

Aplicación de la teoría de colas y dinámicas de sistemas en un centro médico del oriente antioqueño.

Corporación Universitaria Remington.
Facultad de ciencias empresariales.
Administración de empresas.

Francy Lenny Giraldo Jiménez
Juan Pablo Garzón Ramírez
Rubén Darío Echeverri E.
Proyecto de grado.
2023

Dedicatoria

Dedicamos este proyecto de grado a todas las personas que han estado al lado nuestro durante este arduo camino. A nuestras familias, por su amor incondicional y su constante apoyo. A mis profesores, por su paciencia y sabiduría compartida. A mis amigos, por su aliento y motivación en los momentos más difíciles. Agradezco también a todos aquellos que de alguna manera han contribuido a nuestra formación académica.

Agradecimientos

Queremos expresar nuestros más sinceros agradecimientos a todos los docentes que nos han guiado y apoyado a lo largo de este proyecto. Su conocimiento, dedicación y paciencia han sido fundamentales para nuestro crecimiento académico. También queremos agradecer a nuestras familias por su amor incondicional y su constante apoyo. Sin su aliento y motivación, no habría sido posible llegar hasta aquí. Gracias a todos los que han contribuido de alguna manera en este proceso.

Tabla de contenido

1.	Planteamiento del problema.....	12
1.1	Antecedentes del problema.....	12
1.2	Planteamiento del problema.....	13
1.3	Formulación del problema.....	14
2.	Justificación del proyecto.....	15
3.	Objetivos del proyecto.....	16
3.1	Objetivo General.....	16
3.2	Objetivos específicos.....	16
4.	Marco referencial.....	17
4.1	Marco teórico.....	17
4.2	Marco conceptual.....	26
4.3	Marco espacial.....	27
4.4	Marco legal.....	28
5.	Metodología.....	30
5.1	Tipo de investigación.....	30
5.2	Fuentes de investigación.....	34
5.3	Delimitación de la investigación.....	34
6.	Resultados y Discusión.....	35
6.1	Resultado de investigación según objetivo específico 1.....	35
6.2	Resultado de investigación según objetivo específico 2.....	39
6.3	Resultado de investigación según objetivo específico 3.....	45
6.4	Discusión de los resultados.....	49
7.	Conclusiones.....	51
8.	Referencias.....	51

Lista de figuras

Figura 1	Árbol de problemas	13
Figura 2	Líneas de espera en una empresa	17
Figura 3	Marco conceptual	26
Figura 4	Ubicación de la IPS	28
Figura 5	Marco legal	28
Figura 6	Descripción el proceso de realización de exámenes ocupacionales en el centro médico.....	35
Figura 7	Sistema de colas de la IPS	41
Figura 8	Diagrama Forrester.....	45
Figura 9	Número de clientes en el sistema	48

Resumen

Este proyecto se plantea como objetivo principal llevar a cabo un estudio en un centro médico ubicado en la región del Oriente Antioqueño, con el propósito de identificar la eficiencia de sus operaciones y la calidad de la atención al paciente. Para lograr este objetivo, se aplicarán dos enfoques clave: la Teoría de Colas y las Dinámicas de Sistemas.

La Teoría de Colas será utilizada para analizar y optimizar la gestión de las filas de espera en el centro médico. A través de la recopilación de datos y el modelado matemático, este enfoque permitirá mejorar la experiencia del paciente y la eficiencia de los procesos internos. Las Dinámicas de Sistemas serán empleadas para comprender y mejorar la operación general del centro médico. Se desarrollará un modelo que representen las interacciones complejas entre los diferentes componentes del sistema de atención médica. Estos modelos ayudarán a identificar posibles cuellos de botella y áreas de mejora, permitiendo la implementación de estrategias más efectivas.

Palabras clave

Centro médico, servicio de atención al cliente, tiempos de espera, calidad del servicio, consultas médicas, citas, recepción, flujo de pacientes.

Glosario

Centro médico: Es una institución o instalación dedicada a la prestación de servicios de atención médica y salud. En un centro médico se pueden encontrar consultorios, clínicas, laboratorios y otros servicios relacionados con la salud.

Servicio de atención al cliente: Es la asistencia y soporte que una empresa u organización brinda a sus clientes para resolver sus consultas, problemas o inquietudes relacionadas con los productos o servicios que ofrecen.

Tiempos de espera: Es el período de tiempo que un cliente debe esperar antes de recibir atención o servicio en una línea telefónica, en una tienda o en cualquier otro contexto de atención al cliente.

Calidad del servicio: Se refiere a la medida en que un servicio cumple con las expectativas y necesidades del cliente. Incluye aspectos como la eficiencia, la amabilidad, la rapidez y la satisfacción general del cliente con la experiencia de servicio.

Consultas médicas: Son citas o encuentros entre un paciente y un médico o profesional de la salud, con el fin de obtener diagnóstico, tratamiento, asesoramiento o

seguimiento de condiciones médicas. Durante la consulta, se discuten los síntomas, se realizan exámenes físicos y se brinda orientación médica.

Citas médicas: Son citas programadas previamente entre un paciente y un médico u otro profesional de la salud para recibir atención médica. Durante la cita, se examina al paciente, se discuten los síntomas, se realizan pruebas y se brinda tratamiento o recomendaciones médicas.

Recepción: Es la primera área o punto de contacto en una empresa u organización, donde los visitantes, clientes o pacientes son recibidos y atendidos. Suele ser el lugar donde se realiza el registro, se brinda información y se dirige a las personas hacia las áreas correspondientes.

Introducción

La teoría de colas y las dinámicas de sistemas son herramientas ampliamente utilizadas en diversos sectores para el estudio y análisis de problemas relacionados con la espera y el flujo de usuarios. En este proyecto, nos centraremos en la aplicación de estas teorías en un centro médico del oriente antioqueño.

En primer lugar, es importante destacar la relevancia de la teoría de colas, ya que permite comprender y gestionar de manera eficiente los tiempos de espera que experimentan los usuarios. Este centro médico, al igual que muchos otros, se enfrenta a diario a una alta demanda de usuarios que requieren atención médica. Por tanto, conocer los tiempos de espera es fundamental para brindar una atención de calidad y garantizar la satisfacción de los usuarios.

La teoría de colas proporciona herramientas para analizar y modelar el comportamiento de un sistema de atención médica. A través de la utilización de variables como la tasa de llegada de pacientes y la tasa de atención, es posible determinar el tiempo medio de espera de los usuarios. Además, permite identificar posibles cuellos de botella y optimizar el flujo de pacientes, evitando así demoras innecesarias y mejorando la eficiencia del centro médico.

Por otro lado, la dinámica de sistemas complementa la teoría de colas al proporcionar una visión más holística del funcionamiento de un centro médico. Esta

metodología permite analizar las interacciones entre las distintas partes del sistema, como los recursos humanos, los equipos médicos y los usuarios, y cómo estas interacciones afectan el rendimiento del centro médico en su conjunto.

1. Planteamiento del problema.

1.1 Antecedentes del problema

Los exámenes médicos ocupacionales son esenciales para garantizar un entorno laboral seguro y proteger la integridad de los trabajadores. En este contexto, las Instituciones Prestadoras de Servicios de Seguridad y Salud en el Trabajo desempeñan un papel crucial al proporcionar servicios de atención médica y asesoramiento en materia de seguridad y salud ocupacional a las empresas y trabajadores.

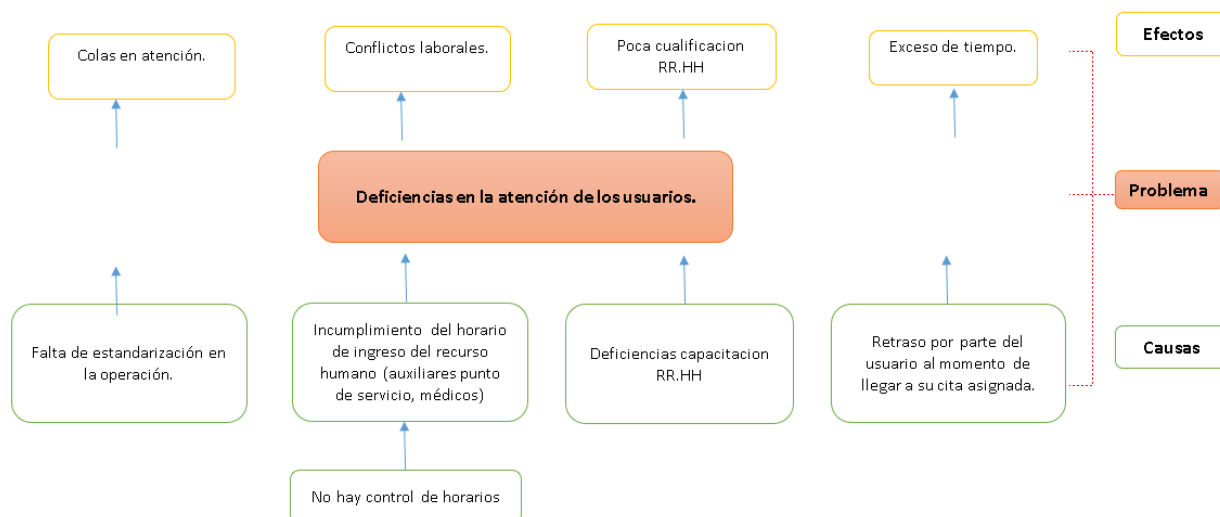
En los últimos meses, se ha observado una preocupante tendencia en la IPS Colmedicos Rionegro ubicada en el municipio de Rionegro, relacionada con las demoras en los tiempos de atención a los trabajadores que requieren servicios médicos.

Este problema se ha evidenciado a través de diversos indicadores y manifestaciones por parte de los usuarios y las empresas clientes, como lo son aumento en los tiempos de espera, debido a que en repetidas ocasiones los trabajadores que acuden a la IPS para la realización de exámenes médicos han experimentado un aumento significativo en los tiempos de espera para recibir atención, lo que podría afectar la reputación de la IPS.

Este trabajo de grado se propone investigar algunas de las causas raíces de las demoras en los tiempos de atención en la IPS Colmedicos Rionegro, y desarrollar algunas recomendaciones para mejorar la eficiencia de la atención.

1.2 Planteamiento del problema

Figura 1 Árbol de problemas



Nota. Fuente: elaboración propia.

En la figura 1 se puede evidenciar que el centro médico se tienen deficiencias en la atención de los usuarios debido a que la empresa no cumple adecuadamente con el tiempo promesa de atención, esto se debe a la falta de estandarización en la operación afectando la calidad del servicio, el incumplimiento del horario de ingreso del personal de la empresa crea desde un principio un retraso en la atención de los usuarios, es importante aplicar medidas disciplinarias consistentes y fomentar una cultura de respeto por el tiempo y la puntualidad, las deficiencias en la capacitación del recurso humano radica en que no se cuenta con un programa de capacitación efectivo que este cuidadosamente diseñado para cubrir los objetivos de aprendizaje de manera eficiente, el incumplimiento por parte de los usuarios al momento de llegar a su cita asignada estas ausencias tienen un

impacto negativo en la eficiencia de la operación. Como resultado se generan colas en atención, conflictos laborales, poca cualificación del recurso humano y exceso de tiempo de espera afectando la satisfacción del usuario.

1.3 Formulación del problema

¿Cómo aplicar la teoría de colas y dinámicas de sistemas en un centro médico del oriente antioqueño?.

2. Justificación del proyecto

El presente proyecto surge como respuesta a una problemática de relevancia crítica en el contexto actual de la institución. Durante un análisis se ha identificado que existe una serie de deficiencias notables en los tiempos de atención que experimentan los usuarios en el servicio de atención médica. Estas deficiencias han generado una serie de consecuencias negativas tanto para los usuarios, quienes se ven afectados en su experiencia de usuario, como para la organización, ya que se traducen en una disminución de la satisfacción del cliente, la pérdida de oportunidades de negocio y la degradación de la imagen institucional.

La magnitud de este problema es evidente a través de los datos recopilados, que indican que los tiempos de espera superan significativamente los estándares de calidad y las expectativas de los usuarios. Además, se ha recibido retroalimentación directa de los usuarios que resalta este problema como uno de los aspectos más críticos que necesitan ser abordados.

Dado que la calidad en la atención al cliente es esencial para el éxito y la sostenibilidad de cualquier organización, es necesario que se aborde de manera efectiva estas deficiencias en los tiempos de atención. Este proyecto tiene como objetivo principal analizar las causas raíces de estas deficiencias.

3. Objetivos del proyecto

3.1 Objetivo General

Realizar un estudio aplicando la teoría de colas y las dinámicas de sistemas en un centro médico del oriente antioqueño.

3.2 Objetivos específicos

Describir el proceso de realización de exámenes ocupacionales en un centro médico.

Realizar un estudio de la situación del centro médico a través del modelo matemático de investigación de operaciones.

Proponer un modelo de dinámica de sistemas para resolver el problema planteado de la empresa.

4. Marco referencial

4.1 Marco teórico

El marco teórico para este proyecto se desarrolla con base en la figura 2

Figura 2 Líneas de espera en una empresa



Nota. Fuente: elaboración propia.

Conceptos.

Llegadas: Representan la tasa o patrón de llegada de clientes, solicitudes, o elementos al sistema de cola. Pueden ser modeladas utilizando distribuciones probabilísticas.

Servicio: Representa el tiempo que se necesita para atender a un cliente o procesar una solicitud. También puede seguir una distribución probabilística.

Sistema de Cola: Es el sistema en el que se producen las llegadas, se prestan los servicios y se forman las colas. Puede haber sistemas de cola de una sola fila o múltiples filas.

Tasa de Llegada: Es la velocidad a la que llegan los clientes o solicitudes al sistema de cola. Se denota típicamente como λ (lambda).

Tasa de Servicio: Es la velocidad a la que se prestan los servicios en el sistema de cola. Se denota típicamente como μ (mu).

Capacidad del Sistema: Es el número máximo de clientes que el sistema de cola puede atender simultáneamente. Puede ser limitado o ilimitado.

Disciplina de la Cola: Define las reglas para determinar qué cliente se atiende a continuación cuando hay varios clientes en cola. Ejemplos incluyen "Primero en llegar, primero en ser atendido" (FIFO), "Prioridad" y "Servicio más corto primero" (SMP).

Longitud de la Cola: Es el número de clientes esperando en la cola en un momento dado.

Tiempo de Espera: Es el tiempo que un cliente pasa esperando en la cola antes de ser atendido.

Tiempo en el Sistema: Es el tiempo total que un cliente pasa en el sistema de cola, incluyendo el tiempo de espera y el tiempo de servicio.

Utilización del Sistema: Es la fracción del tiempo en el que el servidor está ocupado atendiendo a clientes. Se calcula como $\rho = \lambda / \mu$, donde λ es la tasa de llegada y μ es la tasa de servicio.

Modelo de Colas: Es una representación matemática de un sistema de cola que se utiliza para realizar análisis y predicciones sobre su rendimiento. (Carro Paz Roberto, 2012)

Historia de teoría de colas

La teoría de colas, o teoría de líneas de espera, tiene sus raíces en el siglo XX. Aunque no existe una historia específica sobre su origen, se puede rastrear su desarrollo a través de varios investigadores y matemáticos que contribuyeron a su evolución. Uno de los primeros trabajos importantes en este campo fue realizado por el danés Agner Krarup Erlang a principios del siglo XX. Erlang fue un ingeniero y matemático que aplicó la teoría de probabilidades al estudio de las llamadas telefónicas en las centrales telefónicas. Sus investigaciones permitieron establecer modelos matemáticos para calcular la capacidad y eficiencia de las centrales telefónicas, teniendo en cuenta la probabilidad de llegada de llamadas y el tiempo promedio de duración. A lo largo del siglo XX, otros

investigadores como David George Kendall, Leonard Kleinrock y Richard Larson contribuyeron al desarrollo y refinamiento de la teoría de colas. Kendall introdujo conceptos como los procesos de Poisson y las distribuciones exponenciales para modelar las llegadas y los tiempos de servicio en una cola. Kleinrock realizó importantes investigaciones sobre el enrutamiento de paquetes en redes informáticas, sentando las bases para el desarrollo del internet. Larson se centró en la optimización y gestión de colas en diferentes contextos, como en los supermercados o los aeropuertos. Con el avance de la tecnología informática, la teoría de colas ha seguido evolucionando. Se han desarrollado modelos más sofisticados que tienen en cuenta factores como la capacidad limitada, múltiples servidores, prioridades de atención, entre otros. Además, se han aplicado técnicas de simulación y análisis estadístico para estudiar y mejorar las colas en diversos sectores industriales.

Elementos de una cola.

Los elementos básicos de una cola, también conocida como línea de espera, son los siguientes:

Clientes: Son las personas o entidades que esperan ser atendidas en la cola. Pueden ser clientes de una tienda, usuarios de un servicio, pacientes en un hospital, entre otros.

Llegadas: Representan el proceso mediante el cual los clientes ingresan a la cola. Las llegadas pueden seguir diferentes patrones, como una distribución aleatoria o una distribución determinista.

Servidores: Son las personas o recursos encargados de atender a los clientes en la cola. Pueden ser empleados de una empresa, cajeros en un banco, médicos en un consultorio, entre otros.

Tiempo de servicio: Es el tiempo que requiere cada cliente para ser atendido por un servidor. Este tiempo puede variar según la naturaleza del servicio y la complejidad de la atención requerida.

Capacidad de la cola: Es el número máximo de clientes que pueden estar en la cola en un momento dado. Si se alcanza esta capacidad, los nuevos clientes deben esperar fuera de la cola hasta que haya espacio disponible.

Disciplina de servicio: Es la regla que determina el orden en el que los clientes son atendidos por los servidores. Puede seguir diferentes criterios, como el orden de llegada (FIFO), prioridades asignadas a los clientes, entre otros.

Salidas: Representan el proceso mediante el cual los clientes abandonan la cola después de ser atendidos. Una vez que un cliente es atendido, puede salir de forma definitiva o volver a ingresar a la cola si necesita recibir más servicios.

Estos elementos interactúan entre sí para formar y gestionar una cola. La eficiencia y la satisfacción de los clientes pueden verse afectadas por la capacidad de la cola, el tiempo de espera, el tiempo de servicio y la disciplina de servicio establecida. Por lo tanto, es importante gestionar adecuadamente estos elementos para optimizar el funcionamiento de una cola.

Capacidad del sistema

La capacidad del sistema se refiere a la cantidad máxima de clientes o usuarios que un sistema o proceso puede atender de manera eficiente en un período de tiempo determinado. Esta capacidad puede variar dependiendo del contexto y los recursos disponibles.

En el caso de una cola, la capacidad del sistema se puede medir de diferentes formas:

Capacidad de la cola: Es el número máximo de clientes que pueden estar en la cola en un momento dado. Si se alcanza esta capacidad, los nuevos clientes deben esperar fuera de la cola hasta que haya espacio disponible.

Capacidad del servidor: Es la cantidad máxima de clientes que un servidor o recurso puede atender en un período de tiempo determinado. Puede estar limitada por factores como el tiempo necesario para atender a cada cliente, la disponibilidad del servidor o cualquier restricción operativa.

Capacidad total del sistema: Es la capacidad combinada de todas las colas y servidores en un sistema. Puede ser determinada por la capacidad individual de cada componente y cómo interactúan entre sí.

Es importante tener en cuenta la capacidad del sistema al diseñar y gestionar una cola, ya que afecta directamente la eficiencia y satisfacción de los clientes. Si la capacidad es insuficiente, puede resultar en largos tiempos de espera y una baja calidad en el servicio. Por otro lado, si la capacidad es excesiva, puede generar costos innecesarios y subutilización de recursos.

Por tanto, es fundamental encontrar un equilibrio adecuado entre la demanda de los clientes y la capacidad del sistema para garantizar una experiencia satisfactoria para todos los involucrados.

Medidas de desempeño

Las medidas de desempeño son indicadores utilizados para evaluar el rendimiento de una cola o sistema en términos de eficiencia, calidad y satisfacción del cliente.

Algunas de las medidas de desempeño más comunes en una cola son:

Tiempo promedio de espera: Es el tiempo que un cliente pasa en la cola antes de ser atendido. Esta medida es importante ya que los clientes suelen valorar mucho su tiempo y una espera prolongada puede afectar negativamente su experiencia.

Tiempo promedio de servicio: Es el tiempo que un servidor o recurso tarda en atender a un cliente. Esta medida influye directamente en la capacidad del sistema y puede ser utilizada para identificar cuellos de botella o recursos subutilizados.

Tiempo total en el sistema: Es el tiempo que un cliente pasa desde que llega a la cola hasta que es atendido y sale del sistema. Esta medida incluye tanto el tiempo de espera como el tiempo de servicio y es útil para evaluar la eficiencia general del sistema.

Número promedio de clientes en la cola: Es la cantidad media de clientes que esperan en la cola en un momento dado. Esta medida es importante para determinar la capacidad adecuada del sistema y puede ser utilizada para ajustar la disciplina de servicio o la cantidad de servidores disponibles.

Tasa de rechazo: Es el porcentaje de clientes que abandonan la cola antes de ser atendidos debido a tiempos de espera excesivos o cualquier otra razón. Esta medida

indica la insatisfacción del cliente y puede ser utilizada para mejorar el diseño y gestión del sistema.

Modelo de líneas de espera

Los modelos de líneas de espera son herramientas matemáticas y estadísticas que se utilizan para describir y analizar situaciones en las que los clientes o entidades deben esperar para ser atendidos por un servidor o recurso limitado. Estos modelos ayudan a comprender y optimizar la gestión de colas en diversas situaciones empresariales. A continuación, se presentan algunos de los modelos de líneas de espera más comunes:

Modelo de una cola, un servidor (M/M/1): En este modelo, hay una única cola de clientes que esperan ser atendidos por un solo servidor. Los clientes llegan al sistema siguiendo un proceso de Poisson y el tiempo de servicio sigue una distribución exponencial. Este modelo es ampliamente utilizado debido a su simplicidad y su capacidad para describir sistemas de líneas de espera básicas.

Modelo de múltiples colas, múltiples servidores (M/M/c): En este caso, hay múltiples colas de clientes y varios servidores disponibles para atenderlos. Los clientes llegan al sistema siguiendo un proceso de Poisson y el tiempo de servicio sigue una distribución exponencial. Es útil para situaciones donde es necesario distribuir la carga de trabajo entre varios servidores.

Modelo de cola única con prioridad (M/G/1): En este modelo, los clientes llegan al sistema de manera no necesariamente Poisson y el tiempo de servicio puede seguir una

distribución general. Se introduce la noción de prioridad en la atención de clientes, lo que permite dar preferencia a ciertos tipos de clientes o tareas.

Modelo de redes de colas: Se utiliza cuando se deben modelar sistemas más complejos con múltiples servidores interconectados. Puede incluir colas en serie o en paralelo y permite modelar sistemas donde los clientes deben pasar por varias etapas de servicio.

Modelo de colas con servicio finito (M/M/c/K): Similar al modelo M/M/c, pero con una capacidad máxima en la cola (K) y una capacidad máxima de servidores (c). Es útil para situaciones donde se desea limitar la cantidad de clientes en espera o la capacidad de servidores disponibles.

Modelo de colas con retroalimentación (modelo M/M/c/c): Permite que los clientes que han sido atendidos vuelvan a la cola para recibir servicio adicional. Útil en situaciones donde los clientes pueden necesitar múltiples rondas de atención.

Modelo de colas con desgaste (modelo M/G/1/K): Similar al modelo M/M/1, pero con un límite máximo en el número de clientes en la cola (K). Es útil en situaciones donde se desea controlar la longitud máxima de la cola.

Modelo de colas en tiempo real (modelo M/G/1): Se utiliza para modelar sistemas de líneas de espera donde los clientes llegan y son atendidos en tiempo real, sin esperar en una cola.

Modelo de colas con reentrada (modelo M/M/1/PR): Este modelo se aplica cuando los clientes que han sido atendidos pueden regresar al sistema como nuevos clientes con una probabilidad determinada.

Modelo de colas con servicios prioritarios (modelo M/M/c/PR): Similar al modelo M/M/c, pero se introduce la prioridad en la atención de los clientes.

4.2 Marco conceptual

El marco conceptual de este proyecto se desarrolló con base en la figura 3

Figura 3 Marco conceptual

Temas	Autores	Observaciones
Historia de la dinámica de sistemas	(Guaita & Cadenas-Anaya, 2020)	Para comprender el origen de la dinámica de sistemas.
Software de la dinámica de sistemas.	(simon, 2005)	Simulador.
Simulación de líneas de espera empleando dinámica de sistemas.	(Vergara Schmalbach, 2011)	Se expone una aproximación a la simulación de líneas de espera o sistema de colas real, empleando la DS, a partir de la integración de los conceptos abarcados por ambas áreas
Métodos cuantitativos para los negocios (11a. ed.)	(Anderson & Sweeney, 2011)	Describe los diversos métodos cuantitativos desarrollados a lo largo de los años, explica su funcionamiento y muestra cómo la persona que toma decisiones puede aplicarlos.
Aplicaciones de la teoría de colas y líneas de espera en contextos específicos de investigación.	(Burbano Pantoja, 2018)	Aspectos conceptuales sobre la teoría de colas y líneas de espera.
Una introducción a la teoría de colas aplicada a la gestión de servicios.	(Marcos, 2008)	La teoría de colas y el estudio del comportamiento de los sistemas de atención.
Modelos de líneas de espera	(Carro Paz Roberto, 2012)	Describe los conceptos básicos de líneas de espera.
Fundamentos de Investigación de Operaciones.	(Hillier & Lieberman, 2014)	Es un recurso para comprender fundamentos de la investigación de operaciones.
Aplicación de la teoría de colas, al problema de atención al	(Arista Arévalo, 2016)	El estudio se centra en la aplicación de la teoría de colas al problema de atención al cliente

cliente para la optimización del número de cajeros		para optimizar el número de cajeros en ventanillas en la organización BCP.
--	--	--

Nota. Fuente: elaboración propia.

4.3 Marco espacial

El presente trabajo de grado se enfocará en la IPS Colmedicos Rionegro, la cual se encuentra ubicada en el municipio de Rionegro, en el departamento de Antioquia, Colombia. La IPS Colmedicos Rionegro es una institución que ofrece servicios de elaboración de exámenes médicos ocupacionales de ingreso, control periódico, y egreso, toma de muestras de pruebas de laboratorio y ayudas diagnósticas complementarias.

La IPS se encuentra ubicada en un punto estratégico del municipio de Rionegro, debido a que esta área es de gran influencia en el municipio y se caracteriza por tener fácil acceso en transporte público desde los diferentes municipios del oriente cercano, en el sector hay amplios parqueaderos públicos, lo que permite a los usuarios llegar fácilmente sea en transporte público o privado, Se encuentra a 45 minutos, 33.7 kilómetros por Túnel de Oriente de la ciudad capital Medellín y está rodeado por la terminal de buses para Medellín, ayudas diagnósticas de sura, terminal de buses para el municipio de la Ceja, la IPS se encuentra ubicada a tres cuadras del parque principal del municipio de Rionegro.

Figura 4 Ubicación de la IPS



4.4 Marco legal

El marco legal de este proyecto se desarrolló con base en la figura 5

Figura 5 Marco legal

NORMA	TEMÁTICA
Resolución 2346 de 2007 artículo 4, artículo 16	Regula la práctica de evaluaciones médicas ocupacionales y el manejo y contenido de las historias clínicas ocupacionales.

Resolución 1918 de 2009 artículo 2	Custodia y entrega de las evaluaciones médicas ocupacionales y de las historias clínicas.
Resolución 0312 de 2019	Establece los estándares mínimos del SG-SST
Decreto 1507 de 2014.	Primera parte, que valora la deficiencia o daño existente en el cuerpo. Y una segunda parte, que valora, cómo ese daño afecta el rol laboral y ocupacional de la persona calificada.
F-EMO-12 Consentimiento informado para la calificación de la pérdida de la capacidad laboral	Cuando se califica la pérdida de capacidad laboral y ocupacional en la persona examinada, se está determinando una categoría para asignar un valor que muestra la gravedad de la persona que es examinada, la cual está relacionada con su condición y con las implicaciones que esta genera para realizar actividades cotidianas, y como restringe en la participación dentro de los espacios de orden familiar, laboral, ocupacional entre otros.
F-EMO-13 Consentimiento Informado General y Declaratoria de Estado de Salud	El usuario declara que asiste de manera voluntaria a la Institución Prestadora de Servicios de Salud Colmedicos para la realización de examen Médico Ocupacional y unas pruebas complementarias diagnósticas que permitan establecer la condición de salud y aptitud para el desempeño de la ocupación en la Empresa, de manera segura para la integridad
F-EMO-14 Información Básica para el Consentimiento Informado	Describe la realización de los exámenes médicos y posibles riesgos.

A-EMO-04 Recomendaciones Generales EMO	Textos complementarios para las Historias Clínicas Ocupacionales de Ingreso, Control Periódico y egreso
--	---

Nota. Fuente: elaboración propia.

5. Metodología

5.1 Tipo de investigación

Para este proyecto se empleó la Investigación no experimental para comprender y analizar las causas raíces de las demoras en los tiempos de atención en la IPS y experimental, se realiza una investigación descriptiva para proporcionar un panorama completo de la situación actual en la IPS en términos de demoras en los tiempos de atención, transversal teniendo en cuenta que se recopilaran los datos en un momento específico para analizar la situación y documental donde se revisan los documentos internos de la IPS, como registros de atención, políticas internas, informes de calidad y otros documentos relacionados con el tema.

Técnica para la aplicación de la teoría de colas para múltiples servidores.

La teoría de colas con múltiples servidores es un modelo matemático utilizado para analizar sistemas de servicio donde varios servidores atienden a los clientes.

Llegadas: En este modelo, se asume que las llegadas de clientes siguen un proceso de Poisson. Esto significa que las llegadas son aleatorias e independientes, y la tasa promedio de llegada es λ (lambda) clientes por unidad de tiempo.

Servidores Múltiples: El sistema tiene "s" servidores que atienden a los clientes. Cada servidor puede manejar una tasa promedio de servicio μ (mu) clientes por unidad de tiempo.

Disciplina de Cola: Se debe especificar una disciplina de cola que determine cómo se asignan los clientes a los servidores. Ejemplos comunes incluyen "FCFS" (Primero en llegar, primero en ser atendido) o "Round Robin" (los clientes se asignan a los servidores en secuencia).

Estado del Sistema: El estado del sistema se describe por la notación "A/B/s". "A" representa la tasa de llegada, "B" la tasa de servicio por servidor y "s" el número de servidores. Por ejemplo, "M/M/2" indica un sistema con llegadas y servicios Poisson y 2 servidores.

Cálculo de la Utilización: La utilización (ρ) se calcula como $\rho = \lambda / (s * \mu)$. Indica la fracción de tiempo en la que los servidores están ocupados.

Ley de Little: La Ley de Little establece que $L = \lambda * W$, donde "L" es el número promedio de clientes en el sistema, " λ " es la tasa de llegada y "W" es el tiempo promedio que un cliente pasa en el sistema.

Cálculo de Métricas: Puedes calcular diversas métricas, como la longitud promedio de la cola (L_q), el tiempo promedio en la cola (W_q), la longitud promedio del

sistema (L), el tiempo promedio en el sistema (W) y la probabilidad de que todos los servidores estén ocupados (P0), utilizando fórmulas específicas para cada métrica.

Simulación o Resolución Analítica: Se pueden utilizar métodos analíticos o simulaciones para resolver problemas de teoría de colas con múltiples servidores. Las simulaciones a menudo son útiles cuando las suposiciones del modelo no se cumplen completamente.

Técnica para la aplicación de dinámica de sistemas.

La dinámica de sistemas, desarrollada por Jay W. Forrester, es una metodología para modelar y comprender sistemas complejos a lo largo del tiempo.

Definición del Problema: Comienza por definir claramente el problema o sistema que deseas analizar y comprender. Esto implica identificar los elementos clave, relaciones, variables, y los objetivos o cuestiones que quieres abordar.

Identificación de Variables: Identifica todas las variables relevantes que influyen en el sistema. Estas variables pueden ser divididas en dos categorías: variables de estado y variables de flujo. Las variables de estado son las que cambian lentamente con el tiempo, mientras que las variables de flujo cambian rápidamente.

Creación de un Diagrama Causal: Utiliza un diagrama causal para representar las relaciones entre las variables. Las flechas indican la dirección de influencia. Por ejemplo, una flecha de una variable A a una variable B indica que A afecta a B.

Formulación de Ecuaciones: Desarrolla ecuaciones matemáticas que describan cómo las variables influyen entre sí. Estas ecuaciones pueden ser lineales o no lineales, y deben reflejar las relaciones identificadas en el diagrama causal.

Modelado de Retrasos: Ten en cuenta los retrasos en las respuestas del sistema. Algunos cambios en las variables pueden no surtir efecto inmediato y pueden requerir un tiempo para propagarse.

Asignación de Parámetros: Asigna valores a los parámetros del modelo, como tasas de crecimiento, tasas de cambio y retrasos. Estos valores se obtienen a partir de datos históricos, investigaciones o expertos.

Simulación: Utiliza software de dinámica de sistemas, como Vensim o STELLA, para simular el comportamiento del sistema con el modelo. Ajusta los valores de las variables iniciales y los parámetros para observar cómo evoluciona el sistema en el tiempo.

Análisis de Resultados: Observa y analiza los resultados de la simulación. Presta atención a cómo las variables cambian con el tiempo y cómo interactúan entre sí. Identifica patrones y tendencias.

Sensibilidad y Escenarios: Realiza análisis de sensibilidad para determinar cómo pequeños cambios en los parámetros afectan el sistema. También puedes crear diferentes escenarios para explorar cómo el sistema se comportaría bajo diversas condiciones.

Validación y Mejora: Compara los resultados de la simulación con datos reales o con la intuición de expertos para validar el modelo. Si es necesario, ajusta el modelo y los parámetros para mejorar su precisión.

Comunicación de Resultados: Se comunican los resultados y las conclusiones a las partes interesadas. Utiliza diagramas, gráficos y explicaciones claras para ilustrar el comportamiento del sistema y las implicaciones de las políticas o decisiones.

5.2 Fuentes de investigación

Para este proyecto se utilizaron diferentes fuentes primarias como revisión de documentos internos de la empresa como registros, informes de auditorías internas, se realizaron entrevistas con el personal de la IPS para obtener información sobre los procesos internos, metodología de trabajo, recursos utilizados, también se realizaron observaciones directas en las IPS para registrar el flujo de usuarios tiempos de espera, tiempos de atención en cada proceso. También se implementaron fuentes secundarias se hicieron visitas a la base de datos de la institución en segundo lugar google académico para encontrar investigaciones y estudios relevantes sobre el tema. Por otra parte, con el fin de contextualizar y guiar el proyecto se utilizó el libro denominado Simulación de líneas de espera empleando dinámica de sistemas y el programa Vensim.

5.3 Delimitación de la investigación

Delimitación temporal:

Este proyecto se desarrolló entre el mes de agosto de 2023 y su finalización se tiene proyectada para el mes de noviembre de 2023.

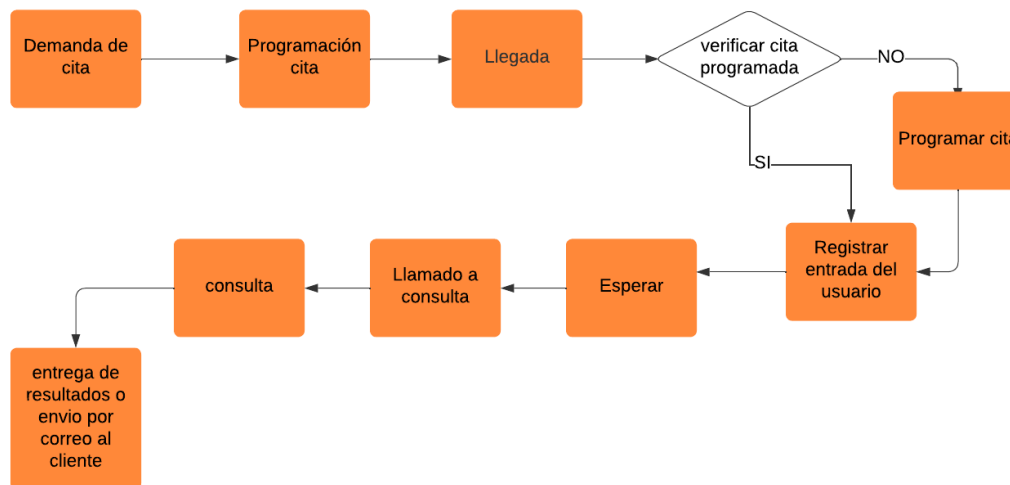
Delimitación espacial

Esta investigación se desarrolló en la empresa Colmedicos Rionegro, ubicada en el municipio de Rionegro (Antioquia), está orientada básicamente en analizar los tiempos de atención de los usuarios.

6. Resultados y Discusión

6.1 Resultado de investigación según objetivo específico 1.

Figura 6 Descripción el proceso de realización de exámenes ocupacionales en el centro médico



Descripción:

Demanda de cita: La empresa cliente identifica la necesidad de programar un usuario para realizar sus exámenes médicos ocupacionales preventivos (ingreso, control o egreso) incluyendo ayudas diagnósticas o exámenes de laboratorio. También se presta el servicio para usuarios independientes.

Programación cita: En este proceso la empresa o el usuario independiente se comunica a través de los canales de comunicación (llamada telefónica con un asesor, por medio del sistema de información de la IPS) para programar su cita de acuerdo a la disponibilidad de la agenda.

Solicitud de cita por medio de llamada telefónica con un asesor: La IPS cuenta con un sistema de llamada audiorespuesta donde los usuarios o empresas se pueden comunicar y asignar la cita automáticamente. Sin embargo, también está la opción para que el cliente se comunique con un asesor y pueda validar la disponibilidad e interactuar

verbalmente con el asesor, la IPS cuenta con 6 asesores disponibles para contestar las llamadas, asignar las citas y ampliar la información.

Solicitud de cita por medio del sistema de información de la IPS: La IPS cuenta con un sistema de información el cual se encuentra disponible 24/7 para que los usuarios o empresas ingresen y puedan realizar la reserva de las citas.

La IPS cuenta con disponibilidad de citas de lunes a viernes desde las 6:00 am hasta las 3:40 pm en jornada continua, está en la capacidad de brindar 7 citas cada 20 minutos, en el día se tiene la capacidad para 210 citas.

Y los días sábado se cuenta con disponibilidad de citas desde las 6:00 am hasta las 11:40 am está en la capacidad de brindar 7 citas cada 20 minutos, en el día se tiene la capacidad para 126 citas.

Llegada: El usuario se acerca al área de punto de servicio. Aquí, la persona encargada del punto de servicio le dará la bienvenida y le pedirá información básica, como su nombre, número de identificación, lugar de trabajo y hora de la cita. Esta información es importante para tener un registro de los usuarios que llegan a la IPS.

Verificar cita programada: La persona encargada del punto de servicio realiza la verificación en el sistema de información, si el usuario cuenta con cita previa y la hora, se procede a permitir el acceso del usuario a la sede. En caso de que no registre cita programada, se valida disponibilidad y se programa la cita.

Programar cita: La persona encargada del punto de servicio accede al sistema de información y programa la cita de acuerdo a la disponibilidad.

Registrar entrada del usuario: Desde la recepción el auxiliar de punto de servicio le recibe el documento de identidad, dependiendo la cantidad de usuarios que tengan pendientes para ingresar al sistema le indican que tomen asiento en la sala de espera, posterior llaman al usuario al punto de atención donde se toman todos los datos personales del usuario, el auxiliar de punto de servicio toma el documento de identidad lo pasa por el escáner de cédulas y le solicita al usuario la siguiente información personal: Nombre completo, Fecha de nacimiento, Número de identificación o documento, Información de contacto (dirección, municipio, estrato, cargo, teléfono, cargo, correo electrónico si es necesario, departamento y municipio de nacimiento, nombre teléfono y parentesco de un contacto). Se valida en el sistema de información en el control de asistencia de que empresa se presenta el usuario y los exámenes que requiere, se procede a facturar los exámenes, finalmente al usuario se le toma foto, firma y huella y se le entrega el comprobante de atención, se le indica que tome asiento en la sala de espera donde el profesional encargado le estará llamando por el parlante.

Se le entrega un consentimiento informado al usuario donde se establece que comprende y acepta los procedimientos médicos y las políticas de privacidad de la IPS.

Para el proceso de registro del usuario la IPS cuenta con 2 auxiliares de punto de servicio.

Esperar: El usuario debe tomar asiento en la sala de espera.

El tiempo promesa de atención es de dos horas dependiendo la cantidad de exámenes a realizar.

Llamado a consulta: El profesional encargado de la atención lo estará llamando por su nombre por medio del parlante y le indicará a que consultorio debe llegar.

Consulta: En este proceso el profesional encargado realiza el examen de acuerdo a la solicitud del cliente y a los parámetros establecidos por la Organización Mundial de la Salud.

Dependiendo de la solicitud del cliente se realizan los exámenes al usuario.

La IPS cuenta con los servicios de exámenes de laboratorio, fonoaudiología, Optometría, Espirometría, Vacunación, Valoraciones por psicología, y examen médico.

Entrega de resultados o envío por correo electrónico: se refiere al proceso en el que el médico o profesional de la salud informa al paciente sobre los resultados de las pruebas diagnósticas o exámenes realizados durante la consulta médica, y le proporciona recomendaciones o tratamientos adicionales si es necesario.

6.2 Resultado de investigación según objetivo específico 2

Estudio de la situación del centro médico a través del modelo matemático de investigación de operaciones.

Descripción:

Entrada de datos: Se brinda atención inicial por el auxiliar de punto de servicio, en este proceso se ingresa la información necesaria para que el usuario inicie su atención en el sistema, el usuario debe esperar en sala de espera para recibir la atención por el médico.

Capacidad de la cola: Para la atención en el sistema la capacidad de la cola es de siete usuarios, debido a que se cuenta con siete servidores para brindar la atención; mientras los servidores brindan la atención, el sistema permite tener siete usuarios en la cola.

Disciplina de la cola: A los usuarios se les brinda atención de acuerdo al horario de la cita asignada, es decir 7 usuarios cada 20 minutos.

Tiempos de atención: El tiempo que se tiene estipulado para la atención del usuario es de 15 minutos en promedio.

Sistema con múltiples servidores.

Enunciado del caso: En una IPS que presta servicios de seguridad y salud en el trabajo en el municipio de Rionegro Antioquia, cuenta con un local con capacidad para brindar atención médica a 7 usuarios, usualmente se atienden 21 usuarios por hora. Los

usuarios acuden a la IPS con una tasa de llegada, que se ajusta a una distribución de Poisson, se estima que llegan 7 usuarios cada 20 minutos.

Datos básicos del sistema de líneas de espera:

Tasa de llegada: $\lambda = 7 \text{ usuarios} / 20 \text{ minutos} \cdot 60 \text{ minutos} / 1 \text{ hora}$
 $= 21 \text{ usuarios} / 1 \text{ hora}$

Tasa de atención: $\mu = 21 \text{ usuarios} / 1 \text{ hora}$

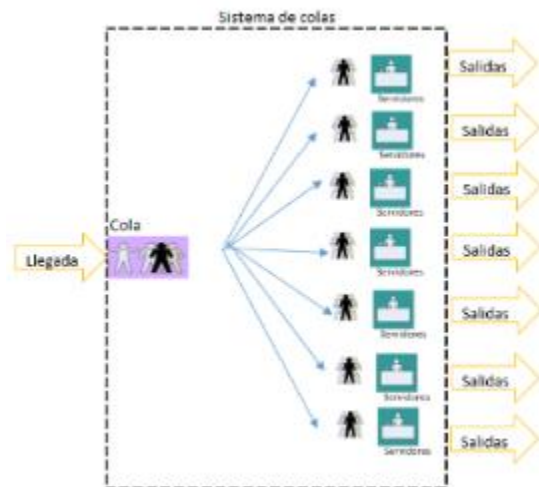
Si bien las dos tasas están escritas correctamente, cliente en la parte superior y tiempo en la parte inferior, la unidad relacionada con el tiempo no coincide, si tratamos de usarlo así en nuestras fórmulas más adelante nos dará error, tienen que estar en la misma unidad de tiempo, por lo tanto, se uniformizan los datos pasándolo a horas.

Canales disponibles para la atención de los clientes: $S = 7$

Pregunta # 1: Durante cuánto tiempo suelen permanecer los clientes en la cola?

En la figura 7 se muestra lo que ocurre en el sistema.

Figura 7 Sistema de colas de la IPS



Fórmula para tiempo promedio en cola. $Wq = \frac{Lq}{\lambda}$

λ es un dato conocido, pero lo que no lo tenemos debemos calcularlo.

Cantidad promedio de clientes en cola. $Lq = \frac{(\lambda/\mu)^S \cdot \lambda \cdot \mu \cdot P_0}{(S-1)! \cdot (S \cdot \lambda - \mu)^2}$

Se debe hallar la probabilidad de el sistema esté vacío (P_0)

$$P_0 = \frac{1}{\sum_{i=0}^{S-1} \frac{(\lambda/\mu)^i}{i!} + \frac{(\lambda/\mu)^S \cdot (S \cdot \mu)}{(S \cdot \mu - \lambda)}}$$

$$(21/21)^0 + (21/21)^1 + (21/21)^2 + (21/21)^3 + (21/21)^4 + (21/21)^5 + (21/21)^6 + (21/21)^7 .$$

$$0! \quad 1! \quad 2! \quad 3! \quad 4! \quad 5! \quad 6! \quad 7!$$

$$(7 \cdot 21) = 1 = 0,0679$$

$$(7 \cdot 21 - 21) = 14,72$$

$$= 1+1+0,5+0,16+0,04+8,33+1,38+2,31 = 14,72$$

$$Lq = \frac{(21/21)^7 \cdot 21 \cdot 21 \cdot 0,0679}{6! \cdot (7 \cdot 21 - 21)^2} = \frac{29,9439}{11,430720} = 2,6195$$

$$Wq = \frac{2,6195}{21} = 0,1247 \text{ horas} = 7,482 \text{ minutos valor promedio.}$$

$$21$$

¿Cuántos clientes suelen haber en el local?

L cantidad de clientes en el sistema = $Lq + (\lambda/\mu) = 2,6195 + 21/21 = 3,6195$ clientes en el sistema

¿Cuál es la probabilidad de tener hasta dos clientes esperando a ser atendidos?

P (Hasta 2 clientes esperando)

$$P(\text{cola} \leq 2) = P(\text{sistema} \leq 9)$$

+ servidores

$$P_0 = 0,0679$$

$$P_1 = (21/21)^1 \cdot 0,0679 = 0,0679$$

$$1!$$

$$P_2 = (21/21)^2 \cdot 0,0679 = 0,0339$$

$$2!$$

$$P_3 = \frac{(21/21)^3 \cdot 0,0679}{3!} = 0,0113$$

$$P_4 = \frac{(21/21)^4 \cdot 0,0679}{4!} = 2,8291$$

$$P_5 = \frac{(21/21)^5 \cdot 0,0679}{5!} = 5,6583$$

$$P_6 = \frac{(21/21)^6 \cdot 0,0679}{6!} = 9,4305$$

$$P_7 = \frac{(21/21)^7 \cdot 0,0679}{7!} = 1,3472$$

$$P_8 = \frac{(21/21)^8 \cdot 0,0679}{7! \cdot 7^1} = 1,9246$$

$$P_9 = \frac{(21/21)^9 \cdot 0,0679}{7! \cdot 7^2} = 2,7494$$

Se suman las probabilidades

$P = P_0 + P_1 + P_2 + P_3 + P_4 + P_5 + P_6 + P_7 + P_8 + P_9 = 24,1201 = 24\%$ de probabilidad de tener 2 clientes esperando.

¿Cuál es la probabilidad de que llegue un cliente y sea atendido inmediatamente?

P_w = Probabilidad de que un cliente llegue y tenga que esperar.

$1 - P_w$ = Probabilidad de llegar y no esperar

$$P_w = 1/S! \cdot (\lambda/\mu)^S \cdot (S \cdot \mu/S \cdot \mu - \lambda) \cdot P_0$$

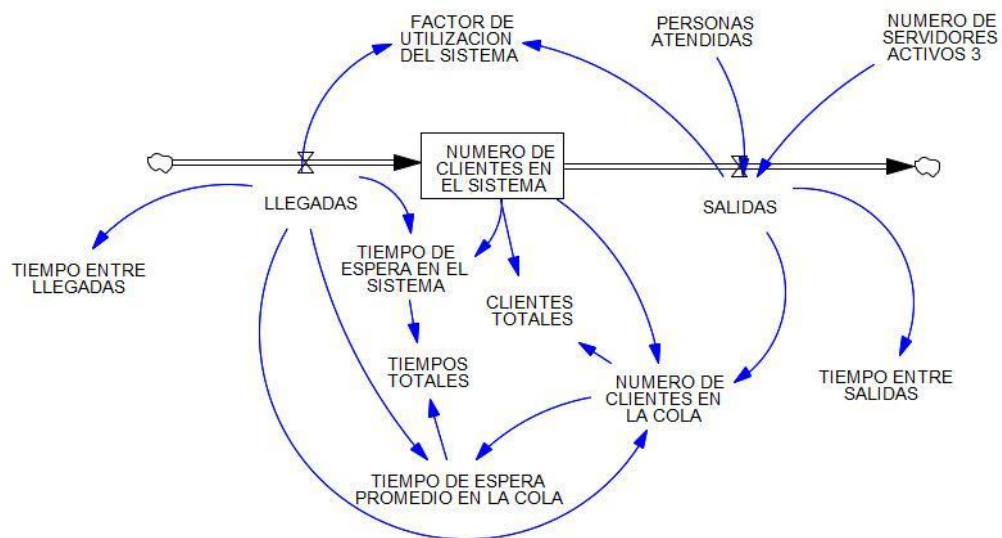
$$P_w = 1/7! \cdot (21/21)^7 \cdot (7 \cdot 21 / (7 \cdot 21 - 21)) \cdot 0,1571$$

Entonces la probabilidad de que llegue un usuario y pase a ser atendido inmediatamente es:

$$1 - P_w = 1 - 0,1571 = 0,8429 = 84,29 \%$$

6.3 Resultado de investigación según objetivo específico 3.

Figura 8 Diagrama Forrester



En la figura 8 se observa el diagrama Forrester, comenzamos con la configuración inicial del modelo, el tiempo de inicio de la simulación es 0 y el tiempo de finalización es 60 (queremos simular el comportamiento en minutos durante 1 hora) y configuramos la unidad de tiempo, seleccionamos minuto y seleccionamos el incremento de tiempo para cada iteración.

Número de clientes en el sistema

La variable número de clientes en el sistema de la ecuación que representa el comportamiento: $\text{CLIENTES TOTALES/LLEGADAS}$ (número de elementos del sistema/frecuencia de llegadas). Dado que esta variable se mide en una escala de tiempo, la unidad asignada es el minuto.

Tiempos promedio de espera en el sistema

La variable tiempos de espera en el sistema tiene la siguiente ecuación: $\text{NÚMERO DE CLIENTES EN LA COLA/LLEGADAS}$ (número de piezas en cola / tasa de llegadas) Unidad de medida: Un minuto, que representa la escala de tiempo.

Número de clientes en la cola

Simboliza la cantidad de clientes en el sistema, razón por la cual se utilizaron estas unidades. Su ecuación se obtiene de la fórmula: $\text{NÚMERO DE CLIENTES EN EL SISTEMA} - (\text{LLEGADAS/SALIDAS})$, que corresponde al número de clientes presentes en el sistema - (Tarifa de Salida/Tarifa de Llegada)

Número de clientes en el sistema

Adopta las mismas unidades que $\text{NÚMERO DE CLIENTES EN LA COLA}$, ambas variables describen a los clientes como unidades.

Factor de utilización en el sistema

La utilización del sistema representa el nivel de utilización del servidor para este análisis, se supone que los posibles estados no superan la capacidad del servicio. Por

tanto, esta variable se limita a no superar el límite de capacidad autorizado (de 0 a 1). La unidad de medida es 1, que representa el porcentaje resultante de la diferencia de las unidades descritas en Llegada y Salida.

Llegadas

Las idas y venidas de un sistema reflejan el comportamiento del sistema basado en el proceso de nacimiento y muerte. Donde se imagina el nacimiento como un proceso de muerte a través de entradas y salidas. Estas variables se miden habitualmente en una unidad de tiempo, en este caso cliente/minuto. A la variable que representa las llegadas se le asignó un valor inicial (2) para simular directamente el comportamiento. Al cargar los datos por primera vez es necesario explicar que esta variable es dinámica, ya que puede cambiar en el modelo de simulación y su valor depende del comportamiento del sistema.

Salidas

Para las idas se tomó como base el número de personas atendidas por el sistema multiplicando el número de personas atendidas por el número de sistemas atendidos.

Personas atendidas

Las personas atendidas por el servidor se miden en una escala de minutos de cliente. Esta escala representa los clientes a los que atiende el servidor por unidad de tiempo. Este modelo supone: “El precio del servicio es fijo e independiente del tipo de

acción o servicio solicitado”. Por lo tanto, esta variable se evalúa únicamente tomando en cuenta la medida de resultado, sin afectar el número o tamaño de los trámites

Número de servidores activos

Este es el número de servidores activos o en ejecución que contribuyen a la salida del sistema. En este caso la variable se inicializa a uno, pero en la simulación puede tomar valores en una escala de 1 a 8 en incrementos de 1. Sería ilógico representar los servidores en escala decimal. Las unidades de medida usan 1 como base porque son servidores. De lo contrario, se producirá un error en las unidades del sistema.

Tiempo entre llegadas

Tiempo entre salidas

Los tiempos entre llegadas y salidas son los tiempos entre dos llegadas o dos salidas. El tiempo entre llegadas debería ser más corto para una tarifa de llegada que para una tarifa de servicio.

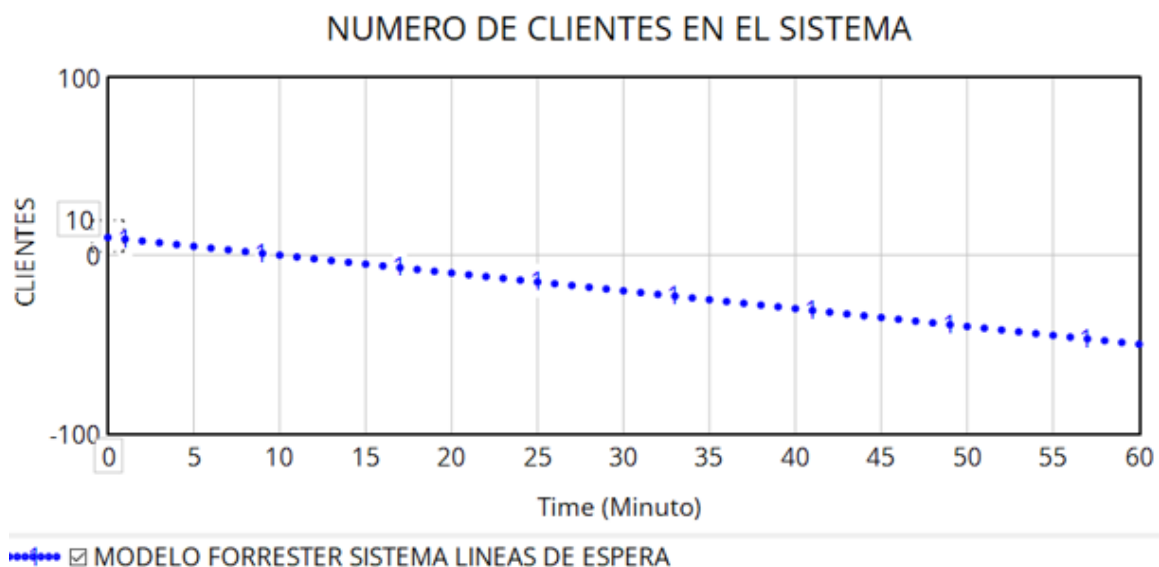
Clientes y tiempos totales

Resultan de la diferencia entre NÚMERO DE CLIENTES EN EL SISTEMA y NÚMERO DE CLIENTES EN LA COLA O TIEMPO DE ESPERA EN EL SISTEMA Y TIEMPO DE ESPERA EN LA COLA, por lo que las dos variables se evalúan por unidad de tiempo.

Figura 9 Número de clientes en el sistema

En la figura 9 se realiza la simulación donde se observa que la cantidad de clientes va decreciendo a medida que va pasando el tiempo, pero es necesario hacer otras simulaciones para analizar la variación del sistema.

6.4 Discusión de los resultados.



Los resultados obtenidos ofrecen una valiosa perspectiva sobre la gestión de filas de espera y la operación general del centro médico, lo que proporciona ideas significativas para la toma de decisiones y la implementación de mejoras.

Los modelos desarrollados ayudaron a identificar áreas de mejora, como la necesidad de una gestión más eficiente de las citas y la optimización de la programación del recurso humano de la IPS.

Los resultados obtenidos proporcionan una base sólida para la toma de decisiones. Se recomienda hacer un análisis más detallado teniendo en cuenta que en la aplicación de la fórmula matemática propuesta para hallar el tiempo promedio que suelen permanecer

los usuarios en la cola, nos arroja como resultado 7,4 minutos promedio como tiempo de espera de cada usuario en la cola.

7. Conclusiones

La representación gráfica a través de un diagrama de flujo no solo facilita la comprensión del proceso, sino que también destaca la importancia de seguir cada paso con el fin de proporcionar un servicio eficiente.

Al aplicar la teoría de colas se evidencia que los usuarios en cola permanecen aproximadamente 7,4 minutos y la probabilidad de que un usuario llegue y sea atendido inmediatamente es de 84,2 %

En la simulación realizada la cantidad de clientes va decreciendo, pero es necesario hacer otras simulaciones con el fin de analizar el comportamiento del sistema

8. Referencias

- Anderson, D. R., & Sweeney, D. J. (2011). *Métodos cuantitativos para los negocios (11a. ed.)*.
- Arista Arévalo, J. (2016). *Aplicación de la teoría de colas, al problema de atención al cliente para la optimización del número de cajeros*.
- Burbano Pantoja, V. M. (2018). *Aplicaciones de la teoría de colas y líneas de espera en contextos específicos de investigación*.
- Carro Paz Roberto, G. G. (2012). *Modelos de líneas de espera*.
- Guaita, W., & Cadenas-Anaya, C. (2020). *Historia de la dinámica de sistemas*.
- Hillier, F. S., & Lieberman, G. J. (2014). *Fundamentos de Investigación de Operaciones*. México DF.
- Marcos, S. (2008). *Una introducción a la teoría de colas aplicada a la gestión de servicios*.
- simon, G. (2005). *Software de la dinámica de sistemas*.
- Vergara Schmalbach, J. C. (2011). *Simulación de líneas de espera empleando dinámica de sistemas*.