

PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL PERÚ

FACULTAD DE CIENCIAS E INGENIERÍA



PUCP

**REVISIÓN DE LA LITERATURA DE PROGRAMACIÓN LINEAL ENTERA Y
SIMULACIÓN DE EVENTOS DISCRETOS PARA EL DIMENSIONAMIENTO DE
UN CALL CENTER**

**Trabajo de investigación para la obtención del grado de
BACHILLER EN CIENCIAS CON MENCIÓN EN INGENIERÍA
INDUSTRIAL**

AUTOR

Elizabeth Villavicencio Billinghamurst

ASESOR:

Christian Cornejo Sánchez

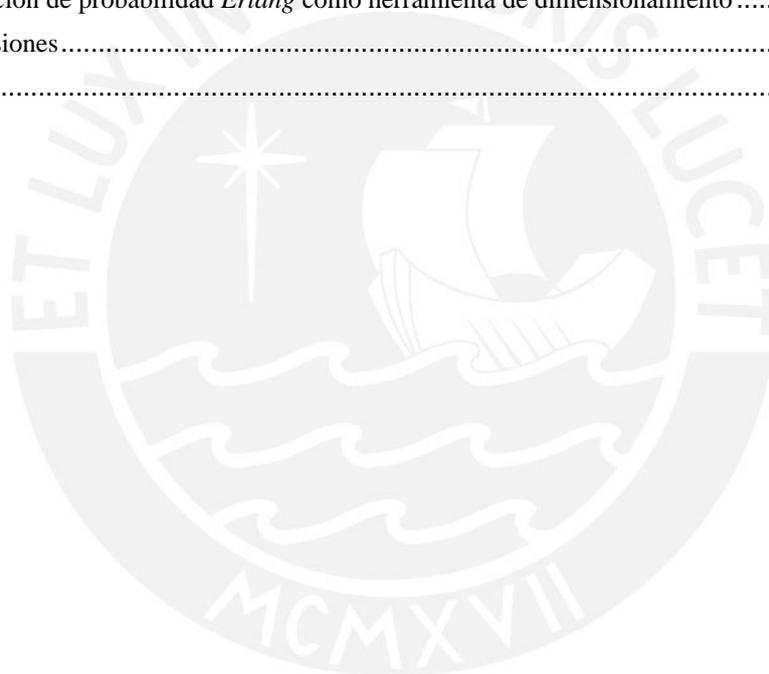
Lima, diciembre, 2020

Resumen

El crecimiento de los *call center* en el Perú, lo han convertido en una industria atractiva para las empresas extranjeras y para la oferta de trabajo local. Con la generación de aproximadamente 45 mil puestos y un crecimiento de 25% anual; los centros de contacto representan el enlace con el cliente de la manera más fácil y eficiente en la actualidad. El centro de contacto, al ser el representante de la empresa ante el cliente, debe generar la mejor experiencia y para lograrlo se tienen indicadores operativos (nivel de atención, servicio, conversión, y otros) que permiten controlar la gestión. Estos indicadores no solo monitorean la experiencia del cliente sino también la utilización del recurso más valioso para esta industria, el asesor telefónico. La contratación de agentes telefónicos representa el 70% de la estructura de costos de un *call center* y es un factor que impulsa a estas industrias a utilizar herramientas matemáticas que permitan encontrar el punto de equilibrio, generando ahorros y la mejor experiencia. Este punto de equilibrio es el dimensionamiento óptimo de agentes que permita cumplir con los estándares de la industria (95% de nivel de atención y 80% de nivel de servicio). En la revisión de la literatura se presentan tres herramientas matemáticas, la formulación *Erlang-C* para obtener los mínimos requeridos, la programación lineal entera para optimizar la función objetivo y la simulación de eventos discretos para confirmar los principales indicadores. Finalmente, se concluye que a través de las herramientas matemáticas mencionadas, se logra obtener el número de agentes telefónicos necesarios para lograr los objetivos de atención y minimizar la inversión en este recurso; potenciando una industria en crecimiento y que cubre las principales expectativas del cliente.

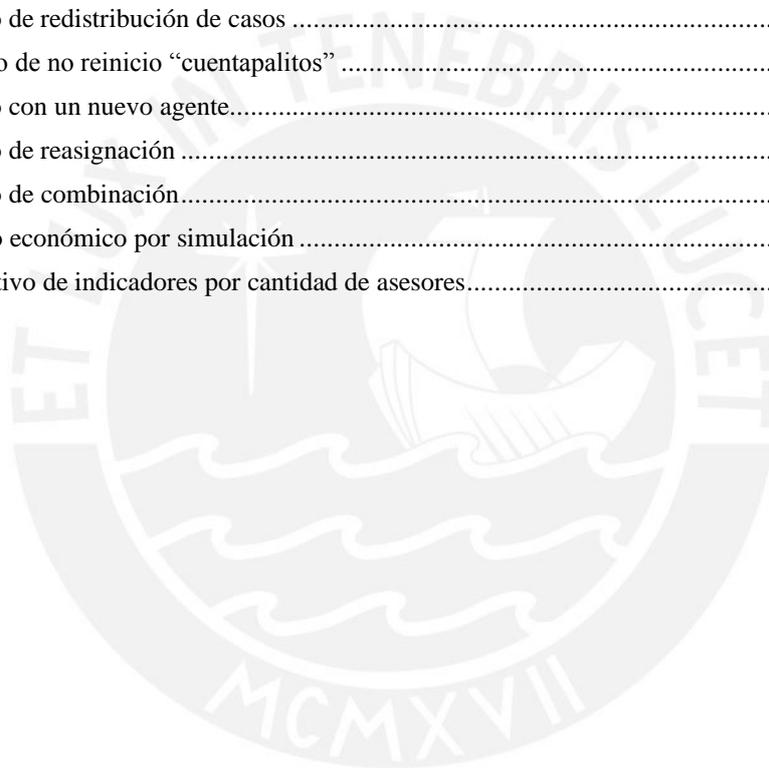
Índice de contenido

Capítulo 1. Marco conceptual	1
1.1 Definición de <i>call center</i>	1
1.2 Terminología y aspectos operativos.....	2
1.3 <i>Call center</i> en Perú.....	4
1.4 Experiencia del cliente en el <i>call center</i>	6
Capítulo 2. Estado del arte.....	11
2.1 Programación lineal aplicada a <i>call center</i>	11
2.1.1 Toma de decisiones a partir de la programación lineal	12
2.1.2 Programación lineal entera.....	12
2.2 Simulación de eventos discretos aplicada a <i>call center</i>	16
2.3 La distribución de probabilidad <i>Erlang</i> como herramienta de dimensionamiento	27
Capítulo 3. Conclusiones.....	30
Bibliografía.....	31



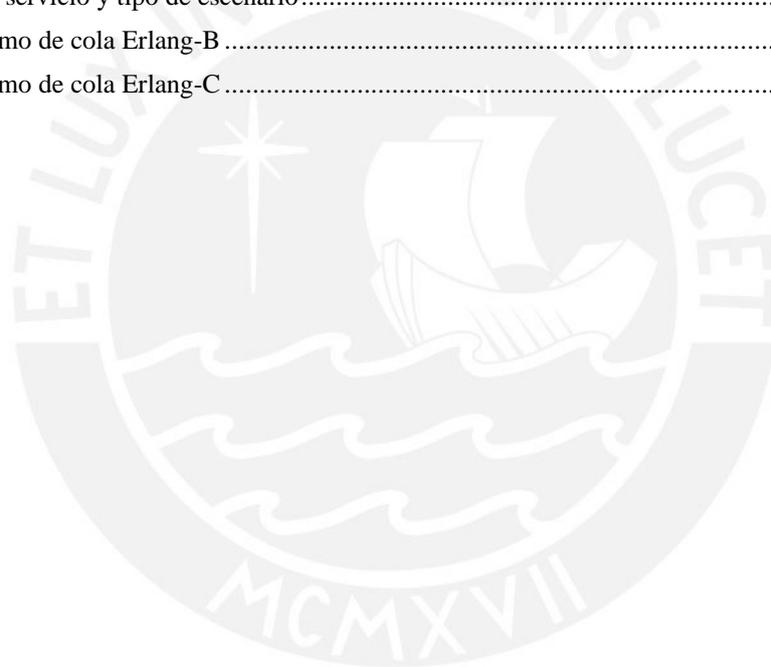
Índice de tablas

Tabla 1. Resultados de correlación satisfacción al cliente.....	8
Tabla 2. Resultado de correlación satisfacción al cliente	9
Tabla 3. Resultado de significancia de las variables en la satisfacción al cliente.....	9
Tabla 4. Resultados de simulación variación cantidad de operadores	18
Tabla 5. Resultados de tasa abandono variación cantidad de operadores	18
Tabla 6. Impacto simulación en nivel de servicio y tasa de abandono.....	19
Tabla 7. Resultados de la simulación según método de dimensionado.....	20
Tabla 8. Resultados de simulación por escenario modificado	21
Tabla 9. Resultados simulación transferencia a ciegas	21
Tabla 10. Resultados escenario real	22
Tabla 11. Escenario de redistribución de casos	22
Tabla 12 . Escenario de no reinicio “cuentapalitos”	23
Tabla 13. Escenario con un nuevo agente.....	23
Tabla 14. Escenario de reasignación	24
Tabla 15. Escenario de combinación.....	24
Tabla 16. Resultado económico por simulación	26
Tabla 17. Comparativo de indicadores por cantidad de asesores.....	27



Índice de figuras

Figura 1. Modelos de negocio <i>call center</i>	1
Figura 2. Comportamiento del nivel de servicio versus TMO.....	3
Figura 3. Salario anual en dólares de operadores <i>call center</i>	5
Figura 4. Ciclo de vida del cliente.....	6
Figura 5. Potenciales puntos de contacto en el viaje del cliente	8
Figura 6. Comparación entre metodologías de dimensionamiento diaria	16
Figura 7. Caracterización de servicio en un centro de llamadas	17
Figura 8. Caracterización de servicio en un centro de llamadas	19
Figura 9. Relación abandono y número de servidores	25
Figura 10. Nivel de servicio y tipo de escenario.....	26
Figura 11. Mecanismo de cola Erlang-B	28
Figura 12. Mecanismo de cola Erlang-C.....	28



Capítulo 1. Marco conceptual

1.1 Definición de *call center*

Dawson (1998) define al *call center* como una locación donde se ejecutan y recibe un volumen grande llamadas con el propósito de vender, brindar servicio al cliente, soporte técnico, etc. Por otro lado, Law (2009) señala al *call center* como el punto de contacto entre un cliente y la empresa mediante un hilo telefónico que unifica la inteligencia y el procesamiento de información para brindar al cliente la orientación solicitada.

Además, Micheli (2011) sugiere que los *call center* representan un sector económico global debido a que estos han acelerado los procesos del mercado; esto debido a la capacidad de captar a la mayor cantidad de clientes posible minimizando la cantidad de necesidades para lograrlo. Es así como menciona cinco ámbitos importantes en un *call center*; tecnologías, trabajo, mercado y competencia, tercerización y regulación.

Finalmente, acorde con Fluss (2005) la estructura de costos involucrados en un *call center* se encuentra dividido en 70% costo en recursos humanos, 13% en redes, 10% en tecnología y 7% facilidades; en consecuencia por la inversión importante que representa se tienen distintos modelos de negocios por las cuales una empresa puede optar al contar con un servicio de llamadas. Al respecto; Morris et al. (2009) señalaron los siguientes modelos:

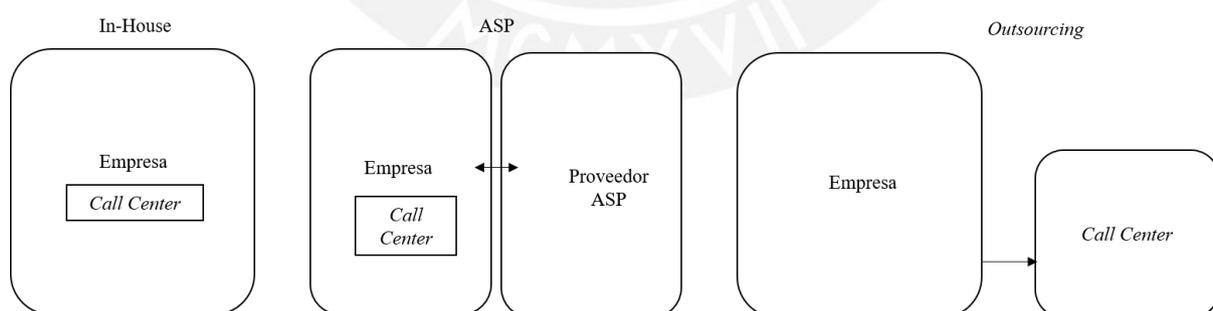


Figura 1. Modelos de negocio *call center*

Adaptado de Morris et al. (2009)

En la figura 1 se visualizan los modelos:

- *In house*: la organización adquiere personal e infraestructura
- *ASP (Application service provider)*: los aplicativos usados son alquilados por un proveedor externo.
- *Outsourcing*: Es tercerizado a una empresa externa a la organización

1.2 Terminología y aspectos operativos

Un aspecto clave dentro del servicio de *telemarketing* es el asesor telefónico, este actor es el encargado de comunicar la información al cliente en representación de la empresa. Por ello es necesario enfatizar en los tres tipos de asesores telefónicos que podemos encontrar en un *call center*; Llanos (2016) señala que el primero de ellos es el asesor *inbound*, su labor es exclusiva a recibir llamadas. Por otro lado, al asesor *outbound* el cual tiene como labor exclusiva emitir llamadas y, por último, según Cronin, Brady y Hult (2000), el asesor *blend* que tiene la capacidad para recibir y emitir llamadas.

Otro aspecto importante que es necesario comprender son los indicadores involucrados en los servicios de *call center*. Uno de los principales indicadores a enfocarnos en un servicio de *inbound* (llamadas entrantes), es el nivel de atención. Este indicador señala que proporción del total de llamadas recibidas son contestadas o atendidas. El segundo indicador importante (aplicable a todos los servicios descritos previamente) es el nivel de servicio; Falla (2015) lo define como la proporción de las llamadas atendidas y gestionadas dentro un umbral de tiempo determinado (dependerá de la definición del tipo de servicio y los niveles que desee manejar la empresa, generalmente 80%). Además, se analizará un factor determinante para todas las operaciones a realizarse en un centro de contacto, el tiempo promedio operativo -también conocido como TMO-, que representa el tiempo que toma el manejo de una llamada. Al respecto, Falla (2015) señala la correlación existente entre nivel de servicio y TMO; esto debido a que mayor tiempo de gestión deteriora la atención de llamadas posteriores.

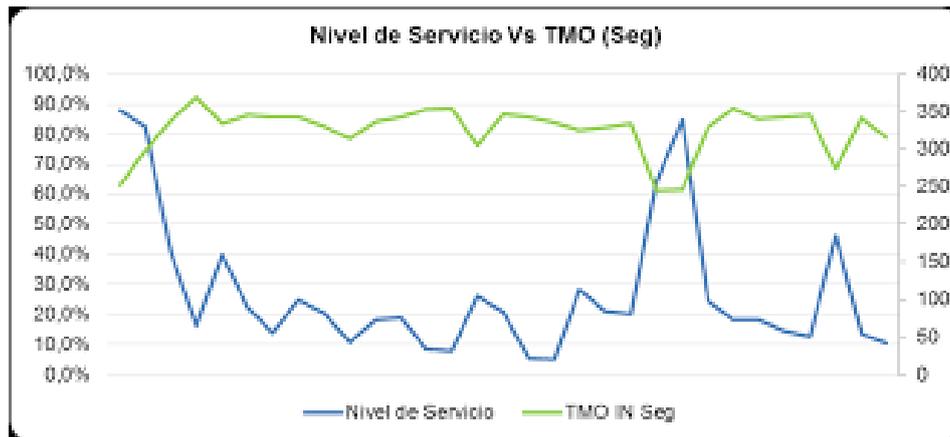


Figura 2. Comportamiento del nivel de servicio versus TMO

Tomado de Falla (2015)

Falla (2015) también señala que un indicador crucial en la operación de un *call center* es el ausentismo (días ausentes dividido entre días laborables). Otro indicador por considerar es la rotación, que es la cantidad de empleados que ingresan menos la cantidad de empleados que salen, dividido entre el total de empleados; y representado como porcentaje. Por último, otro indicador relevante para el *telemarketing*, es la conversión la cual está referido al total de ventas realizadas sobre las potenciales ventas.

A continuación, los indicadores descritos:

- Nivel de atención (NA)

$$NA = \frac{\text{llamadas atendidas}}{\text{llamadas recibidas}} \times 100\%$$

- Nivel de servicio (NS)

$$NS = \frac{\text{llamadas atendidas en umbral}}{\text{llamadas recibidas}} \times 100\%$$

- TMO

$$TMO = \frac{\sum \text{tiempo en llamada}}{\text{total de llamadas}}$$

- Ausentismo (A)

$$A = \frac{\text{días ausentes}}{\text{días laborables}} \times 100\%$$

- Rotación (R)

$$R = \frac{(\text{cantidad de asesores que ingresan} - \text{cantidad de asesores que salen})}{\text{total empleados}} \times 100\%$$

- Conversión (C)

$$C = \frac{\text{ventas}}{\text{total tráfico}} \times 100\%$$

Finalmente, un aspecto esencial en la eficiente gestión de un *call center* es el dimensionamiento que consiste en determinar cuál es la cantidad de asesores necesarios para poder atender el tráfico entrante o saliente del servicio. En este sentido, el dimensionamiento está directamente relacionado con los principales indicadores en la gestión de un centro de contacto ya que esto permitirá medir la suficiencia del servicio para gestionar lo requerido a un determinado nivel de calidad.

1.3 *Call center* en Perú

Según Radic (2015), la industria de *call center* en el Perú genera alrededor de 45 000 empleos a nivel nacional y una facturación promedio de 500 millones de dólares anuales, asimismo TyNmagazine (2012) añade que esta industria crece alrededor del 25% anualmente en el Perú. En este sentido, Muñoz (2015) también señala que el crecimiento se debe a que las empresas optan por contar con servicios tercerizados en lugar de generar costos fijos.

Respecto al mercado peruano en la industria de *call center*, Uribe (2010) señala que el mercado extranjero prefiere al Perú como proveedor del servicio debido a que la educación del país permite que el agente telefónico se adapte fácilmente a cualquier contexto Latinoamericano. Es así, como distintos medios de la industria utilizan este canal como la manera más ágil, fácil y sencilla de esclarecer las inquietudes de sus clientes.

Otros atributos que hacen del mercado peruano un escenario atractivo para la industria de *call center* es el costo de mano de obra, la habilidad lingüística de poseer un acento neutral y el contexto económico (Morris et al., 2009). Este último atributo, se sustenta con la PEA (población económicamente activa); según INEI (2019), de cada 100 peruanos, seis ciudadanos económicamente activos se encuentran desempleados. Este indicador resulta atractivo para poder encontrar una oferta de mano de obra relevante.

En la figura 3 se visualiza cómo el Perú representa el país con menor costo en agente telefónico; con un valor aproximado de 3 200 dólares anuales de salario, la décima primera parte del salario anual de un agente telefónico en EE. UU.

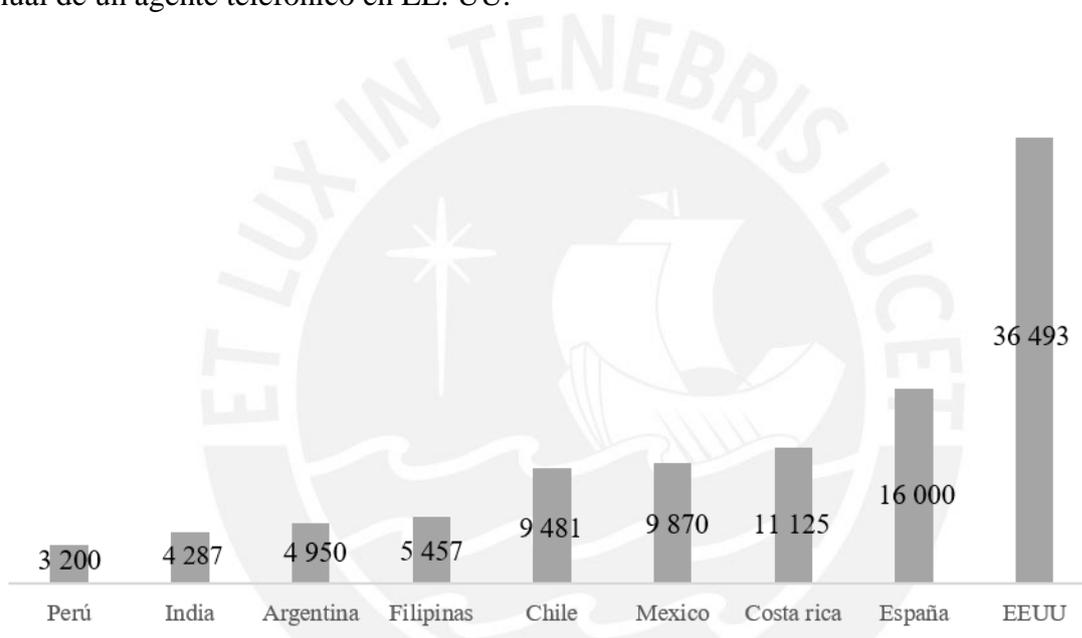


Figura 3. Salario anual en dólares de operadores *call center*
Adaptado de Morris et al. (2009)

Por otro lado, si bien el contexto peruano resulta favorable para el sector; existen determinados riesgos operativos altamente ligados a la situación del país. Jaramillo (2017) realizó un análisis de correlación de los principales factores que están involucrados en el nivel de ventas de los principales *call center* del mercado peruano. Los hallazgos del estudio son los siguientes:

- Las ventas disminuyen a razón que aumenta el nivel educativo del agente telefónico
- Las ventas aumentan a razón de 0.11 por cada mes adicional al contrato original del agente telefónico.

- Las ventas crecen a medida que el asesor tenga mayor tiempo en la gestión
- Las ventas incrementan en 0.18 por cada incentivo que el asesor reciba, ya sean de carácter monetario o motivacional.

Finalmente; ante el contexto COVID-19, Chávez (2020) señala que la adopción de las disposiciones de distanciamiento social ha originado la no renovación o suspensión perfecta de las labores de muchos trabajadores (estudiantes en su mayoría). Además de presentar problemas de liquidez que los obliga a buscar créditos para poder cubrir el gasto más representativo (el recurso humano).

1.4 Experiencia del cliente en el *call center*

Lywood, Stone y Ekinci (2009) señalan que la experiencia del cliente se ha convertido en parte de la estrategia de las empresas; en un sentido más específico, la atención telefónica genera una determinada impresión en el potencial cliente. Este comportamiento de escucha (atención, percepción y sensibilidad) influye de manera notable la decisión de compra del cliente. Por otro lado, Duncan, Jones y Rawson (2013) definen a la experiencia del cliente como una de tipo emocional, subjetiva, única e irremplazable del cliente con la empresa. Para generar una experiencia plena, es necesario entender el *journey* (recorrido) de cada cliente definiendo los *touchpoints* (puntos de contacto) ideales; es así como el *call center* cobra vital importancia. Estos autores señalan que las atenciones telefónicas representan el 50 por ciento de insatisfacción total en los clientes; por ello la importancia de implementar un servicio de calidad en la primera línea de atención en un *call center* como ilustra la figura 4.

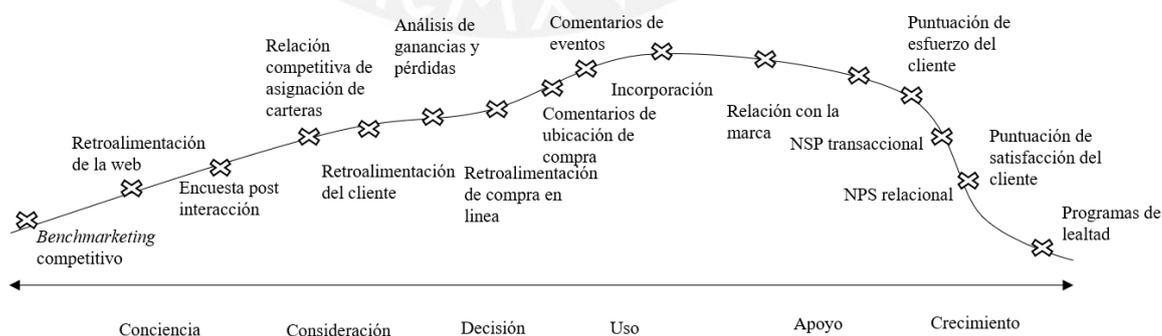


Figura 4. Ciclo de vida del cliente

Adaptado de Qualtrics (s.f.)

Según Dorsey (2020), tras analizar la experiencia de 10 000 estadounidenses con compañías de más de 20 sectores; se determinó que las emociones explican el más grande impacto en cuanto a la experiencia generada al cliente. El 94% de los consumidores que calificaron como “muy bien” a la experiencia, tienden a comprar más. Por otro lado, el 75% de este tipo de consumidor tiene tendencia a perdonar a la compañía por malas experiencias. Finalmente, el 90% de estos clientes, tienden a confiar en la compañía para cubrir sus necesidades.

Por otro lado, Qualtrics (s.f) señala que el 80% de las empresas sienten que ofrecen una gran experiencia; sin embargo, solo el 8% de sus consumidores concuerdan con este punto. La experiencia toma especial importancia cuando estos indicadores se hacen tangibles monetariamente; por ejemplo, tras analizar el comportamiento de un grupo de clientes Qualtrics determinó que encontrar un nuevo cliente puede resultar hasta 25 veces más costoso que retenerlo, he aquí la necesidad de satisfacer las expectativas de atención del cliente.

CXPA (2020) indican algunas acciones importantes en una empresa para lograr generar la mejor experiencia del cliente:

- Incrementar compromiso e involucramiento de todos los colaboradores
- Entrenamiento en experiencia del cliente
- Estrategias de comunicación
- Compartir historias de éxito en experiencia del cliente
- Alinear objetivos de la empresa con foco en el cliente
- Nuevos procesos implementados a través del *feedback* (retroalimentación)
- Revisar métricas
- Implementar programa de voz clientes

En la figura 5 se ilustran los potenciales puntos de contacto como parte de una estrategia enfocada a la experiencia del cliente.

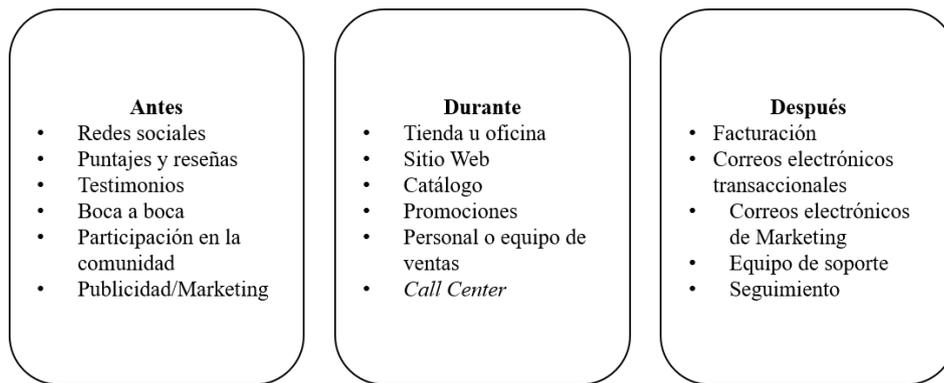


Figura 5. Potenciales puntos de contacto en el viaje del cliente

Adaptado de Pozo (s.f.)

Como se observa en la figura 5, el servicio de *call center* se encuentra presente durante la estadía del cliente en el servicio; sin embargo, esto no descarta su uso en otras actividades relacionadas al recorrido del cliente.

Finalmente, Hussain, Bhatti y Jilani (2011) realizaron un estudio de correlaciones para verificar qué variables influyen directamente en la satisfacción del cliente. Los resultados se muestran en la tabla 1, 2 y 3.

Tabla 1. Resultados de correlación satisfacción al cliente

Modelo	β	Error estandarizado
1 (Constante)	-1.018	0.183
V1: Tipo de producto/servicio	0.105	0.055
V2: Elementos humanos de la entrega	0.255	0.081
V3: Sistematización de la entrega (elementos no humanos)	0.364	0.082
V4: El servicio	0.124	0.051
V5: Responsabilidades sociales	0.42	0.086

Tabla 2. Resultado de correlación satisfacción al cliente

Modelo	Coefficiente estandarizado	t
1 (Constante)		-5.572
V1: Tipo de producto/servicio	0.890	1.893
V2: Elementos humanos de la entrega	0.229	3.131
V3: Sistematización de la entrega (elementos no humanos)	0.255	4.421
V4: El servicio	0.108	2.432
V5: Responsabilidades sociales	0.352	4.897

Tabla 3. Resultado de significancia de las variables en la satisfacción al cliente

Modelo	Significancia
1 (Constante)	0.000
V1: Tipo de producto/servicio	0.060
V2: Elementos humanos de la entrega	0.002
V3: Sistematización de la entrega (elementos no humanos)	0.000
V4: El servicio	0.016
V5: Responsabilidades sociales	0.000

En las tablas 1,2 y 3 se comprueba que los elementos humanos de la entrega, la sistematización (elementos no humanos) de la entrega, el servicio en sí y las responsabilidades sociales son variables significativas para la satisfacción del cliente. En cambio, la variable tipo de servicio/producto no resulta ser significativa; sin tener impacto negativo sobre el resultado.

Con el objetivo de implementar una primera línea de atención preparada para brindar una experiencia completa al cliente se tiene un indicador clave, el *First Contact Resolution* (*Resolución en el primer contacto - FCR*), Five9 (2020) empresa líder en plataformas de atención en la nube; define al FCR como el grado de resolución en el primer contacto telefónico con el cliente y es común que oscile entre; 70 y 75 por ciento. Asimismo, Five9 (2020) propone medir el FCR de la siguiente manera:

$$\frac{\text{Incidentes resueto en el primer contacto}}{\text{Total de incidentes por día} \times 100}$$

o

$$\frac{\text{Total de incidentes resueltos} - \text{Incidentes reabiertos}}{\text{Total de incidentes} \times 100}$$

Para medir el FCR es necesario contar con plataformas que permitan *trackear* (localizar la trazabilidad) el problema del cliente a través de los canales. Con esta consideración, es necesario acotar los pasos claves para tener un FCR exitoso: preguntar a los agentes telefónicos las dificultades claves que encuentran, implementar plataformas en la nube que permitan conexión en cualquier momento, incrementar la autogestión, equipar y entrenar a los agentes.

Finalmente, la industria de *call center* ha ido tomando importancia a través del tiempo debido a la efectividad que representan para que las empresas tengan contacto con sus clientes. Además, las empresas han recurrido a este servicio como herramienta para generar experiencias agradables a sus clientes y así fidelizarlos. El Perú es un escenario donde se ejemplifica este crecimiento; factores culturales, como el nivel educativo, el acento, y factores económicos como, por ejemplo, el porcentaje potencial mano de obra debido a que cada seis de cada 100 ciudadanos económicamente activos se encuentran desempleados y la brecha salarial en comparación con otros países en la misma industria han convertido al escenario nacional como un importante generador de oportunidades laborales en el país, mostrando un crecimiento de aproximadamente 25% por año. Finalmente, el éxito de la atención de los *call center* está relacionado con la experiencia del cliente; el propósito de los principales indicadores de gestión como el nivel de servicio, atención, FCR entre otros, es asegurar una gestión de calidad.

Capítulo 2. Estado del arte

2.1 Programación lineal aplicada a *call center*

Dantzig y Thapa (1997) definen a la programación lineal como una técnica de minimización o maximización de una función objetivo lineal de variables sujetas a restricciones (sean igualdades o desigualdades). La estructura de un programa lineal es la siguiente:

$$\text{Max o min } z = c_1x_1 + c_2x_2 + \dots + c_nx_n$$

$$a_{11}x_1 + a_{12}x_2 + \dots + a_{1n}x_n = b_1$$

$$a_{21}x_1 + a_{22}x_2 + \dots + a_{2n}x_n = b_2$$

...

$$a_{m1}x_1 + a_{m2}x_2 + \dots + a_{mn}x_n = b_m$$

En notación en matriz

$$\text{Max o min } c^T x = z$$

$$\text{Sujeto a } Ax = b \quad A: mxn$$

$$x \geq 0$$

Dantzig (2002) señala que la programación lineal ha contribuido en la toma de decisiones que involucran lograr un objetivo específico. A través de los años, este mismo autor aportó de manera significativa a la programación matemática estableciendo una función objetivo, añadiendo sistema de inecuaciones para formular relaciones y desarrollando el método simplex para la resolución de programas lineales.

Con respecto a la función objetivo, contiene las variables a optimizar mediante el planteamiento de lo que se quiere lograr. Este planteamiento puede ser maximizando o minimizando la expresión.

El sistema de inecuaciones para formular restricciones implementado por Dantzig, permite limitar bajo cierto contexto los valores que pueden tomar las variables de la función objetivo. En particular en un *call center*, estas restricciones podrían estar vinculadas a la cantidad mínima de asesores necesarios para cubrir una determinada demanda en un rango de tiempo.

2.1.1 Toma de decisiones a partir de la programación lineal

La toma de decisiones en el mundo empresarial es una constante que se afronta todos los días debido a que son estas las que definen la naturaleza de las actividades económicas. En este sentido, la toma de decisión generalmente se encuentra guiada por la lógica, experiencia, pero en un sentido más amplio, se encuentra apoyada en herramientas matemáticas que resultan cruciales para ganar o perder dinero. Los modelos matemáticos se han aplicado a diversas actividades económicas con el propósito de sustentar numéricamente la toma de decisiones. Diaz (2005) indica que “los conceptos matemáticos [involucrados en la programación lineal] deben ser desglosados y ajustados al tema empresarial, de tal forma que permite ganar tiempo y realizar análisis de diferentes escenarios, para tomar decisiones con probabilidades de error muy bajas” (p. 3). El éxito en la aplicación de esta herramienta matemática en la toma de decisiones, según Conejero (2013) se debe principalmente a la sencillez en la formulación y la eficacia del algoritmo simplex para hallar el óptimo en un número finito de pasos. La evidencia de la importancia de esta herramienta matemática en las actividades económicas se encuentra en la variedad de sectores en donde se ha aplicado, por ejemplo; marketing, finanzas, producción entre otras.

En marketing la programación lineal ha influido en la toma de decisiones correspondientes a la combinación de medios de comunicación eficiente; en el ámbito de las finanzas se aplica a la selección de inversiones con el fin de maximizar utilidades o minimizar riesgos; por último, en el ámbito de la producción se involucra en la toma de decisiones correspondientes a la producción óptima para minimizar costos. Finalmente, este trabajo de investigación se enfoca en las aplicaciones matemáticas en *call centers*, a continuación, se presenta una revisión de la literatura sobre aplicaciones de la programación lineal y entera en esa área.

2.1.2 Programación lineal entera

La programación lineal es una herramienta matemática que busca optimizar una función objetivo sujeta a restricciones. Un tipo de programación lineal es la programación entera, Taha (2012) la define como problemas de programación lineal donde las variables son de naturaleza entera o discreta (0 o 1). Este tipo de programación matemática es aplicable en situaciones en donde los valores de variables de decisión tienen sentido únicamente cuando son enteros o valores dicotómicos que expresan matemáticamente situaciones mutuamente excluyentes que se modelan con variables binarias 0 o 1. Un programa entero tiene la siguiente estructura:

$$\text{Max o min } z = g_0(x_1, x_2, \dots, x_n)$$

Donde las funciones g_0 son lineales

Sujeta a

$$g_i(x_1, x_2, \dots, x_n) \begin{cases} \leq \\ = \\ \geq \end{cases} b_i, i \in M \equiv \{1, 2, \dots, m\}$$

$$x_j \geq 0, j \in N \equiv \{1, 2, \dots, n\}$$

$$x_j \text{ entero}, j \in I \subseteq N$$

Algunas aplicaciones de la programación entera son la administración de presupuesto de inversión de proyectos, asignación de horarios, secuencia de actividades, costo-distancias y rutas. Este trabajo de investigación se enfoca en la aplicación de la programación entera en la asignación de horarios, al respecto, Bermúdez (2011) señala que la programación lineal entera y mixta es utilizada como herramienta que permite replanificar de horarios de trabajo a partir de una planificación inicial y de los nuevos acontecimientos o previsiones. Es decir, permite planificar horarios en un rango de tiempo de terminado, utilizando como base un escenario ideal ya presenciado.

Ojeda (2012) elaboró un modelo de programación lineal entera cuya función objetivo fue minimizar el total de horas de agentes telefónicos restringido a la cantidad de asesores necesarios por cuartos de hora para un *call center* ubicado en México. El autor determinó que el sistema analizado presentaba 25% adicional de agentes telefónicos, representando un gasto innecesario. La programación lineal entera propone 3296 asignaciones de horario en rangos de 15 minutos.

Otra aplicación de este modelo en *call center* la elaboraron Anaya y Torres (2015) para la evaluación de créditos ubicado en el Perú. En su planteamiento, la función objetivo busca minimizar la cantidad de agentes telefónicos en turnos de seis horas restringido a la cantidad de asesores demandados por intervalos de 60 minutos. Como resultado, se obtuvo un ahorro de 43.96% de los costos debido a la asignación de los agentes telefónicos en seis horarios en lugar de cuatro (escenario original).

Por otro lado, Díaz (2014) analizó la esquematización de horarios de asesores en un centro de emergencias. El autor propone una programación lineal entera que determine necesidades mínimas y óptimas para ajustar la cantidad de agentes telefónicos en intervalos de tiempo; además menciona que la ventaja de esta programación es que no solo resuelve la función objetivo, sino que también permite descomponer la solución en subconjuntos excluyentes para entender el comportamiento de cada restricción. La formulación de Díaz es la siguiente:

$$\text{Min } Z = \sum_{i=1}^3 \sum_{t=1}^T \sum_{j=1}^h \sum_{k=1}^{12} P_{itjk} X_{itjk}$$

s.a

$$Y_{itk} \geq b_{itk}$$

$$X_{itjk} = \text{positivo y entero}$$

Siendo

Conjuntos

I : modalidad (teleoperador, médico, coordinador y operador de radio) = {1,2,...13}

T : periodo de tiempo = {1,2,...T}

J : tipo de turno = {1,2,...h}

K : mes = {1,2,...12}

Índices

$i \in I$

$t \in T$

$j \in J$

$k \in K$

Variables de decisión

X_{itjk} = Número de puestos

P_{itjk} = Tiempo de trabajo

Y_{itk} = Número de agentes por puesto

$$Y_{itk} = \sum_{j=1}^h X_{itk}$$

b_{itk} = número de personas necesarias por cada puesto i ($i=1,2,3$) en el intervalo t ($t=1,\dots,T$), en el mes k ($k=1,\dots,12$).

El resultado final de la propuesta de Díaz difirió en dos asesores a lo calculado mediante la teoría de colas.

Por otro lado, Aykin (2010) establece los siguientes pasos para poder manejar un modelo de asignación de horarios para un *call center* a través de la programación lineal entera:

- Definir variables de decisión
- Determinar horas de operación y grupos de disponibilidad
- Determinar parámetros de cambios de agentes
- Determinar el objetivo a ser optimizado y asociarlo a los parámetros
- Desarrollar el modelo de programación lineal entera:

Gans, Koole, y Mandelbaum, (2003) acotaron que algunas variaciones que se pueden dar en los modelos de programación lineal entera para asignación de horarios en un *call center* es añadir restricciones en periodos más largos, minimizar desviación entre el mínimo y el número actual de asesores; por último, tenemos al *rostering* (clasificar a los asesores y asignarlos bajo este criterio en los horarios). Mandelbaum y Zeltyn (2006) también introducen este paso analítico bajo la terminología de *shift bidding* (ofertas de turno), bajo los criterios de preferencia del asesor y cualidades. Finalmente; Trilling, Guinet y Le (2007) compararon el uso de la programación lineal entera y problemas de satisfacción de restricciones (CPS):

$$X = \{X_1, \dots, X_n\} \text{ conjunto de variables}$$

$$D = \{D_1, \dots, D_n\} \text{ conjunto de dominio de valores}$$

$$C = \{C_1, \dots, C_m\} \text{ conjunto de restricciones}$$

Como resultado, la programación lineal entera señala una mejor solución debido al tiempo computacional menor.

En la figura 6 se muestra de manera gráfica la diferencia entre las metodologías dimensionamiento.



Figura 6. Comparación entre metodologías de dimensionamiento diaria

Tomado de Diaz (2014)

En la figura 6 se evidencia como la diferencia entre el modelo de colas y el modelo de programación lineal entera llevan una mínima diferencia; sin embargo, la asignación sí cambia drásticamente cuando se compara con la programación real actual.

2.2 Simulación de eventos discretos aplicada a *call center*

En un *call center* se evidencian interacciones entre recursos y entidades que, en este caso, son las llamadas de clientes potenciales. Anton, Hall y Vivek (1999) describen el proceso de entrada de un cliente al sistema del *call center*; la llamada ocupa un lugar en la línea troncal, espera en una determinada cola (que en ocasiones es abandonada) y es redireccionada por un *interactive voice response* (IVR-respuesta de voz interactiva) hacia su destino. Cuando la llamada es recibida por el agente telefónico, el manejo de la misma dependerá de las habilidades del mismo. Los autores afirman que uno de los retos en un *call center* es minimizar el tiempo del cliente durante la llamada y a la vez brindarle el mejor servicio. Además, mencionan que la herramienta capaz de imitar el comportamiento del *call center* es la simulación de eventos discretos.

Barberies y Del Moral (2011) señalan que la simulación es una herramienta de análisis muy poderosa para diseñar, evaluar y predecir. En un sentido más específico la simulación permite identificar el comportamiento de un sistema en un intervalo de tiempo; esta definición enfocada en un *call center* permite conocer datos de calidad y cantidad de tráfico; asimismo, permiten tomar decisiones optimizando los recursos utilizados para así brindar un mejor servicio a un menor costo.

La teoría de colas está altamente involucrada en la simulación de los procesos de un *call center* porque la llegada de los clientes a la línea telefónica representa una cola de espera que será atendida bajo un determinado criterio.

Law (2003) sugiere importante conocer los siguientes *inputs* (entradas del servicio)

- Provisión de llamadas: la provisión es creada en base a la data histórica, series de tiempo y juicio. Estas llamadas deben ser contempladas para cada cola y en cada intervalo de tiempo.
- *Average handle time*: muchos *call center* asumen que el *average handle time* (tiempo promedio de manejo de la llamada) tiene una distribución exponencial
- Horario agente: cada agente es visto como un recurso que solo será productivo en su rango de atención
- Modelo y parámetros de abandono: esta información se basa en la tolerancia del cliente a esperar en cola y el tiempo en el cual el cliente vuelve a llamar tras abandonarla. En este sentido estos parámetros deberán ser recolectados de manera histórica

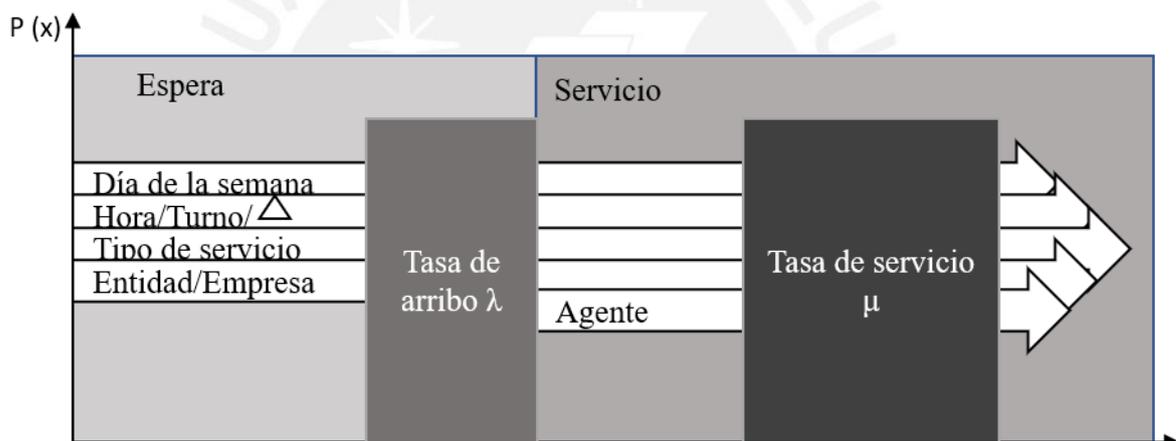


Figura 7. Caracterización de servicio en un centro de llamadas
 Adaptado de Trujillo, Vallejo y Becerra (2010)

Barrenechea y Gonzáles (2016) proponen que quien brinda el servicio es denominado servidor, cada uno de ellos puede atender un cliente a la vez y cuando todos los servidores se encuentren ocupados, el cliente ingresa a una cola esperando a ser atendidos. Ellos también definen conceptos importantes involucrados en este proceso como el proceso de arribo, el proceso del servicio, la disciplina y capacidad de la cola.

Pelaez, Moreno y Espinoza (2010) analizaron el comportamiento de una red global de telefonía para medir la eficacia del mismo. A partir de ello, identificaron variables como llamadas entrantes, duración de la llamada y número de clientes atendidos. Con esta información y mediante el uso del *software Promodel*, diseñaron una cola de entrada direccionada al asesor

telefónico y una cola de salida, definieron la llegada de las entidades (clientes), el momento en que se ejecuta la atención y el momento en que el cliente se retira de la atención. Por otro lado, Carino (2009) simuló 100 veces un sistema de *call center* ubicado en Brasil para determinar el nivel de servicio según la variación de la cantidad de agentes telefónicos conectados, coeficiente de variación, duración promedio de llamada y tiempo promedio de espera. Se presentan los resultados de nivel de servicio según la variación de cantidad de agentes en las tablas 4 y 5.

Tabla 4. Resultados de simulación variación cantidad de operadores

Número de Agentes	Llamadas creadas	Llamadas ejecutadas	Llamadas atendidas antes de los 10 segundos	Llamadas abandonadas	Nivel de servicio
9	719	540	160	168	29.64%
10	639	567	354	67	62.46%
11	604	576	491	26	85.23%
12	595	579	541	14	93.31%

Tabla 5. Resultados de tasa abandono variación cantidad de operadores

Número de agentes	Tasa de abandono
9	23.38%
10	10.60%
11	4.34%
12	2.44%

En la tabla 5 se observa que a partir de 11 asesores se tiene un nivel de servicio aceptable para la industria de *call center*. Carino (2009) señala que la decisión de incluir o no un agente adicional dependerá exclusivamente de un estudio económico puesto que a nivel operativo ambos escenarios cumplen con el objetivo de 85% nivel de servicio. Según TMSsystem (s.f.) los niveles aceptables son de 95% nivel de atención y 80% nivel de servicio.

El autor también simuló escenarios cambiando otras variables como el coeficiente de variación (a mayor k, mejor nivel de servicio), duración de la llamada (al reducir el tiempo en llamada, mejora el nivel de servicio) y la tasa promedio de espera (al reducir este tiempo se tiene un mejor nivel de servicio).

Gulati y Malcom (2001) utilizó la simulación en un *call center* para poder determinar cuál era la mejor metodología de dimensionado (cantidad de agentes) según el resultado de la llamada (servicio *outbound*). Mediante 200 réplicas de 15 horas cada una comparó la utilización del método heurístico (secuencia de llamadas según el balance de cliente), optimización por día y optimización por rango horario. En la figura 8, se detalla cómo funciona el sistema. Los resultados de simular todos los escenarios descritos se detallan en la tabla 6.

Tabla 6. Impacto simulación en nivel de servicio y tasa de abandono

Escenario	Nivel de servicio	Tasa de abandono
Volumen de llamadas incrementa	Importante disminución	Gran incremento
Duración de la llamada incrementa	Disminución justa	Gran incremento
Duración de la llamada decrece	Incremento justo	Gran disminución
Clientes se vuelven más impacientes	Pequeño incremento	Incremento justo
Clientes se vuelven menos impacientes	Pequeña disminución	Disminución justa
Nivel de servicio se vuelve más demandante	Disminución justa	Sin cambios
Nivel de servicio se vuelve más demandante + 1 operador adicional	Pequeña disminución	Sin cambios



Figura 8. Caracterización de servicio en un centro de llamadas
Adaptado de Gulati y Malcom (2001)

El programador genera la llamada; y esta puede terminar en contacto o no contacto. En el primer escenario, se tienen dos tipos de resultados: el contacto efectivo (se logra el objetivo de la llamada) y el contacto no efectivo (no se logra objetivo de la llamada) con sus respectivas duraciones. En el segundo escenario, la llamada no logra contacto y se procede a reciclarla; es decir, a volver a generar llamadas.

Los resultados de las simulaciones se muestran en la tabla 7.

Tabla 7. Resultados de la simulación según método de dimensionado

Método	Llamadas	Contacto Efectivo	Contacto no efectivo
Heurístico	264 980	11 132	32 238
Optimización por día	187 541	11 738	27 004
Optimización por horario	202 298	12 120	28 758

En la tabla 7 se evidencia que el método de dimensionamiento que genera mayor cantidad de contactos efectivos es la optimización por rango horario; a diferencia del método heurístico que genera la mayor cantidad de contactos no efectivos.

Otra aplicación importante de simulación en *call center* la realizó Muriel (2017); quien modificó las condiciones del sistema para poder determinar cómo se afectaban los niveles de servicio y de atención. El sistema se encontraba compuesto por una cola y cinco servidores (agentes telefónicos). La primera modificación que realizó fue el ingreso de tráfico adicional no contemplado; la segunda fue el ingreso de dos agentes telefónicos al sistema; la tercera fue la transferencia a ciegas, donde al número cinco en la cola se le transfería a una cola externa. Finalmente, la quinta modificación fue el ajuste en tiempo real que añade tres agentes telefónicos. Los resultados obtenidos se muestran en las tablas 8 y 9.

Tabla 8. Resultados de simulación por escenario modificado

Indicadores	Operación normal	Operación normal con afectación	Polivalencia	Ajuste tiempo real
Total llamadas entrantes	735	799	754	788
Llamadas abandonadas	54	99	52	32
Llamadas atendidas	679	691	697	750
Llamadas atendidas antes de 20 segundos	193	171	408	631
% Eficacia	92%	86%	92%	95%
% Abandono	7%	12%	7%	4%
% Nivel de servicio	26%	21%	54%	80%
Asesores	5	5	7	8

Tabla 9. Resultados simulación transferencia a ciegas

Indicadores	Transferencia a ciegas
Total llamadas entrantes	803
Llamadas abandonadas	76
Llamadas atendidas	718
Llamadas atendidas antes de 20 segundos	260
% Eficacia	89%
% Abandono	9%
% Nivel de servicio	32%
Asesores	5

En las tablas 8 y 9 se observa como la modificación que genera mayor impacto positivo en el nivel de servicio es el ajuste en tiempo real (tres agentes telefónicos extras) que señala la importancia de contar con la cantidad correcta de asesores. Por otro lado, el escenario que más afecta al nivel de servicio es el primero; el ingreso de tráfico no contemplado desestabiliza la operación.

Pérès (2005) también ejecutó una simulación similar para determinar cómo añadir 5% de tráfico adicional y quitar un agente telefónico al escenario natural de un *call center* afectaba sus niveles. Con la primera modificación se tiene un nivel de servicio que pasa de un 84% en escenario real a un 81%; en cambio, al reducir un agente telefónico el impacto en nivel de servicio resulta mayor con un 67%. Esto concluye que reducir capacidad para atender un determinado tráfico afecta los indicadores de operación.

Si bien, en la literatura expuesta se ha simulado escenarios con el objetivo de medir el comportamiento del nivel de servicio; Merchan (2009) midió otro indicador importante, el tiempo de servicio en un *call center* de reclamos y solicitudes. El comportamiento del escenario real se detalla en la tabla 10.

Tabla 10. Resultados escenario real

Tipo de servicio	Mes	Tiempo de respuesta (horas)
Reclamos	Octubre	35
	Noviembre	78
	Diciembre	251
	Enero	103
	Octubre	67
	Noviembre	313
	Diciembre	677
Solicitudes	Enero	722

En la tabla 10 se observa que el tiempo de respuesta se incrementa sobre todo en los meses de diciembre y enero.

El primer cambio que simuló Merchan (2009) fue la redistribución de casos, los resultados obtenidos se detallan en la tabla 11.

Tabla 11. Escenario de redistribución de casos

Tipo de servicio	Mes	Tiempo de respuesta (horas)	
Repartición de casos en <i>BackOffice</i>	Octubre	34	
	Noviembre	76	
	Diciembre	248	
	Reclamos	Enero	114
	Octubre	65	
	Noviembre	308	
	Diciembre	672	
Solicitudes	Enero	694	

En la tabla 11 se observa cómo el tiempo de servicio no cambia drásticamente; sin embargo, el resultado de la simulación sí evidencia cómo se equilibra la repartición de trabajo.

El segundo cambio para simular es el no reinicio del “cuentapalitos” (este es un motivador que lleva la cuenta de los casos que han sido atendidos por cada agente). En la tabla 12 se evidencia cómo se eleva de manera no significativa el tiempo de respuesta del servicio; este no es un escenario buscado.

Tabla 12 . Escenario de no reinicio “cuentapalitos”

Tipo de servicio		Mes	Tiempo de respuesta (horas)
Sin reiniciar “cuentapalitos”	Reclamos	Octubre	36
		Noviembre	75
		Diciembre	241
		Enero	97
		Octubre	68
	Solicitudes	Noviembre	322
		Diciembre	694
		Enero	782

El tercer cambio simulado fue la inclusión de un nuevo agente al servicio, los resultados se detallan en la tabla 13.

Tabla 13. Escenario con un nuevo agente

Tipo de servicio		Mes	Tiempo de respuesta (horas)
Nuevo agente	Reclamos	Octubre	37
		Noviembre	82
		Diciembre	256
		Enero	114
		Octubre	32
	Solicitudes	Noviembre	82
		Diciembre	249
		Enero	54

En la tabla 13 se evidencia una caída de hasta el 50% en el tiempo de respuesta del servicio. Esto comprueba la importancia de la cantidad de agentes en gestión para poder optimizar determinados indicadores como el tiempo de respuesta.

Otra modificación al escenario regular es la reasignación de un agente telefónico de reclamos a solicitudes.

En la tabla 14 se observa como la suma de los tiempos de respuesta de reclamos aumenta 66% (respecto a la tabla 10) y de manera proporcional disminuye el tiempo de respuesta de las solicitudes. Esto corrobora la capacidad que el agente reasignado otorga a cada tipo de servicio.

Tabla 14. Escenario de reasignación

	Tipo de servicio	Mes	Tiempo de respuesta (horas)
Reasignación	Reclamos	Octubre	43
		Noviembre	114
		Diciembre	329
		Enero	272
		Octubre	37
		Noviembre	100
	Solicitudes	Diciembre	275
		Enero	62

Debido a que ninguno de los escenarios planteados configura un cambio importante en el tiempo de respuesta, Merchan (2009) planteó una última simulación combinando los tres primeros cambios (redistribución, no reinicio de “cuentapalitos” y agente adicional). Los resultados se detallan en la tabla 15

Tabla 15. Escenario de combinación

	Tipo de servicio	Mes	Tiempo de respuesta (horas)
Combinación	Reclamos	Octubre	33
		Noviembre	72
		Diciembre	92
		Enero	239
		Octubre	30
		Noviembre	83
	Solicitudes	Diciembre	259
		Enero	72

En la tabla 15 se evidencia una disminución significativa en comparación con el escenario real (tabla 10); donde por ejemplo en el mes de diciembre, el servicio reclamos pasó de un tiempo promedio de 251 a 92 horas. De manera consecutiva se reducen los tiempos en los otros meses simulados con una reducción total de 28% en promedio. Se concluye que es una modificación viable solo si se analiza el tiempo de respuesta.

En la misma línea de buscar mejoras en la gestión posventa de un *call center*, Peláez (2010) simuló la modificación del tiempo de servicio para evaluar cómo se comportaban los abandonos. La propuesta es pasar de un tiempo de servicio de tres a dos minutos; como resultado se obtiene una disminución del 66% de llamadas abandonadas.

Marín (2010) utilizó la simulación para tomar decisiones referentes *call centers* no externalizados; propuso que al reducir en un factor X el volumen de llamadas se tenía un nivel de atención similar al obtenido de modificar la cantidad de asesores telefónicos en un factor 1/X. Además, también comprobó que modificar la demanda en un factor X es igual que modificar el tiempo medio de operación en este mismo factor.

Saltzman y Mehrotra (2004) analizaron la manera en que el número de agentes telefónicos afectaba el tiempo promedio de espera en cola. A través de la simulación, se determinó que la relación resulta ser prácticamente lineal y, en consecuencia; la paciencia del cliente viene a estar representada por una distribución normal. En la figura 9 se grafica la relación entre el porcentaje de clientes que abandonan la cola y el número de agentes en atención.

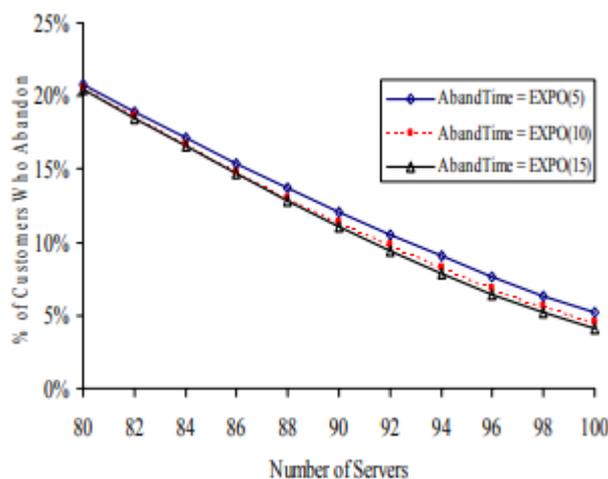


Figura 9. Relación abandono y número de servidores
Tomado de Saltzman y Mehrotra (2004)

Por otro lado, Takakuwa y Okada (2005) evaluaron el comportamiento del nivel de servicio de una compañía de gas dependiendo del número de servidores asignados. En la tabla 16 se detalla la asignación resultante de la programación lineal entera que propusieron y el resultado económico.

Tabla 16. Resultado económico por simulación

Tipo de agente	Escenario 1	Escenario 2	Escenario 3	Escenario 4
Agente servicio B (patrón de cambio 1)	2	2	2	2
Agente servicio C (patrón de cambio 2)	45	41	45	45
Agente servicio B (patrón de cambio 3)	55	55	50	52
Agente servicio B (patrón de cambio 4)	9	9	4	9
Agente servicio B (patrón de cambio 5)	18	18	18	14
Número total de agentes	129	125	119	122
Total de gastos (\$)	13 852	13 282	12 984	13 160

En la figura 10 el autor relaciona el nivel de servicio según el escenario propuesto

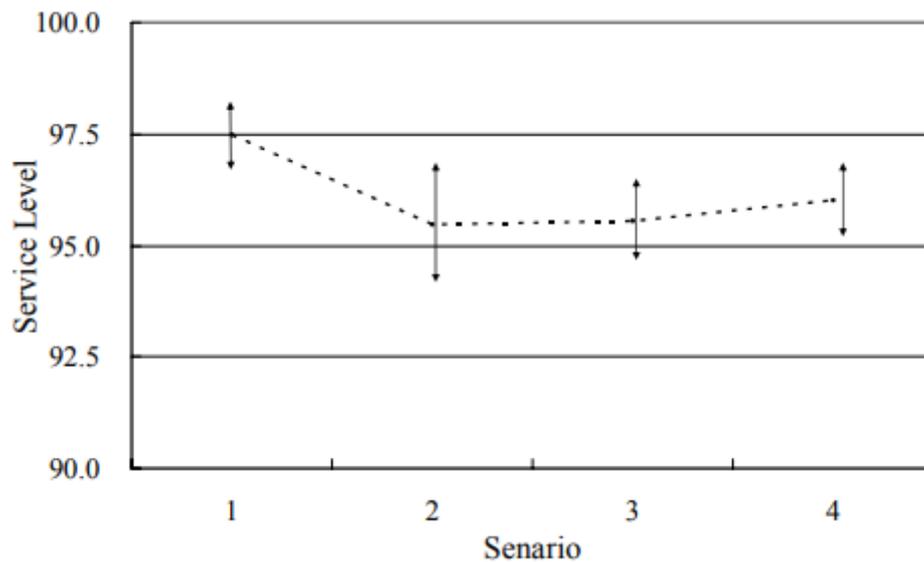


Figura 10. Nivel de servicio y tipo de escenario
Tomado de Takakuwa y Okada (2005)

En la figura 10 se visualiza cómo los escenarios 1 y 4 (129 y 122 agentes respectivamente) son los que tienen un mejor nivel de servicio. Resulta interesante considerar que no necesariamente tiene que ver con el número de agentes en atención, si no más bien de la distribución.

Finalmente, Epstein (2007), simuló cómo distribuir la fuerza de trabajo de un *call center* para evaluar cómo se comportaba la ocupación. En la tabla 17 se detallan los resultados.

Tabla 17. Comparativo de indicadores por cantidad de asesores

Indicador	4 asesores	5 asesores
Clientes en cola	7.08	1.05
Clientes en el sistema	10.68	4.65
Tiempo de espera	3.9	0.58
Tiempo dentro del sistema	5.9	2.58
Utilización	90%	72%

En la tabla 17 se observa cómo la utilización es mayor con cuatro asesores debido a que se tiene el mismo tráfico relacionado al sistema.

2.3 La distribución de probabilidad *Erlang* como herramienta de dimensionamiento

Las distribuciones de probabilidad de *Erlang* es una de las más usadas en el dimensionamiento de los *call center* con la cual se define un nivel de servicio en función a la cantidad de enlaces telefónicos que están ligados a un determinado tráfico de llamadas.

Erlang como método de dimensionamiento tiene dos enfoques, *Erlang-B* y *Erlang-C*. El primero en mención está enfocado a la negación del servicio cuando el recurso se encuentra ocupado (el cliente abandona la espera al no encontrar un agente telefónico) y el segundo de ellos se direcciona a la formación de una cola como resultado de la ocupación del recurso (el cliente espera a que se le atienda (Díaz, 2014)

Agner Erlang propuso un modelo estocástico basado en un proceso de Poisson de cómo las llamadas ingresaban y al no ser atendidas formaban una cola de espera (Chromy, Misuth, y Kavacky 2014).

En las figuras 11 y 12 se detalla la dinámica de cada mecanismo de cola; se observa que la diferencia principal se encuentra en el abandono originado en *Erlang B*.

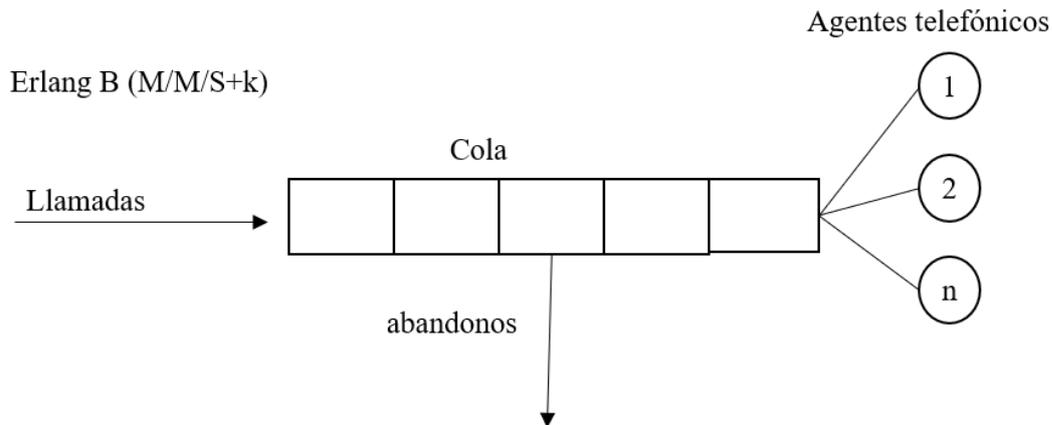


Figura 11. Mecanismo de cola Erlang-B
Adaptado de Díaz (2014)

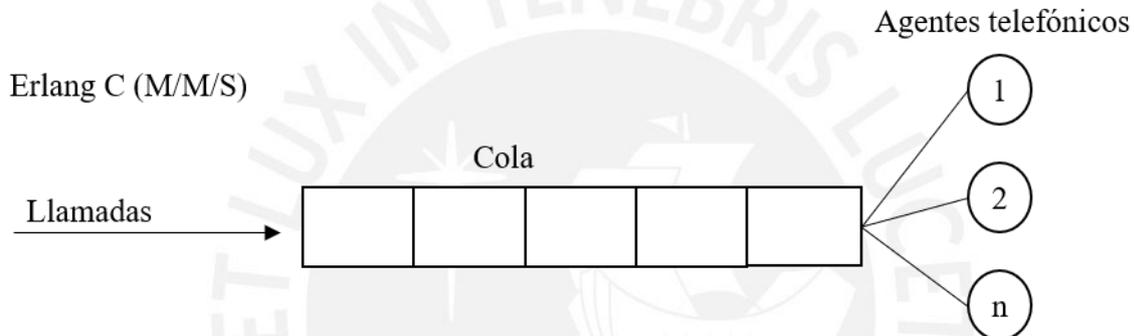


Figura 12. Mecanismo de cola Erlang-C
Adaptado de Díaz (2014)

Chromy, Misuth y Kavacky (2014) señalan que para la formulación de un *Erlang-C* es necesario contemplar conceptos como la cantidad de solicitudes que llegan al sistema y el número de asesores telefónicos. A continuación, se presenta la formulación:

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

$$n = \frac{\lambda}{N\mu}$$

Donde

N: número de agentes

λ : tasa de llegada de llamadas

μ : tasa de servicio

n: carga de un agente

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

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

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

Finalmente, la revisión de la literatura revela que la programación lineal entera y la simulación de eventos discretos son herramientas usadas en la planificación de horarios en los *call centers*. Su aplicación permite predecir el comportamiento de distintos escenarios y optimizarlos con el objetivo de ahorrar costos. Por un lado, la programación lineal entera señala la cantidad de agentes necesarios por rango horario según la necesidad del rango establecido. Por otro lado, la simulación permite modificar variables de la operación (cantidad de agentes, modificación de tiempos de operación, modificación de tiempos de espera y la modificación de la estabilidad del sistema) que reflejen cómo cambian los principales indicadores de gestión como el nivel de atención, de servicio y la tasa de abandono. Al modificar estas variables, según la literatura, la que tiene un impacto más significativo es el dimensionamiento (cantidad de agentes telefónicos en la atención del servicio). Además, el recurso humano representa la mayor inversión en este tipo de industria, por lo que resulta importante gestionar de manera eficiente la asignación de horarios.

Capítulo 3. Conclusiones

- La industria de los *call centers* ha crecido de manera importante en el Perú, debido a factores culturales; el acento y educación de los agentes telefónicos, y además del contexto económico que permite poseer una oferta laboral atractiva. Estas condiciones han hecho del Perú un escenario atractivo para las empresas nacionales e internacionales que deseen contar con este servicio.
- El correcto dimensionamiento de un *call center* representa un ahorro importante respecto a la rentabilidad del servicio puesto que los agentes telefónicos representan aproximadamente el 70% de los costos.
- Los indicadores de gestión de un *call center* como el nivel de atención, nivel de servicio, TMO y conversión, permiten verificar si el dimensionamiento cumple con las condiciones del servicio. Es decir, si la cantidad de agentes telefónicos es adecuada; los indicadores se encontrarán dentro de los objetivos.
- La experiencia del cliente resulta ser un factor clave para predecir los principales comportamientos de futuras compras; por ello, es necesario implementar objetivos y procesos alineados a generar emociones positivas a los clientes en los distintos puntos de contacto de su ciclo de vida.
- La programación lineal entera para programar horarios es una herramienta matemática que permite conocer la asignación óptima de agentes telefónicos. La toma de decisiones a partir de esta herramienta ocurre debido al sustento matemático que posee ante determinadas condiciones que presente el *call center*.
- La simulación de eventos discretos para un *call center* permite predecir el comportamiento de los principales indicadores de gestión, tras definir las condiciones del sistema. Estas condiciones resultan de la programación lineal entera y son determinantes para brindar la mejor experiencia al cliente. Las variables por modificar en la simulación dependerán del resultado que se quiera obtener; sin embargo, el tráfico, cantidad de asesores, tiempo de espera, entre otros, son las principales modificaciones a ejecutar para evidenciar un cambio en el sistema.
- Una herramienta en la que los *call center* se apoyan para realizar un dimensionamiento, es el *Erlang – C*. Este señala que el cliente al no encontrar un asesor telefónico disponible realiza una cola de espera. Además, considera el tiempo medio de operación multiplicado por el tráfico para obtener la cantidad de asesores telefónicos necesarios en el servicio.

Bibliografía

- Anaya, R., & Torres, C., (2015). *Optimización y simulación de recursos para la mejora de los costos de operación de un call center de evaluación de créditos de la empresa GMG servicios Perú SA* (Tesis de pregrado). Recuperado de http://repositorio.urp.edu.pe/xmlui/bitstream/handle/URP/2075/anaya_re-torres_cj.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Anton, J., Hall, B., & Bapat, V., (1999). *Call performance enhance* (1ª. ed.). Indiana, USA: Purdue University press.
- Aykin, T., (2010). Contact center scheduling using integer programming. *US PATENT*, 1-26. Recuperado de <https://patents.google.com/patent/US7725339B1/en>
- Barberies, A., & Moral, L., (2011). *Modelización, Simulación y Optimización del personal operativo de la administración de Call/Contact Center*. Recuperado de <http://40jaiio.sadio.org.ar/sites/default/files/T2011/SIO/1123.pdf>
- Barrenechea, M. & Gonzales, G., (2016). *Optimización del número de operadores de un call center* (Tesis de pregrado). Recuperado de <http://www.iesta.edu.uy/wp-content/uploads/2016/03/Informe-de-Pasant%C3%ADa-Barrenechea-Gonz%C3%A1lez-v.f.pdf>
- Bermúdez, Y., (2011). Aplicaciones de programación lineal, entera y mixta. *Revista de Ingeniería Industrial* 7, 2 (1), 1-21.
- Carino, M., (2009). Scenario analysis within a call center using simulation. *The flag research journal of international conference of the production and operations management society*. 2(1), 1-15.
- Chávez, L. (5 junio del 2020). ¿Qué es la suspensión perfecta de labores, en qué consiste y cuándo se aplica esta medida? *El Comercio*. Recuperado de <https://elcomercio.pe/economia/personal/ministerio-de-trabajo-que-es-la-suspension-perfecta-de-labores-coronavirus-peru-licencia-sin-goce-de-haber-sueldos-noticia/>
- Chromy, E., Misuth, T., & Kavacky, M., (2016) Modeling of the contact center agent's work. *International Journal of Advances in Telecommunications, Electrotechnics, Signals and Systems*. 5(3), 129-132. doi: 10.11601/ijates.v5i3.174
- Conejero, E., (2013). *Programación lineal: aplicación a la producción de helados* (Trabajo de fin de grado). Recuperado de

<https://idus.us.es/bitstream/handle/11441/42359/conejero%20calvo%20de%20leon%20elena%20tr.pdf;sequence=1&isAllowed=y>

Cronin, J., Brady, M., & Hult, G., (2000). Assessing the effects of quality, value, and customer satisfaction on consumer behavioural intentions in service environments. *Journal of Retailing*, 72(2), 193-218. doi: 10.1016/S0022-4359(00)00028-2

CXPA. (2020). *CX core competencies*. Recuperado de <https://www.cxpa.org/earn-your-ccxp/exam-blueprint>

Dantzig, G. & Thapa, M. (1997) *Linear Programming 2: Theory and extensions* (1a. ed.). Nueva York, USA: Springer.

Dantzig, G., (2002). Linear Programming. *Operations research.*, 1 (1), 1-8.doi: 10.1287/opre.50.1.42.17798

Dawson, K. (1998). *The call center handbook* (2a. ed.). New Jersey, USA: Telecombooks.

Díaz, G., (2005). Programación lineal como herramienta para toma de decisiones. *Sotavent*, 10 (1), 1-8.

Díaz J. (2014). Análisis, pronóstico de la demanda y necesidades de personal en un call center de emergencias sanitarias. *Universidad de Granada*. 1-287.

Dorsey, M., Segall, D. & Temkin, B. (2020). *ROI of customer experience, 2020*. Recuperado de <https://www.xminstitute.com/research/2020-roi-cx/>

Duncan, E., Jones, C., & Rawson A., (2013). The truth about customer experience. *Harvard Business Review*. 1(1). 1-11.

Epstein, A. (2007). *Eficiencias en un call center* (Trabajo de fin de grado). Recuperado de https://repositorio.utdt.edu/bitstream/handle/utdt/988/MBA_2007_Epstein.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Falla, J. (2015). Análisis de la correlación de los indicadores de gestión y ejecución en el control de campañas de call center como reflejo del comportamiento de la operación. *Repositorio institucional UMNG*. 1-15.

Five9 (2020). *The Five9 guide to first contact resolution, 2020*. Recuperado de <https://www.five9.com/resources/whitepaper-five9-guide-to-first-contact-resolution>

- Fluss, D. (2005). *The real-time contact center* (1a. ed.). Broadway. USA: Amacom.
- Gans, N., Koole, G., & Mandelbaum, A. (2003) Telephone Call Centers: Tutorial, Review, and Research Prospects. *Manufacturing & Service Operations Management*. 5(2).79-141. doi:10.1287/msom.5.2.79.16071
- Gulati, S., & Malcom, S. (2001). Call center scheduling technology evaluation using simulation. *2001 winter simulation conference*. 1-5. Recuperado de https://www.researchgate.net/publication/3933113_Call_center_scheduling_technology_evaluation_using_simulation/link/5526d4200cf2e486ae40cbd0/download
- Hussain, N., Bhatti, Q., & Jilani, A. (2011). An empirical analysis of after sales service and customer satisfaction. *Management & marketing challenges for the knowledge society*, 6(4), 561-572.
- Instituto Nacional de Estadística e Informática. (2019). Boletín estadístico indicadores económicos y sociales. Recuperado de <https://www.inei.gob.pe/media/MenuRecursivo/boletines/boletin-indicadores-n11-noviembre-2019.pdf>
- Jaramillo, A. (2017). *Riesgos operativos a los que se enfrenta los call center en el Perú* (Trabajo de fin de grado). Recuperado de http://repositorio.usil.edu.pe/bitstream/USIL/3161/1/2017_Jaramillo-Vigueras.pdf
- Law, A. (2003). How to conduct to successful simulation study. 1(1). *Proceedings of the 2003 Winter Simulation Conference*, 66-70. doi: 10.1109/WSC.2003.1261409
- Llanos, L. (2016). A study on call/contact centers' inbound and outbound management process in Mexico. *South Asian Journal of management sciences*. 10 (2). 1-10. doi: 10.21621/sajms2016102.01
- Lywood, J., Stone, M. & Ekinci, Y. (2009). Customer experience and profitability: An application of the empathy rating index (ERIC) in UK call centers. *Journal of Database marketing & customer strategy management*. 16(1), 1-8.
- Mandelbaum, A., & Zeltyn, S. (2006). Service engineering of call centers: Research, Teaching, Practice. 1-6.
- Marín, A., (2010) Simulación estocástica para análisis de call center. *Repositorio Pontificia Universidad Católica de Chile*. 1-56. Recuperado de <https://repositorio.uc.cl/handle/11534/1863>

- Merchan, J. (2009). *Propuesta de mejoramiento para el centro de operaciones al cliente de avante mediante simulación de eventos discretos* (Trabajo de fin de grado). Recuperado de <https://repositorio.uniandes.edu.co/handle/1992/16536>
- Micheli, J. (2011). El sector de call center: estructura y tendencias. *Frontera norte*. 24(47). 1-25.
- Muñoz, D., (2015). *Perú: La industria de los centros de contacto genera 500 millones de dólares por año*. BPOSur. Recuperado de <https://www.bposur.com/peru-la-industria-de-los-centros-de-contacto-genera-500-millones-de-dolares-por-ano/>
- Morris, E., Ancajima, A., Chiri, C., Galindo, J., Guido, C., & Mejía, E. (2009). *Servicios de contact center basados en offshore outsourcing* (1a. ed.). Lima. Perú: ESAN ediciones.
- Muriel, M. (2017). *Modelamiento y simulación de un método para mejorar el nivel de servicio en la atención a los clientes de un call center* (Informe final de grado). Recuperado de https://repositorio.itm.edu.co/bitstream/handle/20.500.12622/1721/Rep_Itm_pre_Muriel.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Ojeda, R. (2012). Programación Lineal para la asignación de personal a horarios de trabajo: El caso de una empresa de atención telefónica en México. *VXII Congreso Internacional de contaduría administración e informática*, 1(1), 1-19.
- Peláez, L., Moreno, D., & Espinoza, A., (2010). Modelo de simulación de un call center. *Repositorio de la Universidad Pontificia Bolivariana*. 1-14.
- Pérès, C. (2005). *Simulación de un cambio estructural en el proceso de atención de un call center* (Proyecto final de grado). Recuperado de <https://ri.itba.edu.ar/handle/123456789/1133>
- Pozo, J. (s.f.). *Los puntos de contacto con el cliente como clave del customer journey*. Recuperado de <https://elviajedelcliente.com/brand-touchpoint-o-punto-de-contacto/>
- Qualtrics.(s.f.). *16 ways to capture and capitalize on customer insights*. Recuperado de <https://www.qualtrics.com/ebooks-guides/cx-methods-insights/>
- Radic, L., (2015). *Perú: La industria de los centros de contacto genera 500 millones de dólares por año*. BPOSur. Recuperado de <https://www.bposur.com/peru-la-industria-de-los-centros-de-contacto-genera-500-millones-de-dolares-por-ano/>

- Saltzman, R., & Mehrotra, V., (2004). A manager-friendly platform for simulation modelling and analysis of call center queueing systems. *2004 Winter Simulation Conference*, 1-8. Recuperado de <http://userwww.sfsu.edu/saltzman/DS851/WSC04Papers056.pdf>
- Taha, H. (2012). *Investigación de operaciones* (9a. ed.). DF. Mexico: Pearson
- Takakuwa, S., & Okada, T., (2005). Simulation analysis of inbound call center of a city gas company. *2005 Winter Simulation Conference*. 1-8. Recuperado de <https://www.informs-sim.org/wsc05papers/252.pdf>
- Trilling, L., Guinet, A., & Le, D. (2006). Nurse scheduling using integer linear programming and constraint programming. *IFAC proceedings volumes*. 39(3).671-676. doi:10.3182/20060517-3-FR-2903.00340
- Trujillo, J., Vallejo, J., & Becerra, M. (2010). Metodología para la simulación de centros de llamadas - Caso de estudio, *Studiositas*, 5(3), 4-22.
- TMSsystem. (s.f.). *¿Cuáles son las métricas o indicadores de call center outbound e inbound que deberíamos tener en cuenta?* TMSsystem. Recuperado de <http://www.tmsystem.es/blog/call-center/metricas-call-center/>
- TyNmagazine. (2012). *Perú, a la cabeza en la industria del call center*. TyNmagazine. Recuperado de <https://www.tynmagazine.com/peru-a-la-cabeza-en-la-industria-del-call-center/>
- Uribe, G., (2011). *El ascenso de los call centers*. Conexión ESAN. Recuperado de <https://www.esan.edu.pe/conexion/actualidad/2011/10/03/el-ascenso-de-los-call-centers/>