

Estudio de teoría de colas aplicado a la sala SIP Coomeva EPS, en el periodo comprendido entre enero y marzo del año 2018

Study of queuing theory applied to the SIP room Coomeva EPS, in the period between January and March of the year 2018

Sergio Daniel Varela Vargas
Sergio.varela00@usc.edu.co

Universidad Santiago de Cali, Facultad de Ingeniería, Programa de [Ingeniería Industrial]

Resumen

En el primer trimestre del año 2018, Coomeva EPS Cali tuvo unas modificaciones internas con el ánimo de mejorar su servicio pero en este lapso se ha concluido que el tiempo de servicio por usuario en vez de disminuir, aumentó, afectando los tiempos de espera y la cantidad de personas que se encuentran en un momento determinado dentro de la sala de autorizaciones. Estos desfases negativos afectan directamente a los usuarios porque perciben que los tiempos se han incrementado y ello genera una no conformidad en el servicio a tal punto de abandonar el sistema o en los peores de los casos, acudir a entes que rigen las EPS y/o actos legales en contra de la empresa. Por estas razones se toma como objeto de estudio el sistema de colas que actualmente rige la sala de autorizaciones para obtener el comportamiento y lograr del modo propuesto realizar las respectivas mejoras, concientizar a los servidores (ejecutivos de atención integral) que es posible mejorar la percepción del servicio mediante la disminución de tiempos y por supuesto, satisfacer las necesidades de los usuarios en el menor tiempo posible. Se estudian los métodos y modelos de teoría de colas para conocer cuál se ajusta a la sala SIP dependiendo de la distribución de llegadas y al tiempo de atención con el cual se aplican las fórmulas correspondientes. De igual forma se dispone del conocimiento de los ejecutivos de atención quienes brindan información de variables ajenas a la teoría de colas pero que de igual forma afectan el tiempo de servicio. De modo que la presente investigación se torna relevante para encontrar esas fallas o necesidades internas que puedan develar el porqué de los extensos tiempos de espera y por ende dar paso a encontrar las alternativas más acertadas para resolver el problema mediante la teoría de colas y así aumentar la productividad y la satisfacción de los usuarios.

Palabras Clave: Distribución exponencial, Prueba de normalidad, Ejecutivo de atención integral, servicio integral personalizado, velocidad de llegadas, velocidad de servicio, utilización promedio del sistema.

Abstract

In the first trimester of 2018, Coomeva EPS Cali underwent internal modifications with the hope of significantly improving their service, but in this time the conclusion reached is that the waiting times have increased instead of decreasing, this has led to longer waiting times and more people at any given time in the authorization room. These negative shifts have directly affected the user because they feel that the times have increased and it has generated a non-conformity in the service to the point where they are abandoning the system, or in the worst of cases, going to the entities that govern EPS and/or taking legal actions against the company. Consequently the queue systems that are in charge of the authorization rooms has been taken as the object of study in order to obtain the behavior of these and achieve improvements, raise awareness of the servers (integral attention executives) that it's possible to increase the perception of service through the diminishing of times, and of course, satisfying the needs of the users in the shortest amount of time as possible. Through this, the investigation becomes relevant in finding these errors or internal needs that can unveil why there are excessive waiting times and therefore give way to finding more precise alternatives in solving the problem through queuing theory and increasing the productivity and satisfaction of the users.

Key words: exponential distribution, test of normality, executive of integral attention, personalized integral service, interval of arrivals, attention speed, average utilization of system.

1. INTRODUCCIÓN

Las colas pueden definirse como un grupo de usuarios que ingresan a un sistema en busca de un producto o un servicio, en caso de que la atención no sea inmediata estos tendrán que esperar, y en cuanto sean atendidos saldrán de dicho sistema. Cuando la espera se extiende más de lo normal, los usuarios tienden a abandonar la cola. Un claro ejemplo de un sistema de colas, son los usuarios que se encuentran en la fila de un banco esperando ser atendidos.

Con el paso de los años se determinó que había sistemas de colas aún más complejos y diferentes al tráfico de llamadas. Fue así como cincuenta años después, el investigador Jackson referenció estudios partiendo de una red a redes abiertas y cerradas donde concluyó que era posible analizar la red como un conjunto de sistemas de espera individuales e independientes de la tasa de llegada. (Díaz Redondo, Pazos Arias, y Suárez González, 2003).

En el año 1962, Mazumdar, Mason y Douligeris decidieron poner en práctica las redes de Jackson para estipular la capacidad máxima de sistemas de telecomunicaciones antes que tendieran a presentar fenómenos de abandono o, en su defecto, a colapsar el sistema. Este se convirtió en un estudio crucial para el avance de la teoría en estudio, pues quedó en evidencia la necesidad de determinar la capacidad máxima de los sistemas para que puedan corresponder a la demanda y evitar el colapso. (Mazumdar, Mason, y Douligeris, 1991).

La empresa Coomeva EPS en la ciudad de Cali, tiene como objetivo propender por la salud y bienestar de todos sus clientes afiliados a través de la prestación de sus servicios médicos, pero como toda compañía, maneja su parte administrativa la cual se encarga de todo tipo de autorizaciones. Dichas autorizaciones se gestionan desde la sala SIP (Servicio Integral Personalizado), en la cual se disponen 14 ejecutivos de atención integral para atender un promedio actual de 1000 usuarios diarios.

Se ha evidenciado que en los últimos meses la población ha crecido sustancialmente y por ende se requiere que los tiempos de atención sean menores a los normales, pero pese a sugerir dicha disminución, los problemas que aquejan actualmente a la EPS, médicos y administrativos, ha desencadenado que el usuario deba esperar más tiempo en sala y que los minutos de atención dispuestos a cada usuario sean mayores.

No obstante, se ha dispuesto de métodos para suplir las necesidades de atención en donde el usuario que ingrese a sala no deba esperar más del tiempo estimado y su grado de satisfacción frente a esto sea bueno. Lamentablemente, dichos métodos, aunque en muchas ocasiones sean planificados, no han tenido en cuenta variables importantes y los resultados no han sido los esperados debido a que han surgido nuevos problemas en temas de autorizaciones.

Siendo este el panorama, se buscarán posibles soluciones desde la Ingeniería Industrial a través de un estudio de teoría de colas mediante el cual se podrá determinar el comportamiento de líneas de espera donde se tendrán en cuenta muchos aspectos desde que el cliente llega a sala y decide hacer parte del sistema hasta que llega al servidor y sale de este. Para ello, se utilizará un modelo matemático aplicado a la teoría, con lo cual se logrará determinar los tiempos entre llegadas de cada usuario, el tiempo entre servicios atendidos y proponer la reducción de tiempos de espera con el fin de disminuir la saturación de usuarios dentro de la sala de atención, como se realizó en la investigación de aplicación de colas en centros de salud. (Borja Velázquez, y Vinueza Villares, 2017).

Teniendo en cuenta lo anteriormente descrito, el estudio de teoría de colas en la sala SIP de Coomeva EPS se presenta de la siguiente forma: En el capítulo uno se dan a conocer los objetivos propuestos del proyecto; el capítulo dos se conforma por la metodología escogida para realizar el estudio; el capítulo tres es el más extenso, ya que en él se muestra el desarrollo de la metodología a través de los resultados y discusión. Por último se dispone del capítulo cuatro donde se describen las conclusiones del presente estudio de teoría de colas.

1.1 Objetivos

1.1.1 Objetivo general

Analizar el comportamiento y desempeño en el sistema de colas generado en la sala SIP Imbanaco de Coomeva EPS Cali.

1.1.2 Objetivos específicos

- Identificar el estado actual de la sala SIP Imbanaco calculando las variables correspondientes al tiempo y al número de usuarios aplicando la teoría de colas.
- Calcular el tiempo promedio ideal que un usuario de sala SIP debe permanecer en el sistema sin que haya probabilidad de abandono del mismo.
- Evaluar la mejor forma para disminuir el tiempo de atención en la sala SIP Imbanaco.

2. METODOLOGÍA

El tipo de investigación cuantitativa es experimental, debido a que se tiene un control sobre la variable independiente, de acuerdo a esto, se establece que la muestra de los datos a analizar es probabilística a través de la escogencia de muestras aleatorias simples, por ende, se realizan toma de tiempos para las llegadas de los usuarios un día a la semana durante los tres meses para la recolección de datos. El estudio se lleva a cabo en un espacio institucional privado en las instalaciones de la EPS Coomeva. De acuerdo a los medios utilizados, la investigación es bibliográfica tomando información relevante de autores de algunos libros, artículos científicos y otras tesis. El enfoque a tener en cuenta es mixto, por un lado, cuantitativo por los datos en los tiempos requeridos en sala y por el otro cualitativo porque se describen factores y variables que no se pueden estudiar a través de la teoría de colas.

2.1 Verificación de los procesos en sala SIP

Se desarrolló un estudio de colas o líneas de espera multicanal para identificar el estado actual de la sala SIP aplicando el modelo que corresponda de la teoría de colas, el cual de acuerdo al modelo de negocio y a simple vista se podría deducir que tiene una distribución de llegadas aleatorias, Markoviana (tipo Poisson) o probabilísticos. Esto es una suposición, debido a que para comprobar el tipo de distribución, se acudió a herramientas estadísticas que permiten confirmar el comportamiento de los datos, tanto de los tiempos de llegada como los tiempos de servicio. (Hillier, Frederick S.; Lieberman, G. J. y Osuna, M. A. G, 1997).

Teniendo en cuenta que en un día se pueden ingresar a sala más de mil personas, se realizaron las llamadas pruebas de bondad que para nuestro caso, se utilizó la herramienta Smirnov-Kolmogorov que es aplicada para una cantidad de datos mayor a 50. Otras pruebas de bondad utilizadas son Chi cuadrado y Shapiro-Wilk que son usadas para muestras con menos de 50 datos. (Ruiz-Maya, L y Martín Pliego, F.J. 1995)

También, se sabe que el número de servidores o ejecutivos de atención integral de la sala SIP de Coomeva EPS es de 14, fluctuando a diario por posibles variables externas como incapacidades médicas, reemplazos en otros puestos de trabajo o capacitaciones. De acuerdo a la notación Kendall, se obtuvo un modelo de estudio con varios canales siendo n el número de servidores que se tiene en un momento determinado. (Mazumdar, R; Mason, L., y Douligeris, C, 1991)

Al ser un sistema con múltiples servidores, la tasa de servicio depende del número de clientes en el sistema y se deberá aplicar las fórmulas correspondientes para:

- Distribución de la Tasa de llegada de usuarios, determinado como el número de usuarios que llegan por unidad de tiempo.
- Distribución de la Tasa de atención, determinado como el número de usuarios atendidos por unidad de tiempo.
- Número de servidores óptimos de acuerdo a los objetivos.
- Distribución del tiempo de espera en la cola.
- Distribución del tiempo total en el sistema.
- Número de usuarios en la cola.

Hasta este instante se sabe que se deben hallar las anteriores variables descritas, pero no se debe deducir el método de teoría de colas al que corresponde hasta no realizar las respectivas pruebas de bondad para conocer la distribución.

2.2 Entrevistas a ejecutivos de atención

Se realizó el método de la entrevista a los ejecutivos de atención integral quienes son los que día a día se encuentran inmersos en el sistema y conocen los problemas que ocasionan demoras en el servicio. Se realizaron cinco entrevistas, con ayuda de un formulario donde se cuestionaron aspectos como: el sistema utilizado, usuarios que lleven muchas órdenes para autorizar, tiempo de atención óptimo, número de servidores disponibles, inconvenientes internos con auditoría los cuales no permitan agilizar la atención, entre otros.

2.3 Cálculo de tiempo promedio

Se recolectaron los datos de tiempos de llegada de los usuarios a la oficina con el objetivo de encontrar el patrón de velocidad de llegadas en función del tiempo. Para ello, se utilizó la información del sistema Utiturno, que está instalado en las oficinas, desde el cual se generan los respectivos turnos y se encarga de llevar un control del tiempo en el cual cada usuario permanece dentro del sistema desde su ingreso hasta su salida. De allí es posible la obtención de datos como lo es el tiempo total de espera, el tiempo de atención, la hora en la cual comienza la atención y la hora de finalización. (Gonzalez Vera P. S, 2013)

De igual forma se anotaron los tiempos entre llegadas de los usuarios que ingresan a la sala para solicitar su turno de atención. Para lograr tener datos representativos, se seleccionaron de manera aleatoria los días de la semana en los cuales se hizo esta recopilación de información, esto debido a que hay días donde ingresan a la sala mayor número de usuarios.

Se estipuló una toma de tiempos de llegada de cada usuario a la estación 1 (recepción) y dicha toma de tiempo se realizó de manera personal y manual desde una localización estratégica. Para la estación 2 no hubo necesidad de tomar tiempos pues el sistema Utiturno nos brinda la hora en la cual comienza la atención del usuario en cualquier servidor que sea atendido. La labor de toma de tiempos se realizó desde la recepción, debido a que desde allí se tiene una mejor perspectiva visual al igual mayor comodidad al realizar esta actividad y sin interferir de ningún modo en el sistema o interrumpir la tarea de los ejecutivos, evitando entablar algún tipo de relación con los clientes, con el fin de no agregar sesgos, ruido y más variables al estudio. Teniendo en cuenta que al día ingresan a la estación 1 más de 1000 personas, se concretó con la coordinación de la sala, realizar la actividad de toma de tiempos un día a la semana durante los tres meses de estudio y solamente hacerlo en media jornada (mañana o tarde).

Es importante conocer que algunos días de la semana a la sala llegan más usuarios debido a factores externos, como por ejemplo, las citas oncológicas de los días viernes donde se aumenta este tipo de población en la sala SIP o los días miércoles en donde la mayor cantidad de citas de promoción y prevención (PyP) se programan lo cual hace que muchos usuarios lleguen a la sala por autorizaciones, en su mayoría, de medicamentos. Para obtener uniformidad en los datos y abarcar todos los días de la semana, se toman tiempos de llegada a partir del 2 de enero de 2018 (martes) siguiendo la secuencia: Miércoles 10 de enero, después el jueves 18 y así sucesivamente hasta Marzo. De los 3 meses objeto de estudio, en total se obtienen datos de 11 días.

2.4 Programación de toma de datos en Excel

Una vez en la localización, se procedió a realizar la toma de datos. Por la magnitud de personas que están llegando constantemente a la sala SIP y la cantidad de datos a recolectar, es casi imposible tener una toma de tiempos de una manera precisa y correcta. Por esta razón, se busca otra herramienta como Microsoft Excel con ayuda de Visual Basic en la cual es posible programar un reloj configurándolo con el de un portátil propio para el fin propuesto. Dicha programación, se realiza como se muestra en la figura 1.

Figura 1. Visual Basic programación reloj

```

Sub HORA ()
Range("B8").Formula = ("=Now() ")
Application.OnTime Now + TimeValue("00:00:01"), "hora"
End Sub
    
```

Fuente: Propia

Se realizó un formato en la tabla de Excel para que dicho reloj pudiese estar visible con los tiempos correspondientes:

Figura 2. Tabla Excel con datos reloj

	A	B	C	D	E	F
1						
2						
3	SERGIO DANIEL VARELA VARGAS					
4	INGENIERÍA INDUSTRIAL					
5						
6						
7				Hora	Minuto	Segundo
8	Hora Actual	01/02/2018 10:58		10	58	44
9						
10						
11	Reloj	10:58:44				
12						

Fuente: Propia

De igual forma se logró programar el reloj con los respectivos botones de Inicio, Finalizar y Reiniciar para que tuviera la función del cronómetro. En Excel se visualiza como se muestra a continuación:

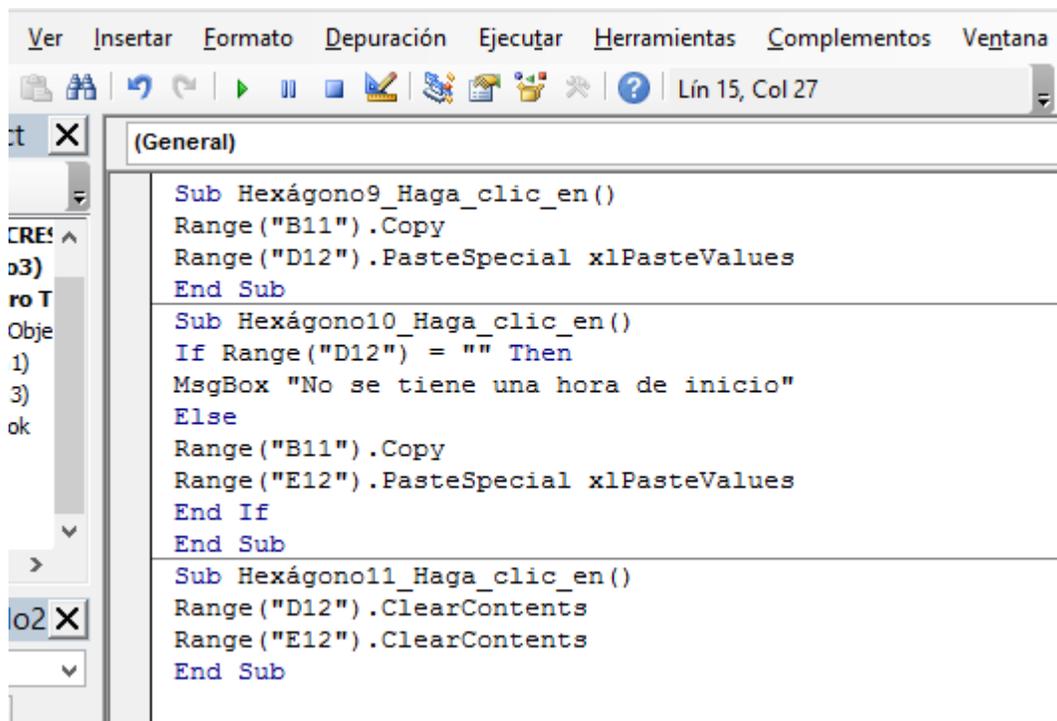
Figura 3. Preparación interfaz para cronómetro



Fuente: Propia

Los códigos utilizados en Visual Basic se muestran en la siguiente imagen, en la cual se asigna una ‘Macro’ a cada hexágono:

Figura 4. Programación cronómetro



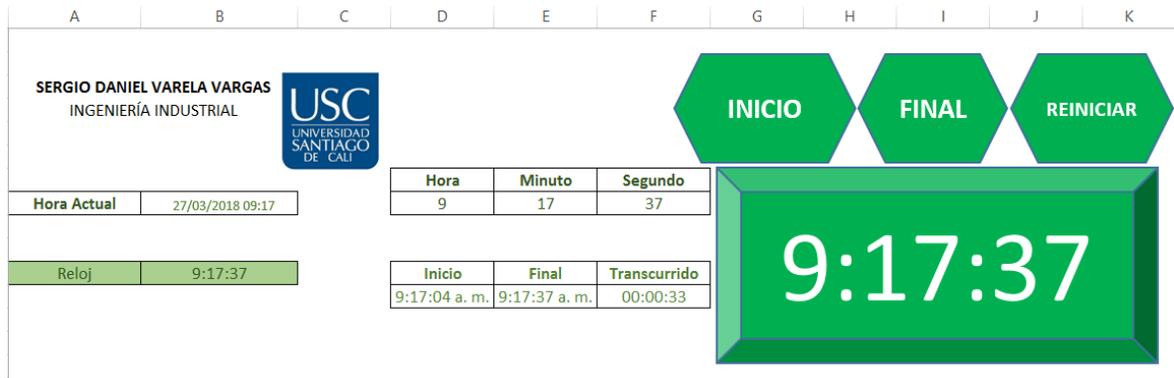
Fuente: Propia

2.5 Interfaz y modo de uso

Se diseñó una interfaz por medio de la cual se logra programar un cronómetro y obtener el dato de cuánto tiempo

trascurre entre llegadas de un usuario a otro, el cual fue operado por la persona encargada en la estación 1.

Figura 5. Interfaz finalizada para cronómetro



Fuente: Propia

Para obtener los tiempos de llegada de cada usuario a la estación 1 de la sala SIP, se oprime el comando ‘Inicio’ con el cual mostró la hora exacta donde se le brinda atención a cada persona. Esa hora adquirida es necesaria para copiarla y pegarla en otro formato de Excel donde se tiene los turnos listos y se localizan en frente de su casilla, para después regresar a la hoja con la macro del cronómetro y utilizar el comando ‘Reiniciar’ para conseguir el siguiente dato.

2.6 Tratamiento estadístico de datos

Los datos registrados fueron evaluados para determinar qué tipo de distribución presentaban, lo cual es insumo para elegir el mejor modelo con el que los datos fueron tratados en esta investigación y utilizar el método correcto para el desarrollo del estudio de teoría de colas.

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.1 Identificación del estado actual

Para la toma de tiempos durante los 11 días estipulados, se utilizó la interfaz, con lo cual se tabuló, como lo muestra la figura 6.

Figura 6. Tabulación toma de tiempos

	B	C	D	E	F	G	H	I
148		A-147	8:55:33					
149		A-148	8:58:04					
150		A-149	9:01:46					
151		A-150	9:04:32					
152		A-151	9:12:59					
153		A-152	9:16:27					
154		A-153	9:17:04					
155		A-154						
156		A-155						
157		A-156						
158		A-157						

Fuente: Propia

Cuando se planeó la recolección de datos, lo ideal era que el usuario se estaba incorporando al sistema al llegar a la recepción o estación 1 y que la fuente de entrada del sistema era la puerta de ingreso a la sala. Pero muchos de los usuarios que entran a la sala y llegan a recepción, son devueltos por los ejecutivos que allí atienden debido a que el servicio que requieren no se presta en este lugar y que en esta estación 1 es donde se evalúa el problema del cliente y la pertinencia de que este ingrese o no al sistema de colas (llámese estación 2 a esa zona de interacción entre los ejecutivos y los usuarios).

Así se llegó a la conclusión de que la estación 1 o recepción, tiene un comportamiento como fuente de entrada al sistema, lo que permite conseguir los tiempos de ingreso y centrar el estudio de teoría de colas en el sistema que se obtiene en la estación 2.

Cabe resaltar que el ejercicio de toma de tiempos al llegar a recepción es de suma importancia, porque con éste se tomó la hora en la que un determinado usuario ingresó al sistema para así conocer la totalidad de tiempo que permaneció en él.

Hay un software que se maneja en la sala SIP y es utilizado única y exclusivamente por los ejecutivos de atención Integral. Este software tiene por nombre 'UtiTurno' y sirve para asignarle un turno a una persona para que esta ingrese a la cola y espere en sala. De igual forma, a través de la aplicación es posible timbrar los turnos para que aparezcan en un tablero dispuesto para tal fin, con el cual se lleva el control y los usuarios pueden visualizar en tiempo real a cuantos turnos faltan para que sean atendidos en la estación 2. El software también permitió exportar tres bases en Excel en los cuales se encontraba la relación de datos de atención y finalización de los turnos. Cada base descargada corresponde a un mes de datos de la atención generada en la sala SIP, siendo el mes inicial Enero de 2018 y el mes final Marzo de 2018.

En estas bases, se encuentra la relación del turno emitido con su respectiva hora de atención y finalización como se muestra en la siguiente tabla de la imagen tomada del día 27 de marzo de 2018.

Figura 7. Base tomada del aplicativo Utiturno del 27 de marzo de 2018

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L
1	REGIONAL	CIUDAD	OFICINA	FECHA EMISI	TURNO	HORA INICIC	HORA FINALI	IDENTIFICAC	NOMBRE USI	SERVICIO	NOMBRE AU	ESTADO
2	Regional	Sur Cali	SIP IMBANAC	27/03/2018	A-1	7:00:04	7:20:00	36810720	DELFINA ROI	Recepcion di	Yanira Patric	FINALIZADO
3	Regional	Sur Cali	SIP IMBANAC	27/03/2018	A-2	7:00:08	7:23:35	66826717	MYRIAM VIV	Recepcion di	Carlos André	FINALIZADO
4	Regional	Sur Cali	SIP IMBANAC	27/03/2018	A-3	7:00:55	7:14:47	16642593	ANDRES RAU	Preferencial	Diana Carolin	FINALIZADO
5	Regional	Sur Cali	SIP IMBANAC	27/03/2018	A-4	7:01:08	7:08:40	31163526	ADIELA MAR	Preferencial	Yeici Alejanc	FINALIZADO
6	Regional	Sur Cali	SIP IMBANAC	27/03/2018	A-5	7:02:13	7:06:32	1150692500	JUAN JOSE C.	Preferencial	Lucy Anabel	FINALIZADO
7	Regional	Sur Cali	SIP IMBANAC	27/03/2018	A-6	7:02:48	7:19:53	38961242	LIBIA MOJIC	Recepcion di	Melanie Buen	FINALIZADO
8	Regional	Sur Cali	SIP IMBANAC	27/03/2018	A-7	7:03:48	7:06:18	31868973	LUZ FADY NA	Recepcion di	Shirley Buen	FINALIZADO
9	Regional	Sur Cali	SIP IMBANAC	27/03/2018	A-8	7:05:01	7:05:04	25354483	SIN NOMBRE	Recepcion di	Luisa Fernan	FINALIZADO
10	Regional	Sur Cali	SIP IMBANAC	27/03/2018	A-9	7:07:27	7:16:31	63285938	ELCIDA VERA	Preferencial	Lucy Anabel	FINALIZADO
11	Regional	Sur Cali	SIP IMBANAC	27/03/2018	A-10	7:07:53	7:16:35	66924050	AURA MIRSA	Recepcion di	Ofir Echever	FINALIZADO
12	Regional	Sur Cali	SIP IMBANAC	27/03/2018	A-11	7:07:57	7:10:55	31838040	MARIA ISABE	Recepcion di	Jose Alejand	FINALIZADO
13	Regional	Sur Cali	SIP IMBANAC	27/03/2018	A-12	7:09:19	7:15:02	14933106	LUIS ORLANE	Preferencial	Yeici Alejanc	FINALIZADO

Fuente: Propia

Como se mencionó anteriormente, la toma de datos de la hora de llegada fue de suma importancia debido a que fue posible ‘cruzar’ por medio del turno los tiempos de llegada de cada usuario hallando tiempo de espera antes de la atención y el tiempo total en el sistema como se muestra en la siguiente imagen:

Figura 8. Cruce tiempos de llegada por turno

	A	B	C	D	E	F	G	H	I
1	REGIONAL	CIUDAD	OFICINA	FECHA EMISI	TURNO	HORA LLEGADA USUARIO	HORA INICIC	HORA FINALI	IDE
2	Regional	Sur Cali	SIP IMBANAC	27/03/2018	A-1	6:45:06	7:00:04	7:20:00	3
3	Regional	Sur Cali	SIP IMBANAC	27/03/2018	A-2	6:48:54	7:00:08	7:23:35	6
4	Regional	Sur Cali	SIP IMBANAC	27/03/2018	A-3	6:52:11	7:00:55	7:14:47	1

Fuente: Propia

3.1.1 Tratamiento de datos

Teniendo en cuenta la notación Kendall, consecuentemente se procedió analizar los datos para comprobar si los tiempos entre llegadas o la tasa media de llegadas y los tiempos medios de servicio o la tasa de servicio siguen una distribución estadística que nos sitúe en uno de los modelos de colas estudiados.

Debido a que en la sala SIP de Coomeva EPS hay más de un servidor, se omiten del estudio modelos con servicios no exponenciales con un único servidor ($M/G/1$; $M/D/1$; $M/Ek/1$). De esta manera se concluyó que el modelo que se debe seguir y la base del estudio es el modelo $M/M/S$. Para que el estudio se ajustara a dicho modelo, se debía comprobar que las llegadas siguieran una distribución de Poisson y los tiempos de servicio una distribución exponencial. (Martínez Eraso, 2009)

Existe una herramienta o modelo estadístico adecuado que permite hallar el tipo de distribución del cual proviene una determinada muestra a través del contraste de hipótesis donde al finalizar se puede obtener como resultado si la hipótesis es verdadera o la alternativa que no sea así (Aceptación o rechazo de la hipótesis). La herramienta se conoce como contrastes de bondad de ajuste y para este estudio de teoría de colas se utilizó el método conocido como Test de Kolmogorov-Smirnov y se llevó a cabo a través de la herramienta Excel. (Casas Sánchez, 2008).

3.1.2 Test de Kolmogorov-Smirnov

Este test lo que realiza, es comparar las frecuencias relativas y acumuladas entre sí. Si se valida que la muestra tiene o sigue la distribución, la diferencia entre la frecuencia relativa acumulada observada (FAO) y la frecuencia relativa acumulada teórica (FAT) no será muy significativa.

3.1.3 Tabulación de datos

La aplicación de dicha prueba se realizó con el fin de probar que tanto para la variable tiempo de llegada y la variable tiempo de atención se tenga una distribución exponencial. Para esto se necesitó hallar un valor al cual le denominamos 'Estadístico s-k' y de acuerdo al número de datos a manejar y al nivel de significancia, en tablas se encuentra un valor, que si es mayor se determina que la distribución de datos es normal y si por el contrario es menor, se indica que los tiempos siguen una distribución exponencial. (Escudero, 1972).

El Test de Kolmogorov-Smirnov maneja una hipótesis que los datos tienen una distribución normal. Nuestro objetivo en esta sección es probar que esa hipótesis se rechaza debido a que nuestros datos tienen una distribución exponencial. Para ejecutar la prueba Kolmogorov tuve en cuenta que utilizaría un nivel de significancia del 5%, después de esto lo primero que se hizo fue clasificar los datos de manera correcta, agruparlos en intervalos y obtener todas las frecuencias necesarias. Como primer punto, es situar los datos obtenidos en un determinado número de intervalos. Para elegir ese número de intervalos se utiliza la regla de Sturges redondeando el resultado hacia arriba. (Devore, 2008)

$$K=1+1.322\log n$$

A continuación calculamos el rango de datos (restando el menor valor de x al mayor) y dividiendo el rango entre el número de intervalos obtenemos la amplitud como se muestra en la imagen 9.

Figura 9. Medidas de variación para tiempo de llegadas

Media	29
Desviación	31,53171218
Mínimo	1
Máximo	250
Rango	249
Número Datos	379
Sturges (# Intervalos)	20,59386948
Raíz de N (# de intervalos)	19,467922
Tamaño del intervalo	12,79027087

Fuente: Propia

Luego se obtuvo las frecuencias, clasificando los datos en los diferentes intervalos. Cabe resaltar que el número de muestra 'n' es de 379 que es equivalente al número de datos recogidos el día 27 de marzo de 2018 de 9:00 am hasta las 12:00 pm. El número de intervalos tuvo un valor de 19,467 según el resultado Sturges pero con el redondeo correspondiente se determinó que el número de intervalos a utilizar es 20. Con esta información se procedió a calcular las diferentes frecuencias como se muestra la imagen de la tabla.

Figura 10. Relación de intervalos

Intervalos	Lim Inferior	Lim Superior	FO	For	For Acum	Fer Acum	Abs(For Acum - Fer Actual)
1	1,0000000	13,7902709	154	0,406332454	0,406332454	0,318050119	0,088282335
2	13,7902709	26,5805417	80	0,211081794	0,617414248	0,473081351	0,144332897
3	26,5805417	39,3708126	53	0,139841689	0,757255937	0,632358214	0,124897723
4	39,3708126	52,1610835	28	0,073878628	0,831134565	0,771482391	0,059652174
5	52,1610835	64,9513544	20	0,052770449	0,883905013	0,874798198	0,009106815
6	64,9513544	77,7416252	19	0,050131926	0,934036939	0,940027155	0,005990216
7	77,7416252	90,5318961	7	0,018469657	0,952506596	0,975039109	0,022532512
8	90,5318961	103,3221670	6	0,015831135	0,968337731	0,991015725	0,022677994

Fuente: Propia

El estadístico Kolmogorov se obtiene hallando el dato máximo del resultado de For Acum – Fer Actual y para la prueba realizada obtuve un valor de 0,144. Como se indicó, se halló por medio de tabla de Kolmogorov el estadístico correspondiente el cuál se obtuvo a través de la fórmula $1,36/\sqrt{n}$. El valor obtenido fue de 0,069 que es menor a al estadístico s-k con lo cual se rechaza la hipótesis y con esto se determina que la distribución en el tiempo de llegadas de los usuarios a la sala SIP Coomeva EPS es una distribución exponencial. Estos resultados se muestran a continuación.

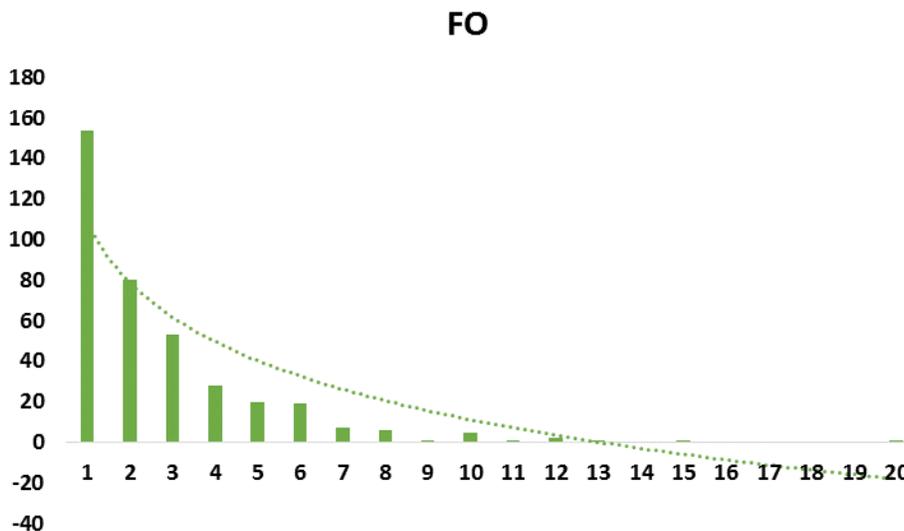
Figura 11. Resultados prueba Kolmogorov-Smirnov

=SI(L39>L36;"Se acepta";"Se rechaza")	
K	L
Estadístico S-K	0,144332897
Nivel Significancia	0,05
Grado de Libertad	379
Estadístico Obtenido Tabla	0,069344842
La Hipótesis	Se rechaza

Fuente: Propia

La gráfica de barras con la tendencia, nos confirma la anterior hipótesis encontrada donde observamos que en la variable tiempo de llegada no hay normalidad.

Figura 12. Gráfica distribución exponencial tiempo de llegadas



Fuente: Propia

Según la notación Kendall M/M/S debemos probar que tanto el tiempo de llegadas como el tiempo de servicio sigan la misma distribución, es por esto que a continuación se muestra el test de Kolmogorov realizado para la variable tiempo de servicio el cual se toma de las tablas obtenidas por el aplicativo de sala SIP 'UtiTurno'. Se sacaron 349 datos del día 01 de Marzo de 2018 en un rango de 2:00 pm a 5:00 pm. Cabe recordar que la sala SIP tiene sus puertas abiertas hasta las 4:00 pm pero muchos usuarios quedan dentro esperando ser atendidos.

Figura 13. Medidas de variación para tiempo de servicio

Media	319
Desviación	366,150745
Mínimo	2
Máximo	1851
Rango	1849
Número Datos	349
Sturges (# Intervalos)	20,3217373
Raíz de N (# de intervalos)	18,681542
Tamaño del intervalo	98,9747008

Fuente: Propia

El valor del estadístico obtenido por tabla es de 0,0722 y es menor al estadístico s-k con lo cual la hipótesis se rechaza, por lo tanto sigue una distribución exponencial igual que la variable tiempo de llegada.

Figura 14. Resultados prueba Kolmogorov-Smirnov

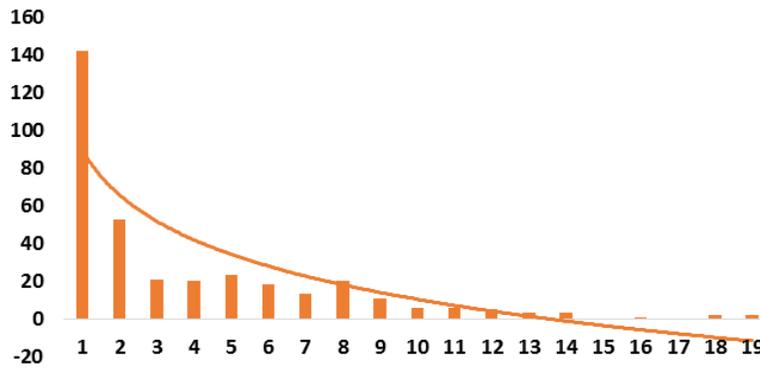
✓	f_x	=SI(L38>L35;"Se acepta";"Se rechaza")
	K	L
	Estadístico S-K	0,186258315
	Nivel Significancia	0,05
	Grado de Libertad	349
	Estadístico Obtenido Tabla	0,072263843
	La Hipótesis	Se rechaza

Fuente: Propia

Para esta variable, también se obtuvo el gráfico el cual nos corrobora su tendencia exponencial.

Figura 15. Gráfica distribución exponencial tiempo de servicio

FO



Fuente: Propia

De igual forma, se utilizó un software aplicable a la estadística llamado SPSS el cual tiene múltiples funciones y una de ellas es realizar pruebas de bondad con sólo ingresar las variables y el rango de datos a estudiar. Para el funcionamiento del SPSS se requiere la compra de una licencia, pero desde la página de su desarrollador IBM, es posible acceder a una prueba gratuita por un tiempo limitado.

A continuación, se muestra el resultado de las pruebas de bondad realizadas a las dos variables estudiadas y con ello se ratifica que siguen una distribución no normal o distribución exponencial.

Figura 16. Resultados tiempo de llegada y servicio en SPSS

Pruebas de normalidad

	Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
Tiempo_Llegada	,190	379	,000	,768	379	,000

a. Corrección de significación de Lilliefors

Pruebas de normalidad

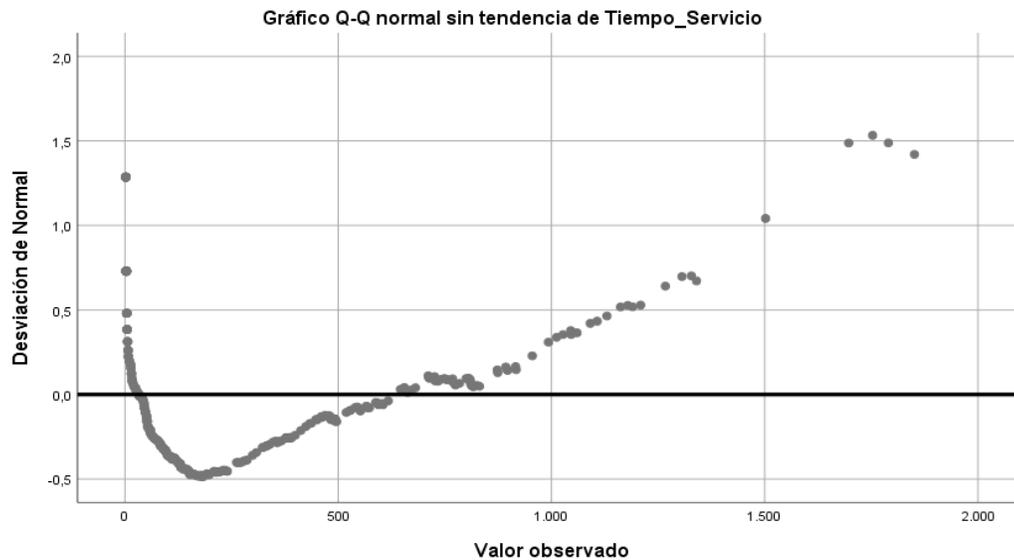
	Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
Tiempo_Servicio	,193	349	,000	,814	349	,000

a. Corrección de significación de Lilliefors

Fuente: Propia

En el estudio manejamos una significancia correspondiente a 0,05 y en los anteriores resultados para Kolmogorov Smirnov el valor 'Sig.' Es menor a 0,05, por lo que se concluye nuevamente que las muestras no siguen una distribución normal lo que también se correlaciona con el siguiente gráfico de SPSS que observamos una distribución de datos no uniformes.

Figura 17. Gráfico Q-Q normal en SPSS para tiempo de servicio



Fuente: Propia

3.1.4 Encuesta de servicio Ejecutivos Atención integral

Se realizó un estudio cualitativo por medio de una encuesta realizada a 5 ejecutivos de Atención Integral que se escogieron aleatoriamente. Dicha encuesta consta de 7 preguntas a través de las cuales cada ejecutivo describió su percepción frente al servicio y sobre algunos momentos de verdad desarrollados en sus labores.

Para diligenciar las encuestas, se tuvo el consentimiento de la Coordinadora de sala quien a su vez recomendó que se realizara en horarios no laborales y que no interrumpieran su trabajo. Se quiso hacer al finalizar la jornada pero algunos comentaban que debían regresar a sus hogares pronto, así que se decidió tomar los tiempos de almuerzo para tal fin. Los ejecutivos tienen un tiempo de almuerzo de una hora en la cual fue difícil hacer varias encuestas y más aún con la argumentación que presentaba. Algunos ejecutivos me pidieron que les leyera las preguntas para que yo mismo hiciera una sintaxis de su argumento y plasmarlo en el documento. Otros se tomaron su tiempo para la respuestas y ellos mismos se encargaron de escribir sus conceptos. Las 5 encuestas se realizaron en 3 días diferentes y cada una se desarrolló en un tiempo promedio de 30 minutos.

La información obtenida es de suma relevancia debido a que con esta se logró conocer el estado actual de la sala SIP, así como también algunas fallas y oportunidades de mejora tanto de los ejecutivos como de auditoría médica.

- Para la pregunta ¿Cree usted que actualmente el tiempo que espera un usuario en sala, es elevado? ¿Por qué?

Los cinco ejecutivos indican que los tiempos de espera son bastante elevados debido a la demora en la atención, por el reproceso que tiene auditoría ya que un usuario puede estar hasta dos veces a la semana en la sala sin que se dé una solución a sus requerimientos. Algunos aluden al tema de radicación de órdenes, debido a que para los pacientes de alto costo se debe ingresar mucha información al sistema y manejar software diferente para cada proceso.

- Para la pregunta ¿Los sistemas que se utilizan y las metodologías de auditoría para las autorizaciones, hacen que el servicio sea más lento? ¿Por qué?

Se evidencia que los ejecutivos de atención con más tiempo de experiencia, refieren que todo el software es de fácil manejo, sin embargo, coinciden en que deben operar múltiples bases de datos y archivos que solicitan las áreas al interior de la compañía lo que hace que el tiempo de atención se alargue pero no de manera considerable. Por el contrario, los ejecutivos con menos tiempo en el cargo concuerdan que el software de autorizaciones es de difícil manejo y aprenderlo

lleva mucho tiempo, esto por todas las funcionalidades que presenta. Al igual que los ejecutivos ‘antiguos’ indican que deben tener manejo de muchos archivos que pide auditoría, en ocasiones deben diligenciar demasiados datos que los hacen demorarse mucho tiempo en la atención del servicio.

- Para la pregunta ¿Hay usuarios que usted atiende los cuales radiquen más de tres órdenes de ellos o de distintos pacientes? ¿Dichos usuarios hacen más lento el servicio?

Ninguna respuesta fue negativa, para todos es muy claro que hay muchos usuarios que se aprovechan de un turno para gestionar hasta 15 órdenes y todas de diferentes pacientes. Hacen alusión que con este tipo de usuarios pueden tener un tiempo de atención hasta de 2 horas, lo cual representa que se dejan de atender más de diez usuarios por ese ejecutivo ya que como se indicó anteriormente, el tiempo máximo de servicio es de 10 minutos por turno. También refieren que en muchos casos hay tramitadores que cobran a las personas por hacer este tipo de diligencias y ellos en un solo turno piden que radiquemos un gran número de órdenes.

- ¿Piensa que sus compañeros y usted se encuentran bien capacitados para cumplir las funciones del cargo? ¿Por qué?

Los ejecutivos de mayor antigüedad piensan que tienen definida bien sus funciones, sin embargo algunos creen que requieren capacitación en temas como prestaciones económicas (licencias e incapacidades) y algunas resoluciones nuevas del ministerio de salud. Los ejecutivos con menor antigüedad hacen alusión que aún tienen dificultades para el manejo de los diferentes aplicativos y muchas veces les surgen dudas en cuanto a las autorizaciones. También indican que el tema de la salud en Colombia está en constante cambio por las nuevas normas o resoluciones donde un día pueden saber que un procedimiento está dentro del plan obligatorio y al día siguiente no.

- ¿Considera que la sala SIP requiere más personal? ¿Por qué?

Los ejecutivos de atención integral deben estar día a día frente a cientos de usuarios quienes quieren ser atendidos cuanto antes. Por esta razón, la mayor parte del día el ambiente laboral se torna pesado debido a que las personas que están esperando ser atendidos comienzan a tener gestos negativos como gritar o aplaudir, esto hace que los ejecutivos tengan estrés laboral afectando su salud y su estado de ánimo. Como conclusión de los ejecutivos entrevistados piensan que la sala SIP Imbanaco si requiere de más personal debido a las largas esperas que deben tener los usuarios.

- Según la Coordinadora de sala SIP, se tiene un porcentaje del 7% en abandonos de turnos afectando el nivel del servicio ¿Cuál es la causa principal de este resultado y por qué?

Principalmente, el tiempo de espera debido a que hay momentos del día que puede haber 150 usuarios en sala de espera y sólo hay 6 ejecutivos. Si cada ejecutivo atiende un turno en 10 minutos, se supone que hará 6 turnos en una hora y en esa misma hora los 6 ejecutivos deben atender por lo menos 36 usuarios. Recordemos que los 6 ejecutivos no tienen la misma habilidad y destreza y que hay usuarios que tiene muchas órdenes, a eso sumarle las personas que ingresan a cola en el transcurso de esa hora. Esta es la causa principal de abandonos de turno.

- Según la descripción en el documento de las funciones de un Ejecutivo de sala SIP, el tiempo de atención por turno es de 10 minutos. La Coordinadora indica que hay ejecutivos que tienen un promedio de atención de más de 15 minutos. ¿Qué cree usted que influya para que algunos ejecutivos no cumplan con el tiempo estipulado?

La principal conclusión de los ejecutivos a la demora en el tiempo de servicio, es la atención a usuarios con un sin número de autorizaciones pero además de esto, las gestiones que se debe hacer a cada una de las radicaciones ya que son muy diferentes para el tipo de servicio requerido. Esto quiere decir que si una persona debe radicar tres órdenes, una ayuda diagnóstica, medicamentos POS y una tutela, para cada uno se realiza un procedimiento distinto. Para la ayuda diagnóstica se deben escanear orden e historia clínica, luego se debe abrir un archivo en Excel donde se diligencian varios campos como nombres, prestador, tipo de servicio, diagnósticos y médico tratante, después se redacta un correo electrónico para auditoría donde se anexa el Excel con los archivos escaneados y se envía. Para los medicamentos también se escanean las órdenes con historia clínica, se abre el aplicativo donde se deben buscar cada uno de los medicamentos con los nombres correspondientes y se montan los escaneados para luego imprimir la orden. Para la tutela

se debe buscar en la aplicación si el usuario ya la tiene radicada, se procede a escanear todos los soportes correspondientes, después se debe montar todo en el sistema con la descripción de los servicios. Cuando se tiene el número del radicado se procede a redactar un nuevo correo electrónico al área de tutelas con el número de radicación. Un ejecutivo en promedio puede realizar estas tres gestiones con un tiempo de 12 minutos, esto sin contar el número de medicamentos a ingresar, el tiempo que se demora en buscar los códigos de la ayuda diagnóstica y validar el diagnóstico correcto en todos los soportes.

3.1.5 Resultados Para el Estudio Teoría de Colas.

Una vez que se determinó que los datos seguían las distribuciones estadísticas adecuadas y que sigue la forma M/M/S, se hallaron los datos de μ y λ para calcular los resultados. El resultado del tiempo promedio de usuarios que llega a los servidores de la estación 1 se muestra en la siguiente figura que muestra la tabla.

Figura 18. Datos recolectados para tiempos de llegadas

Mes	Día	Día/semana	Tiempo Promedio Llegada
Enero	2	Martes	0:00:48
Enero	10	Miércoles	0:00:38
Enero	18	Jueves	0:00:40
Enero	26	Viernes	0:00:37
Febrero	5	Lunes	0:00:43
Febrero	13	Martes	0:00:37
Febrero	21	Miércoles	0:00:44
Marzo	1	Jueves	0:00:46
Marzo	9	Viernes	0:00:48
Marzo	12	Lunes	0:00:47
Marzo	27	Martes	0:00:44
Tiempo promedio Total			0:00:43

Fuente: Propia

Se determinó que el tiempo promedio en el cual los servidores de la estación 1 son ocupados es de 43 segundos. De igual forma se halló el tiempo promedio de servicio teniendo en cuenta los mismos días del resultado anterior.

Figura 19. Datos recolectados para tiempos de servicio

Mes	Día	Día/semana	Tiempo Promedio Servicio
Enero	2	Martes	0:08:37
Enero	10	Miércoles	0:08:41
Enero	18	Jueves	0:09:07
Enero	26	Viernes	0:07:53
Febrero	5	Lunes	0:08:44
Febrero	13	Martes	0:07:32
Febrero	21	Miércoles	0:07:14
Marzo	1	Jueves	0:08:34
Marzo	9	Viernes	0:07:49
Marzo	12	Lunes	0:08:04
Marzo	27	Martes	0:07:43
Tiempo Promedio Total			0:08:11

Fuente: Propia

De acuerdo al resultado de la tabla, se conoce que el tiempo promedio de atención o servicio es de 8 minutos y 11 segundos. Teniendo estos resultados, la velocidad de llegadas (λ) y velocidad de servicio (μ) donde dado el estudio se aproxima el resultado.

Velocidad de llegadas: $\lambda = 83$ Usuarios / hora

Velocidad de servicio: $\mu = 7$ usuarios / hora

Se verificó el número de ejecutivos de atención integral que están en la operación en la sala SIP y me di cuenta que no era el mismo cada día. Esto cambia debido a que hay días en los cuales algunos ejecutivos se encuentran incapacitados o por orden de la coordinadora de sala los separa de la operación para realizar otras actividades, debido a esto el número de servidores está fluctuando. Dado el caso, el estudio se realizará con los 12 servidores estipulados por la sala SIP.

Teniendo estos datos, podemos aplicar las fórmulas que se requieren para el comportamiento de colas M/M/S donde sabemos que los tiempos de llegadas y de servicio tienen una distribución exponencial y $S=12$.

Primero se determinó la utilización promedio de los 12 servidores:

$$P = \frac{\lambda}{s\mu} = \frac{83}{12 \times 7} = 0.988095 \quad P = \frac{\lambda}{s\mu} = \frac{83}{12 \times 7} = 0.988095 \quad (1)$$

Se halló la probabilidad de que ningún cliente se encuentre en el sistema, aplicando la fórmula:

$$P_0 = \frac{1}{\left[\sum_{n=0}^{S-1} \frac{(\lambda/\mu)^n}{n!} + \frac{(\lambda/\mu)^S}{S!} \left(\frac{1}{1 - \lambda/(S\mu)} \right) \right]} \quad (2)$$

Se reemplazan los valores:

$$P_0 = \frac{1}{\left[\sum_{n=0}^{11} \frac{(83/7)^n}{n!} + \frac{(83/7)^{12}}{12!} \left(\frac{1}{1 - 83/(12 * 7)} \right) \right]}$$

$$P_0 = 7,033E - 07$$

La probabilidad de que no haya ningún usuario en la sala SIP en un momento determinado es prácticamente nula.

Para hallar el número promedio de usuarios en la fila se utilizó la fórmula:

$$Lq = \frac{P_0 \left(\frac{\lambda}{\mu} \right)^S P}{[S! (1 - P)^2]} \quad (3)$$

$$Lq = \frac{7,033E - 07 \left(\frac{83}{7} \right)^{12} 0,988095}{[12! (1 - 0,988095)^2]}$$

$$Lq = 79,06$$

De igual forma, se comprobó el tiempo promedio en el que un usuario espera en la fila hallando Wq de la siguiente manera:

$$Wq = \frac{Lq}{\lambda} \quad (4)$$

$$Wq = \frac{79,06}{83} = 0,9525 \text{ horas} = 57,1518 \text{ minutos}$$

El tiempo total transcurrido en el sistema se halló con la fórmula:

$$W = Wq + \frac{1}{\mu} \quad (5)$$

$$W = 0,9525 + \frac{1}{7} = 1,0954 \text{ horas} = 65,7240 \text{ minutos}$$

Por último, se obtiene el número promedio de usuarios en el sistema:

$$L = \lambda W \quad (6)$$

$$L = 83 * 1,0954 = 90,9197$$

Por ayuda de Excel, se simuló el comportamiento de los tiempos y usuarios de la sala SIP con menos 12 servidores y aplicando las mismas fórmulas anteriores lo cual arroja los siguientes resultados:

Figura 20. Aplicación teoría de colas con menos de 12 servidores

N° Servidores	p	Po	Lq	L	Wq	W
7	1,6938776	-0,0004124	Desbordado	Desbordado	Desbordado	Desbordado
8	1,4821429	-0,0001524	Desbordado	Desbordado	Desbordado	Desbordado
9	1,3174603	-5,886E-05	Desbordado	Desbordado	Desbordado	Desbordado
10	1,1857143	-2,197E-05	Desbordado	Desbordado	Desbordado	Desbordado
11	1,0779221	-6,318E-06	Desbordado	Desbordado	Desbordado	Desbordado
12	0,9880952	7,034E-07	79,062561	90,919704	0,952561	1,0954181

Fuente: Propia

Con menos de 12 servidores la utilización promedio de los servidores sobrepasa el 100% lo que hace que el sistema no sea estable y se encuentre desbordado, esto debido a que las colas tenderán al infinito ya que λ es mayor o igual a las veces de μ .

Con los 12 servidores queda comprobado que tienen una porcentaje de utilización del 99% donde se aprecia que en todo el sistema se tienen en espera hasta 91 usuarios con un tiempo de 66 minutos. Si restamos el tiempo total transcurrido en el sistema (W) menos el tiempo promedio de la fila (Wq) se obtiene el tiempo de servicio, que en el caso de estudio de la sala SIP se presenta un tiempo de 8 minutos con 57 segundos cumpliendo con lo estipulado por la coordinación donde se indica que el tiempo máximo de atención es de 10 minutos, sin embargo, el tiempo que un usuario debe permanecer en la fila es alto, razón por la cual se aquejan en la demora de atención.

De acuerdo a las entrevistas a los ejecutivos y la aplicabilidad del modelo M/M/S de teoría de colas, se logró dar cumplimiento a uno de los objetivos ya que fue posible conocer el estado actual de la sala SIP Imbanaco.

3.2 Tiempo ideal para evitar abandono del sistema.

Como se mencionó anteriormente y de acuerdo al estado actual de la sala SIP, se conoce que el sistema tiene un porcentaje de abandono del 7% afectando el nivel de servicio, como ya sabemos tenemos un tiempo total en el sistema de 66 minutos y por esta razón decidí realizar el mismo estudio de teoría de colas, pero esta vez con mayor número de servidores como se muestra a continuación:

Figura 21. Aplicación teoría de colas con más de 12 servidores

N° Servidores	p	Po	Lq	L	Wq	W
12	0,9880952	7,034E-07	79,062561	90,919704	0,952561	1,0954181
13	0,9120879	3,987E-06	6,91852	18,775663	0,0833557	0,2262128
14	0,8469388	5,567E-06	2,506313	14,363456	0,0301965	0,1730537
15	0,7904762	6,341E-06	1,1239836	12,981126	0,013542	0,1563991
16	0,7410714	6,723E-06	0,5421446	12,399287	0,0065319	0,149389
17	0,697479	6,912E-06	0,2680312	12,125174	0,0032293	0,1460864

Fuente: Propia

Con 13 servidores, se tiene un porcentaje de utilización de 91% con lo que se tendrán casi 19 usuarios esperando en el sistema con un tiempo total dentro del mismo de $W = 0,2262$ horas que equivale a 13,5 minutos. Para el cumplimiento del objetivo dos es imprescindible indicar que el número ideal de servidores es 13 ya que se tiene una gran disminución en el tiempo total que un usuario espera dentro del sistema con lo cual se evitará que se generen abandonos de cola por demora en la atención.

También se observa que a medida que se aumenta el número de servidores, disminuyen los tiempos en la cola pero no se alejan al resultado hallado anteriormente. Por ejemplo, para 14 y 15 servidores, se tendrá un porcentaje de utilización de 84 y 79% respectivamente pero con resultados muy parecidos en los tiempos y en los usuarios que permanecen en la cola, con lo que se logra percibir que no es necesario más de 13 servidores.

3.3 Disminución de tiempos de atención

Al iniciar el proyecto se tuvo la oportunidad de solicitar apoyo a la coordinación de la sala SIP Imbanaco de Coomeva EPS y en cierta medida se obtuvo, con los permisos en la recolección de datos y acceso a información, pero se dejó muy claro que no habría manera de invertir económicamente con lo cual, si habían mejoras que implicaran gastos no era posible su desarrollo.

Con el resultado hallado en el anterior objetivo, hay claridad que la mejor manera de disminuir el tiempo de atención es contratando un nuevo ejecutivo de atención integral, completando así los 13 servidores en el sistema, pero de acuerdo al limitante ya mencionado es difícil que la coordinación lo avale.

Tomando como fuente las entrevistas, me di cuenta que hay variables ajenas a la teoría de colas que afectan los tiempos de atención y por esta razón decidí formular las siguientes propuestas:

- Los ejecutivos relacionan la demora en la atención de algunos turnos debido a la cantidad de autorizaciones a radicar. Dentro de la sala sería posible dividir la atención en dos sistemas de colas, el primero donde se atenderán turnos cuyos usuarios radiquen de una a tres órdenes y el otro sistema estará dispuesto para aquellos usuarios que radiquen cuatro órdenes en adelante y separando dos o cuatro ejecutivos para esta labor, dependiendo del promedio de usuarios con esta característica. Con esto se estaría evitando que en todos los casos, el tiempo de atención sea mayor a 10 minutos en el sistema donde se atienden tres o menos radicaciones en el cual haciendo el correspondiente estudio de colas con la toma de tiempo, tendríamos una disminución en el λ (Velocidad de llegadas) y un aumento en μ (velocidad de servicio) lo que generaría un sistema más estable que el inicial.
- Según información de la coordinación, hay ejecutivos con que superan el promedio de 10 minutos en la atención y por lo regular son nuevos en el cargo. Una de mis propuestas es que los ejecutivos de mayor antigüedad y que han adquirido agilidad con excelentes tiempos de atención, brinden capacitación en el momento de verdad al personal que requiera para que estos “copien” su modelo de servicio y obtengan la destreza suficiente disminuyendo su promedio de atención y aumentando su productividad personal. Si esto se logra realizar a gran escala, la disminución de tiempo se reflejará en el sistema de colas donde sería posible pensar en disminuir los servidores como se muestra la siguiente simulación aumentando la velocidad de servicio de 7 a 9 usuarios por hora:

Velocidad de llegadas: $\lambda = 83$ Usuarios / hora

Velocidad de servicio: $\mu = 9$ usuarios / hora

Figura 22. Aplicación teoría de colas con 10 servidores y mayor velocidad de servicio

N° Servidores	p	Po	Lq	L	Wq	W
10	0,92222222	4,6697E-05	8,7297625	17,9519847	0,10517786	0,21628897

Si se logra aumentar la velocidad de servicio con la anterior propuesta, sería posible tener un sistema de colas estable

hasta con 10 servidores en el cual el tiempo total que un usuario permanecería en el sistema sería aproximadamente de 13 minutos con 18 usuarios esperando dentro de este.

4. CONCLUSIONES

Las pruebas de bondad permitieron conocer el tipo de distribución del que proviene una muestra de datos, para el caso de estudio fue posible determinar que tanto para los tiempos de llegadas como para los tiempos de servicio se sigue una distribución exponencial.

La teoría de colas nos brinda información necesaria de los sistemas de espera. Se basa en los tiempos de llegadas y los tiempos de servicio para ajustar el tiempo de espera medio y el número de usuarios en cola a valores que permitan el correcto funcionamiento.

Cada sistema de colas se rige por un modelo de estudio. Para la sala SIP el modelo de teoría de colas que se ajusta al tipo de distribución es el modelo M/M/S con múltiples servidores.

El resultado de la aplicación del modelo M/M/S para el estado actual de la sala SIP de Coomeva EPS permitió conocer que los 12 servidores utilizados en la actualidad brindan cierta estabilidad al sistema, sin embargo, el tiempo de espera es alto para las personas que deben ingresar a este.

Debido a la situación económica de la EPS no es viable contratar un nuevo servidor, pero si es posible tener en cuenta otras variables con las cuales se podrá aumentar la tasa de servicio con el fin de obtener la disminución de los tiempos de espera.

La aplicación de la teoría de colas para la Ingeniería Industrial permite desarrollar en empresas de manufactura y de servicios, métodos que facilitan monitorear permanentemente la compañía, con lo cual es posible tomar decisiones en la reducción de tiempos para el aumento de la productividad.

REFERENCIAS

Análisis Cuantitativo con WINQSB. Disponible en la web: <<http://www.eumed.net/libros/2006c/216/1j.htm>>

Barbosa, R. Teoría de colas de espera. Ingeniería y Desarrollo. (1995).

Barras, J. S. y Makowski, D. J. K competing queues with geometric service requirements and linear costs: the μc -rule is always optimal. System and control letters. Vol. 6 (1985); p. 173 – 180.

Borja Velázquez, Martí, y Vinueza Villares, Viviana Vanessa. Enfermería Investiga, Investigación, Vinculación, Docencia y Gestión. Vol. 2 No. 1 2017 (Ene-Mar) 2477-9172 / 2550-6692 Derechos Reservados © 2017 Universidad Técnica de Ambato, Carrera de Enfermería. Martí, Lic. Mg.

Burke, P. J. Proof of a Conjecture on the Interarrival-Time Distribution in an MIMI1 Queue with Feedback. IEEE Transactions On Communications, Vol. 29 (1976); p. 575-5.

Carro Paz Roberto, González Gómez Daniel. Modelos de líneas de espera. Universidad Nacional de mar de Plata. (2012).

Casas Sanchez J. M. Estadístico modificado de Kolmogorov-Smirnov: Aplicación al test de bondad de ajuste. Instituto

Nacional de estadística de España (2008).

Devore J. L. Probabilidad y Estadística para Ingeniería y Ciencias. Séptima edición. California: Cengage Learning (2008); p. 568-589

Díaz Redondo, R.; Pazos Arias, J., y Suárez González, A. Teoría de colas y simulación de eventos discretos. Madrid: Pearson, 2003. p. 137.

Díaz Redondo, Rebeca P; Pazos Arias, José Juan y Suárez González, Andrés. Teoría de colas y simulación de eventos discretos. Prentice-Hall.(2003) p. 135 – 139.

Downb, B. D. Stability of mixed generalized Jackson networks. School of Industrial and Systems Engineering, Georgia Institute of Technology, Atlanta, Vol. 7 (1998); p. 24 – 56.

Escudero, L. F. (1972). Aplicaciones de la teoría de colas (No. HD20 E82). Bilbao: Ediciones Deusto.p. 33.

Gonga, Qiguo y Shouyang, Laib. Supply chain networks: Closed Jackson network models and properties. En: Int. J. Production Economics, Vol. 113 (2008); p. 567–574.

González Vera, P. S. Aplicación de la teoría de colas a la atención al público de una correduría de seguros. Universidad Politécnica de Cartagena (2013).

Hillier, Frederick S.; Lieberman, G. J. y Osuna, M. A. G. Introducción a la Investigación de Operaciones (Vol. 1). McGraw-Hill. (1997).

Hillier, Frederick S. y Lieberman, Gerald J. Investigación de operaciones. Séptima edición. México: McGraw-Hill, 2002. p. 880 - 889.

Hillier, Frederick S. y Lieberman, Gerald J. Métodos cuantitativos para administración: un enfoque de modelos y casos de estudio, con hoja de cálculo. México; Buenos Aires : McGraw-Hill/Irwin, 2002. p. 695 – 698.

Hooker, John Norman. Integrated methods for optimization. New York: Springer, 2007. P. 20-54.

Jackson, J. R. Networks of waiting lines. En: Operation Research. Vol. 5 (1957). p. 518–521.

Jamhoura, Edgard; Pennaa, Manoel; Nabhen, Ricardo y Pujolle, Guy. Modeling a multi-queue network node with a fuzzy predictor. Fuzzy sets and systems. (2007); p. 1 – 12.

Kamlesh, Mathur y Solow, Daniel. Investigación de operaciones: el arte de la toma de decisiones. Primera edición. México; New York: Prentice-Hall Hispanoamericana, 1996. p. 710 -711.

Martínez Eraso, Camilo E. Análisis de redes de colas modeladas con tiempos entre llegadas exponenciales e híper erlang para la asignación eficiente de los recursos. (2009); p. 20.

Mazumdar, R; Mason, L., y Douligeris, C. Fairness in Network Optimal Control: Optimality of Product Flow Forms. IEEE Transactions On Communications, Vol. 39 (1991); p. 775 – 776.

Nahmias, S. Análisis de la producción y las operaciones. Primera edición. México: CECSA, 1999. p.425.

Odoni, Amedeo R. Disponible en internet: <<http://web.mit.edu/aeroastro/www/people/odoni/bio.html>>

Ramírez, F. O. P. (2007). Introducción a las series de tiempo. Métodos paramétricos. Universidad de Medellín.

Ruiz-Maya, L y Martin Pliego, F.J. (1995). Estadística II: Inferencia. Colección Plan Nuevo. Editorial AC

Vanda, Angelis; Felici, Giovanni y Impelluso, Paolo. Integrating simulation and optimization in health care centre management. European Journal of Operational Research. Vol. 150 (2003); p. 101–114.

Van Mieghem, Jan A. Price and Service Discrimination in Queuing Systems: Incentive Compatibility of Gc Scheduling. Management Science, Vol. 46 (2000); p. 1249 – 1267.