Mayo	martes	21	422
18/05/2022	2022	Mayo	miércoles	21	369
19/05/2022	2022	Mayo	jueves	21	399
20/05/2022	2022	Mayo	viernes	21	512
21/05/2022	2022	Mayo	sábado	21	384
22/05/2022	2022	Mayo	domingo	21	335
23/05/2022	2022	Mayo	lunes	22	443
24/05/2022	2022	Mayo	martes	22	408
25/05/2022	2022	Mayo	miércoles	22	418
26/05/2022	2022	Mayo	jueves	22	513
27/05/2022	2022	Mayo	viernes	22	653
28/05/2022	2022	Mayo	sábado	22	435
29/05/2022	2022	Mayo	domingo	22	443
30/05/2022	2022	Mayo	lunes	23	475
31/05/2022	2022	Mayo	martes	23	404
1/06/2022	2022	Junio	miércoles	23	454
2/06/2022	2022	Junio	jueves	23	454
3/06/2022	2022	Junio	viernes	23	569
4/06/2022	2022	Junio	sábado	23	347
5/06/2022	2022	Junio	domingo	23	366
6/06/2022	2022	Junio	lunes	24	474
7/06/2022	2022	Junio	martes	24	388
8/06/2022	2022	Junio	miércoles	24	418
9/06/2022	2022	Junio	jueves	24	416
10/06/2022	2022	Junio	viernes	24	452
11/06/2022	2022	Junio	sábado	24	385
12/06/2022	2022	Junio	domingo	24	428
13/06/2022	2022	Junio	lunes	25	506
14/06/2022	2022	Junio	martes	25	442
15/06/2022	2022	Junio	miércoles	25	355
16/06/2022	2022	Junio	jueves	25	502
17/06/2022	2022	Junio	viernes	25	565
18/06/2022	2022	Junio	sábado	25	344
19/06/2022	2022	Junio	domingo	25	365
20/06/2022	2022	Junio	lunes	26	513
21/06/2022	2022	Junio	martes	26	420
22/06/2022	2022	Junio	miércoles	26	367
23/06/2022	2022	Junio	jueves	26	452
24/06/2022	2022	Junio	viernes	26	515
25/06/2022	2022	Junio	sábado	26	440
26/06/2022	2022	Junio	domingo	26	475
27/06/2022	2022	Junio	lunes	27	485
28/06/2022	2022	Junio	martes	27	433



29/06/2022	2022	Junio	miércoles	27	478
30/06/2022	2022	Junio	jueves	27	576
1/07/2022	2022	Julio	viernes	27	487
2/07/2022	2022	Julio	sábado	27	442
3/07/2022	2022	Julio	domingo	27	241
4/07/2022	2022	Julio	lunes	28	475
5/07/2022	2022	Julio	martes	28	391
6/07/2022	2022	Julio	miércoles	28	345
7/07/2022	2022	Julio	jueves	28	452
8/07/2022	2022	Julio	viernes	28	627
9/07/2022	2022	Julio	sábado	28	375
10/07/2022	2022	Julio	domingo	28	346
11/07/2022	2022	Julio	lunes	29	365
12/07/2022	2022	Julio	martes	29	440
13/07/2022	2022	Julio	miércoles	29	466
14/07/2022	2022	Julio	jueves	29	443
15/07/2022	2022	Julio	viernes	29	525
16/07/2022	2022	Julio	sábado	29	334
17/07/2022	2022	Julio	domingo	29	363
18/07/2022	2022	Julio	lunes	30	405
19/07/2022	2022	Julio	martes	30	385
20/07/2022	2022	Julio	miércoles	30	423
21/07/2022	2022	Julio	jueves	30	489
22/07/2022	2022	Julio	viernes	30	613
23/07/2022	2022	Julio	sábado	30	321
24/07/2022	2022	Julio	domingo	30	438
25/07/2022	2022	Julio	lunes	31	399
26/07/2022	2022	Julio	martes	31	383
27/07/2022	2022	Julio	miércoles	31	354
28/07/2022	2022	Julio	jueves	31	445
29/07/2022	2022	Julio	viernes	31	612
30/07/2022	2022	Julio	sábado	31	442
31/07/2022	2022	Julio	domingo	31	346
1/08/2022	2022	Agosto	lunes	32	416
2/08/2022	2022	Agosto	martes	32	345
3/08/2022	2022	Agosto	miércoles	32	380
4/08/2022	2022	Agosto	jueves	32	469
5/08/2022	2022	Agosto	viernes	32	495
6/08/2022	2022	Agosto	sábado	32	322
7/08/2022	2022	Agosto	domingo	32	560
8/08/2022	2022	Agosto	lunes	33	485
9/08/2022	2022	Agosto	martes	33	374
10/08/2022	2022	Agosto	miércoles	33	458
11/08/2022	2022	Agosto	jueves	33	433

12/08/2022	2022	Agosto	viernes	33	593
13/08/2022	2022	Agosto	sábado	33	375
14/08/2022	2022	Agosto	domingo	33	421
15/08/2022	2022	Agosto	lunes	34	567
16/08/2022	2022	Agosto	martes	34	395
17/08/2022	2022	Agosto	miércoles	34	419
18/08/2022	2022	Agosto	jueves	34	561
19/08/2022	2022	Agosto	viernes	34	496
20/08/2022	2022	Agosto	sábado	34	377
21/08/2022	2022	Agosto	domingo	34	340
22/08/2022	2022	Agosto	lunes	35	511
23/08/2022	2022	Agosto	martes	35	438
24/08/2022	2022	Agosto	miércoles	35	388
25/08/2022	2022	Agosto	jueves	35	454
26/08/2022	2022	Agosto	viernes	35	565
27/08/2022	2022	Agosto	sábado	35	420
28/08/2022	2022	Agosto	domingo	35	445

Fuente: La empresa.

Elaboración: Propia.

## ANEXO N°7. Modelo de optimización en OpenSolver

OpenSolver - Model ×

**What is AutoModel?** AutoModel

AutoModel is a feature of OpenSolver that tries to automatically determine the problem you are trying to optimise by observing the structure of the spreadsheet. It will turn its best guess into a Solver model, which you can then edit in this window.

**Objective Cell:**   maximise  minimise  target value:

**Variable Cells:**

**Constraints:**

<Add new constraint>	<input type="text"/>	=	<input type="text"/>
\$F\$4:\$FQ\$4 >= \$F\$2:\$FQ\$2			
\$E\$8:\$E\$777 >= 0			
\$E\$8:\$E\$777 int			

Make unconstrained variable cells non-negative  
 Show named ranges in constraint list

**Sensitivity Analysis**  List sensitivity analysis on the same sheet with top left cell:   
 Output sensitivity analysis:  updating any previous output sheet  on a new sheet

**Solver Engine:** Current Solver Engine: CBC

Show model after saving

Nivel de Atención	80%	# Actual de Agentes (real)	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	2	4	5	5	5	5	5	5	5	4
Tiempo Esp. Media (min)	0.33	Demanda (# Agentes)	1.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.0	2.0	2.0	2.0	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0	2.0	
Tiempo Dur. Media (min)	3.50	Demanda (# Calls)	7								13	24	34	37	38	40	43	46	43	48	29	
% aumento puestos	5%	# Agentes Activos	2	0	0	0	0	0	0	0	2	3	3	3	3	3	3	3	3	3	2	
TM	3.83	Capacidad libre	1.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.0	1.0	1.0	1.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	
COSTO TOTAL DE AGENTES	\$ 580.80																					
Rol de turno-Día de descanso	Total Costo	Total Horas	# Agentes en turno	Lunes	Lunes	Lunes	Lunes	Lunes	Lunes	Lunes	Lunes	Lunes	Lunes	Lunes	Lunes	Lunes	Lunes	Lunes	Lunes	Lunes	Lunes	
8x1 08:00-16:00 LUNES	\$ -	0	0	01:00	02:00	03:00	04:00	05:00	06:00	07:00	08:00	09:00	10:00	11:00	12:00	13:00	14:00	15:00	16:00	17:00	18:00	19:00
8x1 08:00-16:00 MARTES	\$ -	0	0									1	1	1	1	1	1	1				
8x1 08:00-16:00 MIERCOLES	\$ -	0	0									1	1	1	1	1	1	1				
8x1 08:00-16:00 JUEVES	\$ -	0	0									1	1	1	1	1	1	1				
8x1 08:00-16:00 VIERNES	\$ -	0	0									1	1	1	1	1	1	1				
8x1 08:00-16:00 SABADO	\$ -	0	0									1	1	1	1	1	1	1				
8x1 08:00-16:00 DOMINGO	\$ -	0	0									1	1	1	1	1	1	1				
8x1 09:00-17:00 LUNES	\$ -	0	0																			
8x1 09:00-17:00 MARTES	\$ 106.41	48	1										1	1	1	1	1	1	1	1		
8x1 09:00-17:00 MIERCOLES	\$ -	0	0										1	1	1	1	1	1	1	1		
8x1 09:00-17:00 JUEVES	\$ -	0	0										1	1	1	1	1	1	1	1		
8x1 09:00-17:00 VIERNES	\$ -	0	0										1	1	1	1	1	1	1	1		
8x1 09:00-17:00 SABADO	\$ -	0	0										1	1	1	1	1	1	1	1		
8x1 09:00-17:00 DOMINGO	\$ -	0	0										1	1	1	1	1	1	1	1		
8x1 10:00-18:00 LUNES	\$ -	0	0																			
8x1 10:00-18:00 MARTES	\$ -	0	0											1	1	1	1	1	1	1	1	
8x1 10:00-18:00 MIERCOLES	\$ -	0	0											1	1	1	1	1	1	1	1	
8x1 10:00-18:00 JUEVES	\$ -	0	0											1	1	1	1	1	1	1	1	
8x1 10:00-18:00 VIERNES	\$ -	0	0											1	1	1	1	1	1	1	1	
8x1 10:00-18:00 SABADO	\$ -	0	0											1	1	1	1	1	1	1	1	
8x1 10:00-18:00 DOMINGO	\$ -	0	0											1	1	1	1	1	1	1	1	
8x1 11:00-19:00 LUNES	\$ -	0	0																			

Fuente: La empresa.  
Elaboración: Propia.