



UNIVERSIDAD
PRIVADA
DEL NORTE

FACULTAD DE INGENIERÍA

Carrera de Ingeniería Industrial

“APLICACIÓN DE TEORÍA DE COLAS EN LA SIMULACIÓN DE ESCENARIOS PARA MEJORAR EL TIEMPO DE ESPERA DE LOS CLIENTES DEL ÁREA OPERACIONES DE UNA AGENCIA BANCARIA EN LA CIUDAD DE TRUJILLO”

Tesis para optar el título profesional de:

Ingeniera Industrial

Autora:

Br. Maria Raquel Palomino Gutierrez

Asesor:

Ing. Enrique Avendaño Delgado

Trujillo - Perú

2020

DEDICATORIA

Esta tesis se la dedico a mis padres por su apoyo y amor, por ser un ejemplo de dedicación y esfuerzo en la vida.

AGRADECIMIENTO

Agradezco a Dios, a mis padres, a mi esposo y mis hijas por su amor inmenso y por ser el motor que me impulsa cada día a ser mejor. Gracias.

TABLA DE CONTENIDOS

DEDICATORIA.....	2
AGRADECIMIENTO.....	3
ÍNDICE DE TABLAS.....	6
ÍNDICE DE FIGURAS.....	8
ÍNDICE DE ECUACIONES.....	9
RESUMEN.....	10
ABSTRACT.....	11
CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN.....	12
1.1. Realidad problemática.....	12
1.1.1 Antecedentes de la Investigación.....	15
1.1.2 Bases Teóricas.....	23
1.1.3 Definición de términos.....	33
1.2. Formulación del problema.....	35
1.3. Objetivos.....	35
1.3.1. Objetivo general.....	35
1.3.2. Objetivos específicos.....	35
1.4. Hipótesis.....	36
1.5. Variables.....	36
1.5.1 Variable independiente.....	36
1.5.2 Variable dependiente.....	36
1.6. Operacionalización de Variables.....	37

CAPÍTULO II. METODOLOGÍA	39
2.1. Tipo de investigación	39
2.2. Población y muestra	39
2.3. Técnicas e instrumentos de recolección y análisis de datos.....	40
2.4. Procedimiento.....	40
2.5. Diagnóstico de problemáticas principales.....	44
CAPÍTULO III. RESULTADOS	49
3.1 Analizar las distribuciones de las llegadas y tiempos de espera en cola de cada sector	49
3.1.1. Situación actual	49
3.2. Calcular el tiempo promedio de espera de cada tipo de cliente, la cantidad de servidores necesarios para la atención utilizando simulación de líneas de espera y el beneficio económico del sistema.	54
3.3. Análisis comparativo para determinar el número de servidores adecuado	61
3.4. Evaluación económica.....	63
CAPÍTULO IV. DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES	67
4.1. Discusión.....	67
4.2. Conclusiones	70
4.3. Recomendaciones.....	71
REFERENCIAS	72
ANEXOS.....	73

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Características de una línea de espera respecto a los patrones de llegadas y servicio	27
Tabla 2: Operacionalización de variables	37
Tabla 3: Pre estudio de tiempos de proceso de otorgamiento de crédito	46
Tabla 4: Post estudio de tiempos del proceso de otorgamiento de crédito.....	47
Tabla 5: Tiempo estimado de llegada de clientes.....	49
Tabla 6: Data histórica sobre el tiempo de servicio	51
Tabla 7: Rango para el tiempo de servicio	51
Tabla 8: Rango para el tiempo de servicio	52
Tabla 9: Datos para usar en la simulación.....	54
Tabla 10: Simulación para dos cajeros	55
Tabla 11: Simulación para tres cajeros.....	56
Tabla 12: Simulación para cuatro cajeros	57
Tabla 13: Simulación para cinco cajeros.....	58
Tabla 14: Costo de espera del cliente	60
Tabla 15: Costo del servicio de un cajero	60
Tabla 16: Costo total de servidores en base a la simulación expresadas en soles por minutos.....	60
Tabla 17: Análisis comparativo del Costo total de servidores en base a la simulación expresadas en un mes.	62
Tabla 18: Inversión en la implementación de dos servidores adicionales.....	63
Tabla 19: Ingresos con la aplicación de cuatro servidores	63
Tabla 20: Valor actual neto	64
Tabla 21: Periodo de recuperación	64

Tabla 22: Tabla resumen de indicadores 65

Tabla 23: Comparación de DAP actual y DAP mejorado 69

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Resultados de la encuesta realizada a los clientes de un banco sobre el tiempo de espera	14
Figura 2: Algunos Sistemas de Líneas de Espera	24
Figura 3: Nomenclatura básica.....	26
Figura 4: Relación Costo de Espera-Tasa de Servicio-Costo de Servicio	31
Figura 5: Layout de los procesos en la agencia.....	41
Figura 6: Cadena de Valor de la Empresa.....	41
Figura 7: DAP actual del proceso de otorgamiento de crédito	42
Figura 8: Mapa de Procesos de otorgamiento de crédito.....	43
Figura 9: Diagrama Causa Efecto	44
Figura 10: Diagrama de Pareto.....	45
Figura 11: DAP posterior del proceso de otorgamiento de crédito.....	47
Figura 12: Mapa de Procesos de otorgamiento de crédito posterior	48
Figura 13: Tiempo de servicio	53
Figura 14: Análisis comparativo del Costo total de servidores en base a la simulación expresadas en un mes.	62

ÍNDICE DE ECUACIONES

Ecuación 1: Fórmula N°1	29
Ecuación 2: Fórmula N°2	29
Ecuación 3: Fórmula N°3	32
Ecuación 4: Fórmula N°4	32
Ecuación 5: Fórmula N°5	32
Ecuación 6: Fórmula N°6	32
Ecuación 7: Fórmula N°7	33

RESUMEN

La presente investigación, tuvo como objetivo reducir el tiempo de espera aplicando la teoría de colas en la simulación de escenarios de los clientes en el área de operaciones de la agencia BCP Mall Aventura Plaza Trujillo. Se analizó una data histórica sobre el tiempo de servicio y la frecuencia del mismo de un total de 373 observaciones realizadas. Dentro de la teoría clásica se tienen formulas a usar ya analizadas y probadas, pero se debe tener en cuenta que estas pueden ser usadas ante escenarios en los cuales las velocidades de llegada de los clientes cumplen una distribución Poisson y la velocidad de servicios una distribución exponencial. Cuando no es así, el sistema Montecarlo es el más adecuado. Al Analizar las distribuciones de las llegadas y tiempos de espera en cola se encontró en las 373 observaciones (muestra) que la Tasa de Arribo (λ) en las cajas de la fila C llegan 23.43 clientes por hora y la Tasa de Servicio (μ) es de 9.87 clientes que se atienden por hora. Se concluyó que el tiempo de espera aplicando simulación con dos servidores que actualmente cuenta la empresa, se obtuvo un tiempo de espera de 43.21 min; al considerar 4 servidores, se obtuvo un tiempo de espera de 0.664 minutos. Así mismo se realizaron evaluaciones con cuatro escenarios: con 2 servidores, tres servidores, cuatro servidores y cinco servidores para poder comparar los resultados. Finalmente se obtuvo indicadores favorables para el proyecto como un VAN de 5206.00 soles, TIR= 31%, COK=20%, B/C=1.36; PRI= 4 meses 21 días. Realizando un análisis comparativo del costo total de servidores, se observa que el número de servidores adecuado es de cuatro servidores, pues resulta ser el costo de 11,808 soles el más bajo comparado con el resto de los servidores como se muestra en la tabla 15 y figura 6.

Palabras clave: Teoría de Colas, Tiempos de espera

ABSTRACT

The objective of this research was to reduce the waiting time by applying the queue theory in the simulation of customer scenarios in the operations area of the BCP Mall Aventura Plaza Trujillo agency. A historical data on the service time and its frequency from a total of 373 observations made was analyzed. Within the classical theory, there are formulas to be used that have already been analyzed and tested, but it must be taken into account that these can be used in scenarios in which the arrival speeds of customers meet a Poisson distribution and the speed of services an exponential distribution. When this is not the case, the Monte Carlo system is the most suitable. When analyzing the distributions of arrivals and waiting times in queue, it was found in the 373 observations (sample) that the Arrival Rate (λ) in the boxes of row C 23.43 customers arrive per hour and the Service Rate (μ) is 9.87 clients served per hour. It was concluded that the waiting time by applying simulation with two servers that the company currently has, a waiting time of 43.21 min was obtained; When considering 4 servers, a waiting time of 0.664 minutes was obtained. Likewise, evaluations were carried out with four scenarios: with 2 servers, three servers, four servers and five servers to be able to compare the results. Finally, favorable indicators were obtained for the project such as a NPV of 5206.00 soles, IRR = 31%, COK = 20%, B / C = 1.36; PRI = 4 months 21 days. Carrying out a comparative analysis of the total cost of servers, it is observed that the appropriate number of servers is four servers, since the cost of 11,808 soles turns out to be the lowest compared to the rest of the servers as shown in table 15 and figure 6.

Keywords: Queue theory, waiting times.

CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN

1.1. Realidad problemática

A nivel mundial la teoría de colas ha estado presente en el mundo científico e industrial durante décadas, muchísimas compañías y profesionales siguen sin usar sus fundamentos para optimizar los procesos empresariales que siguen este comportamiento. Un claro ejemplo de esto, evidente para casi cualquier ciudadano, son las filas para pagar en el supermercado. Con unas cuantas y recientes excepciones, los supermercados alrededor del mundo continúan funcionando con esquemas que se ha demostrado son ineficientes respecto a otras alternativas. En la actualidad, el Perú se encuentra en un periodo emergente y de cambios políticos y económicos, la estabilidad de nuestra economía muchas veces se ve afectada por diferentes sucesos, aun así existen grupos dominantes de la economía financiera de nuestro país gracias a los cuales un gran porcentaje de peruanos tenemos productos crediticios que nos permiten desde darnos pequeños gustos hasta empezar grandes negocios, sea cual fuere nuestra realidad la bancarización hoy en día es una obligación ya que las empresas depositan los sueldos, cts, hacemos pagos de servicios, de colegios y es parte de nuestro día a día, atrás quedaron las épocas en que se guardaba el dinero bajo el colchón, en esta economía vertiginosa es que los bancos se encuentran en constante cambio, ya sea para migrar a canales electrónicos como también para lograr mayores ventas en el menor tiempo posible y esto logrando la mayor satisfacción del cliente. El Banco BCP, Entidad financiera, que inició sus operaciones en la ciudad de Trujillo desde el mes de noviembre del año 2007, inició su crecimiento y expansión a nivel nacional. El número de clientes de esta empresa ha ido aumentando cada vez más, como es de esperar, sobretodo en cuanto a clientes con tarjeta de crédito; por ende,

este incremento ha ocasionado que el número de operaciones de recaudación también

vaya en aumento más aún los días de pago que ocurre en los días 15 y 30 de cada mes y los días anterior y posterior a éstos, la afluencia de público se eleva en un alto porcentaje comparado al resto de días de atención. Esta variación en el número de transacciones en los días de pago mencionados ha dejado notar un alto tiempo de espera en el área de operaciones, así mismo porcentualmente debería aprovecharse la afluencia de público para lograr una buena cantidad de ventas; sin embargo, el porcentaje de ventas en estos días no llega a cubrir las expectativas, el problema de estas fechas radica en el número de cajeros, que no es la cantidad suficiente para una adecuada atención. La distribución de atención al público es de cuatro filas de atención, la primera es la ventanilla preferencial orientada a personas con discapacidad, mayores de 65 años, mujeres embarazadas y personas con niños en brazos, la segunda es la fila B que se encarga de los clientes de banca exclusiva para lo cual se disponen dos ventanillas, la tercera es la fila S que atiende personas para operaciones bancarias pero que no tienen ningún producto con el banco para lo cual se dispone de una ventanilla y la cuarta es la fila C que atiende a clientes que cuentan con al menos con un producto del BCP cuenta con dos cajeros disponibles para la atención y esta fila es la de mayor afluencia por lo tanto y por su potencial comercial es el objeto de nuestro estudio. Entonces el número de cajeros que atienden la fila C (cientos) se reduce a sólo dos para un aproximado de 170 clientes. Adicionalmente a este problema surgen otros inconvenientes colaterales como: la insatisfacción por parte de los clientes debido a la deficiencia en la atención del servicio con un promedio de 6.08 minutos por cliente siendo el tiempo deseado por la institución de 4.5 minutos de servicio de atención por lograr rapidez en el flujo de clientes, desmotivación del personal, ya que los clientes estresados por las largas colas tratan mal al personal que

los atiende y es una influencia negativa para el control del clima laboral, así también

la carga de errores operativos Esta situación aparentemente involucra la producción en las ventas de productos financieros del personal del área de operaciones, que probablemente estaría influenciada por el número de operaciones en ciertas fechas de afluencia. La presente investigación, pretende analizar la relación que pueda existir entre el tiempo de espera promedio y el nivel de ventas de productos financieros en los clientes del área de operaciones de la Agencia Mall Aventura Plaza Trujillo BCP.

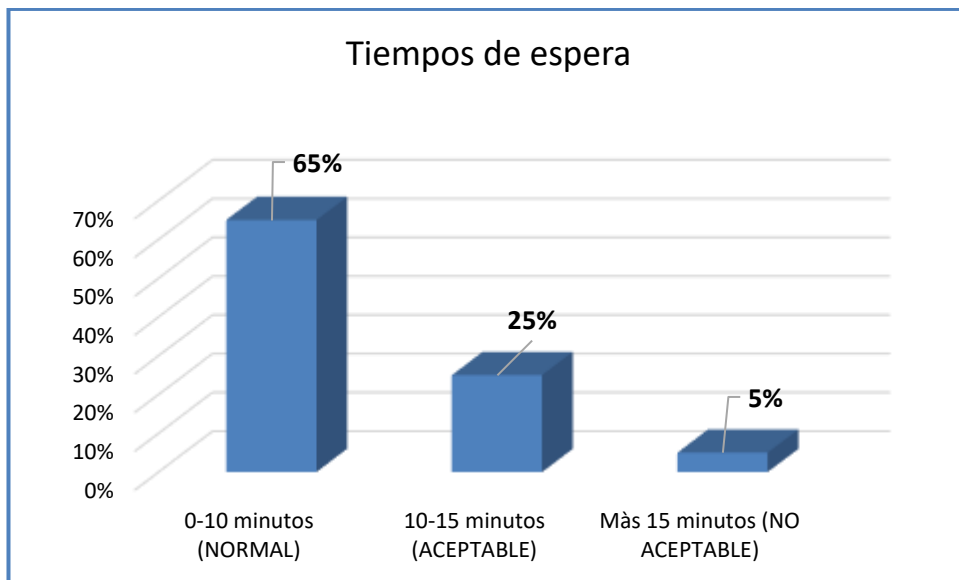


Figura 1: Resultados de la encuesta realizada a los clientes de un banco sobre el tiempo de espera

Fuente: <http://dinamica-de-sistemas.com/revista/0907k.htm>

1.1.1 Antecedentes de la Investigación

1.1.1.1 Antecedente internacional (2 Tesis)

Título: “Aplicación de teoría de colas en una entidad financiera: herramienta para el mejoramiento de los procesos de atención al cliente”

Autor: Master Ingeniería Administrativa (C) Fredy Alexander Gómez Jiménez.

Universidad: Eafit, Medellín-Colombia

Año: 2008

Dicha tesis trataba sobre entidades financieras, como prestadoras de servicios, sabían que además de ofrecer diferentes alternativas de servicios y productos, es de gran importancia la manera como se hacen entrega de los mismos a los clientes, esto se veía expresado en las instalaciones, así como en la calidad de atención que recibían de la persona y los tiempos de espera. Aquí mediante la aplicación de la herramienta de teoría de colas se logró hacer un análisis de los tiempos de espera para ser atendidos con la finalidad de reducirlos y lograr una mayor satisfacción, podemos observar que tiene gran similitud con respecto a nuestro problema e incluso el rubro al que va a ser aplicado nuestra tesis.

Metodología: La metodología general se basó inicialmente en la recolección de datos, relacionados con tiempos de llegada y de atención, y el análisis exploratorio estadístico de los mismos para comprobar supuestos del modelo y confiabilidad de los datos. Posteriormente se determinaron los parámetros necesarios para utilizar el modelo de teoría de colas y determinar las variables de salida de interés. Finalmente se aplicó un modelo de aceptación que permitió calcular el número óptimo de promotores sin sacrificar la eficiencia de la empresa representada en el tiempo ocioso de los empleados.

Conclusiones: Las colas que se presentan en el transcurso de los procesos de atención al usuario, indudablemente, tienen un modus operandi dependiendo de los días y las horas en que ocurre el evento; es deber de las empresas, pues, obtener el modelo de dicho comportamiento para adecuar su sistema de atención. En caso contrario o si se hace caso omiso a dicho modus operandi, las empresas desperdiciarán recursos valiosos, disminuyendo la eficiencia global de la empresa. En nuestro caso, para el grupo 1 se determinó que utilizando 3 promotores, en promedio los clientes estarán 30 minutos en promedio desde que entran a la agencia hasta que la abandonan, permitiendo aumentar la eficiencia de utilización de los recursos de la agencia, esto siempre y cuando los supuestos del modelo permanezcan constantes.

Título: “Aplicación de teoría de colas en los semáforos para mejorar la movilidad en la carrera 7 entre calles 15 y 20 de la ciudad de Pereira”.

Autor: Restrepo Gonzales y Mauricio Sepúlveda.

Universidad: Tecnológica de Pereira.

Año: 2010

Propuso como objetivo proponer una programación en los tiempos de los semáforos del circuito comprendido en la carrera 7 entre calles 15 y 20 que mejore el proceso de movilidad escolar en el circuito de estudio.

Metodología: El diseño de investigación es Pre experimental; existe una comprobación de la variable independiente, se trabaja con un solo grupo al cual se le aplica un estímulo (Teoría de colas) para determinar su efecto en la variable dependiente (Movilidad).

Conclusiones: Es pertinente hacer uso de los modelos de simulación en los diferentes proyectos de investigación debido a que éstos nos permiten conocer los resultados promedios que se van a obtener con las actividades realizadas en las investigaciones, sin necesidad de incurrir en toda la inversión para finalizar el proyecto. De igual forma nos permite evaluar diferentes escenarios rápidamente para identificar las posibles mejoras que se pueden realizar en el transcurso de la investigación. Haciendo uso de este modelo de simulación se propone la ayuda de un modelo de programación lineal, el cual llegue a maximizar la cantidad de vehículos atendidos por el sistema en un lapso de tiempo, o por el contrario un caso de minimización de tiempos promedio de recorrido en el circuito, iterando las variables contempladas en esta investigación.

1.1.1.2 Antecedente Nacional

Título: “Mejora en el nivel de atención a los clientes de una entidad bancaria usando simulación”.

Autor: Ing. Luis Alfredo Manuel Clemente Moquillaza.

Universidad: Pontificia Universidad Católica del Perú.

Año: 2008

La tesis hace mención a relación que existe entre el tiempo de espera para ser atendido con la satisfacción del cliente. El presente trabajo trata el tema del análisis de colas en las oficinas de una entidad financiera producto de la configuración propia del sistema encargado de administrarlas, con el fin de realizar mejoras en busca de disminución del tiempo de espera de los clientes. Esto redundará en aumentar el nivel de satisfacción del cliente, que como se sabe es un factor muy importante sobre todo en organización de servicios.

Metodología: Se centró el análisis en las colas generadas únicamente en las ventanillas. Para ello se recopiló toda la información necesaria de la base de datos del Sistema Administrador de Colas y se diseñó un modelo que replicase la situación actual mediante simulaciones. El programa utilizado para esto fue el software ARENA 9.0.

Además, debido a que el comportamiento de los clientes y el desempeño de las oficinas varían según el tipo de día, se realiza un primer filtro para discriminar aquellos tickets que fueron emitidos en días bajos, días pico y fines de semana.

Conclusiones: El modelo de simulación pudo ajustarse a la situación actual de la empresa de una forma adecuada. Para validar esto se compararon los resultados más importantes del modelo con aquellos obtenidos en la realidad.

En el caso de los días con menor cantidad de arribos, la propuesta 3 representa una mejora en el nivel de atención en la oficina de 3 puntos porcentuales y además genera mayor ahorro (US\$ 1,447) por lo que esta configuración será tomada como la mejor para este tipo de día.

En el caso de los días con mayor cantidad de arribos, la propuesta 2 representa una mejora en el nivel de atención en la oficina de 6 puntos porcentuales y además genera mayor ahorro (US\$ 784) por lo que esta configuración será tomada como la mejor para este tipo de día.

En el caso de los fines de semana, la propuesta es 2 representa una mejora en el nivel de atención en la oficina de 7 puntos porcentuales y además genera mayor ahorro (US\$ 248) por lo que esta configuración será tomada como la mejor para este tipo de día.

Título: “Rediseño de procesos para la disminución de tiempos de espera en el servicio de un comedor administrado por un concesionario dentro de una empresa del sector financiero”.

Autor: Oscar Jesús Nicho Barrera

Universidad: Universidad Nacional Mayor de San Marcos

Año: 2017

La tesis, se plantea una redistribución de las mesas en los ambientes del comedor, aplicándose la metodología de combinación de mesas desarrollada por Thompson (2003), con ello se logra redistribuir las mesas con la combinación más óptima y ampliando la capacidad de los ambientes del comedor, lográndose de esa forma, una reducción de tiempos en el proceso de búsqueda de mesas disponibles.

Metodología: La investigación realizada se califica como una investigación aplicada, puesto que, siguiendo el lineamiento de Murillo (2008), se buscó rediseñar procesos con el objetivo de resolver el problema de tiempos de espera y mejorar el rendimiento de la capacidad instalada; tiene un enfoque cuantitativo, ya que en ella se estudian procesos estructurados de donde se recolectan datos cuantitativos usando métodos estadísticos

Conclusiones: El tiempo es un activo de gran valor para las personas y el aprovechamiento del mismo determina en gran medida el nivel de satisfacción y por ende de rendimiento laboral, es por ello que los procesos organizacionales en todo nivel deben estar enfocados en la ejecución rápida. Y es primario determinar indicadores de desempeño que permitan gestionar mejoras en los procesos. En la presente tesis se desarrollaron formatos para la toma de tiempo en la línea de atención, identificándose que el tiempo que los usuarios del comedor estaban en

la línea de atención era de 9.55 minutos. Siendo un promedio de 8.44 minutos el tiempo que los usuarios se encontraban realizando una cola en la línea de atención. La correcta utilización de la herramienta de Toma de Datos, no solo permite el registro de tiempos, además, nos permite identificar patrones de comportamiento en un determinado proceso, esto debe de ir acompañado de formatos que permitan al analista de tiempos hacer anotaciones como lo realizado en la medición de tiempos de búsqueda de mesas, no solo se logró determinar los intervalos de ingreso y los tiempos de búsqueda, también se realizaron análisis de la ocupación de las mesas que permitió generar indicadores de % de utilización de mesas así como medir el espacio ineficiente generado por usuarios que solos, ocupaban una mesa de capacidad para 4 personas. La simulación de eventos discretos por medio del Software Simio, nos permite desarrollar diversos modelos y medir el desempeño de los mismos sin generar costos de implementación, convirtiéndose en una herramienta de gran ayuda en el rediseño de procesos y la toma de decisiones a nivel empresarial. Gracias a esta herramienta se logró identificar que el modelo inicial no reduciría tiempos solo con añadir un servidor adicional, si no que era necesario la modificación de la configuración de la atención pasándose de dos líneas independientes a tres líneas de servicio que convergen en una sola cola y posteriormente se dividen en 3 líneas para realizar el pago de los servicios. Esto conlleva a una reducción del tiempo en cola en la línea de atención en un 62%, obteniéndose como nuevo tiempo un promedio de 3.21 minutos.

1.1.1.3 Antecedente Local

Título: “Aplicación de teoría de líneas de espera y simulación para optimizar el mecanismo de atención de pacientes en el consultorio externo de ginecología del Hospital de apoyo Otuzco”

Autor: Br. Kenny Heredia García y Br. Wilfredo Espiritu García

Universidad: Universidad Nacional de Trujillo

Año: 2005

En esta tesis se exponía el problema de optimización y logro de fluidos de citas y atención ambulatoria del consultorio externo de ginecología del hospital de apoyo Otuzco.

Metodología: Se recogió una data de 20 datos para evaluarla por medio de la distribución de kolmogorov – Smirnov, luego se comprobó que cumplía la distribución de servicio cumplía una distribución exponencial, así como la distribución de llegada, luego se realizó la simulación para comprobar si era necesaria un nuevo consultorio, entonces se realizaron dos simulaciones: con 1 servidor y dos servidores. Las simulaciones corridas con números aleatorios iguales demostraron que el sistema con dos servidores es más eficiente.

Conclusiones:

En él se observaba el retraso desde el inicio del servicio lo que como consecuencia influía en la demora del sistema obteniendo un tiempo de espera en promedio de 1 a 1.30 horas y mediante la aplicación de la teoría de colas se logró reducir de 33.89 min a 3.43 min es decir se redujo en un 89.87% el tiempo de espera en el área de ginecología.

Título: “Teoría de colas en la atención de combustible Diesel B-5 y satisfacción del cliente. Empresa Terminales del Perú. Chimbote, 2016”.

Autor: Br. Raúl Francisco Huamán Urbano

Universidad: Universidad Cesar Vallejo

Año: 2017

El objetivo fue determinar la línea de espera que se relaciona con el nivel de satisfacción de los transportistas en el despacho de combustible diésel b-5 en la empresa terminales del Perú en el distrito de Chimbote, año 2016. Se identificó el diagnóstico, la tasa de arribos y la tasa de servicio de los vehículos cisternas, el diseño de la investigación es pre experimental de tipo descriptivo.

Metodología: El diseño de investigación es Pre experimental; existe una comprobación mínima de la variable independiente, se trabaja con un solo grupo al cual se le aplica un estímulo (Teoría de colas) para determinar su efecto en la variable dependiente (Satisfacción).

Conclusiones:

Luego de haber obtenido los resultados en la teoría de colas en la atención de combustibles diésel b-5 deducimos que el tiempo de atención en el servidor se reduce en un 80% es el equivalente a 66.43 m, por consecuencia satisface al cliente en la empresa terminales del Perú en el distrito de Chimbote 2016, la línea de espera si se relaciona. Concluimos que el diagnóstico en la teoría de colas el resultado de 11 cisternas de combustible diésel b-5 con diferentes capacidades refleja 279 unidades de rotación de los vehículos y que representa el 80% de la venta total de la semana lo cual ayuda a identificar el nivel de satisfacción de los transportistas en el despacho de combustibles en la empresa terminales del Perú

en el distrito de Chimbote año 2016. Concluimos que la tasa de arribos en la teoría de colas, un cliente llega con su cisterna cada 8 min, con una tasa de arribo es 7.42 por hora, por lo cual se relaciona con el nivel de satisfacción de los transportistas en el despacho de combustibles en la empresa terminales del Perú Chimbote 2016. Concluimos que la tasa de servicio en la teoría de colas en un servidor tiene como resultado una labor de 16.40 min, por lo tanto, su tasa de servicio es 3.60 clientes/hora, por lo cual se relaciona con el nivel de satisfacción de los transportistas en el despacho de combustibles en la empresa terminales del Perú en el distrito de Chimbote. 2016.

1.1.2 Bases Teóricas

1.1.2.1 Modelos de líneas de espera.

En la vida diaria nos enfrentamos a frecuentes situaciones en las cuales debemos esperar para recibir un servicio o una mercancía, así podemos citar varios ejemplos, como pagar la cuenta en el supermercado, la espera en la gasolinera para recibir el combustible en nuestro vehículo o en la fila de un banco para hacer algún trámite bancario, son muestras claras de anteriormente señalado. Estos casos suceden por el hecho de que un negocio no puede tener capacidad ilimitada para atender al total de sus clientes, ya que esto sería incosteable. Sin embargo, cualquier empresa que desee tener éxito, deberá vigilar atentamente este aspecto, ya que muchas veces una espera demasiado larga en una fila para ser atendido es causa de que los clientes prefieran cambiar por alguien de la competencia.

La teoría de líneas de espera, a la cual también se le conoce como teoría de colas, inició al principio de este siglo.

Un sistema de líneas de espera se define como un conjunto de clientes, servidores

y un orden en el cual los clientes son atendidos siendo un proceso de nacimiento-

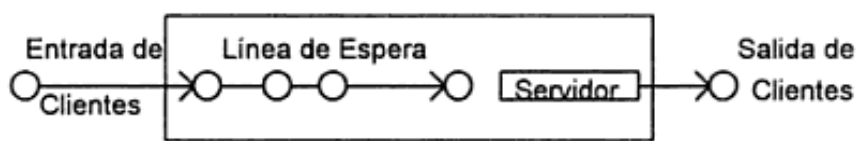
muerte, donde se considera que un nacimiento sucede cuando un cliente entra a

las instalaciones del negocio a recibir el servicio, mientras que una muerte ocurre

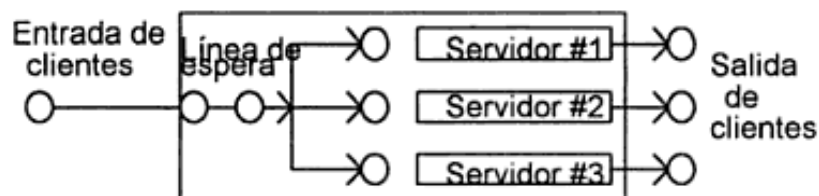
cuando el cliente una vez que ha sido atendido, sale del establecimiento.

En la siguiente figura se presentan algunos sistemas de líneas de espera, los cuales

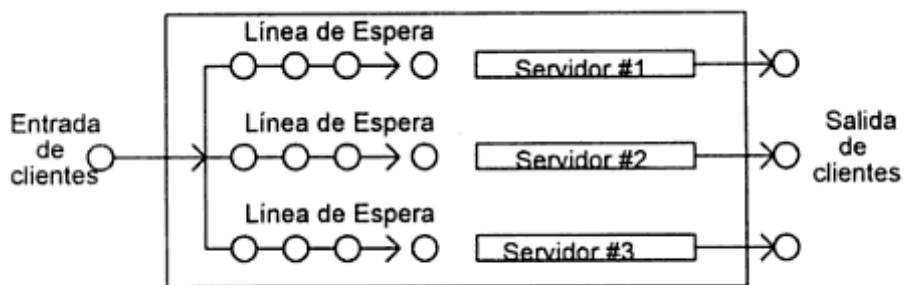
son ampliamente utilizados en la actualidad.



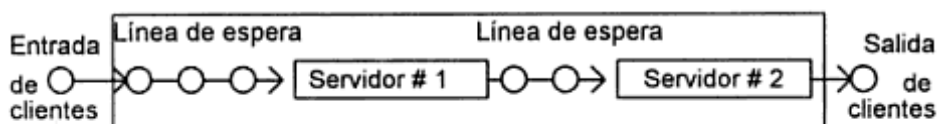
(a) una línea de espera y un servidor



b) Una línea de espera y varios servidores



c) Varias líneas de espera y varios servidores en paralelo



d) Una línea de espera y varios servidores en serie

Figura 2: Algunos Sistemas de Líneas de Espera

Fuente: Fundamentos de Investigación de Operaciones para Administración

Es conveniente comentar que, a diferencia de otros modelos, los de líneas de espera son descriptivos y normativos, ya que no son métodos de optimización, sino más bien modelos que buscan describir el funcionamiento de un sistema dado mediante la estimación de sus parámetros más importantes.

Es usual que estos casos se manejen de un modo probabilístico y no determinístico, ya que por lo general no se conoce el momento en que un cliente va a solicitar un servicio.

En este texto presentaremos primeramente la terminología usada en los sistemas de líneas de espera luego se verán las características más importantes de estos sistemas, después se tratarán algunos de los modelos de líneas de espera más frecuentes para resolver problemas de este tipo, y finalmente se presentará un sistema de líneas de espera que incluye costos.

- **Patrón de Llegadas:** Es la frecuencia de llegadas de los clientes al negocio definido por el tiempo que transcurre entre la llegada de un cliente y el siguiente.
- **Patrón de Servicio:** Es el tiempo de servicio, es decir el tiempo que ocupa un servidor para atender a un cliente.
- **Disciplina de la línea de espera:** Es el orden como se atiende a un cliente.
- **Capacidad del sistema:** Es el número de clientes que pueden estar en el negocio, ya sea en la línea de espera o siendo atendidos.
- **Estado del Sistema:** Es el número de clientes que hay en el negocio en un momento dado cualquiera, ya sea en espera o en servicio.
- **Longitud de la línea de Espera:** Número de clientes en línea de espera.

- **Ciente:** Persona que tiene al menos un producto del BCP que lo vincula, estas personas tienen atención a través de la fila C y es el objeto de nuestra investigación.
- **Abandono:** Es cuando un cliente que está en la línea de espera se sale de ella y deja el establecimiento debido a que el tiempo de espera es muy grande.
- **Rechazo:** Es la situación que sucede cuando un cliente que llega al negocio no entra a él debido a que la línea de espera es demasiado grande.

1.1.2.2 Nomenclatura básica

λ = Número de llegadas por unidad de tiempo
μ = Número de servicios por unidad de tiempo si el servidor está ocupado
c = Número de servidores en paralelo
$\rho = \frac{\lambda}{c \cdot \mu}$: Congestión de un sistema con parámetros: (λ, μ, c)
$N(t)$: Número de clientes en el sistema en el instante t
$N_q(t)$: Número de clientes en la cola en el instante t
$N_s(t)$: Número de clientes en servicio en el instante t
$P_n(t)$: Probabilidad que haya n clientes en el sistema en el instante $t = \Pr\{N(t)=n\}$
N : Número de clientes en el sistema en el estado estable
P_n : Probabilidad de que haya n clientes en estado estable $P_n = \Pr\{N=n\}$
L : Número <u>medio</u> de clientes en el sistema
L_q : Número <u>medio</u> de clientes en la cola
T_q : Representa el tiempo que un cliente invierte en la cola
S : Representa el tiempo de servicio
$T = T_q + S$: Representa el tiempo total que un cliente invierte en el sistema
$W_q = E[T_q]$: Tiempo medio de espera de los clientes en la cola
$W = E[T]$: Tiempo medio de estancia de los clientes en el sistema
r : número medio de clientes que se atienden por término medio
P_b : probabilidad de que cualquier servidor esté ocupado

Figura 3: Nomenclatura básica

Fuente: Elaboración propia

1.1.2.3 Característica de la línea de espera:

Las líneas de espera suelen caracterizarse bajo el sistema de notación de Kendall, debido al matemático inglés del mismo apellido, la característica es la siguiente:

$$V / W / X / Y / Z$$

Dónde:

V: Patrón de Llegadas

W: Patrón de Servicio

X: Número de Servidores

Y: capacidad del sistema

Z: Disciplina de la línea de espera

Los dos primeros parámetros se denotan por un literal, conforme a la siguiente tabla.

Tabla 1

Características de una línea de espera respecto a los patrones de llegadas y servicio

Literal	Significado
D	Determinístico
M	Distribución probabilística Markoviana
Ek	Distribución de Erlang
G	General

Fuente: Fundamentos de Investigación de Operaciones para Administración

1.1.2.4 Distribución Determinística:

Se aplica para aquellos casos que se conoce con toda precisión el tiempo de llegada de los clientes o el tiempo de servicio, la distribución Markoviana, llamada así en honor al matemático A. Markov, se refiere a una distribución aleatoria de probabilidad para definir el número de llegadas para lo cual se usa normalmente la distribución Poisson y para definir el tiempo de servicio, representado por lo general por una distribución de Erlang por su parte se utiliza aplicando la fórmula de Erlang, mientras que la distribución general se usa para cualquier otra situación distinta a las anteriores.

Por lo que respecta a número de servidores, que es el tercer parámetro conforme a la notación de Kendall simplemente se especifica por un número que corresponda al de servidores en el sistema.

El siguiente parámetro es la capacidad del sistema, la cual en la mayoría de las ocasiones es infinita.

El último parámetro se refiere a la disciplina de la línea de espera, es decir el orden de atención a los clientes, el cual puede ser del tipo PEPS, es decir primero en entrar primero en salir, o bien UEPS, ultimo en entrar y primero en salir. De estos dos el más usado es el primero.

Es frecuente omitir la notación de Kendall a los 2 últimos parámetros, suponiéndose para estos casos que la capacidad del sistema es infinita y su disciplina del tipo PEPS.

En seguida presentaremos las distribuciones de probabilidad Poisson y la exponencial.

1.1.2.5 Distribución de probabilidad de Poisson

$$p(n; \lambda) = \text{Exp}(-\lambda) \frac{\lambda^n}{n!}$$

Ecuación 1: Fórmula N°1

Dónde:

$p(n; \lambda)$ = Probabilidad de que haya n sucesos de una muestra cuyo promedio es λ

n = Número de sucesos.

λ = Numero promedio de sucesos de la muestra.

Se usa para representar llegadas aleatorias de clientes a un sistema de líneas de espera y supone 4 situaciones:

Las llegadas de clientes son independientes entre sí.

Las llegadas son independientes del estado del sistema.

Las llegadas son sucesos sin memoria, es decir no dependen de eventos anteriores,

Las llegadas solo dependen del lapso de tiempo entre una y otra de ellas.

1.1.2.6 Distribución de probabilidad Exponencial Negativa

Se utiliza cuando los tiempos de servicio son aleatorios para una línea de espera cuyas llegadas se representan por una distribución de Poisson, Esta relación entre ambas distribuciones de probabilidad hace llamarlas distribuciones duales.

Es igual que la anterior para eventos sin memoria a diferencia de la distribución de Poisson la exponencial negativa es continúa siendo su ecuación la siguiente:

$$F(t) = \mu \text{Exp}(-\mu t)$$

Ecuación 2: Fórmula N°2

Dónde:

$F(t)$ = Valor de la función exponencial negativa.

T = Tiempo de servicio.

μ = Tasa de Servicio (inverso del tiempo promedio de servicio).

Si esta ecuación se integra entre los límites de tiempo de cero a T , se obtiene la probabilidad de que el servicio sea dado en un lapso de tiempo menor o igual a T , es decir:

$$P(t \leq T) = 1 - \text{Exp}(-\mu t)$$

Por lo cual la probabilidad de que el servicio se brinde en un tiempo mayor que T , será el complemento de esta última probabilidad, es decir:

$$P(t > T) = 1 - p(t \leq T) = \text{Exp}(-\mu t)$$

Así por ejemplo para el caso de una tasa de servicio de 8 clientes por hora, la probabilidad de que el tiempo de servicio sea mayor de 6 minutos, es decir 0.10 horas, será conforme a la ecuación anterior.

$$P(t > 0.10) = \text{Exp}(-(8)(0.10)) = 0.4493$$

1.1.2.7 Costo de un Sistema de líneas de Espera.

Se compone de 2 partes: El costo de la espera, el cual la mayoría de las veces es muy difícil de ser cuantificado, y el costo del servicio, el cual puede ser fácilmente obtenido por el departamento contable del negocio.

Podemos ver el costo de espera disminuye al aumentar la tasa de servicio, mientras que el costo de servicio aumenta linealmente.

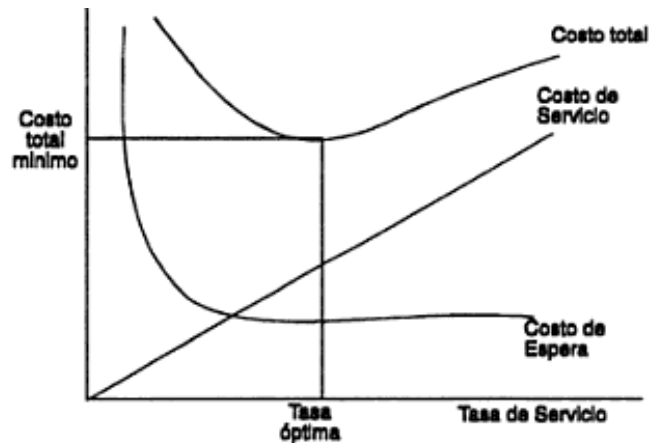


Figura 4: *Relación Costo de Espera-Tasa de Servicio-Costo de Servicio*

Fuente: Fundamentos de Investigación de Operaciones para Administración

1.1.2.8 Modelo de Líneas de Espera

- **Modelo D/D/1:** Tanto el patrón de llegadas como de servicio se conocen exactamente y hay solo un servidor. Como en el caso de revisiones médicas de rutina, departamentos de inspección de la calidad en empresas.
- **Modelo D/D/S:** Parecido al anterior con la situación de que ahora hay varios servidores.
- **Modelo M/M/1:** Cuyas llegadas siguen una distribución de probabilidad de Poisson, sus tiempos de servicio se representan por medio de la distribución exponencial negativa, tienen un solo servidor la capacidad del sistema es infinita y la disciplina es del tipo PEPS.

$$P_q t = \rho \text{Exp}\left(\frac{-t}{W}\right)$$

Ecuación 3: Fórmula N°3

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

$$P_0 = 1 - \rho$$

$$P_n = P_0 \rho^n$$

$$L = \frac{\rho}{1 - \rho}$$

Ecuación 4: Fórmula N°4

$$L_q = L - \rho = \rho^2 / (1 - \rho)$$

$$W = \frac{L}{\lambda}$$

$$W = \frac{L_q}{\lambda}$$

$$W = w_q + 1/\mu$$

Ecuación 5: Fórmula N°5

$$P_t = \text{Exp}(-t / w)$$

Ecuación 6: Fórmula N°6

- **Modelo M/M/S:** Es igual al anterior excepto en el tercer parámetro, ya que ahora se tendrán S servidores cada uno de los cuales atenderá a los clientes con la misma tasa promedio de servicio. El sistema de la línea de espera formada será estable cuando λ sea menor al producto de S por μ .

- **Modelo M/G/1:** Se caracteriza por un patrón de llegada de los clientes de tipo aleatorio según la distribución de Poisson mientras que el patrón de servicio es de tipo general, el cual puede ajustarse a diversas funciones conocidas de probabilidad, una de las cuales es la distribución normal, por otra parte se dispone de un solo servidor, la capacidad del sistema es infinito y la disciplina de la línea de espera es del tipo PEPS. Se usa notación de Kendall, es decir el patrón de servicio, tanto el tiempo promedio en que se atiende a un cliente, como la desviación estándar de la misma variable.
- **Modelo M/D/1:** Es un caso especial del anterior con la excepción de que el segundo parámetro es decir el tiempo de servicio, ahora es Determinístico, por lo que, al conocerse exactamente, su desviación estándar es 0, con lo cual tendremos la siguiente fórmula:

$$Lq = \frac{\rho^2}{2(1-\rho)}$$

Ecuación 7: Fórmula N°7

1.1.3 Definición de términos

- **Investigación de operaciones o investigación operativa:** Es una rama de las matemáticas que consiste en el uso de modelos matemáticos, estadística y algoritmos con objeto de realizar un proceso de toma de decisiones. Frecuentemente trata del estudio de complejos sistemas reales, con la finalidad de mejorar (u optimizar) su funcionamiento. La investigación de

operaciones permite el análisis de la toma de decisiones teniendo en cuenta

la escasez de recursos, para determinar cómo se puede optimizar un objetivo definido, como la maximización de los beneficios o la minimización de costos.

- **Simulación:** Consiste en estudiar el contexto del problema, identificar los objetivos del proyecto, especificar los índices de medición de la efectividad del sistema, establecer los objetivos específicos del modelamiento y definir el sistema que se va a modelar.
- **Teoría de colas:** Es el estudio matemático de las colas o líneas de espera dentro de un sistema. Ésta teoría estudia factores como el tiempo de espera medio en las colas o la capacidad de trabajo del sistema sin que llegue a colapsarse. Dentro de las matemáticas, la teoría de colas se engloba en la investigación de operaciones y es un complemento muy importante a la teoría de sistemas y la teoría de control. Se trata así de una teoría que encuentra aplicación en una amplia variedad de situaciones como negocios, comercio, industria, ingenierías, transporte y logística o telecomunicaciones.

En el caso concreto de la ingeniería, la teoría de colas permite modelar sistemas en los que varios agentes que demandan cierto servicio o prestación confluyen en un mismo servidor y, por lo tanto, pueden registrarse esperas desde que un agente llega al sistema y el servidor atiende sus demandas. En este sentido, la teoría es muy útil para modelar procesos tales como la llegada de datos a una cola en ciencias de la computación, la congestión de red de computadoras o de telecomunicación, o la implementación de una cadena productiva en la ingeniería industrial.

- **Tiempo:** Es una magnitud física con la que medimos la duración o separación de acontecimientos, sujetos a cambio, de los sistemas sujetos a observación; esto es, el período que transcurre entre el estado del sistema cuando éste presentaba un estado X y el instante en el que X registra una variación perceptible para un observador (o aparato de medida).

El tiempo permite ordenar los sucesos en secuencias, estableciendo un pasado, un futuro y un tercer conjunto de eventos ni pasados ni futuros respecto a otro. En mecánica clásica esta tercera clase se llama "presente" y está formada por eventos simultáneos a uno dado.

1.2. Formulación del problema

¿De qué manera la aplicación de teoría de colas en la simulación de escenarios impacta en el tiempo de espera de los clientes del área operaciones de una agencia bancaria en la ciudad de Trujillo?

1.3. Objetivos

1.3.1. Objetivo general

Reducir el tiempo de espera aplicando la teoría de colas en la simulación de escenarios.

1.3.2. Objetivos específicos

1. Analizar las distribuciones de las llegadas y tiempos de espera en cola de cada sector.

2. Calcular el tiempo promedio de espera de cada tipo de cliente, la cantidad de servidores necesarios para la atención utilizando simulación de líneas de espera y el beneficio económico del sistema.
3. Análisis comparativo para determinar el número de servidores adecuado.

1.4. Hipótesis

La aplicación de la teoría de colas en la simulación de escenarios reduce el tiempo de espera de los clientes del área operaciones de una agencia bancaria en la ciudad de Trujillo.

1.5. Variables

1.5.1 Variable independiente

Simulación

Definición conceptual: Es una técnica utilizada para el análisis y estudio de sistemas complejos, cuyo objetivo principal es determinar soluciones en diferentes escenarios.

Definición operacional: Se va a calcular el promedio de velocidad de llegada (Lamda λ) y de servicio (Mu μ) para calcular los tiempos de espera en cola.

1.5.2 Variable dependiente

Tiempo de espera

Definición conceptual: Tiempo que transcurre para que un cliente pueda ser atendido, la espera es considerada desde que el cliente entra al sistema (cola) hasta que recibe la atención (TAHA, 2004).

Definición operacional: Suma de los tiempos que transcurren desde que el cliente solicitó el servicio, hasta el momento en que es atendido (TAHA, 2004).

1.6. Operacionalización de Variables

Tabla 2

Operacionalización de variables

VARIABLE	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DEFINICIÓN OPERACIONAL	DIMENSIONES	INDICADORES	ESCALA
SIMULACIÓN Variable independiente	<p>Es una técnica utilizada para el análisis y estudio de sistemas complejos, cuyo objetivo principal es determinar soluciones en diferentes escenarios. (TAHA, 2004).</p>	<p>Es una técnica utilizada para el análisis y estudio de sistemas complejos, cuyo objetivo principal es determinar soluciones en diferentes escenarios.</p>	<p>Probabilidad de llegada de clientes</p>	<p>La probabilidad de que lleguen n clientes en un determinado tiempo t es:</p> $P_n(t) = \frac{(\lambda t)^n}{n!} e^{-\lambda t}$ <p>La probabilidad que no lleguen clientes sería:</p> $P_0(t) = e^{-\lambda t}$	<p>Razón</p>
TIEMPO DE ESPERA Variable dependiente	<p>Tiempo que transcurre para que un cliente pueda ser atendido, la espera es considerada desde que el cliente entra al sistema (cola) hasta que recibe la atención (TAHA, 2004).</p>	<p>Suma de los tiempos que transcurren desde que el cliente solicitó el servicio, hasta el momento en que es atendido (TAHA, 2004).</p>	<p>Tiempo de espera en cola (Tq)</p>	<p>Dado entre la diferencia del tiempo total (T) y el tiempo de servicio (S):</p> $Tq = T - S$	<p>Razón</p>
			<p>Eficiencia</p>	<p>tasa de variación</p>	<p>Razón</p>

				(disminución del tiempo)	
				Mapeo, DAP, Ishikawa, Pareto	Nominal

Fuente: Elaboración propia

CAPÍTULO II. METODOLOGÍA

2.1. Tipo de investigación

Por la orientación: descriptivo-propositiva

Por el diseño: Pre-Experimental

2.2. Población y muestra

Población

Todos aquellos clientes del BCP que requieran del uso del servicio de ventanilla que ofrece el Banco BCP. Según los datos confidenciales proporcionados por el área de operaciones del Banco BCP, el número de personas promedio que asisten a la fila de clientes del Banco de Crédito durante todo un mes es de $N=12292$ personas

Muestra

Se ha diseñado una encuesta aplicada a una muestra representativa, calculada mediante la aplicación de la siguiente fórmula probabilística para poblaciones finitas:

$$n = \frac{Z^2 * p * q * N}{e^2(N - 1) + Z^2 * p * q}$$

Dónde:

n =Tamaño de Muestra

Z =Valor estadístico asociado a un nivel de confianza del 95% = 1.96

p =Probabilidad de aceptación del estudio (50%)

q =Probabilidad de rechazo del estudio (50%)

N=Población

e=Margen de error (5%)

$$n = \frac{1.96^2 * 0.50 * 0.50 * 12\ 292}{5\%^2(12\ 292 - 1) + 1.96^2 * 0.50 * 0.50}$$

$$n = 373$$

2.3. Técnicas e instrumentos de recolección y análisis de datos

Técnicas de Obtención de datos

- Para obtener los datos se utilizará la técnica de la entrevista y la observación.

Técnicas de Análisis e Interpretación de los datos

- Cuadros estadísticos

Instrumentos

- Encuestas.

2.4. Procedimiento

Se designarán determinados días y horarios para recolección de toma de tiempos de cada sector durante 3 horas en 3 días distintos. Para luego ser evaluados, procesados y simulados, para finalmente obtener un resultado óptimo. En la figura 4 se puede observar el layout de los procesos de la agencia.

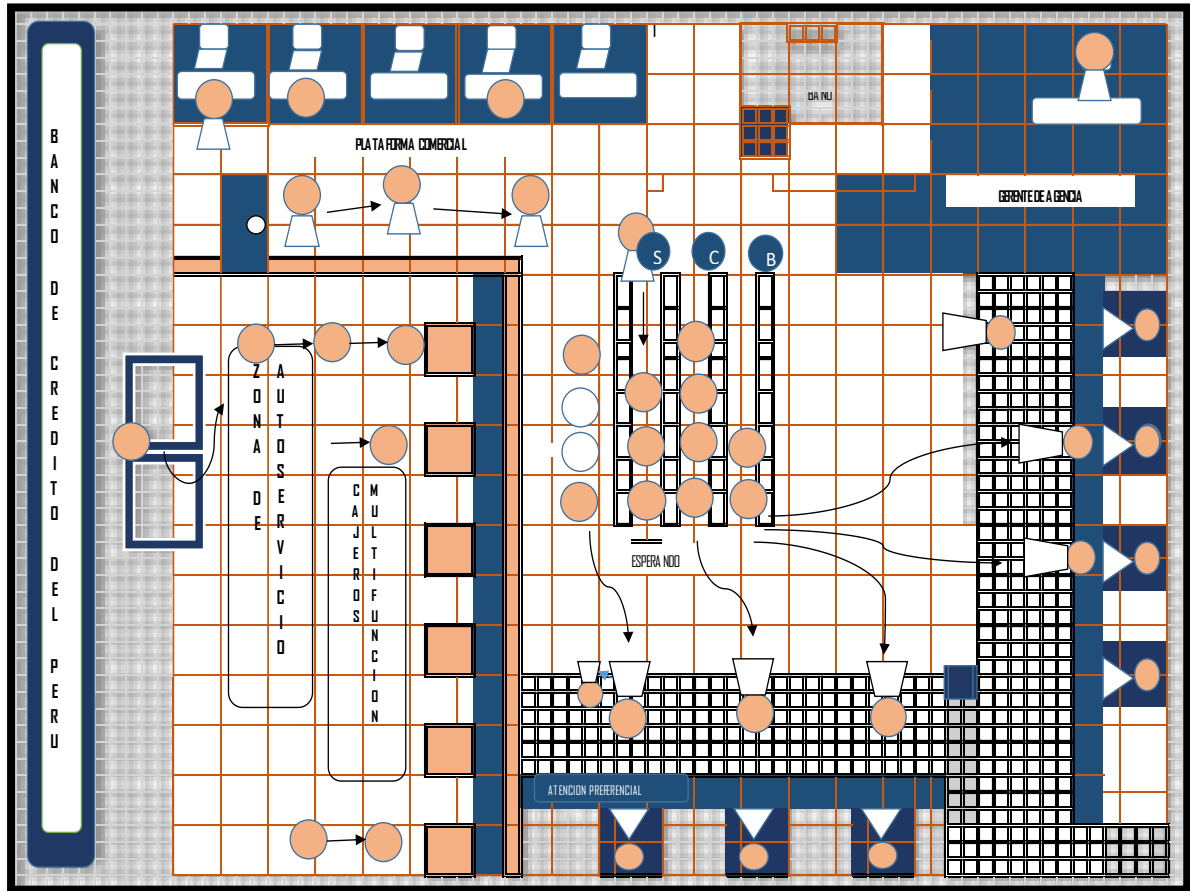


Figura 5: *Layout de los procesos en la agencia*

Fuente: Elaboración propia

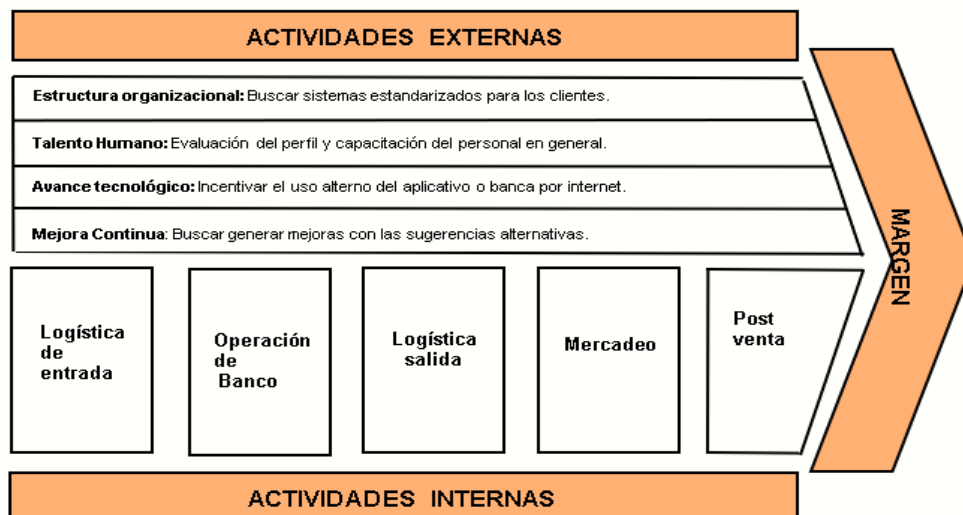


Figura 6: *Cadena de Valor de la Empresa*

Fuente: Elaboración propia
























		OPERARIO / MATERIAL / EQUIPO				
CURSOGRAMA ANALITICO		RESUMEN				
DIAGRAMA N° : 1 cliente	Actividad					
Proceso: De conceder credito	Operación	11				
Actividad : proceso completo	Trasporte	1				
	Espera	3				
Metodo : ACTUAL	Inspeccion	1				
	Almacenamiento	2				
Lugar : BCP MALL AVENTURA PLAZA	N° de actividades	18				
Operarios (s) : 3 Ficha num :	Tiempo (MIN)	297.3				
Compuesta por Fecha						
Aprobado por : Fecha						
DESCRIPCION	T (MIN)	SIMBOLO				
						
Cliente solicita credito	8.9					
Se pide expediente	2.2					
Asesor espera	13.4					
Se busca expediente	12.0					
Entrega de expediente	1.2					
Asesor visita negocio	49.8					
Recolecta informacion	11.0					
Evalua al cliente	12.4					
Cliente espera respuesta	62.5					
Asesor prepara el credito	21.1					
Pasa comité de credito	6.2					
Jefe de negocios revisa el credito	11.3					
Jefe de negocios aprueba el credito	8.6					
Asesor llama al cliente	2.6					
Cliente llega y espera	39.1					
Se desembolsa el credito	17.3					
Entrega de efectivo en caja	15.9					
Archivo de desembolso	1.7					
N° DE PROCESOS		11	1	3	1	2
TOTAL(MIN)	297.3	108.5	49.8	115.0	11.3	12.7
% DE TIEMPO CONSUMIDO	100%	36%	17%	39%	4%	4%

Figura 7: DAP actual del proceso de otorgamiento de crédito

Fuente: Elaboración propia

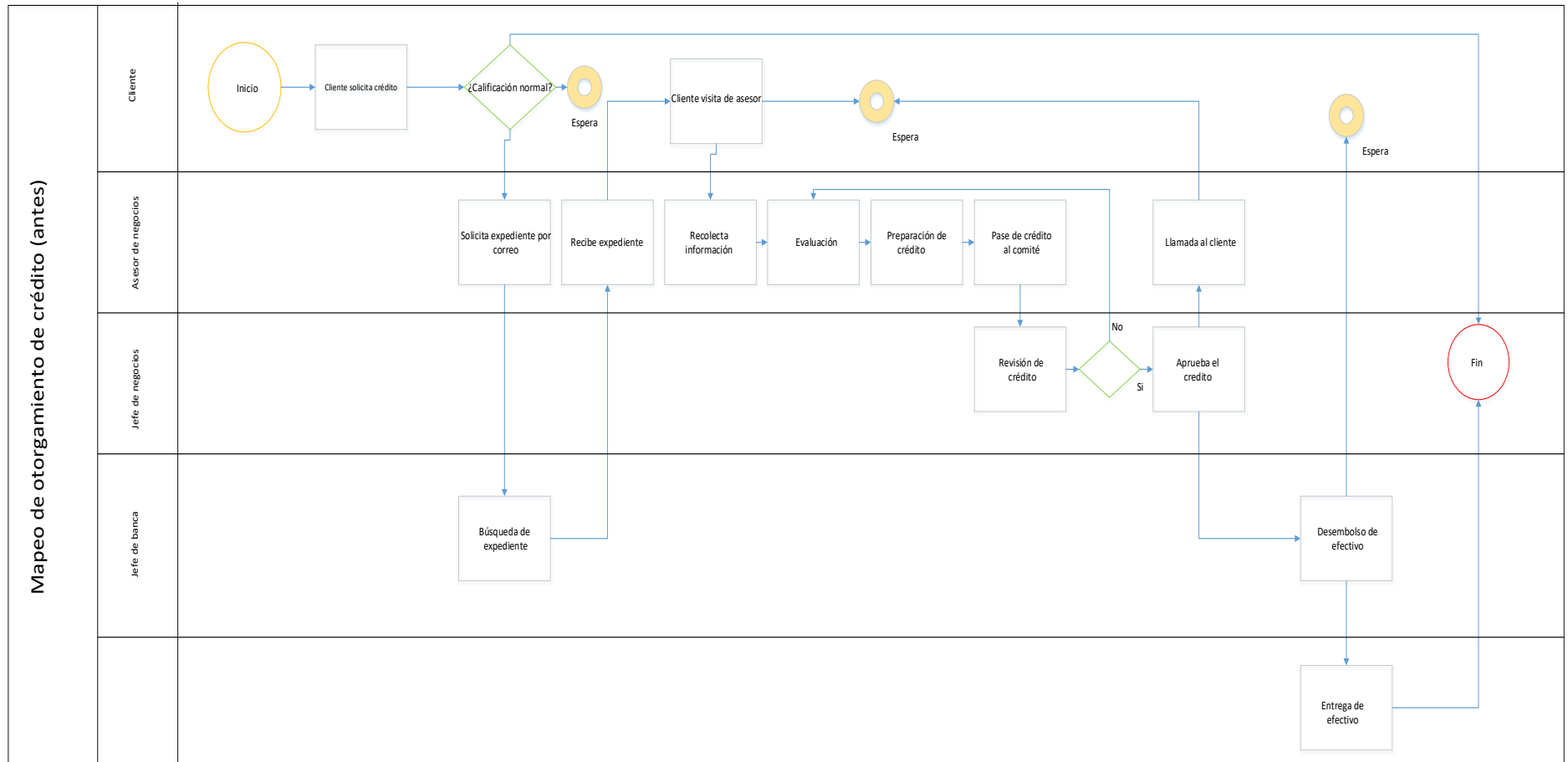


Figura 8: Mapa de Procesos de otorgamiento de crédito actual

Fuente: Elaboración propia

2.5. Diagnóstico de problemáticas principales

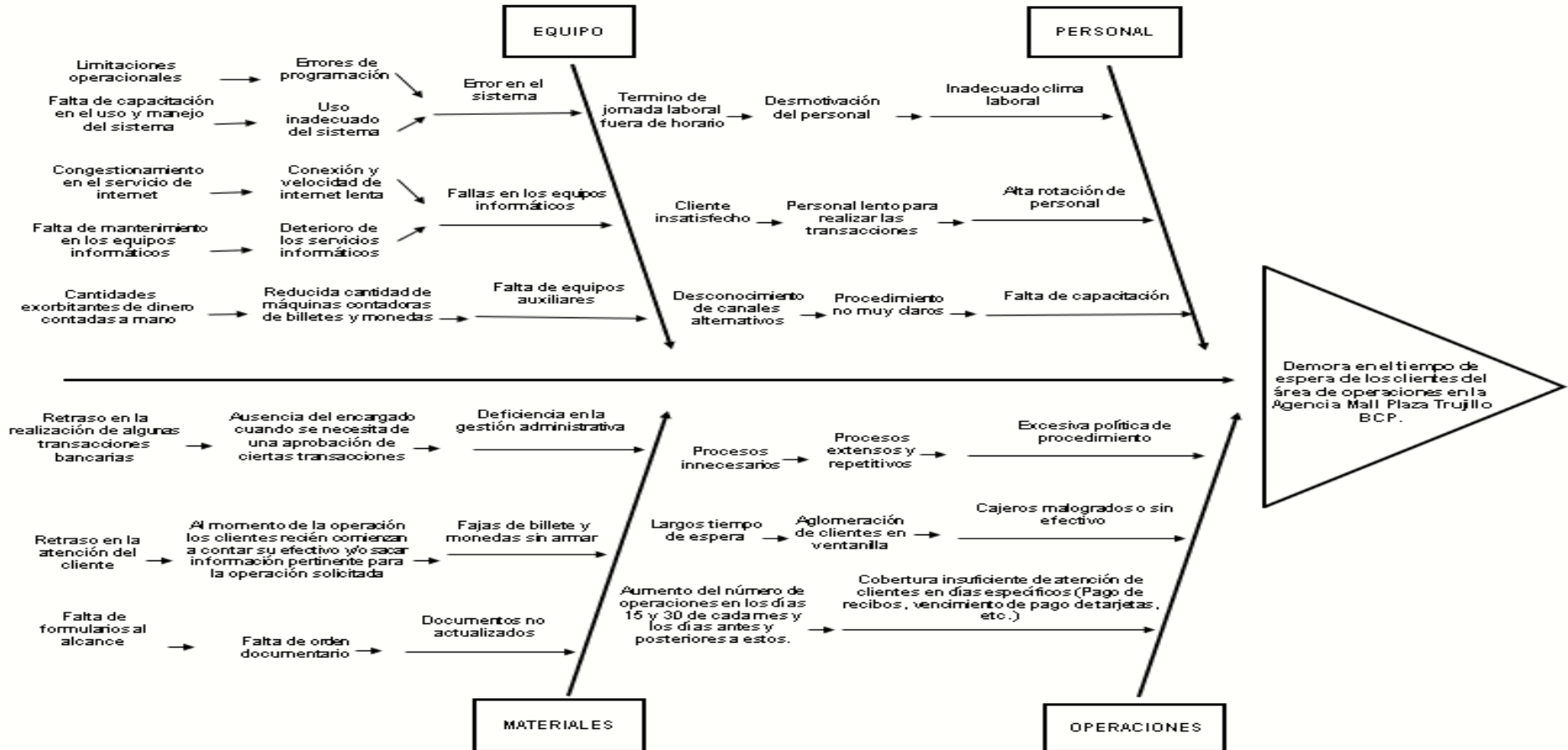


Figura 9: Diagrama Causa Efecto

Fuente: Elaboración propia

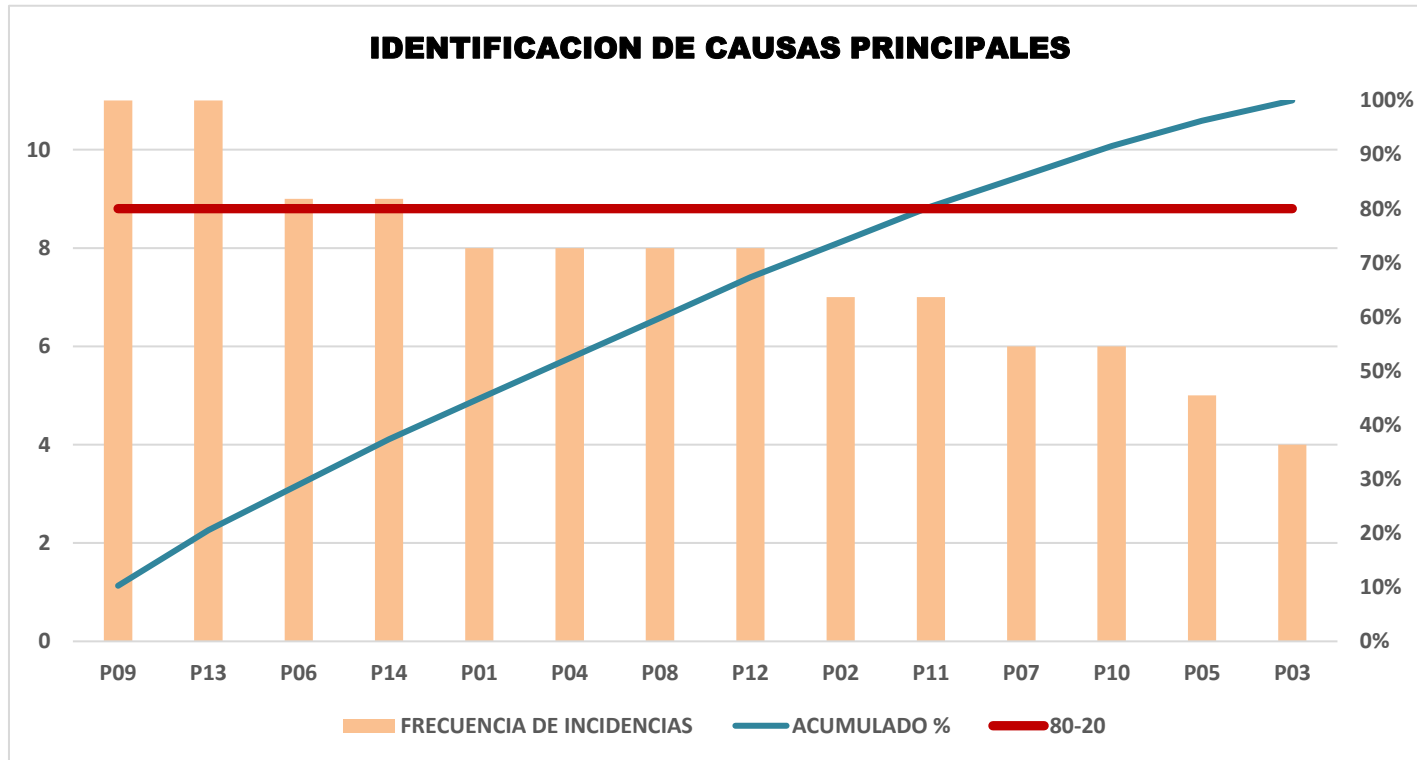


Figura 10: *Diagrama de Pareto*

Fuente: Elaboración propia

Tabla 3*Pre estudio de tiempos de proceso de otorgamiento de crédito*

ACTIVIDADES	TIEMPO PROMEDIO (SEGUNDOS)	VALORACIÓN DEL RITMO DE TRABAJO	TIEMPO NORMAL (SEGUNDOS)	SUPLEMENTOS	TIEMPO ESTÁNDAR (SEGUNDOS)	TIEMPO ESTÁNDAR (MINUTOS)
Cliente solicita credito	480.34	1.02	489.95	0.09	534.05	8.9
Se pide expediente	121.15	1.02	123.57	0.09	134.69	2.2
Asesor espera	722.86	1.02	737.32	0.09	803.68	13.4
Se busca expediente	623.78	1.05	654.97	0.10	720.47	12.0
Entrega de expediente	63.41	1.05	66.58	0.10	73.24	1.2
El asesor visita el negocio	2360.38	1.13	2667.23	0.12	2987.30	49.8
Recolecta informacion	522.72	1.13	590.67	0.12	661.55	11.0
Evalua al cliente	586.72	1.13	662.99	0.12	742.55	12.4
Cliente espera respuesta	3016.73	1.11	3348.57	0.12	3750.40	62.5
Asesor eprepara el credito	1019.14	1.11	1131.25	0.12	1267.00	21.1
Pasa comité de credito	322.69	1.05	338.82	0.10	372.70	6.2
Jefe de negocios revisa el credito	586.03	1.05	615.33	0.10	676.86	11.3
Jefe de negocios aprueba el credito	406.19	1.08	438.69	0.17	513.27	8.6
El asesor llama al cliente	123.06	1.08	132.90	0.17	155.49	2.6
Cliente llega y espera	1858.27	1.08	2006.93	0.17	2348.11	39.1
Se desembolsa el credito	822.94	1.08	888.78	0.17	1039.87	17.3
Entrega de efectivo en caja	755.04	1.08	815.44	0.17	954.06	15.9
Archivo de desembolso	79.59	1.08	85.96	0.17	100.57	1.7

Fuente: Anexo 6

Tabla 4

Post estudio de tiempos del proceso de otorgamiento de crédito

ACTIVIDADES	TIEMPO PROMEDIO (SEGUNDOS)	VALORACIÓN DEL RITMO DE TRABAJO	TIEMPO NORMAL (SEGUNDOS)	SUPLEMENTOS	TIEMPO ESTÁNDAR (SEGUNDOS)	TIEMPO ESTÁNDAR (MINUTOS)
Cliente solicita credito	184.13	1.02	187.81	0.09	204.71	3.4
Cliente espera respuesta	1206.70	1.13	1363.57	0.12	1527.20	25.5
Cliente espera llega y espera	484.00	1.08	522.72	0.17	611.58	10.2
Se desembolsa credito	362.83	1.14	413.63	0.20	496.36	8.3
Entrega de credito	303.09	1.07	324.31	0.11	359.98	6.0

Fuente: anexo 7


















CURSOGRAMA ANALITICO		OPERARIO / MATERIAL / EQUIPO			
DIAGRAMA N° :1 cliente		RESUMEN			
Proceso de: Conceder credito		Actividad			
		Operación	9		
Actividad : proceso completo		Trasporte	0		
		Espera	3		
Metodo : ACTUAL		Inspeccion	0		
		Almacenamiento	1		
Lugar : BCP MALL AVENTURA PLAZA		N° de actividades	13		
Operarios (s) : 3 Ficha num :		Tiempo (MIN)	129.8		
Compuesta por Fecha					
Aprobado por : Fecha					
DESCRIPCION	T (MIN)	SIMBOLO			
					
Cliente solicita credito	3.4				
Se pide expesiente	2.2				
Asesor espera	13.4				
Se busca expediente	12.0				
Asesor prepara respuesta	21.1				
Cliente espera respuesta	25.5				
Asesor pasa comité de credito	6.2				
Jefe de negocios revisa el credito	11.3				
Jefe de negocios aprueba el credito	8.6				
Cliente espera llega y espera	10.2				
Se desembolsa el credito	8.3				
Entrega de efectivo	6.0				
Archivo de desembolso	1.7				
N° DE PROCESOS		9	0	3	1
TOTAL(MIN)	129.8178333	79.1006667	0	49.041	1.67616667
% DE TIEMPO CONSUMIDO	100%	61%	0%	38%	1%

Figura 11: DAP posterior del proceso de otorgamiento de crédito

Fuente: Elaboración propia

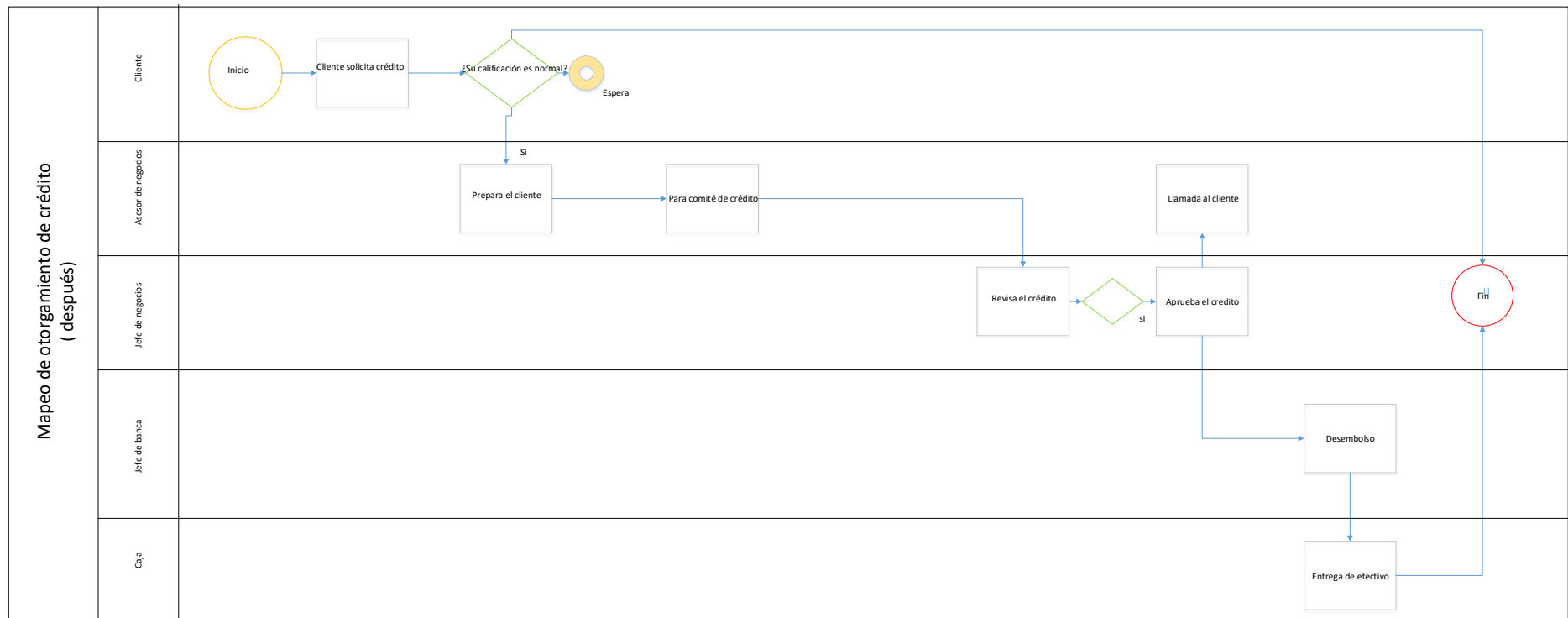


Figura 12: Mapa de Procesos de otorgamiento de crédito posterior

Fuente: Elaboración propia

CAPÍTULO III. RESULTADOS

3.1 Analizar las distribuciones de las llegadas y tiempos de espera en cola de cada sector

3.1.1. Situación actual

Los datos fueron obtenidos de la toma diaria de transacciones realizadas durante el día, tiempo de atención por usuario y número de usuarios que llegan por hora esto con la finalidad de obtener el tiempo promedio en que una unidad espera en la cola y el número de unidades esperando en ella.

Toma de datos

Toma de datos usuarios atendidos por hora en los horarios de 11:31 a 2:30 de lunes a sábado y teniendo como fecha de toma de tiempos del 17/08/2018 al 17/09/2018 para obtener la cantidad de usuarios atendidos por día y así calcular del tiempo estimado de llegada el cual se hallará dividiendo los minutos trabajados por día entre los usuarios atendidos.

Tabla 5

Tiempo estimado de llegada de clientes

FECHA	11:31 a 12:31	12.32 a 01:32	01:33 a 02:30	USUARIOS POR DÍA	T. ESTIMADO DE LLEGADA
17/08/2018	5	9	8	22	8.2
20/08/2018	9	10	5	24	7.5
21/08/2018	12	8	8	28	6.4
22/08/2018	8	9	9	26	6.9
28/08/2018	8	8	8	24	7.5
31/08/2018	10	7	10	27	6.7
1/09/2018	8	6	11	25	7.2
6/09/2018	9	14	6	29	6.2
7/09/2018	9	5	9	23	7.8
8/09/2018	6	8	12	26	6.9
10/09/2018	9	9	4	22	8.2
11/09/2018	5	5	6	16	11.3
13/09/2018	11	12	8	31	5.8
14/09/2018	5	11	10	26	6.9
15/09/2018	7	10	7	24	7.5
17/09/2018	9	9	10	28	6.4
			Total	373.00	7.40

Fuente: Elaboración propia

Para poder realizar la simulación y ante la gran variabilidad de los datos de tiempos, se generó por conveniencia el recojo de datos en tres periodos de tiempos, de una hora cada una, generando un recojo equivalente al tamaño de muestra. Estos datos recogidos van a ayudar a poder elaborar el análisis de datos y van a servir para realizar la simulación.

Análisis de data histórica

Se revisó y analizó una data histórica sobre el tiempo de servicio y la frecuencia del mismo de un total de 373 observaciones realizadas. La técnica a usar el Método de Montecarlo, ya se dijo que ante la precariedad de un patrón de llegada de clientes, dado que es un factor externo al sistema analizado y que puede ocurrir en cualquier momento, esta técnica será la más conveniente a usar ya que ha dado buenos resultados en muchos de los escenarios de colas. Hay que hacer la salvedad que dentro de la teoría clásica se tienen formulas a usar ya analizadas y probadas, pero se debe tener en cuenta que estas pueden ser usadas ante escenarios en los cuales las velocidades de llegada de los clientes cumplen una distribución Poisson y la velocidad de servicios una distribución exponencial. Cuando no es así, el sistema Montecarlo es el más adecuado.

Tabla 6

Data histórica sobre el tiempo de servicio

FECHA	Tiempo real de servicio de un cliente (minutos)	Frecuencia	Decimales	Porcentaje
17/08/2018-22/08/2018	4	97	0.2597	25.97
28/08/2018-06/09/2018	6	63	0.1688	16.88
07/09/2018-11/09/2018	7	155	0.4156	41.56
13/09/2018-17/09/2018	8	58	0.1558	15.58
Total		373	1	100

Fuente: Elaboración propia

En base a la revisión y análisis de la data histórica se realiza el rango para determinar el tiempo de servicio en base a un número aleatorio como se puede observar en la Tabla 6. Los números aleatorios han sido generados en Excel para tener más confianza en el valor generado, dado que esta hoja de cálculo ya ha usado pruebas de generación de aleatorios.

Tabla 7

Rango para el tiempo de servicio

Formando intervalos		Rango		Tiempo de servicio
0.25974026	0.25974026	0	0.25974026	4
0.16883117	0.42857143	0.25974026	0.42857143	6
0.41558442	0.84415584	0.42857143	0.84415584	7
0.15584416	1	0.84415584	1	8

Fuente: Elaboración propia

Tabla 8

Rango para el tiempo de servicio

Numero aleatorio	La persona número	llegada de clientes (minutos)	Tiempo de Servicio
0.202076809	1	2	4
0.137328874	2	1	4
0.980531241	3	1	8
0.963803673	4	3	8
0.763447076	5	1	7
0.34554159	6	2	6
.	.	.	.
.	.	.	.
0.202076809	371	2	4
0.137328874	372	3	4
0.861191979	373	2	8
	Promedio	2.56 minutos/cliente	6.080 minutos/cliente
	Lambda	0.3906 clientes/minuto	Desv. Estandar: 1.5644
Total	373 personas	955 minutos	2268 minutos
	Personas / minutos	0.3906	0.1645
	Personas/ hora	23.43	9.87

Fuente: Elaboración propia. El cuadro completo se puede ver en el anexo 2.

El análisis de la velocidad de llegada es el promedio de los tiempos entre llegada de un cliente a otro, este factor es dado de esa manera para la simulación ya que es un factor exógeno y muy cambiante.

El tiempo de servicio si se puede considerar dentro de un rango, ya que hay metas que la empresa debe cumplir, por eso la gráfica de tiempo de servicio respalda el uso de la distribución normal, considerando una media y un rango superior o inferior dado que los datos varían dentro de un rango que se ajusta a distribución normal basado en una media y una desviación estándar.

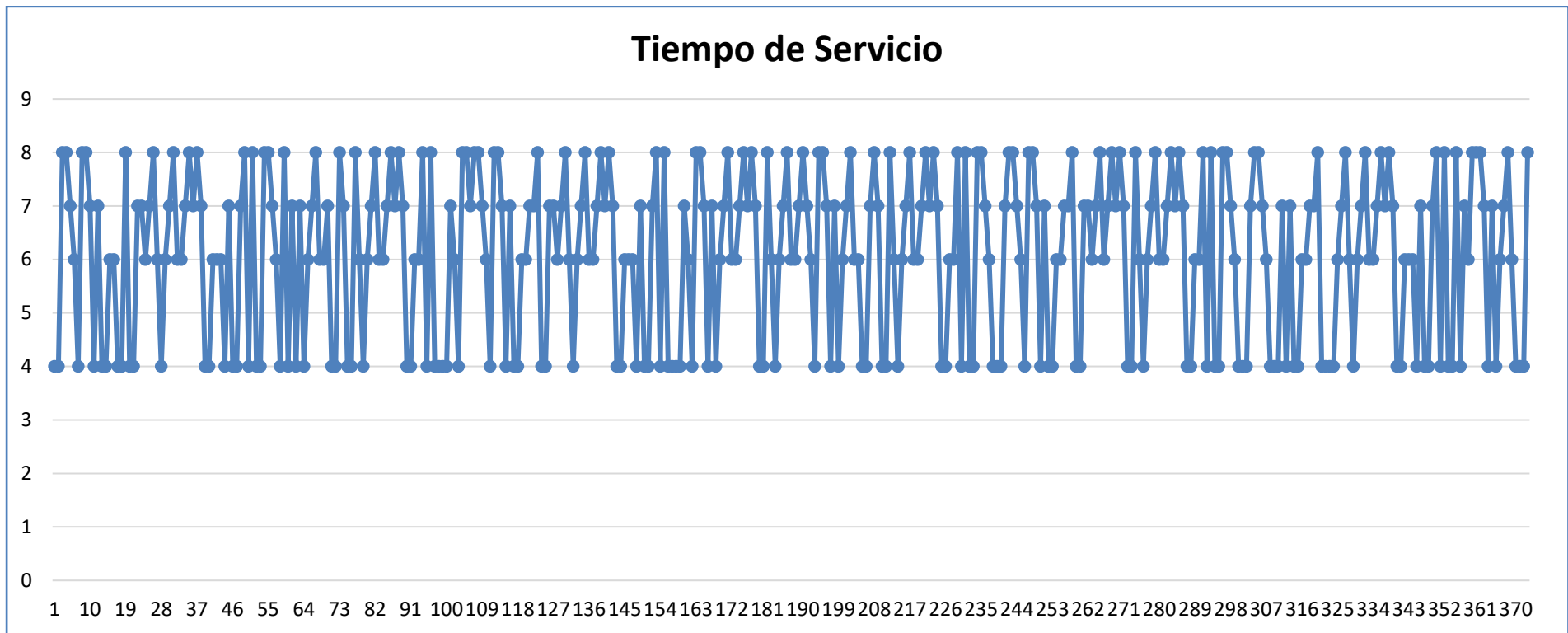


Figura 13: *Tiempo de servicio*

Fuente: Elaboración propia

3.2. Calcular el tiempo promedio de espera de cada tipo de cliente, la cantidad de servidores necesarios para la atención utilizando simulación de líneas de espera y el beneficio económico del sistema.

Tabla 9

Datos para usar en la simulación

Distribución Exponencial		Distribución Normal	
$\lambda =$	0.390575916	$\mu =$	6.080428954
		$\delta =$	1.564399865

Fuente: Elaboración propia

Tabla 10

Simulación para dos cajeros

CLIENTES	TIEMPO DE LLEGADA	INTERLEGADA		PARA EL CAJERO 1				PARA EL CAJERO 2				T.ESPERA	T.SISTEMA	HORA QUE SALE UN CLIENTE	COLA	Clientes en el sistema				
		ALEATORIO	INTERLEGADA	ALEATORIO	z	T.SERVICIO	CAJERO	INICIO	FIN SERVIDOR 1	ALEATORIO	Valor de z						T.SERV.	INICIO	FIN SERVIDOR 2	
								INICIO	CAJERO 1					CAJEROS						
1	0	0.127035858	0.053063956	0.88734178	1.212512049	7.977282641	S1	0	0	7.977282641					0		7.97728264	0	0	2
2	0.053063956	0.914082071	0.958614981	0.67170419	0.444623843	6.775998435	S2	0.053063956	0	7.977282641	0.630255404	0.332529866	6.600638632	0.053063956	6.829062391	0.05306396	6.77599844	0	0	2
3	1.011678937	0.591055156	0.349243215	0.51632472	0.040931424	6.144462068	S2	7.977282641	0	7.977282641	0.461518722	-0.096608327	5.929294901	7.977282641	14.12174471	7.92421868	13.1100658	6.829062391	1	3
4	1.360922152	0.90490239	0.918967107	0.60966066	0.278434702	6.516012164	S2	7.977282641	0	7.977282641	0.689443935	0.494274786	6.853672363	7.977282641	14.4932948	6.9656037	13.1323727	7.977282641	2	4
5	2.279889259	0.089544253	0.036639921	0.51047885	0.026269603	6.121525117	S1	14.4932948	14.4932948	20.61481992	0.761610572	0.71149289	7.193488336	0	14.4932948	13.1323727	18.3349307	7.977282641	3	5
6	2.31652918	0.633538616	0.39208437	0.62773007	0.325847352	6.590184509	S2	20.61481992	0	20.61481992	0.774430049	0.753515998	7.25922928	20.61481992	27.20500443	18.3349307	24.8884753	14.4932948	4	6
7	2.70861355	0.279661879	0.1281224	0.53063271	0.076860427	6.200669396	S2	20.61481992	0	20.61481992	0.788728686	0.80201786	7.335105586	20.61481992	26.81548932	18.2982907	24.1068758	20.61481992	5	7
8	2.83673595	0.725173073	0.504473219	0.8018247	0.84815688	7.407285463	S1	26.81548932	26.81548932	34.22277478	0.592658969	0.234390206	6.447108961	0	26.81548932	24.1068758	31.3860388	20.61481992	6	8
9	3.341209169	0.272493181	0.124254661	0.73958178	0.642056579	7.08486218	S2	34.22277478	0	34.22277478	0.932621699	1.495605071	8.420153326	34.22277478	41.30763696	31.3860388	37.9664278	26.81548932	7	9
10	3.46546383	0.226838801	0.100482574	0.50612342	0.015349743	6.104442091	S2	34.22277478	0	34.22277478	0.557003972	0.143377493	6.304728686	34.22277478	40.32721687	30.8815656	36.861753	34.22277478	8	10
11	3.565946404	0.799223991	0.627095168	0.47110081	-0.072503001	5.96700527	S1	40.32721687	40.32721687	46.29422214	0.234265772	-0.724870395	4.946441807	0	40.32721687	36.861753	42.7282757	34.22277478	9	11
12	4.193041571	0.151978129	0.064385991	0.02778783	-1.914348358	3.08562264	S2	46.29422214	0	46.29422214	0.142262669	-1.070208793	4.406194463	46.29422214	49.37984478	42.7282757	45.1868032	40.32721687	10	12
13	4.257427563	0.858821259	0.764641613	0.94388044	1.588208808	8.5650226	S2	46.29422214	0	46.29422214	0.097676761	-1.294903496	4.0546821	46.29422214	54.85924474	42.1011806	50.6018172	46.29422214	11	13
14	5.022069176	0.939922524	1.098346455	0.21532884	-0.788066725	4.847577476	S1	54.85924474	54.85924474	59.70682222	0.500985899	0.002471285	6.084295032	0	54.85924474	50.6018172	54.684753	46.29422214	12	14
15	6.120415631	0.035180365	0.013988126	0.9437369	1.586940128	8.563037877	S2	59.70682222	0	59.70682222	0.713543366	0.563766185	6.962384698	59.70682222	68.2698601	54.684753	62.1494445	54.85924474	13	15
16	6.134403757	0.873176168	0.806522201	0.45064475	-0.124032549	5.886392451	S2	59.70682222	0	59.70682222	0.909150935	1.335544714	8.169754926	59.70682222	65.59321467	53.5864066	59.4588109	59.70682222	14	16
17	6.940925958	0.270519169	0.12319631	0.4690974	-0.077538957	5.95912702	S1	65.59321467	65.59321467	71.55234169	0.807010328	0.866931864	7.436657046	0	65.59321467	59.4588109	64.6114157	59.70682222	15	17
18	7.064122269	0.924223174	1.007671319	0.44447672	-0.13962861	5.861993975	S2	71.55234169	0	71.55234169	0.405006498	-0.240409265	5.704332733	71.55234169	77.41433567	64.6114157	70.3502134	65.59321467	16	18
19	8.071793588	0.899478578	0.897303027	0.30637164	-0.506161513	5.288589952	S2	71.55234169	0	71.55234169	0.776713474	0.761140669	7.271157314	71.55234169	76.84093164	64.4882194	68.7691381	71.55234169	15	17
20	8.969096614	0.332502033	0.157878181	0.38454601	-0.293562779	5.621179382	S1	76.84093164	76.84093164	82.46211102	0.62272892	0.312655825	6.569547685	0	76.84093164	68.7691381	73.4930144	71.55234169	16	18
21	9.126974795	0.44689751	0.231303729	0.95135367	1.658122942	8.674396261	S2	82.46211102	0	82.46211102	0.441622483	-0.146856908	5.850686027	82.46211102	91.13650729	73.4930144	82.0095325	76.84093164	17	19
22	9.358278524	0.944214253	1.127294611	0.07188159	-1.461919851	3.793401736	S2	82.46211102	0	82.46211102	0.440151399	-0.150585377	5.844853211	82.46211102	86.25551276	73.3351362	76.8972342	82.46211102	18	20
23	10.48557313	0.352539834	0.169782572	0.34481439	-0.399358891	5.455671959	S1	86.25551276	86.25551276	91.71118472	0.705667872	0.540772708	6.926413706	0	86.25551276	76.8972342	81.2256116	82.46211102	19	21
24	10.65535571	0.610478944	0.368249565	0.98979245	2.318630166	9.707693674	S2	91.71118472	0	91.71118472	0.626853845	0.323532088	6.58656251	91.71118472	101.4188784	81.2256116	90.7635227	86.25551276	20	22

43.2141621 47.3945753

Fuente: Elaboración propia

Tabla 12

Simulación para cuatro cajeros

CLIENTES	TIEMPO DE LLEGADA	INTERLEGADA		PARA EL CAJERO 1						PARA EL CAJERO 2					PARA EL CAJERO 3					PARA EL CAJERO 4					T.ESPERA	T.SISTEMA	HORA QUE SALE UN CLIENTE	COLA	Clientes en el sistema		
		ALEATORIO	VALOR	ALEATORIO	z	T.SERVICIO	CHEF	T.SERVICIO	INICIO	FIN	ALEATORIO	Valor de Z	SERVICIO	INICIO	FIN	ALEATORIO	Valor de Z	SERVICIO	INICIO	FIN	ALEATORIO	Valor de Z	SERVICIO	INICIO						FIN	
1	0	0.12703586	0.80586978	0.88734178	1.21251205	7.97728264	s1	0.80586978	0.80587	8.78315242				0												7.97728264	0	1	3		
2	0.80586978	0.91408207	0.84095713	0.67170419	0.44462384	6.77599844	s2	0.84095713	0	8.78315242	0.6302554	0.33252987	0	0.84096	7.61695557	0.99562783	2.62189063	0	0.84096	0	0.62437643	0.31699534	0	0	0	0.84095713	6.77599844	0	1	3	
3	0.84095713	0.59105516	1.04633989	0.51632472	0.04093142	6.14446207	s3	1.04633989	0	8.78315242	0.46151872	-0.09660833	0	0	7.61695557	0.02408937	-1.97578854	0	0	1.04633989	0.67217323	0.44592208	0	0	0	0.24047011	6.57061568	0	1	3	
4	1.04633989	0.90490239	1.08536944	0.60966066	0.2784347	6.51601216	S4	1.08536944	0	8.78315242	0.68944394	0.49427479	0	0	7.61695557	0.34564153	-0.39711446	0	0	1.04633989	0.195559	-0.85759163	0	1.08537	1.08536944	0.24441231	6.53158613	1.04633989	1	3	
5	1.08536944	0.08954425	2.02783784	0.51047885	0.0262696	6.12152512	s3	2.02783784	0	8.78315242	0.76161057	0.71149289	0	0	7.61695557	0.88504535	1.20059253	0	0	2.02783784	0.09569221	-1.30649457	0	0	1.08536944	0.98149795	5.58911772	1.085369438	1	3	
6	2.02783784	0.63353862	2.2061101	0.62773007	0.32584735	6.59018451	S4	2.2061101	0	8.78315242	0.77443005	0.753516	0	0	7.61695557	0.13576477	-1.09954701	0	0	2.02783784	0.19871204	-0.84623065	0	2.20611	3.29147954	1.12074066	5.41084547	2.027837843	1	3	
7	2.2061101	0.27966188	2.70377177	0.53063271	0.07686043	6.2006694	s3	2.70377177	0	8.78315242	0.78872869	0.80201786	0	0	7.61695557	0.93243403	1.49416713	0	0	2.70377177	0.52143745	0.0537616	0	0	3.29147954	0.67593393	4.9131838	2.703771769	1	3	
8	2.70377177	0.72517307	2.82928136	0.8018247	0.84815688	7.40728546	s3	2.82928136	0	8.78315242	0.59265897	0.23439021	0	0	7.61695557	0.34782552	-0.3911978	0	0	2.82928136	0.44450715	-0.13955157	0	0	3.29147954	0.62317126	4.78767421	2.829281359	1	3	
9	2.82928136	0.27249318	3.33708539	0.73958178	0.64205658	7.08486218	s3	3.33708539	0	8.78315242	0.9326217	1.49560507	0	0	7.61695557	0.23083466	-0.73610087	0	0	3.33708539	0.52253401	0.05651445	0	0	3.29147954	0.63331362	4.29787018	3.291479536	1	3	
10	3.33708539	0.2268388	3.91651087	0.50612342	0.01534974	6.10444209	S4	3.91651087	0	8.78315242	0.55700397	0.14337749	0	0	7.61695557	0.37513941	-0.31827175	0	0	3.33708539	0.66828569	0.43518434	0	3.91651	7.20799041	1.08722951	3.70044469	3.337085391	1	3	
11	3.91651087	0.79922399	4.00404442	0.47110081	-0.072503	5.96700527	s3	4.00404442	0	8.78315242	0.23426577	-0.72487039	0	0	7.61695557	0.91000033	1.34075706	0	0	4.00404442	0.31266336	-0.48834328	0	0	7.20799041	0.66695902	3.61291115	4.004044416	1	3	
12	4.00404442	0.15197813	4.73989673	0.02778783	-1.91434836	3.08562264	s3	4.73989673	0	8.78315242	0.14226267	-1.07020879	0	0	7.61695557	0.87083872	1.13036477	0	0	4.73989673	0.79612443	0.82785762	0	0	7.20799041	0.82338586	2.87705884	4.739896729	1	3	
13	4.73989673	0.85882126	4.79934022	0.94388044	1.58820881	8.5650226	s3	4.79934022	0	8.78315242	0.09767676	-1.2949035	0	0	7.61695557	0.27944983	-0.58447666	0	0	4.79934022	0.40540558	-0.2393797	0	0	7.20799041	0.7952958	2.81761535	4.79934022	1	3	
14	4.79934022	0.93992252	4.82353946	0.21532884	-0.78806673	4.84757748	s3	4.82353946	0	8.78315242	0.5009859	0.00247129	0	0	7.61695557	0.98585599	2.19326867	0	0	4.82353946	0.81799494	0.90775037	0	0	7.20799041	0.08364273	2.79341611	4.823539455	1	3	
15	4.82353946	0.03518036	6.1309014	0.9437369	1.58694013	8.56303788	s3	6.1309014	0	8.78315242	0.71354337	0.56376618	0	0	7.61695557	0.89322287	1.24385137	0	0	6.1309014	0.29336311	-0.54358624	0	0	7.20799041	1.33156118	1.48605417	6.130901399	1	3	
16	6.1309014	0.87317617	6.1838705	0.45064475	-0.12403255	5.88639245	s3	6.1838705	0	8.78315242	0.90915093	1.33554471	0	0	7.61695557	0.34784241	-0.39115209	0	0	6.1838705	0.31229366	-0.48935935	0	0	7.20799041	1.36033105	1.43308506	6.183870503	1	3	
17	6.1838705	0.27051917	6.69451427	0.4690974	-0.07753896	5.95912702	s3	6.69451427	0	8.78315242	0.80701033	0.86693186	0	0	7.61695557	0.38441933	-0.29389432	0	0	6.69451427	0.48717384	-0.03215597	0	0	7.20799041	0.56361287	0.9224413	6.694514266	1	3	
18	6.69451427	0.92422317	6.72529231	0.44447672	-0.13962861	5.86199398	s3	6.72529231	0	8.78315242	0.4050065	-0.24040926	0	0	7.61695557	0.19335351	-0.86560464	0	0	6.72529231	0.91999929	1.4050668	0	0	7.20799041	0.54142181	0.89166325	6.725292315	1	3	
19	6.72529231	0.89947858	6.76666994	0.30637164	-0.50616151	5.28858995	s3	6.76666994	0	8.78315242	0.77671347	0.76114067	0	0	7.61695557	0.11722031	-1.18999759	0	0	6.76666994	0.75539091	0.69155284	0	0	7.20799041	0.07215568	0.85028562	6.766669943	1	3	
20	6.76666994	0.33250203	7.19673672	0.38454601	-0.29356278	5.62117938	s3	7.19673672	0	8.78315242	0.62272892	0.31265583	0	0	7.61695557	0.03092784	-1.86732881	0	0	7.19673672	0.48814812	-0.02971264	0	0	7.20799041	0.4714444	0.42021885	7.196736719	1	3	
21	7.19673672	0.44689751	7.51131671	0.95135367	1.65812294	8.67439626	s3	7.51131671	0	8.78315242	0.44162248	-1.04685691	0	0	7.61695557	0.48648469	-0.03388434	0	0	7.51131671	0.08311227	-1.38443749	0	0	7.20799041	0.74464677	0.10563885	7.207990408	1	3	
22	7.51131671	0.94421425	7.53373662	0.07188159	-1.46191985	3.79340174	S4	7.53373662	0	8.78315242	0.4401514	-1.05085838	0	0	7.61695557	0.32011128	-0.4673834	0	0	7.51131671	0.94980679	1.64298314	0	7.53374	14.741727	0.3369999	0.08321894	7.511316715	1	3	
23	7.53373662	0.35253983	7.94094781	0.34481439	-0.39935889	5.45567196	s3	7.94094781	0	8.78315242	0.70566787	0.54077271	0	0	7.61695557	0.85630027	1.06384383	0	0	7.94094781	0.27789048	-0.58911974	0	0	14.741727	0.4296311	-0.32399225	7.61695566	1	3	
24	7.94094781	0.61047894	8.13370151	0.98979245	2.31863017	9.70769367	S2	8.13370151	0	8.78315242	0.62685384	0.32353209	0	8.1337	17.8413952	0.89693826	1.26429689	0	8.1337	7.94094781	0.59462865	0.23946802	0	0	14.741727	0.59996489	9.70769367	7.940947815	1	3	
																										0.66385988	3.50891366				
																														1	3

Fuente: Elaboración propia

los clientes del área operaciones de una agencia bancaria en la ciudad de Trujillo.

19	6.725 29231	0.899 47858	6.766 66994	0.3063 7164	0.5061 6151	5.288 58995	s3	6.766 66994	0	8.783 15242	0.776 71347	0.7611 4067	0	0	7.616 95557	0.600 12845	0.2536 7959	0	0	6.766 66994	0.806 91239	0.8665 7446	0	0	7.793 18562	0.424 6556	0.8665 7446	0	0	11.04 09897	0.072 15568	0.8502 8562	6.766 66994	1	3		
20	6.766 66994	0.332 50203	7.196 73672	0.3845 4601	0.2935 6278	5.621 17938	s3	7.196 73672	0	8.783 15242	0.622 72892	0.3126 5583	0	0	7.616 95557	0.733 26068	0.6227 0464	0	0	7.196 73672	0.372 32182	0.3257 1017	0	0	7.793 18562	0.520 81957	0.3257 1017	0	0	11.04 09897	0.471 4444	0.4202 1885	7.196 73672	1	3		
21	7.196 73672	0.446 89751	7.511 31671	0.9513 5367	1.6581 2294	8.674 39626	s3	7.511 31671	0	8.783 15242	0.441 62248	0.1468 5691	0	0	7.616 95557	0.737 16308	0.6346 2373	0	0	7.511 31671	0.691 98413	0.5014 823	0	0	7.793 18562	0.543 0317	0.5014 823	0	0	11.04 09897	0.744 64677	0.1056 3885	7.511 31671	1	3		
22	7.511 31671	0.944 21425	7.533 73662	0.0718 8159	1.4619 1985	3.793 40174	s3	7.533 73662	0	8.783 15242	0.440 1514	0.1505 8538	0	0	7.616 95557	0.405 02276	0.2403 673	0	0	7.533 73662	0.915 28146	1.3740 148	0	0	7.793 18562	0.147 87596	1.3740 148	0	0	11.04 09897	0.336 9999	0.0832 1894	7.533 73662	1	3		
23	7.533 73662	0.352 53983	7.940 94781	0.3448 1439	0.3993 5889	5.455 67196	s3	7.940 94781	0	8.783 15242	0.705 66787	0.5407 7271	0	0	7.616 95557	0.738 51243	0.6387 6603	0	0	7.940 94781	0.722 16749	0.5892 9259	0	0	7.793 18562	0.470 49717	0.5892 9259	0	0	11.04 09897	0.429 6311	0.3239 9225	7.616 95557	1	3		
24	7.940 94781	0.610 47894	8.133 70151	0.9897 9245	2.3186 3017	9.707 69367	s2	8.133 70151	0	8.783 15242	0.626 85384	0.3235 3209	0	8.13 3702	17.84 13952	0.310 3185	0.4949 4777	0	8.13 37	7.940 94781	0.930 48486	1.4794 1187	0	0	7.793 18562	0.040 88372	1.4794 1187	0	0	11.04 09897	0.599 96489	9.7076 9367	7.793 18562	1	3		
																	0.663 85998	3.5089 1366																		0	2.958
																																		1	33333		

Fuente: Elaboración propia

Determinación de Costos:

Costo de espera (Cw)

Para determinar el costo de espera del cliente se involucra los gastos en pasajes y alimentación durante el tiempo que permanecen en el Mall aventura.

Tabla 14

Costo de espera del cliente

	Mensual (soles)	Día (soles)	Hora (soles)	Minutos (soles)
Ingreso	1014.00	33.80	4.23	0.07
Pasajes		6.00	0.75	0.01
Alimentos		8.00	1.00	0.02
Total			5.98	0.10

Fuente: Elaboración propia

Costo del servicio (Cs).

Para determinar el costo del servicio se involucra el sueldo que proporciona la institución financiera a sus cajeros en el área de operaciones.

Tabla 15

Costo del servicio de un cajero

	Mensual (soles)	Día (soles)	Hora (soles)	Minutos (soles)
Ingreso	1800.00	60.00	7.50	0.13
Total			7.50	0.13

Fuente: Elaboración propia

Tabla 16

Costo total de servidores en base a la simulación expresadas en soles por minutos

Servidores	Servidores	Cola	Tiempo de Espera	Clientes en el Sistema	Costo de espera	Costo de servicio	Costo total (Soles/minuto)
s2	2	20	43.214	12.042	1.204	0.26	1.464
s3	3	21	21.937	12.500	1.250	0.39	1.640
s4	4	1	0.664	3.000	0.300	0.52	0.820
S5	5	1	0.664	2.958	0.296	0.65	0.946

Fuente: Elaboración propia

Explicando la tabla 14, se obtuvo para dos servidores, el costo de espera de la siguiente forma: 12.042 (clientes en el sistema) * 0.10 (Costo de espera del cliente, tabla 12) = 1.204 soles.

El costo del servicio se obtuvo de la siguiente forma: 2 (servidores) * 0.13 (Costo del servicio de un cajero, tabla 13) = 0.26 soles.

Ahora sumando 1.204 soles + 0.26 soles = 1.464 soles/ minutos cuando tenemos dos cajeros, de la misma forma se realiza para tres, cuatro y cinco cajeros.

En base al resultado de la simulación se obtuvo el costo de espera y el costo de servicio para dos cajeros, tres cajeros, cuatro cajeros y cinco cajeros, se consideró el tiempo de espera, clientes en cola, clientes en el sistema, resultados arrojados por la simulación realizada en las tablas 8, 9, 10 y 11.

3.3. Análisis comparativo para determinar el número de servidores adecuado

Realizando un análisis comparativo del costo total de servidores, se observa que el número de servidores adecuado es de cuatro servidores, pues resulta ser el costo de $11,808$ soles el más bajo comparado con el resto de los servidores como se muestra en la tabla 15 y figura 6. Además, se conoce que en la fila C que atiende a clientes que cuentan con al menos con un producto del BCP cuenta con dos cajeros disponibles para la atención y esta fila es la de mayor afluencia por lo tanto y por su potencial comercial es el objeto de nuestro estudio.

Tabla 17

Análisis comparativo del Costo total de servidores en base a la simulación expresadas en un mes.

Servidores	Servidores	Cola	Tiempo de Espera	Clientes en el Sistema	Costo de espera	Costo de servicio	Costo total (Soles/minuto)	Costo total (Soles/hora)	Costo total (Soles/día)	Costo total (Soles/mes)
s2	2	20	43.214	12.042	1.204	0.26	1.464	87.850	702.800	21,084.00
s3	3	21	21.937	12.500	1.250	0.39	1.640	98.400	787.200	23,616.00
s4	4	1	0.664	3.000	0.300	0.52	0.820	49.200	393.600	11,808.00
S5	5	1	0.664	2.958	0.296	0.65	0.946	56.750	454.000	13,620.00

Fuente: Elaboración propia

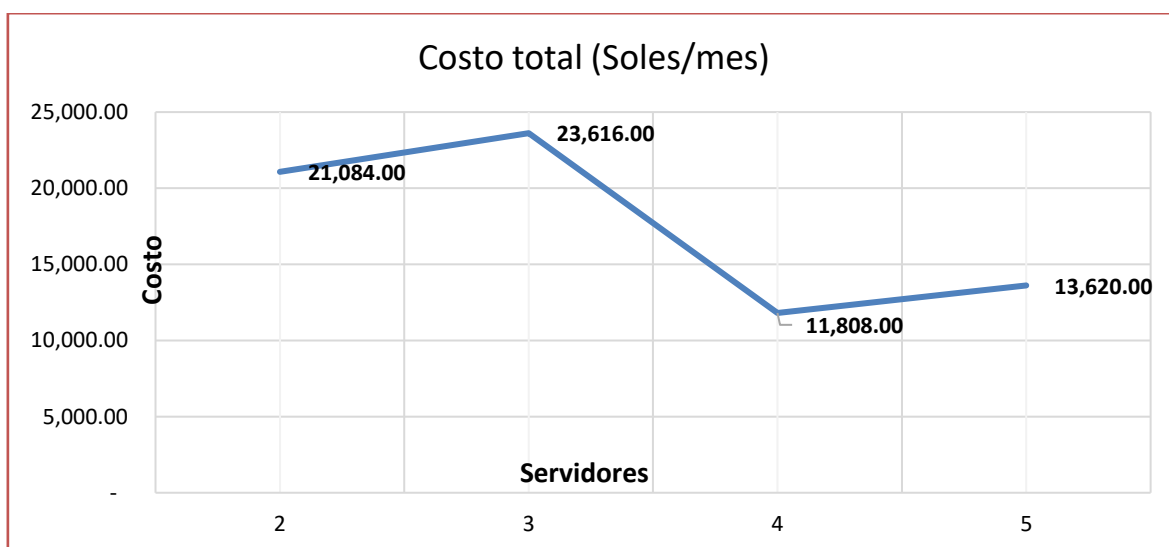


Figura 14: *Análisis comparativo del Costo total de servidores en base a la simulación expresadas en un mes.*

3.4. Evaluación económica

Para proceder con la evaluación económica primero comenzaremos haciendo el cálculo de la implementación de dos servidores adicionales (ver Tabla 16).

Se considera como ingresos los costos de tiempos de espera que se calculan de la siguiente forma: $0.30 \text{ soles/minutos (Tabla 13)} * 60 \text{ minutos/hora} * 8 \text{ horas/día} * 30 \text{ días/mes} = 4,320 \text{ soles/mes}$, considerando un crecimiento de 10%. Ver tabla 17.

Tabla 18

Inversión en la implementación de dos servidores adicionales

Descripción	Cantidad	Monto Total (Soles)
Capacitación Cajeros	2	2,000.00
Computadoras	2	4,500.00
Implementación de módulos	2	8,000.00
Total		14,500.00

Fuente: Elaboración propia

Tabla 19

Ingresos con la aplicación de cuatro servidores

Meses	Ingresos
Mes 2	4,320.00
Mes 3	4,752.00
Mes 4	5,227.20
Mes 5	5,749.92
Mes 6	6,324.91
Mes 7	6,957.40
Mes 8	7,653.14

Fuente: Elaboración propia

Tabla 20

Valor actual neto

PERIODO	MESES	FLUJO ECONOMICO	VANE
0	1	- 14,500.00	-14,500
1	2	4,320.00	3,600
2	3	4,752.00	3,300
3	4	5,227.20	3,025
4	5	5,749.92	2,773
5	6	6,324.91	2,542
6	7	6,957.40	2,330
7	8	7,653.14	2,136
		VAN	5,206

Fuente: Elaboración propia

Beneficio Costo (B/C), La relación costo-beneficio (B/C), conocida también como índice neto de rentabilidad, es un cociente que se obtiene al dividir el Valor Actual de los Ingresos totales netos o beneficios netos (VAI) entre el Valor Actual de los Costos de inversión o costos totales (VAC) de un proyecto.

$$B/C = \frac{19,706.00}{14,500.00} = 1.36$$

Tabla 21

Periodo de recuperación

PERIODOS	MESES	VAN	VAN ACUMULADO
0	1	-14,500	-14,500
1	2	3,600	-10,900
2	3	3,300	-7,600
3	4	3,025	-4,575
4	5	2,773	-1,802
5	6	2,542	740
6	7	2,330	3,070
7	8	2,136	5,206

Fuente: Elaboración propia

Tabla 22

Tabla resumen de indicadores

VAN	5,206.00
TIR	31%
B/C	1.36
P. Recuperación	4 meses, 21 días

Fuente: Elaboración propia

Teniendo COK = 20% de la empresa en estudio. Podemos concluir según los indicadores económicos que tenemos un VAN positivo por ende es rentable hacer este proyecto, así mismo el B/C es mayor que 1, y con respecto a la tasa interna de retorno TIR, como vemos es mayor a nuestro COK, un periodo de recuperación aceptable, por lo cual nos reafirma que nuestro proyecto es viable.

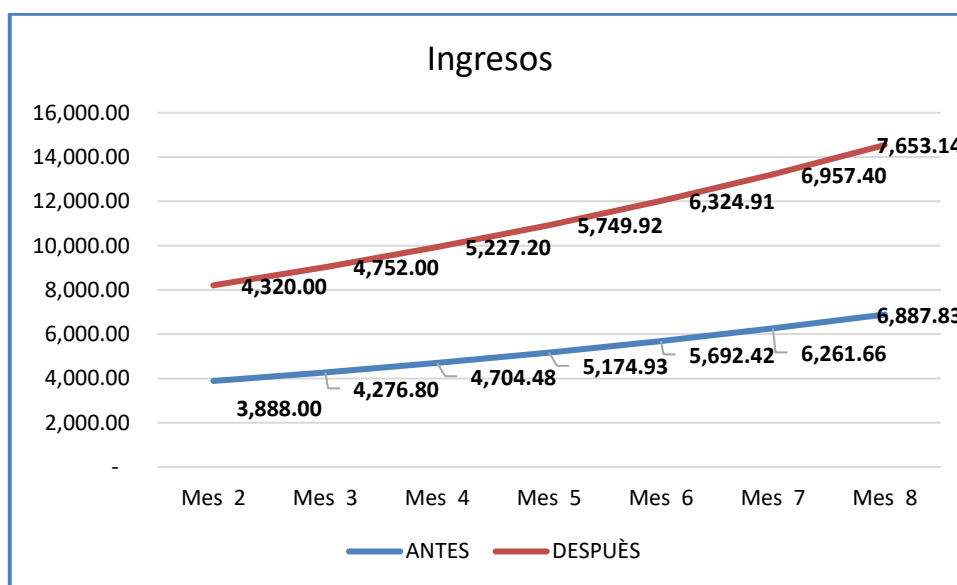


Figura 14: *Análisis comparativo de los ingresos en base a la simulación*

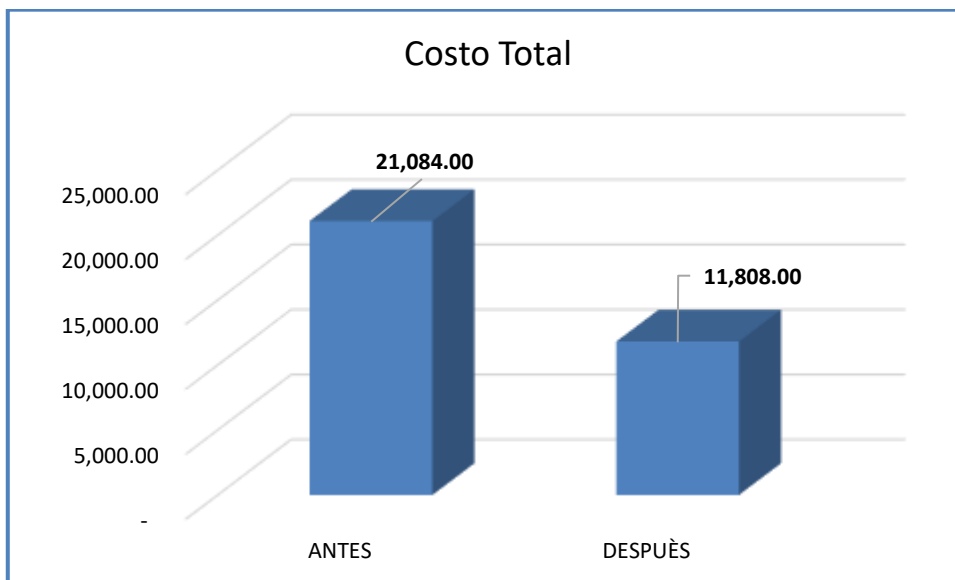


Figura 15: *Análisis comparativo del Costo total en base a la simulación*

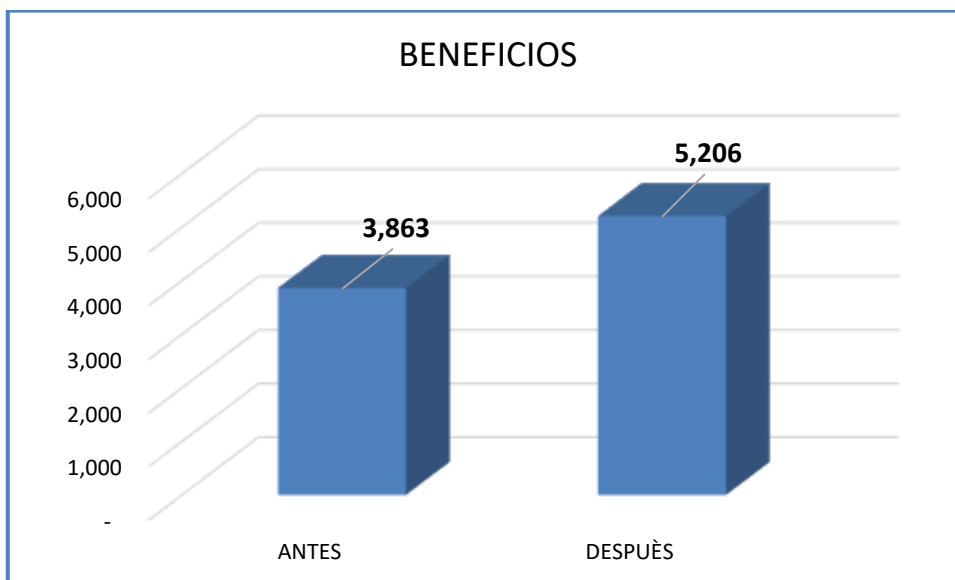


Figura 16: *Análisis comparativo de los beneficios en base a la simulación*

CAPÍTULO IV. DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

4.1. Discusión

Con la investigación se ha comprobado que el tiempo de espera en cola y el número de unidades esperando en ella ha reducido esto basado en el análisis de simulación, pasando de esperar 13.76 minutos a 6.346 minutos y de tener a 8 personas en cola a 4 personas en cola. Este resultado corrobora la conclusión de **Clemente (2008)** donde nos dice que el autor considera a los días con mayor cantidad de arribos, la propuesta 2 representa una mejora en el nivel de atención en la oficina de 6 puntos porcentuales y además genera mayor ahorro (US\$ 784) por lo que esta configuración será tomada como la mejor para este tipo de día.

Lo concerniente a determinar la problemática del área de cajas con respecto al tiempo de espera de los clientes, se tomó en cuenta que estas colas generan pérdida de tiempo, pérdida de dinero, pérdida de clientes, malestar, incomodidad, entre otros, se determinó los costos de espera promedio por hora de cada cliente y el costo de servicio de cada cajero, que determinan S/.5.98 y S/.7.50 respectivamente, el costo calculado es el costo de oportunidad que se pierde al incurrir en colas largas e incontrolables así como menciona (CABA, CHAMORRO Y FONTALVO, 2008, p 104). “cuando los clientes esperan en la cola de un banco, el costo de espera es indirecto. Es cierto que no se hace ningún pago cuando un cliente disgustado se va porque la cola es demasiado larga, pero el banco paga esta espera de otra manera”. Se ratifica la importancia de realizar un estudio para disminuir los tiempos de espera, tal como lo indicado por **Clemente (2008)**, con su tesis “Mejora en el nivel de atención a los clientes de una entidad bancaria usando

simulación”, de la Universidad Católica del Perú, quien sostiene que se realiza un análisis de las colas originadas en las oficinas de una entidad, con el fin de realizar mejoras en busca de la disminución del tiempo de espera de los clientes. La investigación se centró en el análisis de las colas generadas únicamente en las ventanillas. Es significativo realizar un diagnóstico y a la vez determinar la importancia de tomar en cuenta el malestar que generan las colas y los costos que en ella se incurren.

Al emplear la teoría de colas en el área de operaciones en la fila C que atiende a clientes que cuentan con al menos con un producto del BCP cuenta con dos cajeros disponibles, se permitió determinar el número de servidores (cajas) que permitan reducir los tiempos de espera, se evaluó los servidores obteniendo que para el servicio de clientes debe incrementarse en (02) servidores más (4 cajeros), tal como lo indicado por **Espíritu & Heredia (2005)**, así se comprobó la aplicación de la distribución de llegada y la realización de la simulación para comprobar si era necesaria un nuevo cajero o más, entonces se realizaron evaluaciones con cuatro escenarios: con 2 servidores, tres servidores, cuatro servidores y cinco servidores para poder comparar los resultados. Los escenarios corridos con números aleatorios iguales demostraron que el sistema con cuatro servidores es más eficiente. Que la aplicación de este modelo nos ayuda a disminuir los tiempos de espera y un mejor servicio en clientes del BCP.

Tabla 23

Comparación de DAP actual y DAP mejorado

	DAP Actual	DAP Mejorado
Número de actividades	18	13
Tiempo Total (minutos)	297.3	129.8

Fuente: Elaboración propia

Al realizar el análisis con los DAP, se tiene como mejora la reducción de actividades que no generan valor, lográndose reducir de 18 actividades iniciales a 13 actividades posteriores. Por consiguiente, se tuvo un tiempo total inicial de 297.3 minutos y finalmente se redujo el tiempo total a 129.8 minutos, es decir hubo una tasa de variación (reducción) del 56% en el recurso tiempo, lo que significa que hay un uso más eficiente de este recurso.

4.2. Conclusiones

1. Se redujo el tiempo de espera aplicando la teoría de colas en la simulación de escenarios, de 43.21 minutos a un tiempo de espera, en el cual, al considerar 4 servidores, se obtuvo 0.664 minutos.
2. Al Analizar las distribuciones de las llegadas y tiempos de espera en cola se encontró en las 373 observaciones (muestra) que la Tasa de Arribo (λ) en las cajas de la fila C llegan 23.43 clientes por hora y la Tasa de Servicio (μ) es de 9.87 clientes que se atienden por hora.
3. Se concluyó que el tiempo de espera aplicando simulación con dos servidores que es con lo que actualmente cuenta la empresa, y a través de los datos obtenidos de la tasa de arribos y espera, se obtuvo un tiempo de espera en un sistema ocupado de 43.21 min. Posteriormente se buscó mejorar los tiempos de espera, en el cual, al considerar 4 servidores, obteniendo un tiempo de espera en un sistema ocupado de 0.664 min., con lo cual se lograría mejorar el proceso de atención. Para comprobar si era necesaria un nuevo cajero o más, entonces se realizaron evaluaciones con cuatro escenarios: con 2 servidores, tres servidores, cuatro servidores y cinco servidores para poder comparar los resultados. Finalmente se obtuvo un beneficio económico del sistema expresado con un VAN de 5206.00 soles.
4. Realizando un análisis comparativo del costo total de servidores, se observa que el número de servidores adecuado es de cuatro servidores, pues resulta ser el costo de

11,808 soles el más bajo comparado con el resto de los servidores como se muestra

en la tabla 15 y figura 6.

4.3. Recomendaciones

1. A los futuros tesisistas e investigadores se les indica que no siempre será necesario la implementación de un nuevo servidor cuando hablamos de teoría de colas si no el análisis de este sistema para poder aplicar medidas correctivas y así minimizar costos a la vez de reducir tiempos de espera.
2. Tomar en cuenta datos históricos de años anteriores para poder hacer una mejor comparación de los resultados de pre y post implementación. Además, se recomienda la evaluación periódica de esta implementación ya que podría llegar cierto punto que al volver realizar la evaluación de las colas esto nos dé como resultado la implementación de un nuevo servidor.

REFERENCIAS

1. **Ladeta, Juan Manuel Izar.** *Fundamentos de Investigación de Operaciones para Administración.* s.l. : Universidad Potosina. ISBN 9687674318.9789687674315.
2. **Hiller, Liberman.** *Investigación de Operaciones.* séptima. México : Mc Graw Hill, 2002.
3. **Ruiz Cerdan, Nelson Antonio.** *Por los mercados e instituciones financieras.* I. Trujillo : AVHAR BANCO, 2007. pág. 266.
4. **Rojas Soriano, Raúl.** *INVESTIGACIÓN SOCIAL teoría y praxis.* XI. s.l. : Plaza y Valdés S.A., 2002. ISBN 968-856-130-4.
5. **Cao Abad, Ricardo.** *Introducción a la simulación y a la teoría de colas.* [ed.] Carlos Iglesias. I. Coruña : Netbiblo, 2002. ISBN: 84-9745-017-5.
6. **Hembrid Herranz, Pedro, Martín Dávila, Miguel y Zorrila Fernández, Víctor.** *Marketing Financiero.* [ed.] Victoria Peralba Ruíz. I. Aravaca : McGraw-Hill/Interamericana de España, 1998. pág. 257. ISBN:84-481-2010-8.
7. **Brusola Simon, Fernando.** *OFICINA TECNICA Y PROYECTOS.* [ed.] REPROVAL S.L. Venezuela : Servicio de publicaciones, 1999. ISBN. 84-7721-783-1.

ANEXOS

Anexo 1: Causa raíz

ENTORNO	PROBLEMA	CAUSA	CAUSA RAIZ
EQUIPO	Fallas en el Sistema	Errores de programación	Limitaciones operacionales
		Uso inadecuado del sistema	falta de capacitación en el uso y manejo del sistema
	Fallas en los equipos informáticos	Conexión y velocidad de internet lenta	Congestionamiento en el servicio de internet
		Deterioro de los servicios informáticos	Falta de mantenimiento en los equipos informáticos
Falta de equipos auxiliares	Reducida cantidad de máquinas contadoras de billetes y monedas	Cantidades exorbitantes de dinero contadas a mano	
PERSONAL	Inadecuado clima laboral	Desmotivación del personal	Termino de jornada laboral fuera de horario
	Alta rotación de personal	Personal lento para realizar las transacciones	Cliente insatisfecho
	Falta de capacitación	Procedimientos no muy claros	Desconocimiento de canales alternativos
MATERIALES	Deficiencia en la gestión administrativa	Ausencia del encargado cuando se necesita de una aprobación de ciertas transacciones	Retraso en la realización de algunas transacciones bancarias
	Fajos de billete y monedas sin armar	Al momento de la operación los clientes recién comienzan a contar su efectivo y/o sacar información pertinente para la operación solicitada	Retraso en la atención del cliente
	Documentos no actualizados	Falta de orden documentario	Falta de formularios al alcance
OPERACIÓN	Excesiva política de procedimiento	Procesos extensos y repetitivos	Procesos innecesarios
	Cajeros malogrados o sin efectivo	Aglomeración de clientes en ventanilla	Largos tiempo de espera
	Cobertura insuficiente de atención de clientes en días específicos como: (Pago de recibos, vencimiento en el pago de tarjetas, etc.)	Aumento del número de operaciones en los días 15 y 30 de cada mes y los días antes y posteriores a estos.	Atención ineficiente

Anexo 2: Rango para el tiempo de servicio

Numero aleatorio	La persona número	llegada de clientes (minutos)	Tiempo de Servicio
0.202076809	1	2	4
0.137328874	2	1	4
0.980531241	3	1	8
0.963803673	4	3	8
0.763447076	5	1	7
0.34554159	6	2	6
0.125705458	7	3	4
0.951269921	8	1	8
0.967283724	9	4	8
0.612843542	10	3	7
0.142528583	11	2	4
0.68432255	12	2	7
0.022194176	13	1	4
0.223748557	14	3	4
0.359016909	15	1	6
0.267030027	16	3	6
0.147143271	17	2	4
0.108610873	18	2	4
0.984667465	19	4	8
0.149621355	20	3	4
0.114794531	21	3	4
0.477902534	22	1	7
0.629681361	23	2	7
0.417158747	24	3	6
0.775541255	25	3	7
0.911075828	26	3	8
0.399050379	27	4	6
0.249510029	28	2	4
0.266294177	29	3	6
0.691063598	30	3	7
0.861191979	31	4	8
0.355262197	32	2	6
0.385985175	33	4	6
0.506302112	34	3	7
0.990788404	35	3	8
0.685522355	36	3	7
0.860272785	37	3	8
0.663971906	38	2	7
0.147143271	39	3	4
0.108610873	40	3	4
0.360907958	41	3	6
0.405612938	42	2	6

0.351530368	43	3	6
0.02763988	44	2	4
0.441082543	45	3	7
0.18944331	46	4	4
0.189042015	47	2	4
0.447485533	48	1	7
0.87495102	49	4	8
0.075095887	50	3	4
0.951269921	51	2	8
0.202076809	52	1	4
0.137328874	53	1	4
0.980531241	54	3	8
0.963803673	55	1	8
0.763447076	56	2	7
0.34554159	57	3	6
0.125705458	58	1	4
0.951269921	59	4	8
0.202076809	60	3	4
0.612843542	61	2	7
0.142528583	62	2	4
0.68432255	63	1	7
0.249510029	64	3	4
0.266294177	65	1	6
0.691063598	66	3	7
0.861191979	67	2	8
0.355262197	68	2	6
0.385985175	69	4	6
0.506302112	70	3	7
0.147143271	71	3	4
0.108610873	72	1	4
0.860272785	73	2	8
0.663971906	74	3	7
0.147143271	75	3	4
0.108610873	76	3	4
0.911075828	77	4	8
0.399050379	78	2	6
0.249510029	79	3	4
0.266294177	80	3	6
0.691063598	81	4	7
0.861191979	82	2	8
0.355262197	83	4	6
0.385985175	84	3	6
0.506302112	85	3	7
0.990788404	86	3	8
0.685522355	87	3	7
0.860272785	88	2	8
0.663971906	89	3	7
0.147143271	90	3	4
0.108610873	91	3	4
0.360907958	92	2	6
0.405612938	93	3	6

0.87495102	94	2	8
0.075095887	95	3	4
0.951269921	96	4	8
0.202076809	97	2	4
0.137328874	98	1	4
0.147143271	99	4	4
0.108610873	100	3	4
0.763447076	101	2	7
0.34554159	102	1	6
0.125705458	103	1	4
0.951269921	104	3	8
0.967283724	105	1	8
0.612843542	106	2	7
0.980531241	107	3	8
0.963803673	108	1	8
0.763447076	109	3	7
0.34554159	110	1	6
0.125705458	111	4	4
0.951269921	112	3	8
0.967283724	113	2	8
0.612843542	114	2	7
0.142528583	115	1	4
0.68432255	116	3	7
0.022194176	117	1	4
0.223748557	118	3	4
0.359016909	119	2	6
0.267030027	120	2	6
0.505067293	121	4	7
0.73284069	122	3	7
0.984667465	123	3	8
0.149621355	124	1	4
0.114794531	125	2	4
0.477902534	126	3	7
0.629681361	127	3	7
0.417158747	128	3	6
0.775541255	129	4	7
0.911075828	130	2	8
0.399050379	131	3	6
0.249510029	132	3	4
0.266294177	133	4	6
0.691063598	134	2	7
0.861191979	135	4	8
0.355262197	136	3	6
0.385985175	137	3	6
0.506302112	138	3	7
0.990788404	139	3	8
0.685522355	140	2	7
0.860272785	141	3	8
0.663971906	142	3	7
0.147143271	143	3	4
0.108610873	144	2	4

0.360907958	145	3	6
0.405612938	146	2	6
0.351530368	147	3	6
0.02763988	148	4	4
0.441082543	149	2	7
0.18944331	150	1	4
0.189042015	151	4	4
0.447485533	152	3	7
0.87495102	153	2	8
0.075095887	154	1	4
0.951269921	155	1	8
0.202076809	156	3	4
0.137328874	157	1	4
0.18944331	158	2	4
0.189042015	159	3	4
0.763447076	160	1	7
0.34554159	161	4	6
0.125705458	162	3	4
0.951269921	163	2	8
0.967283724	164	2	8
0.612843542	165	1	7
0.142528583	166	3	4
0.68432255	167	1	7
0.249510029	168	3	4
0.266294177	169	2	6
0.691063598	170	2	7
0.861191979	171	4	8
0.355262197	172	3	6
0.385985175	173	3	6
0.506302112	174	1	7
0.990788404	175	2	8
0.685522355	176	3	7
0.860272785	177	3	8
0.663971906	178	3	7
0.147143271	179	4	4
0.108610873	180	2	4
0.911075828	181	3	8
0.399050379	182	3	6
0.249510029	183	4	4
0.266294177	184	2	6
0.691063598	185	4	7
0.861191979	186	3	8
0.355262197	187	3	6
0.385985175	188	3	6
0.506302112	189	3	7
0.963803673	190	2	8
0.763447076	191	3	7
0.34554159	192	3	6
0.125705458	193	3	4
0.951269921	194	2	8
0.967283724	195	3	8

0.612843542	196	2	7
0.142528583	197	3	4
0.68432255	198	4	7
0.249510029	199	2	4
0.266294177	200	1	6
0.691063598	201	4	7
0.861191979	202	3	8
0.355262197	203	1	6
0.385985175	204	3	6
0.125705458	205	2	4
0.022194176	206	2	4
0.685522355	207	4	7
0.860272785	208	3	8
0.663971906	209	3	7
0.147143271	210	1	4
0.108610873	211	2	4
0.911075828	212	3	8
0.399050379	213	3	6
0.249510029	214	3	4
0.266294177	215	4	6
0.691063598	216	2	7
0.861191979	217	3	8
0.355262197	218	3	6
0.385985175	219	4	6
0.506302112	220	2	7
0.990788404	221	4	8
0.685522355	222	3	7
0.860272785	223	3	8
0.663971906	224	3	7
0.147143271	225	3	4
0.108610873	226	2	4
0.360907958	227	3	6
0.405612938	228	3	6
0.87495102	229	3	8
0.075095887	230	2	4
0.951269921	231	3	8
0.202076809	232	2	4
0.137328874	233	3	4
0.980531241	234	4	8
0.963803673	235	2	8
0.763447076	236	1	7
0.34554159	237	4	6
0.125705458	238	3	4
0.022194176	239	2	4
0.223748557	240	1	4
0.612843542	241	1	7
0.980531241	242	3	8
0.963803673	243	1	8
0.763447076	244	2	7
0.34554159	245	3	6
0.125705458	246	1	4

0.951269921	247	4	8
0.967283724	248	3	8
0.612843542	249	2	7
0.142528583	250	2	4
0.68432255	251	1	7
0.022194176	252	3	4
0.223748557	253	1	4
0.359016909	254	3	6
0.267030027	255	2	6
0.505067293	256	2	7
0.73284069	257	4	7
0.984667465	258	3	8
0.149621355	259	3	4
0.114794531	260	1	4
0.477902534	261	2	7
0.629681361	262	3	7
0.417158747	263	3	6
0.775541255	264	3	7
0.911075828	265	4	8
0.385985175	266	2	6
0.506302112	267	3	7
0.990788404	268	3	8
0.685522355	269	4	7
0.860272785	270	2	8
0.663971906	271	4	7
0.147143271	272	3	4
0.108610873	273	3	4
0.911075828	274	3	8
0.399050379	275	3	6
0.249510029	276	2	4
0.266294177	277	3	6
0.691063598	278	3	7
0.861191979	279	3	8
0.355262197	280	2	6
0.385985175	281	3	6
0.506302112	282	2	7
0.990788404	283	3	8
0.685522355	284	4	7
0.860272785	285	2	8
0.663971906	286	1	7
0.147143271	287	4	4
0.108610873	288	3	4
0.360907958	289	2	6
0.405612938	290	3	6
0.87495102	291	3	8
0.075095887	292	4	4
0.951269921	293	2	8
0.202076809	294	4	4
0.137328874	295	3	4
0.980531241	296	3	8
0.963803673	297	3	8

0.763447076	298	3	7
0.34554159	299	2	6
0.125705458	300	3	4
0.125705458	301	3	4
0.149621355	302	3	4
0.612843542	303	2	7
0.980531241	304	3	8
0.963803673	305	2	8
0.763447076	306	3	7
0.34554159	307	4	6
0.125705458	308	2	4
0.149621355	309	1	4
0.114794531	310	4	4
0.612843542	311	3	7
0.142528583	312	2	4
0.68432255	313	1	7
0.022194176	314	1	4
0.223748557	315	3	4
0.359016909	316	1	6
0.267030027	317	2	6
0.505067293	318	3	7
0.73284069	319	1	7
0.984667465	320	4	8
0.149621355	321	3	4
0.114794531	322	2	4
0.022194176	323	2	4
0.223748557	324	1	4
0.417158747	325	3	6
0.775541255	326	1	7
0.911075828	327	3	8
0.399050379	328	2	6
0.249510029	329	2	4
0.266294177	330	4	6
0.691063598	331	3	7
0.861191979	332	3	8
0.355262197	333	1	6
0.385985175	334	2	6
0.506302112	335	3	7
0.990788404	336	3	8
0.685522355	337	3	7
0.860272785	338	4	8
0.663971906	339	2	7
0.147143271	340	3	4
0.108610873	341	3	4
0.360907958	342	4	6
0.405612938	343	2	6
0.351530368	344	4	6
0.02763988	345	3	4
0.441082543	346	3	7
0.18944331	347	1	4
0.189042015	348	3	4

Aplicación de teoría de colas en la Simulación de escenarios para mejorar el tiempo de espera de los clientes del área operaciones de una agencia bancaria en la ciudad de Trujillo.

0.447485533	349	2	7
0.87495102	350	3	8
0.075095887	351	3	4
0.951269921	352	3	8
0.202076809	353	2	4
0.137328874	354	3	4
0.967283724	355	2	8
0.189042015	356	3	4
0.763447076	357	1	7
0.34554159	358	2	6
0.87495102	359	1	8
0.951269921	360	2	8
0.967283724	361	3	8
0.612843542	362	3	7
0.142528583	363	1	4
0.68432255	364	3	7
0.249510029	365	2	4
0.266294177	366	2	6
0.691063598	367	1	7
0.861191979	368	3	8
0.355262197	369	3	6
0.125705458	370	1	4
0.202076809	371	2	4
0.137328874	372	3	4
0.861191979	373	2	8
	Promedio	2.56 minutos/cliente	6.080 minutos/cliente
	Lambda	0.3906 clientes/minuto	Desv. Estandar: 1.5644
Total	373 personas	955 minutos	2268 minutos
	Personas / minutos	0.3906	0.1645
	Personas/ hora	23.43	9.87

Anexo 3: Matriz de priorización de causas y matriz de frecuencias

	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8	P9	P10	P11	P12	P13	P14	PUNTAJE	%
P1	1	1	0	1	0	1	1	0	1	1	0	1	1	0	8	7%
P2	1	1	0	1	0	0	1	1	0	1	1	1	0	0	7	7%
P3	0	0	1	0	1	0	0	0	1	0	1	0	1	0	4	4%
P4	0	0	1	1	1	0	0	1	1	0	1	1	1	1	8	7%
P5	1	1	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	1	1	5	5%
P6	1	1	0	0	1	1	1	1	1	1	1	0	0	1	9	8%
P7	0	0	1	0	0	1	1	1	0	1	1	1	0	0	6	6%
P8	1	1	1	1	0	1	0	1	0	1	1	0	1	0	8	7%
P9	1	1	1	0	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	11	10%
P10	0	0	0	1	0	1	1	0	0	1	1	1	0	1	6	6%
P11	1	1	1	0	0	0	0	1	1	0	1	0	1	1	7	7%
P12	0	0	0	1	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	8	7%
P13	1	1	1	0	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	11	10%
P14	1	1	1	0	0	0	1	0	1	1	1	1	1	1	9	8%
TOTAL															107	100%

PROBLEMA	FRECUENCIA DE INCIDENCIAS	FRECUENCIA ACUMULADA	FRECUENCIA%	ACUMULADO %	80-20
P09	11	11	10%	10%	0.8
P13	11	22	10%	21%	0.8
P06	9	31	8%	29%	0.8
P14	9	40	8%	37%	0.8
P01	8	48	7%	45%	0.8
P04	8	56	7%	52%	0.8
P08	8	64	7%	60%	0.8
P12	8	72	7%	67%	0.8
P02	7	79	7%	74%	0.8
P11	7	86	7%	80%	0.8
P07	6	92	6%	86%	0.8
P10	6	98	6%	92%	0.8
P05	5	103	5%	96%	0.8
P03	4	107	4%	100%	0.8
TOTAL	107		100%		

Anexo 4: Sistema de valoración Westinghouse

ACTIVIDADES	SISTEMA DE VALORACIÓN WESTINGHOUSE								TOTAL	VALORACIÓN DEL RITMO DE TRABAJO
	HABILIDAD		ESFUERZO		CONDICIONES		CONSISTENCIA			
Cliente solicita credito	D	0.00	D	0.00	C	0.02	D	0.00	0.02	1.02
Se pide expediente	C2	0.03	D	0.00	C	0.02	D	0.00	0.05	1.05
Asesor espera	C1	0.06	C1	0.05	C	0.02	D	0.00	0.13	1.13
Se busca expediente	C1	0.06	C1	0.05	D	0.00	D	0.00	0.11	1.11
Entrega de expediente	C2	0.03	D	0.00	C	0.02	D	0.00	0.05	1.05
El asesor visita el negocio	C1	0.06	C2	0.02	D	0.00	D	0.00	0.08	1.08
Recolecta informacion	C2	0.03	D	0.00	C	0.02	D	0.00	0.05	1.05
Evalua al cliente	C1	0.06	C1	0.05	D	0.00	D	0.00	0.11	1.11
Cliente espera respuesta	C2	0.03	C1	0.05	C	0.02	D	0.00	0.10	1.10
Asesor espera el credito	C1	0.06	B2	0.08	D	0.00	D	0.00	0.14	1.14
Pasa comité de credito	C2	0.03	C2	0.02	C	0.02	D	0.00	0.07	1.07
Jefe de negocios revisa el credito	B2	0.08	C1	0.05	C	0.02	D	0.00	0.15	1.15
Jefe de negocios aprueba el credito	C1	0.06	C1	0.05	C	0.02	D	0.00	0.13	1.13
El asesor llama al cliente	C1	0.06	C1	0.05	C	0.02	D	0.00	0.13	1.13
Cliente llega y espera	C1	0.06	B2	0.08	C	0.02	D	0.00	0.16	1.16
Se desembolsa el credito	C2	0.03	D	0	C	0.02	D	0.00	0.05	1.05
Entrega de efectivo en caja	C1	0.06	C1	0.05	C	0.02	D	0.00	0.13	1.13
Archivo de desembolso	C1	0.06	C1	0.05	D	0	D	0.00	0.11	1.11

Anexo 5: Tabla de sistema de suplementos de la OIT

TABLA DE SISTEMA DE SUPLEMENTOS DE LA OIT														
ACTIVIDADES	SUPLEMENTOS CONSTANTES		SUPLEMENTOS VARIABLES AÑADIDAS AL SUPLEMENTO BÁSICO POR FATIGA										TOTAL	SUPLEMENTOS
	Suplementos por necesidades personales	Suplemento base por fatiga	Suplemento por trabajar de pie	Suplemento por postura anormal	Levantamiento de pesos y uso de fuerza / energía muscular	Intensidad de Luz	Calidad de aire	Tensión Visual	Tensión auditiva	Tension mental	Monotonía mental	Monotonía física		
Cliente solicita credito	5	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	9	0.09
Se pide expediente	5	4	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	10	0.10
Asesor espera	5	4	0	0	0	0	0	0	0	1	0	2	12	0.12
Se busca expediente	5	4	2	0	0	0	0	1	0	1	0	2	15	0.15
Entrega de expediente	5	4	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	10	0.10
El asesor visita el negocio	5	4	2	0	1	2	0	0	0	0	1	2	17	0.17
Recolecta informacion	5	4	0	0	0	0	0	1	0	0	1	0	11	0.11
Evalua al cliente	7	4	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	12	0.12
Cliente espera respuesta	5	4	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	10	0.10
Asesor espera el credito	7	4	4	1	0	0	0	0	0	0	0	0	16	0.16
Pasa comité de credito	7	4	0	0	0	1	0	0	0	1	1	0	14	0.14
Jefe de negocios revisa el cre	5	4	2	0	0	0	0	2	0	1	1	0	15	0.15
Jefe de negocios aprueba el c	5	4	1	0	0	1	0	0	0	1	0	0	12	0.12
El asesor llama al cliente	5	4	0	0	0	0	0	0	2	1	0	0	12	0.12
Cliente llega y espera	5	4	2	1	0	0	0	0	0	0	0	0	12	0.12
Se desembolsa el credito	7	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	11	0.11
Entrega de efectivo en caja	5	4	0	0	0	1	0	1	0	0	1	0	12	0.12
Archivo de desembolso	5	4	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	11	0.11

Anexo 6: Tiempo observado (T.O) en segundos

ACTIVIDADES	TIEMPO OBSERVADO (T.O.) EN SEGUNDOS										T.O. (SEGUNDOS)	S	T-STUDENT	K (%)	X	N° DE OBSERVACIONES REQUERIDAS
	T01	T02	T03	T04	T05	T06	T07	T08	T09	T10						
Cliente solicita credito	480.3	479.4	478.2	478.8	476.5	483.3	482.5	479.6	480.7	484.1	480.340	2.38	1.83	3	480.3	1
Se pide expediente	118.1	119.4	119.5	120.6	122.3	122.4	118.9	122.9	124	123.4	121.150	2.10	1.83	3	121.2	2
Asesor espera	717.4	721.8	722.4	724.5	723.6	724.8	725.9	727.3	719.7	721.2	722.860	2.98	1.83	3	722.9	1
Se busca expediente	622.2	624.7	625.4	618.9	621	622.4	623.4	625.4	626.6	627.8	623.780	2.71	1.83	3	623.8	1
Entrega de expeiente	60.3	60.4	61.5	59.4	64.8	63.3	58.9	65.6	67.4	67.8	62.940	3.31	1.83	3	62.9	11
El asesor visita el negocio	2378	2364	2350	2340	2359	2362	2354	2370.9	2360.4	2365.5	2360.380	10.69	1.83	3	2360.4	1
Recolecta informacion	520.6	515.4	525.6	518.6	516.7	528.9	521.3	522.4	527.6	530.1	522.720	5.14	1.83	3	522.7	1
Evalua al cliente	558.7	590.9	577.4	601.7	654.2	556.8	625.3	549.7	608	566.5	588.920	33.72	1.83	3	588.9	13
Cliente espera respuesta	3020	3010	3040	3000	3010.6	3020	3002.9	3008.8	3025	3030	3016.730	12.58	1.83	3	3016.7	1
Asesor eprepara el credito	1000.1	1010	1015.6	1020.3	1018.8	1019.3	1025	1030.8	1023.5	1028	1019.140	8.99	1.83	3	1019.1	1
Pasa comité de credito	320.4	321.5	322.6	324.8	318.7	319.6	320	322.4	326.8	330.1	322.690	3.59	1.83	3	322.7	1
Jefe de negocios revisa el credito	581.4	580.4	583.9	579.8	580.7	586	588.8	590.9	593.4	595	586.030	5.69	1.83	3	586.0	1
Jefe de negocios aprueba el credito	390	410	414	460	420.5	430	423.3	390	385	380	410.280	24.78	1.83	3	410.3	14
El asesor llama al cliente	118.5	120	125.5	130.6	123.3	118.9	119.4	121.4	129	124	123.060	4.25	1.83	3	123.1	5
Cliente llega y espera	1850	1851.7	1853	1857.4	1860.4	1857.9	1859.9	1860.4	1861.4	1870.6	1858.270	5.90	1.83	3	1858.3	1
Se desembolsa el credito	820	824	823.3	822.8	825.4	822	818.9	823.9	824.1	825	822.940	2.10	1.83	3	822.9	1
Entrega de efectivo en caja	760	758	757	759	752	751	750.4	754	755	754	755.040	3.37	1.83	3	755.0	1
Archivo de desembolso	78.8	79.2	80	81.4	79.5	77.4	83.4	82.4	77.4	76.4	79.590	2.27	1.83	3	79.6	4

ACTIVIDADES	TIEMPO OBSERVADO (T.O.) EN SEGUNDOS										T.P. (SEGUNDOS)
	T11	T12	T13	T14	T15	T16	T17	T18	T19	T20	
Ciente solicita credito											480.34
Se pide expediente											121.15
Asesor espera											722.86
Se busca expediente											623.78
Entrega de expeiente	68.1										63.41
El asesor visita el negocio											2360.38
Recolecta informacion											522.72
Evalua al cliente	559.4	610.7	568.1								586.72
Ciente espera respuesta											3016.73
Asesor eprepara el credito											1019.14
Pasa comité de credito											322.69
Jefe de negocios revisa el credito											586.03
Jefe de negocios aprueba el credito	391.4	403.4	409	380							406.19
El asesor llama al cliente											123.06
Ciente llega y espera											1858.27
Se desembolsa el credito											822.94
Entrega de efectivo en caja											755.04
Archivo de desembolso											79.59

Fuente: Tabla de valoración y suplementos (Anexos 4 y 5)

Anexo 7: Tiempo observado (T.O) en segundos

ACTIVIDADES	TIEMPO OBSERVADO (T.O.) EN SEGUNDOS										T.O. (SEGUNDOS)	S	T-STUDENT	K (%)	X	N° DE OBSERVACIONES REQUERIDAS
	T01	T02	T03	T04	T05	T06	T07	T08	T09	T10						
Cliente solicita credito	180.4	184.3	183.8	183.4	185.9	187.2	182.8	183.7	184.7	185.1	184.130	1.84	1.83	3	184.1	1
Cliente espera respuesta	1200	1205	1210	1208.5	1207	1209	1206	1207.5	1209	1205	1206.700	2.92	1.83	3	1206.7	1
Cliente espera llega y espera	480.6	482.3	483.3	482.8	484.6	485.1	484.2	484.5	488	484.6	484.000	1.96	1.83	3	484.0	1
Se desembolsa credito	363.4	362.4	360	361	364.4	362.5	363.4	364.5	362.4	364.3	362.830	1.49	1.83	3	362.8	1
Entrega de credito	300	301.4	302.1	303.4	304.8	303	305.1	304.2	302.4	304.5	303.090	1.64	1.83	3	303.1	1

Anexo 8: Soluciones de los problemas de plataforma-crédito

SOLUCIONES DE LOS PROBLEMAS DE PLATAFORMA - CRÉDITO			
ENTORNO	PROBLEMA	REQUERIMIENTO	COSTO
EQUIPO	Fallas en el Sistema	Actualización de sistema	S/500.00
		Capacitación sobre el sistema	
	Fallas en los equipos informáticos	Mayor velocidad de conexión	S/50.00
		Mantenimiento de pc (6)	S/210.00
Falta de equipos auxiliares	Adquisición de maquina contadora	S/4,700.00	
PERSONAL	Inadecuado clima laboral	Establecimiento de normativas	S/80.00
	Alta rotación de personal	Capacitación de talento humano (2 x año)	S/350.00
	Falta de capacitación		
MATERIALES	Deficiencia en la gestión administrativa	Establecimiento de normativas	S/0.00
	Fajos de billete y monedas sin armar	Concientización al cliente (afiches)	S/20.00
	Documentos no actualizados	Actualización de documentos	S/0.00
OPERACIÓN	Excesiva politica de procedimiento	Reingenieria de procesos	S/1,395.00
	Cajeros malogrados o sin efectivo	Estudio de tiempos	
	Cobertura insuficiente de atención de clientes en días específicos como: (Pago de recibos, vencimiento en el pago de tarjetas, etc.)	Reprogramación de personal	S/0.00
	TOTAL		S/7,305.00