

**TECNOLÓGICO DE ESTUDIOS SUPERIORES DE TIANGUISTENCO
DIVISIÓN DE INGENIERIA INDUSTRIAL**

**“Optimización del tiempo de espera y llegadas de los estudiantes en el área de control
escolar en una empresa de servicios educativos”**

TESIS

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE:

INGENIERO INDUSTRIAL

PRESENTA:

Cinthya Talavera López

DIRIGIDA - ASESOR (Residencia):

Mtra. María Del Carmen López Hernández

Tianguistenco, Estado de México, *Abril del 2025*

Agradecimientos

Gracias a mis padres sabiendo que no existirá una forma de agradecer una vida de sacrificios y esfuerzos, quiero que sientan que el objetivo logrado también es de ustedes y que la fuerza que me ayudo a conseguirlo fue su apoyo.

Le doy gracias a Dios por guiarme e iluminarme en mi vida de estudiante y darme el valor y la fuerza para salir a delante en momentos difíciles.

Agradezco a mis asesores que con su apoyo y dedicación logre sacar a delante mi proyecto, gracias por sus consejos y por compartirme sus conocimientos y experiencias que me ayudaron a lograr mi objetivo.

Gracias al Tecnológico de Estudios Superiores de Tianguistenco por brindarme un espacio para la realización de mis estudios, porque por medio de sus áreas me permitió tener una estancia confortable.

Resumen

La presente investigación tiene como objetivo optimizar el tiempo de espera que experimentan los estudiantes al llegar a las ventanillas de control escolar, de una institución educativa de nivel superior, así mismo analizar el flujo de llegadas de los estudiantes a ventanilla. Este departamento enfrenta un problema crítico, debido a que el tiempo de espera es muy excesivo, especialmente en los periodos de inscripciones y reinscripciones, esto ocasiona que los estudiantes no se sientan satisfechos con el servicio que se les brinda por lo que la eficiencia disminuye.

La problemática surge de una alta demanda en los periodos de inscripciones y reinscripciones, esto se ha venido presentando por varios factores, como lo son: el sistema en donde los alumnos hacen su carga de materias, la conexión de internet que es lento, los empleados no cuentan con la capacitación adecuada para resolver alguna situación en la que el estudiante este pasando en ese momento, estos indicadores provocan la saturación del servicio y que se genere filas largas, frustración entre los alumnos y que baje la calidad del servicio, para controlar esta situación, se propone implementar la teoría de colas, que es una herramienta matemática que nos permite analizar y optimizar el tiempo para mejorar la calidad del servicio.

El análisis comienza aplicando una encuesta de satisfacción a los estudiantes, en la que se obtuvieron datos que ayudaron para ver cuáles eran los factores por lo que ellos no estaban satisfechos con el servicio brindado, al igual se tomaron los tiempos por ventanilla (tiempo de llegada del alumno y tiempo de servicio por alumno), así mismo la capacidad actual del personal del departamento. A través de los modelos de la teoría de colas, se evalúan distintas soluciones, como el aumento del número de ventanillas de atención para optimizar los tiempos de espera. Lo que nos permite hacer mejoras en el área de control escolar y que el proceso sea eficiente.

Los resultados obtenidos abarcan una reducción del tiempo de espera, una mejora en el proceso en el periodo de inscripción y reinscripción, una mejor percepción del servicio por parte de los estudiantes y una mejor capacidad del personal para administrar los picos de alta demanda. No solo se busca

optimizar los tiempos, sino también un sistema sostenible. La aplicación de la teoría de colas es una herramienta clave para resolver problemas operativos y así mejorar la experiencia del estudiante en el servicio que se les brinda.

Palabras clave: optimización de tiempos, tiempo de espera, calidad del servicio, teoría de colas, herramientas de calidad.

Abstrac

The objective of this research is to optimize the waiting time experienced by students when arriving at the school control windows of a higher education institution, as well as to analyze the student arrival flow to these service points. This department faces a critical problem due to the excessive waiting time, especially during enrollment and re-enrollment periods. This situation leads to student dissatisfaction with the service provided, thereby reducing efficiency.

The issue arises from high demand during enrollment and re-enrollment periods, which has been caused by several factors such as: the system where students register their courses, slow internet connection, and the lack of adequate training among employees to resolve issues students may be facing at the time. These factors lead to service saturation, long lines, student frustration, and a decline in service quality. To address this situation, it is proposed to implement queuing theory, a mathematical tool that allows us to analyze and optimize time in order to improve service quality.

The analysis begins by applying a satisfaction survey to students, from which data were obtained to identify the factors contributing to their dissatisfaction. In addition, data were collected on service times at each window (student arrival time and service time per student), as well as the current capacity of the department staff. Through queuing theory models, different solutions are evaluated, such as increasing the number of service windows to optimize waiting times. This enables improvements in the school control area and contributes to a more efficient process.

The results obtained include a reduction in waiting times, improvement in the enrollment and re-enrollment process, a better perception of the service by students, and an increased staff capacity to manage high-demand periods. The goal is not only to optimize time, but also to establish a sustainable system. The application of queuing theory is a key tool to solve operational problems and enhance the student experience with the service provided.

Keywords: time optimization, waiting time, service quality, queuing theory, quality tools.

Índice

Agradecimientos	2
Resumen.....	3
Capítulo I. Generalidades.....	10
1.1. Introducción.....	11
1.2 Planteamiento del problema	13
1.3 Justificación.....	15
1.4 Objetivo general:.....	17
1.4.1 Objetivos específicos:	17
1.5 Alcances.....	18
Capítulo II. Marco teórico.....	19
2.1 Antecedentes.....	20
2.2 Teoría de colas	20
2.2.1 Características de la teoría de cola	21
2.3 Calidad del servicio.....	22
2.3.1 Fundamento teóricos de la calidad.....	23
2.3.2 Medición de la calidad	23
2.4 Capacidad de la cola	23
2.5 Disciplina de la cola.....	24
2.6 Factores	24
2.7 Tipos de modelos de colas	25
2.8 Terminología de la teoría de colas y formulas	26
2.8.1 Terminología.....	26
2.8.2 Fórmulas	27
2.9 Campos de aplicación de la teoría de colas.....	28
2.10 Estudio de tiempos y movimientos	29
2.10.1 Estudio de movimientos.....	29
2.10.2 Estudio de tiempos	30
2.11 Herramientas de solución de problemas de causa raíz.....	30
2.11.1 Diagrama de Ishikawa.....	31
2.11.2 Diagrama de Pareto	32
2.12 Colas Poissonianas.....	34
2.13 Ayudas visuales	35

2.14 Lay-out.....	36
2.15 Satisfacción del cliente	36
2.16 Simulación	37
2.16.1 FlexSim.....	37
2.16.2 Simio	38
Capítulo III. Estado del arte	40
3.1 Estado del arte.....	41
3.2 Análisis	48
Capítulo IV. Metodología	51
4. 1 Metodología	52
4.2 Descripción de la metodología.....	52
Capítulo V. Resultados y discusión	54
5.1 Analizar la situación actual de control escolar.....	55
5.2 Aplicación de encuesta de satisfacción a los estudiantes.....	57
5.3 Aplicación de estudio de tiempos y movimientos.....	62
5.4 Analizar la información por medio de las herramientas de calidad	64
5.4.1 Toma de tiempos y movimientos	66
5.4.2 Diagrama de Ishikawa.....	67
5.4.3 Diagrama de Pareto.....	68
5.5 Implementación de la teoría de colas.....	68
Conclusiones, recomendaciones y experiencia profesional adquirida	90
Conclusión	91
Recomendaciones	92
Competencias por asignatura	94
Referencias.....	95
Anexos	99

Índice de tablas

Tabla 1 Terminología de la teoría de colas, (Elaboración propia).	26
Tabla 2 Fuente de información, servicio financiero, (Elaboración propia.)	41
Tabla 3 Fuente de información, servicio financiero, (Elaboración propia).	42
Tabla 4 Fuente de información, servicio financiero, (Elaboración propia).	42
Tabla 5 Fuente de información, centro de salud, (Elaboración propia).	43
Tabla 6 Fuente de información, farmacia, (Elaboración propia),	43
Tabla 7 Fuente de información, rubro alimenticio, (Elaboración propia).	44
Tabla 8 Fuente de información, local de comida, (Elaboración propia).	45
Tabla 9 Fuente de información, correduría de seguros, (Elaboración propia).	45
Tabla 10 Fuente de información, agencia bancaria, (Elaboración propia).	46
Tabla 11 Fuentes de información, agencia bancaria, (Elaboración propia).	46
Tabla 12 Fuente de información, servicio educativo, (Elaboración propia).	47
Tabla 13 Fuente de información, empresa movistar, (Elaboración propia).	48
Tabla 14 Análisis de observación, (Elaboración propia).	55
Tabla 15 Toma de tiempos, (Elaboración propia).	62
Tabla 16 Toma de tiempos, (Elaboración propia).	63
Tabla 17 Toma de tiempos en el periodo de inscripción, (Elaboración propia).	63
Tabla 18 Toma de tiempos en el periodo de reinscripción, (Elaboración propia).	63
Tabla 19 Comparativa del diagrama de flujo actual y mejorado, (Elaboración propia).	78
Tabla 20 Toma de tiempos del proceso anterior (Elaboración propia).	83
Tabla 21 Nuevos tiempos, (Elaboración propia).	83
Tabla 22 Comparativa de tiempos, (Elaboración propia).	84
Tabla 23 Comparativa (Elaboración propia).	85
Tabla 24 Costos, (Elaboración propia)	86

Índice de ilustraciones

Ilustración 1 Modelo básico de la teoría de colas.	21
Ilustración 2 Modelo M/M/s.	25
Ilustración 3 Modelo M/M/s/K.	25
Ilustración 4 Herramienta de solución de raíz.	31
Ilustración 5 Diagrama general de Ishikawa.	32
Ilustración 6 Diagrama de Pareto.	33
Ilustración 7 Tipos de sectores, (Elaboración propia).	48
Ilustración 8 Modelos más utilizados en la teoría de colas, (Elaboración propia).	49
Ilustración 9 Métodos de aplicación, (Elaboración propia).	50
Ilustración 10 Evidencia del área de control escolar (Elaboración propia).	55
Ilustración 11 evidencias del área de control escolar, en el proceso de reinscripciones, (Elaboración propia).	56
Ilustración 12 Evidencia del área de control escolar, (Elaboración propia).	56
Ilustración 13 Carreras con las que cuenta la escuela, (Elaboración propia).	57
Ilustración 14 Apreciación del servicio, (Elaboración propia)	58
Ilustración 15 Tiempo que se tarada en ventanilla, (Elaboración propia).	58

Ilustración 16 Los inconvenientes que se presentan, (Elaboración propia).	59
Ilustración 17 Tiempo de respuesta del personal, (Elaboración propia).	59
Ilustración 18 Tiempo que se tardan al cargar sus materias, (Elaboración propia).	60
Ilustración 19 Ventanillas que se encuentran abiertas, (Elaboración propia).	61
Ilustración 20 Tiempo de respuesta del personal, (Elaboración propia).	61
Ilustración 21 Evaluación de satisfacción del servicio, (Elaboración propia).	62
Ilustración 22 Diagrama de flujo inscripciones, (Elaboración propia).	64
Ilustración 23 Diagrama de flujo reinscripciones, (Elaboración propia).	65
Ilustración 24 toma de tiempos y movimientos, (Elaboración propia).	66
Ilustración 25 Diagrama de Ishikawa, (Elaboración propia).	67
Ilustración 26 Diagrama de Pareto, (Elaboración propia).	68
Ilustración 27 Mejora en el proceso, diagrama de estudios de tiempos y movimientos, (Elaboración propia).	77
Ilustración 28 Diagrama de flujo mejorado para el proceso de inscripciones y reinscripciones, (Elaboración propia).	78
Ilustración 29 Simulación del proceso actual en el área de control escolar, (Elaboración propia).	79
Ilustración 30 Proceso simulado mejorado del área de control escolar, (Elaboración propia).	80
Ilustración 31 Lay-aut del área de control escolar, (Elaboración propia).	80
Ilustración 32 Lay out mejorado	81
Ilustración 33 Ayuda visual que se puso en ventanillas, (elaboración propia).	82
Ilustración 34 Comparación de tiempos de antes y después de la optimización (Elaboración propia).	84
Ilustración 35 Proceso de antes, (Elaboración propia).	85
Ilustración 36 Proceso actual, (Elaboración propia).	85
Ilustración 37 Proceso anterior, (Elaboración propia).	86
Ilustración 38 Proceso mejorado, (Elaboración propia).	86
Ilustración 39 Encuesta de satisfacción, (elaboración propia).	87
Ilustración 40 Encuesta de satisfacción, (Elaboración propia).	88
Ilustración 41 Encuesta de satisfacción, (Elaboración propia).	88
Ilustración 42 Encuesta de satisfacción, (Elaboración propia).	88
Ilustración 43 Encuesta de satisfacción, (Elaboración propia).	89
Ilustración 44 encuesta de satisfacción, (Elaboración propia)].	89

Capitulo I. Generalidades

1.1. Introducción

En el ámbito educativo, la eficiencia en la atención a los estudiantes es un factor clave para garantizar una experiencia satisfactoria. Sin embargo, en el área de control escolar de una institución educativa a nivel superior, los tiempos de espera prolongados durante los procesos de inscripción y reinscripción generan insatisfacción entre los estudiantes y afectan la eficiencia operativa.

Ante esta problemática, la presente investigación tiene como objetivo optimizar los tiempos de espera en el área de control escolar mediante la aplicación de la teoría de colas. Esta metodología matemática permite modelar y analizar sistemas de espera, facilitando la identificación de cuellos de botella y la implementación de estrategias para mejorar el flujo de atención.

Dentro de la teoría de colas, el estudio de tiempos y movimientos juega un papel fundamental, ya que permite medir con precisión los tiempos de servicio y espera. Esta herramienta facilita identificar cuellos de botella, ayudando a mejorar cambios y poder maximizar la eficiencia en el uso de servicio y optimizar la experiencia del estudiante a lo relacionado con el tiempo de espera.

La aplicación de la teoría de colas en el contexto de atención al cliente en una institución educativa en el área de control escolar, esto permite reducir los tiempos de espera, al aplicar esta tarea la institución puede hacer mejoras que reduzca los tiempos de espera, con ellos pueden ofrecer una experiencia más ágil en el proceso y satisfacción a los estudiantes. Tanto la teoría de colas como la herramienta de estudio de movimientos brindan una base estable para la toma de decisiones estratégicas para la mejora continua al servicio que se les está dando a los estudiantes con una alta demanda en inscripciones y reinscripciones.

Los tiempos de espera prolongados tienen una alta demanda en las inscripciones y reinscripciones, que afectan a la eficiencia del área de control escolar y eso provoca que los estudiantes estén insatisfechos con el servicio. El presente proyecto se enfoca en brindar una alternativa de solución mediante este método para el problema de atención a estudiantes en el periodo de inscripción.

La estructura de este escrito está dada por los siguientes capítulos:

Capítulo 1 damos a conocer la introducción, problemática, justificación, objetivos y alcances, por lo que da a conocer el tema y una breve introducción a lo que se va a realizar en el proyecto.

Capítulo 2 se da a conocer el marco teórico donde se mencionan los conceptos matemáticos, de ingeniería que permiten dar sustento a la propuesta de investigación.

Capítulo 3 en este capítulo se visualizará el estado del arte en donde se aplicó la teoría de colas con lo que se realizó un análisis que me permitió elegir el mejor modelo que me permitirá darle una solución al problema.

Capítulo 4 se encuentra la metodología donde se podrá observar la secuencia de la investigación.

Capítulo 5 se presentan los resultados mediante la aplicación de la teoría de colas implementada en el área de control escolar en una institución educativa. Así mismo se dan las conclusiones y recomendaciones que se dan para un mejor servicio que se les está brindando a los estudiantes.

1.2 Planteamiento del problema

El área de control escolar de una institución educativa desempeña un papel fundamental en la gestión de trámites académicos, especialmente durante los periodos de inscripción y reinscripción. Sin embargo, en estos momentos de alta demanda, se generan largas filas y tiempos de espera excesivos, afectando tanto a los estudiantes de nuevo ingreso como a aquellos que continúan con su proceso académico.

Actualmente, el departamento de control escolar enfrenta diversas problemáticas que dificultan una atención eficiente. Entre los principales inconvenientes se encuentran:

- Altos tiempos de espera: La cantidad de alumnos que requieren atención en periodos de inscripción y reinscripción supera la capacidad del personal disponible, lo que alentó el proceso y genera acumulación de estudiantes.
- Fallas en el sistema: La plataforma utilizada para la carga de materias presenta constantes fallas y tiempos de respuesta prolongados, lo que genera que los estudiantes se frustren.
- Tiempo muerto por ausencia del personal: En múltiples ocasiones, los encargados deben abandonar sus puestos para consultar dudas o problemas con superiores, dejando sin atención a los estudiantes y generando interrupciones en el servicio.
- Flujo ineficiente de trámites: La falta de agilidad en la gestión de documentos y procesos administrativos provoca que los estudiantes deban esperar más tiempo del necesario, afectando su experiencia y percepción del servicio.

Estos problemas no solo impactan la eficiencia del departamento, sino que también generan insatisfacción entre los estudiantes, quienes enfrentan largas esperas y dificultades en un trámite esencial para su formación académica.

Ante esta situación, la optimización de los tiempos de espera en control escolar se vuelve una necesidad. La teoría de colas, como herramienta matemática de análisis de sistemas de espera, ofrece una

alternativa viable para reducir los tiempos de atención sin comprometer la calidad del servicio. Aplicar este enfoque permitirá identificar cuellos de botella, optimizar la distribución del trabajo y mejorar la experiencia de los estudiantes, garantizando un servicio más ágil y eficiente.

1.3 Justificación

Durante los periodos críticos, como las inscripciones y reinscripciones los estudiantes experimentan tiempos prolongados de espera, que afectan la eficiencia del servicio. Al aplicar la teoría de colas se permite analizar la atención que se le da a los estudiantes e identificar los cuellos de botella.

La teoría de colas es un estudio matemático que se encarga de evaluar el tiempo de espera que ocurre cuando la demanda del servicio es superior a la capacidad del establecimiento para atenderla. Esta teoría estudia diferentes factores como el tiempo de espera o la capacidad de trabajo del servicio. Es por ello que la teoría será aplicada para dar una alternativa de solución a la problemática de atención de estudiantes de control escolar en los periodos de inscripción.

La teoría de colas se utiliza para modelar y analizar sistemas en los que se forman filas de espera debido a la demanda de un servicio que no puede ser atendido de inmediato. En el área de control escolar esta teoría se justifica por su capacidad de optimizar los tiempos de espera al momento de hacer el trámite de inscripción y reinscripción, así misma mejora la atención en ventanilla cuando se presenten dudas por parte de los alumnos.

La teoría de colas contempla los tiempos de espera referentes a la atención de los estudiantes de las diferentes carreras, es por ello por lo que es importante que al ser aplicada se puedan obtener los datos necesarios para poder tomar decisiones que permita que la satisfacción de los estudiantes sea buena y disminuya los problemas que se estén presentando, esto facilitará que el servicio que se le esté brindando a los estudiantes sea satisfactorio.

El novedoso sistema incorporado de teoría de colas permitirá facilitar y optimizar tiempo de espera que tarda cada estudiante en ser atendido y eso nos habilitará eliminar tiempo y movimientos innecesarios, y así optimizar el tiempo de espera de los estudiantes, para que el proceso que se realiza en control escolar al momento de inscribir y reinscribir al estudiante sea ágil.

Es por ello que esta propuesta relaciona esta teoría con el tiempo de espera, para mejorar la atención que se les brinda a los estudiantes que solicitan el servicio.

La herramienta de estudio de tiempos y movimientos asegurará que las soluciones se basen en datos, lo que conducirá a procesos optimizados y una reducción sustancial de los tiempos de espera. Al disminuir los tiempos de espera, habrá importantes beneficios. La eficiencia operativa se mejorará, lo que resultará en una reducción de los costos asociados con la ineficiencia. Esto, a su vez, conducirá a una mayor satisfacción del alumno, lo cual es vital para la retención de estudiantes y la atracción de nuevos estudiantes.

1.4 Objetivo general:

Optimizar la eficiencia del servicio en el departamento de control escolar de una empresa de servicios educativos, mediante la implementación de teorías de colas para reducir tiempos de espera.

1.4.1 Objetivos específicos:

- a) Analizar la situación del servicio actual para identificar cuellos de botella
- b) Identificar causa raíz del problema
- c) Recolección de datos con ayuda de: (encuestas, check list, etc)
- d) Analizar la información que se recolecto
- e) Implementar la teoría de colas
- f) Aplicar la herramienta de estudio de tiempos y movimientos
- g) Evaluar el impacto después de la implementación de una herramienta

1.5 Alcances

Con el presente proyecto se diseñara un sistema de reducción de tiempos de espera para el área de control escolar, en el cual se analizara la situación actual del departamento, como calcular el tiempo estándar de espera en las colas, calcular la llegada de los estudiantes al departamento de control escolar, calcular el tiempo en que se tardan los servidores en atender a cada estudiante, al igual se indagara con ayuda de una encuesta de satisfacción aplicada a los estudiantes para poder tener todos los datos necesarios y calcular los tiempos de espera y ver que tan satisfechos están con el servicio que se les está brindando.

Después de obtener la información necesaria de lo anterior mencionado se propondrá una mejora al departamento de control escolar, como eliminar tiempos y movimientos innecesarios y tomará una decisión que beneficie al departamento, y así optimizar el tiempo de espera y la eficiencia del área sea adecuada. Destacando que no se pretende hacer una modificación a la estructura del área, sino que, se busca ofrecer un soporte al departamento para disminuir los tiempos de espera y al mismo tiempo mejorar la calidad del servicio.

Capitulo II. Marco teórico

2.1 Antecedentes

En Colombia han aplicado estudios de teoría de colas en diferentes establecimientos de servicios, como lo son: bancos, supermercados, compañías telefónicas, entre otros, en donde se puede observar todas las ineficiencias que se están presentando, los procesos que se realizan y la satisfacción de los usuarios, lo que arroja un resultado positivo o negativo de los clientes. (Arévalo, 2018)

Anteriormente se ha venido buscando como poder satisfacer las necesidades de los clientes tanto como un producto o servicio, conforme transcurre el tiempo, hoy en día se busca satisfacer al cliente, donde se analizan las ventajas que se obtienen al hacer la mejora a los servicios ofrecidos de diferentes empresas de servicio, al mejorar el servicio de atención al cliente mediante herramientas y metodologías aplicadas, permite identificar los problemas y hacer las mejoras que sean necesarias para poderles brindar un servicio adecuado.

Según Serna (2006) establece que el servicio al cliente es un conjunto de estrategias que una empresa diseña para la satisfacción de este, mediante esta teoría de colas, se pretende brindar información que permitan mejorar la atención al usuario.

La teoría de colas puede ser utilizada tanto en empresas de servicio como manufactureras, es decir existe una relación con la llegada de los clientes con el sistema mismo. Por lo que las líneas de espera no son una condición fija de un sistema productivo, sino que la administración del servicio o el diseño del sistema en el cual se encuentra la fila de espera que se puede controlar. (Ruiz, et al, 2014)

2.2 Teoría de colas

La teoría de colas es un estudio matemático que se enfoca en las líneas de espera. Esta teoría se presenta cuando los estudiantes llegan al departamento de control escolar ya que tiene una demanda alta en algunos periodos del año, como inscripciones y reinscripciones y también como servidor a los empleados que brindan el servicio a los estudiantes. Es decir, si el servidor no está disponible o la atención que se está dando es muy lenta, y el estudiante decide esperar, entonces es cuando se genera la línea de espera o cola de espera. (González et al., 2014)

En lo antes mencionado los componentes principales que participan en esta teoría son, clientes y servidores, es decir, los clientes se entienden por personas, un automóvil, una maquina en espera de mantenimiento, entre otros, y por otro lado está el servidor es aquel que se entiende por el que tiene la capacidad de realizar la actividad de atender a los usuarios. Por ejemplo, un cajero, una secretaria, una máquina, entre otros.

En la Ilustración 1, se presenta un sistema básico de líneas de espera en la que solo hay una cola y un servidor disponible, en donde el cliente llega al sistema y observa que no hay gente pasa directo a recibir el servicio, por lo contrario, si hay cola se tendrá que formar y esperar a que sea atendido. Es importante recordar que la cola no incluye a la persona que ya esta siendo atendido por el servidor.

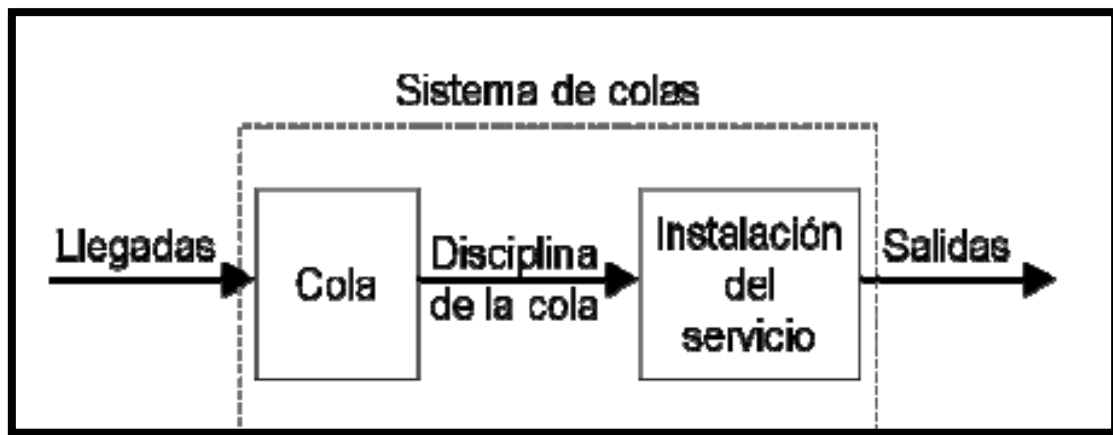


Ilustración 1 Modelo básico de la teoría de colas.

2.2.1 Características de la teoría de cola

Según Segovia y Fernández (2024), mencionan que son cinco partes las que describen adecuadamente la teoría de colas, las cuales son:

- Orden de llegada de los clientes: esto quiere decir que la llegada de los usuarios puede ser aleatoriamente. En este caso, es importante determinar la distribución de los tiempos entre dos llegadas consecutivas de usuarios, de ser así, es probable que el patrón de llegas pueda cambiar.

- Orden de servicio de los servidores: los servidores tienen un tiempo de servicio que podrían cambiar constantemente. La duración del tiempo que se les da por cada usuario dependerá del número de usuarios en la fila, lo que repercute en la velocidad en la atención del usuario.
- Disposición del sistema: en algunos establecimientos hay una limitación respecto al número de usuarios que pueden permanecer en la fila, esto se le nombra como filas finitas, lo que esto podría ocasionar que el usuario esté insatisfecho por el tiempo en que se tardan en atender a cada estudiante.

Aunque existen otros autores donde también incluyen “población de posibles clientes”. (Segovia et al., 2024).

2.3 Calidad del servicio

Cuando se está hablando de calidad de servicio, es importante dos factores importantes que son las expectativas y las percepciones. Lo que las expectativas de los clientes hacen énfasis a los estándares del servicio que se está brindando a los usuarios. Mientras que las percepciones del cliente se enfocan a las evaluaciones que se les aplica para evaluar que tanto están satisfechos con el servicio que se les dio. Al obtener los datos correspondientes de las evaluaciones aplicadas se podrá observar en que está el error y hacer una modificación y la calidad del servicio sea excelente para los estudiantes. Existen diferentes factores que afectan al servicio de diferentes establecimientos ya que unos son controlados y otros no, por lo que los servicios que son controlados se componen por precios, publicidad y promesas de venta y los servicios que no son controlados están conformados por necesidades personales y las comunicaciones de boca en boca. (Zapata et al., 2024)

La calidad de servicio es muy importante ya que es un elemento esencial para garantizar la satisfacción del cliente. Esta satisfacción se refiere a la evaluación interna que cada persona realiza sobre si sus necesidades fueron atendidas con el servicio recibido. Además, la satisfacción del cliente está

estrechamente relacionada con la calidad del servicio y actúa como un indicador clave de la probabilidad de que el cliente regrese. (Izquierdo, 2021)

2.3.1 Fundamento teóricos de la calidad

- La calidad se entiende como un sistema eficiente que busca integrar y coordinar los esfuerzos de mejora, enfocándose en los distintos grupos de interés. Su propósito principal es proporcionar productos y servicios que cumplan con los estándares requeridos para garantizar la satisfacción del cliente, al mismo tiempo. (Flores, 2024)
- Juran (1993) propone una perspectiva distinta al definir los sistemas de calidad como el medio para garantizar la satisfacción de los usuarios. Esto implica que la calidad se refleja en la capacidad de cumplir con sus necesidades y prevenir. (Flores, 2024)

2.3.2 Medición de la calidad

Algunos investigadores como lo son Boscoe y Okafor (2020), emplearon el instrumento SERVQUAL para evaluar la satisfacción de los usuarios del transporte público en Inglaterra. Este instrumento se centra en medir las expectativas de los clientes en relación con el desempeño del servicio. Las discrepancias entre lo que los clientes esperan sobre la calidad del servicio y el rendimiento real generando indicadores que permiten evaluar la calidad del servicio, esto indica que, cuando la prestación del servicio no satisface las necesidades o requerimientos de los clientes, se genera una insatisfacción al cliente. (Izquierdo, 2021)

2.4 Capacidad de la cola

Es fundamental con anterioridad conocer la capacidad más alta de la fila, esto es, la cantidad de clientes que es posible ubicar en la línea de espera en conjunto. Debido a que es posible que surjan situaciones en donde la fila de espera tiene una capacidad limitada, otras en donde es ilimitada y otras en donde no hay filas de espera (al igual que en una atención por medio de un número de teléfono en donde el usuario es incapaz de hacer uso de él si la línea está ocupada). (Portilla, et al, 2010)

2.5 Disciplina de la cola

Esta se refiere a la manera en la que se posicionan las clientes o unidades en la fila de espera antes de ser acomodado el adecuado procedimiento. Dentro de las formas más comunes están el modelo PEPS (Primeras Entradas Primeras Salidas) y el modelo UEPS (Ultimas Entradas, Primeras Salidas). El primero hace referencia a que el primer elemento que ingresan al sistema es el primero en ser priorizado. El segundo indica que el último en llegar al puesto de espera es el primer en ser recibido. La utilización de alguno de los dos sistemas en cuestión está sujeto a la esencia de la unidad (por ejemplo, un producto no perecedero puede ser trabajado con el sistema UEPS, en cambio, un producto perecedero requiere del sistema PEPS). (Portilla, et al, 2010).

2.6 Factores

Los factores que se deben de considerar para las líneas de espera son:

- Longitud de las filas: dice que, si la fila es infinita, la longitud estará conformada por los clientes que esperan en el establecimiento para recibir el servicio que soliciten.
- Numero de filas: hace referencia a las filas que contribuyen a un punto que se genera la distribución central.
- Población potencial: es el número total de usuarios que se puede presentar en el servicio en cualquier momento de día. Es decir que el tamaño de usuarios puede ser infinito o finito.
- Cliente: es toda entidad que requiere de un servicio, como por ejemplo ir al centro médico y requiere una consulta ahí está solicitando que se le brinde un servicio.
- Capacidad de la cola: es la capacidad máxima que un servicio puede tener [para atender a los usuarios. De nuevo puede ser infinito o finito.

2.7 Tipos de modelos de colas

- **Modelo M/M/s:** Este modelo menciona que todos los tiempos son independientes de acuerdo con una distribución exponencial. Por lo que es un modelo básico, es decir, que solo cuenta con una cola y un servidor. (Abad,2002). En la Ilustración 2 se muestra como es el modelo:

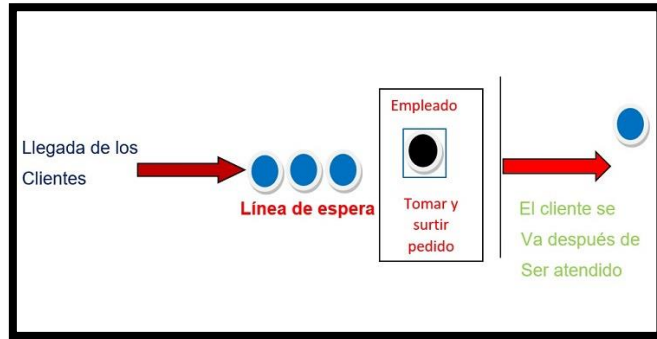


Ilustración 2 Modelo M/M/s

- **Modelo M/M/s/K:** En este tipo de modelo menciona que hay múltiples de servidores, como un límite de clientes para atender. Es decir, si hay más clientes del límite permitido, los demás clientes deberán esperar en la cola hasta que sea su turno. En la Ilustración 3 se puede observar cómo es el modelo.

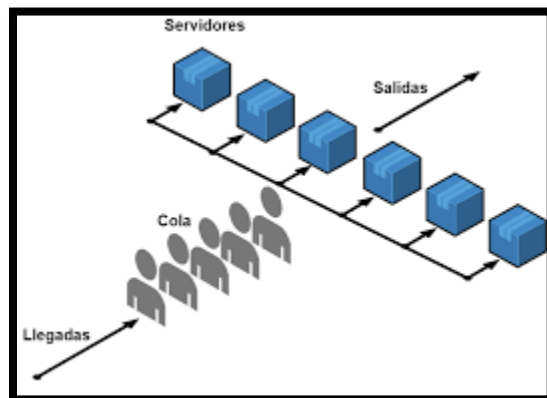


Ilustración 3 Modelo M/M/s/K.

- **Modelo M/G/1:** Menciona que este hace referencia a un solo servidor con un tiempo de servicio general. Los clientes tienen un tiempo independiente con la misma dispersión de probabilidad, pero no se imponen limitaciones sobre el cual debe ser esta distribución de tiempos de servicio.
- **Modelo M/D/s:** Este tipo de modelo se utiliza en donde el tiempo de servicio es constante en lugar de aleatorio, es decir, los clientes llegan de forma aleatoria pero el tiempo de atención es fijo y constante, por lo que a los usuarios se les brinda el servicio conforme fueron llegando.

2.8 Terminología de la teoría de colas y formulas

2.8.1 Terminología

La teoría de colas utiliza un conjunto de símbolos y fórmulas que permiten describir de manera precisa el comportamiento de los sistemas de espera. A continuación, se presenta la terminología básica utilizada en este estudio, con el objetivo de facilitar la comprensión de los resultados obtenidos durante el proceso de optimización.

En la Tabla 1 se muestran los principales símbolos, acompañados de su respectiva explicación. Entre los más relevantes se encuentran λ que representa la tasa de llegada de clientes al sistema, y μ , correspondiente a la tasa de servicio. Asimismo, el símbolo ρ indica el grado de utilización de los servidores, el cual es fundamental para evaluar el nivel de saturación del sistema.

En la tabla 1 se muestra la terminología dando a conocer los símbolos y su explicación:

Tabla 1 Terminología de la teoría de colas, (Elaboración propia).

SÍMBOLO	EXPLICACIÓN
s	Número de servidores
M	Tasa de servicio (clientes / unidad de tiempo* servidor)
λ	Tasa de llegada (cliente por unidad de tiempo)

ρ	Tasa de utilización de servidores
L	Promedio de clientes en el sistema (cliente)
Lq	Promedio de clientes en la cola (cliente)
W	Tiempo promedio de espera en el sistema (unidad de tiempo)
Wq	Tiempo promedio de espera en la cola (unidad de tiempo)
P_0	Probabilidad de que haya exactamente “n” cantidad clientes en el sistema
K	Capacidad de la cola (cliente)
μ	Tasa de servicio

2.8.2 Fórmulas

Para conocer la tasa de utilización de servidores se implementa la siguiente fórmula matemática.

$$\rho = \frac{\lambda}{\mu \cdot s}$$

Donde el significado de los valores es el siguiente ρ es la tasa de utilización de servidor, λ es la tasa de llegada, μ es la tasa y s es el número de servidores.

- Probabilidad de que no haya alumnos en el sistema (p_n)

$$P_0 = \left(\sum_{n=0}^{s-1} \frac{(\lambda/\mu)^n}{n!} + \frac{(\lambda/\mu)^s}{s! \cdot (1 - p)} \right)^{-1}$$

donde P_0 es la probabilidad de que no haya alumnos en el sistema, $\sum_{n=0}^{s-1}$ es la suma de los términos desde $n = 0$, $s - 1$ donde s es el número de servidores, $(\lambda/\mu)^n$, es la potencia de la carga, n , alumnos en el sistema, la factorial de n , es el que ajusta el término según la cantidad de alumnos que

están en el sistema, $(\lambda/\mu)^s$ es la carga total del sistema, $s!$ Es el factorial del número total de servidores, $(1 - \rho)$ es el complemento de la utilización del sistema, $()^{-1}$ es el inverso de esta suma.

- Numero promedio de alumnos en el sistema (L):

$$L = L_q + \frac{\lambda}{\mu}$$

El significado de los símbolos de la formula son los siguientes; donde L es el número de promedio de alumnos en el sistema, $L_q + \frac{\lambda}{\mu}$ es el numero promedio de alumnos en la cola.

- . Tiempo promedio de espera en la cola (W_q)

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

Donde el significado de los símbolos que conforman la fórmula es la siguiente, para W_q es el tiempo de espera en la cola, L_q es el numero promedio de alumnos en la cola, λ es la tasa de servicio.

2.9 Campos de aplicación de la teoría de colas

En la teoría de colas espera se aplicaría a compañías de servicio y fabricantes, ya que tienen en cuenta la llegada de los usuarios y las particularidades de la administración del sistema de prestación de servicios con las particularidades de la elaboración de ese método. Son muchas las dudas que se han desvelado. (Aguilar, et al, 2014). Con la noción de filas de espera, ha sido utilizada con:

Empresas de servicio:

- Aeropuertos
- Hospitales
- Supermercados
- Escuelas
- Compañías telefónicas

Empresas manufactureras o industriales en las que se pueden presentan:

- Número de cuadrillas de trabajadores en mantenimiento
- Número de estaciones en una línea de producción

El autor Richard B. Chase (2005), menciona que el sistema de colas consiste en tres componentes principales:

1. La población, fuente y la forma como los clientes llegan al sistema.
2. El sistema de colas.
3. La condición en que los clientes salen del sistema.

2.10 Estudio de tiempos y movimientos

El estudio de tiempo es una técnica encargada de analizar los tiempos que tardan en terminar una tarea o proceso. Tiene el objetivo de mejorar la eficiencia y dar posibles soluciones a los métodos de trabando y así mismo eliminar movimientos y tiempos innecesarios. (Ruiz, et al, 2014).

La finalidad del estudio de tiempos y movimientos es hacer que la realización del trabajo sea más fácil y productiva, mejorando los movimientos y los tiempos en que se lleva a cabo ese trabajo. La rutina seguida en el estudio de métodos como es la investigación, las técnicas y la actitud adecuada para un estudio de métodos se aplica de igual forma en estudio de tiempos y movimientos.

2.10.1 Estudio de movimientos

Al estudio de movimientos como el análisis cuidadoso de los diversos movimientos que efectúa el cuerpo humano al ejecutar un trabajo. Su objetivo es eliminar o reducir los movimientos ineficientes, facilitar y acelerar los eficientes. Por medio del estudio de movimientos, el trabajo se lleva a cabo con mayor facilidad y aumenta el índice de producción. Los esposos Gilbreth eran de los primeros en estudiar los movimientos manuales y formularon leyes básicas de la economía de movimientos que se consideran fundamentales todavía. (Klever, J. 2013).

2.10.2 Estudio de tiempos

Define como una técnica para determinar con la mayor exactitud posible, partiendo de un número de observaciones, el tiempo para llevar a cabo una tarea determinada con arreglo a una norma de rendimiento preestablecido.

Es necesario que, para llevar a cabo un estudio de tiempos, el analista tenga la experiencia y conocimientos necesarios y que comprenda en su totalidad una serie de elementos que a continuación se describen para llevar a buen término dicho estudio.

Pasos para su realización. (Meyers, F. 2000)

Preparación

- Se selecciona la operación
- Se selecciona al trabajador
- Se realiza un análisis de comprobación del método de trabajo.
- Se establece una actitud frente al trabajador.

Ejecución

- Se obtiene y registra la información.
- Se descompone la tarea en elementos.
- Se cronometra.
- Se calcula el tiempo observado

2.11 Herramientas de solución de problemas de causa raíz

No todos los procesos de producción de servicios son perfectos, y pueden ocurrir incidentes no conformes durante la ejecución que ralentizan o desvían el proceso. Es necesario identificar de alguna manera correctamente la causa de la desviación en cada proceso, para que se puedan implementar medidas correctivas y preventivas para reducirlos los accidentes en el trabajo.

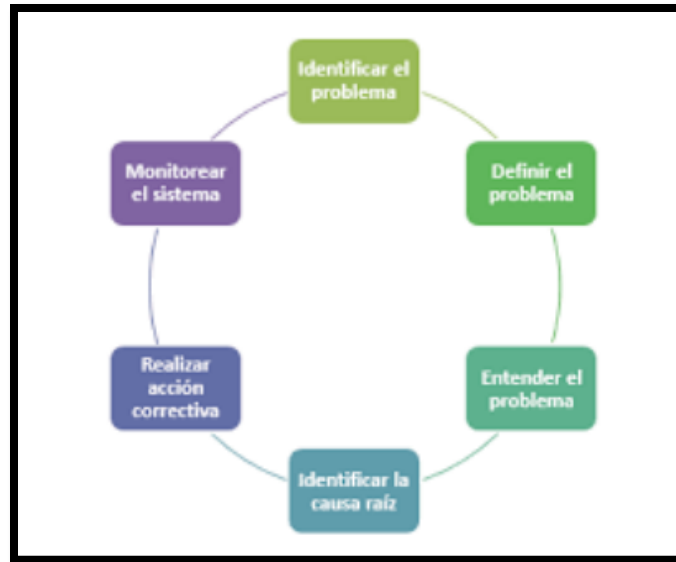


Ilustración 4 Herramienta de solución de raíz.

En la Ilustración 4, se muestra el proceso que se debe de seguir para utilizar las herramientas de calidad para aumentar la eficiencia y la rentabilidad, debemos mirar más allá de la superficie de la causa raíz de un problema o situación, así mismo observar los efectos del problema y deducir la causa del problema. Puede crear soluciones preventivas, el problema debe cerrarse para comprender la raíz del problema, por lo que es necesario un análisis de la causa raíz.

2.11.1 Diagrama de Ishikawa

Un diagrama de espina de pescado (también conocido como diagrama de Ishikawa o diagrama de causa y efecto) es una técnica gráfica para mostrar varias causas para un evento o fenómeno en particular. En particular, un diagrama de espina de pescado es una técnica comúnmente utilizada para análisis causas, para determinar la interacción compleja de las causas de los problemas o eventos en la ciencia administrativa. Su estructura se muestra en la Ilustración 5.

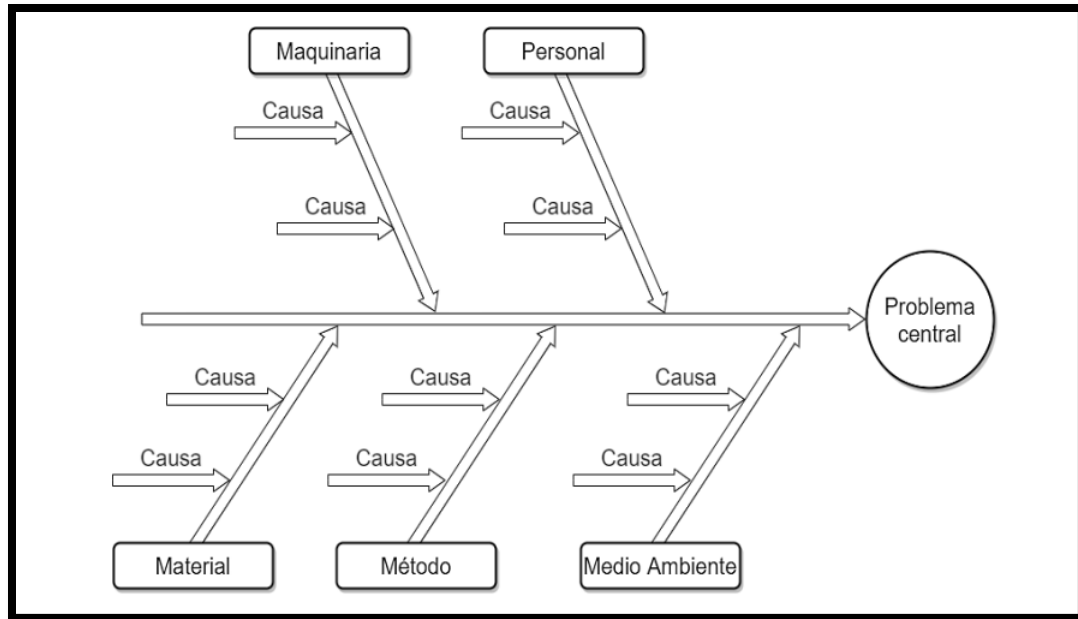


Ilustración 5 Diagrama general de Ishikawa.

Este análisis causal fue desarrollado originalmente por Ishikawa (1990) como una herramienta de control de productos para identificar los factores potenciales que contribuyen al efecto general y a prevenir defectos de calidad del producto.

Las causas en un diagrama de espina de pescado a menudo se agrupan en categorías principales para identificar fuentes generales de variación que contribuyen a los efectos principales de un fenómeno particular.

En general, los diagramas de espina de pescado se pueden utilizar como representación visual adecuada de fenómenos que involucran múltiples causas y efectos y así llegar a posibles soluciones. (Coccia, 2020).

2.11.2 Diagrama de Pareto

Los gráficos de Pareto llevan el nombre del economista italiano Vilfredo Pareto, Pareto observó que alrededor de 1896, el 80% de la tierra en Italia era propiedad del 20% de la población. En ese momento, eso significaba que el 20% de la gente poseía el 80% de la riqueza.

El análisis es una herramienta estadística que ordena los datos por frecuencia de ocurrencia, de más a menos frecuente. El diagrama de Pareto es una de las siete herramientas básicas de calidad. Un gráfico de Pareto es un tipo de gráfico de barras con una barra para cada posible categoría de causa.

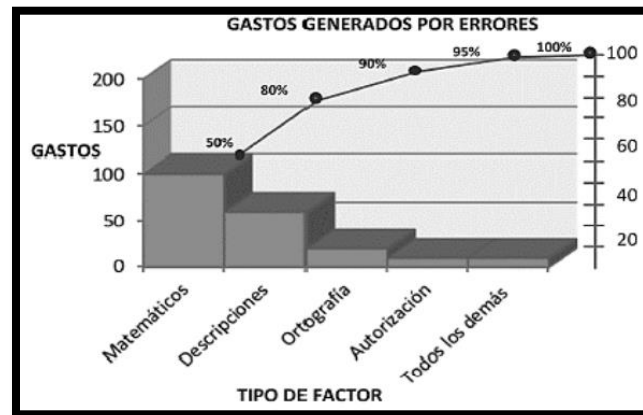


Ilustración 6 Diagrama de Pareto.

Los gráficos de barras están ordenados de mayor a menor frecuencia. También se conoce como la "regla 80/20", establece que "el 80% de los defectos en un sistema son causados por sólo el 20% de las causas posibles"

El análisis de Pareto se utiliza para clasificar los obstáculos y las causas que afectan la implementación efectiva del análisis de peligros del plan de puntos críticos de control en el orden de su crisis. El análisis de Pareto es un método bien establecido y es comúnmente utilizado para determinar la causa en varios campos, como en el sistema de seguridad.

Todos los elementos de la flexibilidad se unen y emergen como posibles soluciones para mejorar las habilidades de la fuerza laboral, el empoderamiento y la satisfacción de los empleados. (Kumar et al, 2020).

2.12 Colas Poissonianas

Este tipo de sistemas operan de inicio a fin, en el que la llegada de un cliente esta haciendo referencia a una llegada, mientras que su salida tras recibir el servicio representa el final del sistema.

Un sistema de espera se puede definir como un mecanismo en el que los clientes llegan en busca de un servicio. aquellos que aún no han sido atendidos permanecen en una cola, mientras que el sistema abarca tanto a los clientes en espera como a los que están siendo atendidos.

Los componentes que intervienen en un sistema de espera son los siguientes;

- **Fuente:** un grupo de clientes potenciales del sistema, el cual puede ser finito o infinito.
- **Procesos de arribos y de servicio:** se asume que tanto los intervalos entre las llegadas de los clientes al establecimiento como los tiempos de servicio son variables y siguen una distribución aleatoria con las ventanillas que cuenta el establecimiento.
- **Capacidad del sistema:** el número máximo de clientes puede ser finita o infinita.
- **Número de servidores:** uno de los sistemas de espera que existe es cuando solo hay un servidor. No obstante, el número de servidores puede ser finita o infinita depende del establecimiento.
- **Disciplina del servicio:** hay diferentes maneras de seleccionar a los clientes dependiendo el servicio que vayan a realizar las cuales determinan la disciplina del servicio.

Existe una manera abreviada de describir un sistema de espera, quien la propuso fue Kendall y consiste en lo siguiente:

A/S/c/K/F/d

Donde cada una de estas letras describe lo siguiente:

- A= distribución de tiempos entre arribos,

- S= distribución del tiempo de servicio.

Estas a su vez se puede especificar de la siguiente manera:

- M= distribución exponencial.
- D= los tiempos entre arribos o de servicio son constantes o determinados.
- G= distribución general.

Se continua con lo anterior:

- c= número de servidores.
- K= capacidad máxima del sistema.
- F= numero de individuos en la fuente.
- d= disciplina de servicio

Este tipo de colas analiza el siguiente modelo de colas $M/M/c/\infty/\infty/FIFO$. Es decir, modelos de espera con c servidores, donde los tiempos entre llegadas y de servicio siguen una distribución exponencial. Tanto la fuente como la capacidad del sistema son ilimitadas y la disciplina de servicio se basa en el principio de primero en llegar, primero en ser atendido. Cuando $K = F = 1$ y $d = FIF O$ usaremos la notación más abreviada $M/M/c$. (Siqueiros, G. F. 2013)

2.13 Ayudas visuales

Las ayudas visuales es una forma sencilla y evidente de comunicación que persiguen plasmar la situación del sistema de productivo con especial enfoque en las anomalías y despilfarros; teniendo como objetivo principal simplificar la comunicación, separando lo importante de lo que no lo es, es decir, las estaciones que requieren mayor atención a la del resto.

Las ayudas visuales para equipo de trabajo incluyen una amplia variedad de apoyos para máquinas y tareas específicas para indicaciones visuales que sirven como recordatorios de advertencias:

Comunican configuración de procesos o procedimientos para ayudar a mejorar la eficiencia y efectividad de la interacción humana con el equipo. (Hernández, 2023)

La gestión visual simplifica la comunicación se enfoca en los procesos que requieren más atención que el resto. Esto se puede conseguir de diferentes maneras:

- Utilizando la gestión visual en el aspecto gráfico.
- Usando códigos de colores, dibujos significativos y otras técnicas de diseño asimiladas fácilmente por las personas.

La gestión visual puede ir desde la utilización de colores o el uso de un post-it, hasta sistemas complejos como los de tarjetas que usan los sistemas Kanban incluso señales que se incluyen en algunos procesos industriales y requieren un estudio en profundidad. (Herrero, 2021)

2.14 Lay-out

Un diseño óptimo de lay-out permite identificar y eliminar ineficiencias, como movimientos innecesarios o demoras prolongadas. Esto facilita la implementación de metodologías de Lean Manufacturing, orientadas a reducir desperdicios en el proceso. Al mejorar la distribución del trabajo y eliminar actividades sin valor agregado, se incrementa la eficiencia operativa de la planta.

Además, un lay-out bien estructurado contribuye a mejorar la calidad del producto o servicio final, ya que permite un mejor control en puntos clave del proceso. Esto ayuda a optimizar los estándares de calidad y a reducir la necesidad de retrabajos. (Ponce, 2025)

2.15 Satisfacción del cliente

La satisfacción del cliente forma parte de la estrategia de gestión de una empresa, estableciendo expectativas y requisitos de desempeño que la organización debe cumplir para proporcionar un producto o servicio de calidad, alineado con las necesidades del consumidor.

La satisfacción del cliente puede percibirse como una experiencia positiva o negativa, dependiendo de la comparación entre sus expectativas iniciales y la experiencia real con el producto o servicio. (Yunis, 2024)

Características:

Según Zenvia (2020) las características más influyentes en la satisfacción al cliente son:

- Velocidad en la metodología de respuesta al consumidor
- Proximidad con el consumidor
- Presencia en los diferentes canales de comunicación

2.16 Simulación

La simulación consiste en crear un modelo de un sistema real y realizar experimentos con él para analizar su comportamiento o explorar nuevas estrategias de operación. Todo esto se lleva a cabo respetando ciertos criterios o restricciones previamente establecidos. (Fonseca, 2020)

2.16.1 FlexSim

Es un software de simulación en 3D que se utiliza para modelar, analizar y optimizar sistemas y procesos en diversas industrias, como manufactura, logística, salud y servicios. Es una herramienta poderosa para entender cómo fluyen los recursos y mejorar la eficiencia en entornos complejos, lo que facilita identificar los cuellos de botella y la optimización de los procesos. (Morales, et al, 2024)

Características

Según (TEC, 2024) las principales características de FlexSim son:

- Modelado 3D: Representaciones realistas que permiten comprender mejor los procesos.
- Análisis estadístico: Herramientas avanzadas para evaluar el rendimiento de los sistemas.

- Optimización: Algoritmos que identifican configuraciones óptimas para mejorar eficiencia.
- Programación flexible: Lenguaje integrado para personalizar procesos.
- Integración: Compatibilidad con bases de datos y hojas de cálculo.
- Animaciones y visualizaciones: Representaciones detalladas para comunicar resultados.
- Biblioteca de objetos: Elementos predefinidos para acelerar el modelado.

Ventajas de FlexSim

Según Duque (2024), el software ofrece varias ventajas, entre ellas:

- Uso intuitivo sin requerir programación desde el inicio.
- Creación ágil de múltiples escenarios.
- Amplia capacidad de personalización y visualización en 3D.

2.16.2 Simio

Simio es un software de simulación desarrollado por la empresa Simio LLC, ubicada en Sewickley, Pittsburgh, Pensilvania. Su objetivo principal es proporcionar a los usuarios herramientas avanzadas para la simulación y programación de la producción, permitiéndoles modelar eventos discretos, optimizar la toma de decisiones y minimizar riesgos y costos en las organizaciones.

Además, una de sus características destacadas es la capacidad de representar sistemas en 3D, lo que facilita una visualización más dinámica y atractiva de los modelos. (Sánchez, 2024)

Ventajas

- Facilita el análisis de diversos escenarios creados para lograr la máxima optimización del sistema.
- Permite analizar diferentes escenarios diseñados para optimizar el sistema al máximo.

- Brinda datos valiosos que apoyan el proceso de toma de decisiones.

Desventajas

- Implementar un modelo puede suponer un gran coste.
- La simulación de un sistema no garantiza el mismo nivel de confiabilidad que el sistema real.
- Para que los datos sean confiables y se puedan tomar decisiones informadas, es fundamental llevar a cabo una validación adecuada del modelo.

Capitulo III. Estado del arte

3.1 Estado del arte

Se analiza revistas, artículos y tesis que han aplicado la teoría de colas en diferentes sectores para mejorar el tiempo de espera. Este análisis permite identificar las oportunidades de mejora que se podrían hacer a los diferentes tipos de establecimientos, ayuda a que esta investigación este sustentada. En las siguientes tablas que se presentan, se muestran en los diferentes sectores en las que han aplicado la teoría de colas y cuáles han sido sus resultados que obtuvieron al aplicarla.

Servicio financiero

Tabla 2 Fuente de información, servicio financiero, (Elaboración propia.)

Articulo	Autor	Como se aplicó la teoría de colas	Cuál fue su resultado
Aplicación de la teoría de colas en una entidad financiera: herramienta para el mejoramiento de los procesos de atención al cliente	Fredy Alexander Gómez Jiménez	La teoría de colas se aplicó en un servicio financiero para mejorar la gestión de filas para la atención del usuario, para mejorar los tiempos de espera y los recursos.	Se estableció el número óptimo de trabajadores para disminuir el tiempo de espera. Optimizando la eficiencia sin modificar los recursos. Donde el grupo uno necesitaba 3 trabajadores y el grupo 2 necesitaba 7 trabajadores para poder atender a los trabajadores

Tabla 3 Fuente de información, servicio financiero, (Elaboración propia).

Articulo	Autor	Como se aplicó la teoría de colas	Cuál fue su resultado
Aplicación de la teoría de colas para reducir el tiempo de atención del usuario interno de la entidad financiera Mibanco S.A.	Quiroz Maldonado Brayan Joe y Coello Escate Sthefania Andrea, (2021).	Se puso en práctica un modelo de la teoría de colas para el tiempo de espera en una entidad financiera en donde se utilizó la herramienta de Password Reset por lo que les hizo una capacitación a los usuarios y así reducir las llamadas de soporte.	Al utilizar la herramienta antes mencionada se redujo el tiempo promedio de 40 minutos a 19 minutos mejorando la eficiencia del servicio.

Tabla 4 Fuente de información, servicio financiero, (Elaboración propia).

Articulo	Autor y año	Como se aplicó la teoría de colas	Cuál fue su resultado
Modelo para la mejora del servicio de atención al cliente mediante la teoría de colas: caso de estudio en una agencia bancaria.	León Lazo, Leticia Siu Leng y Vivanco Vivanco Lorena Pola, (2024)	Se aplicó la teoría de colas y al mismo tiempo se realizó una simulación en el programa Arena para modelar y analizar las colas de espera en una agencia bancaria.	Al momento que se aplicó la teoría de colas y se plasmó en el software se obtuvo una reducción en el tiempo de espera en un 52.61 % por lo tanto disminuyó el porcentaje del cliente que

			abandonan el establecimiento de un 14.52% bajo a 4.032%.
--	--	--	--

Centro de salud

Tabla 5 Fuente de información, centro de salud, (Elaboración propia).

Articulo	Autor y año	Como se aplicó la teoría de colas	Cuál fue su resultado
Aplicación de modelos de teoría de colas a la gestión asistencial en los centros de salud.	Borja Velázquez Martí, Viviana Vanessa Vinueza Villares	Se implemento para clasificar los horarios y analizar la tasa de llegar y atención de los pacientes con el fin de mejorar el tiempo de espera.	El resultado que se obtuvo al aplicar la teoría fue que optimizando el número de puestos de atención al paciente eso evitaría la saturación en el área de emergencias, al igual que disminuir el desvió de pacientes de atención primaria.

Farmacia

Tabla 6 Fuente de información, farmacia, (Elaboración propia),

Articulo	Autor y año	Como se aplicó la teoría de colas	Cuál fue su resultado
----------	-------------	-----------------------------------	-----------------------

Teoría de colas aplicada al estudio del sistema de servicio de una farmacia	Ing. Eduardo López Hung, M.Sc. Lic. Lai Gen Joa Triay	Se llevo a cabo mediante un diseño para el mejoramiento del flujo del cliente y para mejorar el tiempo de atención, aplicando el modelo M/M/c, obteniendo los tiempos de espera y la capacidad con la que cuenta el servicio.	Se obtuvo una alta demanda en la que se formaban colas excesivas, en donde los clientes esperaban más de 5 min para ser atendidos. Por lo que recomendaron optimizar el número de servidores y ajustar el sistema.
---	---	---	--

Rubro alimenticio

Tabla 7 Fuente de información, rubro alimenticio, (Elaboración propia).

Articulo	Autor y año	Como se aplicó la teoría de colas	Cuál fue su resultado
Análisis del impacto de la aplicación de la teoría de colas en la reducción de tiempos y satisfacción de clientes en el rubro de alimentos.	Lilian Anabel Velasquez Silva	Se ejecuto un sistema de estudios en cual se aplicó la teoría de colas para analizar los tiempos de espera como afecta para mejorar la satisfacción del cliente.	Menciona el artículo que se obtuvo el 60% que fue exitoso el estudio en la reducción de tiempos espera, así mismo demostrando la efectividad de la teoría de colas, para dar una mejor satisfacción a los clientes.

Local de comida

Tabla 8 Fuente de información, local de comida, (Elaboración propia).

Articulo	Autor y año	Como se aplicó la teoría de colas	Cuál fue su resultado
Aplicación de un modelo híbrido de teoría de colas y algoritmo evolutivo para medir la optimización en el servicio de atención al cliente en un local de comida rápida.	Ricardo Cárdenas Estrada, Michael Pérez Pin, Anthony Tejada Solórzano, y Lorenzo Cevallos-Torres	Se realizó un modelo de la teoría de colas combinando un algoritmo en un local de comida para optimizar el tiempo de espera y mejorar la atención al cliente.	Al aplicar esa combinación se mejoró la eficiencia un 33.84% del local de comida rápida, y se redujo la sobrecarga a los trabajadores un 35.79% de probabilidad ocio.

Correduría de seguros

Tabla 9 Fuente de información, correduría de seguros, (Elaboración propia).

Articulo	Autor y año	Como se aplicó la teoría de colas	Cuál fue su resultado
Aplicación de la teoría de colas a la atención al público de una correduría de seguros.	Pedro Salvador González Vera	Se aplicó un modelo simple que fue M/M/s para obtener datos como la atención al cliente, analizando los tiempos de llegas y el servicio que se brinda.	Al aplicar este modelo se obtuvo como resultados que el establecimiento requería ajustes ya que los tiempos eran excesivos, por lo que los

			tiempos de los servidores también afectaban.
--	--	--	--

Agencia bancaria

Tabla 10 Fuente de información, agencia bancaria, (Elaboración propia).

Articulo	Autor y año	Como se aplicó la teoría de colas	Cuál fue su resultado
Modelo para la mejora del servicio de atención al cliente mediante la teoría de colas: caso de estudio de una agencia bancaria.	Leticia Siu Leng León Lazo, Lorena Paola Vivanco Vivanco	En este artículo aplicaron una simulación en el software Arena para analizar las líneas de espera del banco, con el fin de reducir el tiempo de espera y mejorar la satisfacción del cliente.	Al aplicar la simulación obtuvieron como resultados; Tiempo de espera. 52.51% Clientes que se retiraron disminuyeron a 14.52% Por lo obtuvieron una mejora de 4.032% lo que significa que mejoró la eficiencia en la atención al cliente en el banco.

Tabla 11 Fuentes de información, agencia bancaria, (Elaboración propia).

Articulo	Autor y año	Como se aplicó la teoría de colas	Cuál fue su resultado

Aplicación de teoría de colas en la simulación de escenarios para mejorar el tiempo de espera de los clientes del área de operaciones de una agencia bancaria en la Ciudad de Trujillo.	Palomino Gutiérrez María Raquel (2020)	Se aplico la simulación con diferentes cantidades servidores para analizar el tiempo de espera de los clientes y puedan tomar una decisión.	Al aplicar esta simulación se notó que al tener cuadro servidores se podría reducir el tiempo de espera de 43.12 minutos a 0.664 y eso logrando indicadores económicos favorables.
---	--	---	--

Servicio Educativo

Tabla 12 Fuente de información, servicio educativo, (Elaboración propia).

Articulo	Autor y año	Como se aplicó la teoría de colas	Cuál fue su resultado
Proyecto de aplicación de teoría de colas: caso aplicado a departamento de servicios estudiantiles, UNPHU	Jazmín Ruiz Castellanos, Lorena González Muñoz	En este proyecto se aplicó un modelo de teoría de colas que fue el M/M/s/k, en el departamento de control escolar en la universidad UNPHU, para reducir los tiempos de espera.	Al implementar el modelo que propusieron arrojó como resultado que disminuiría el tiempo de espera de los estudiantes en los departamentos de servicio de la universidad.

Empresa movistar

Tabla 13 Fuente de información, empresa movistar, (Elaboración propia).

Articulo	Autor y año	Como se aplicó la teoría de colas	Cuál fue su resultado
Aplicación de la teoría de colas para optimizar el número de asesores comerciales en la empresa movistar.	Yaqueline Saldaña Medina	Se aplico la teoría de colas con simulaciones en diferente software para optimizar el número de trabajadores, así mismo identificando el número de empleados para mejora el tiempo de espera de los usuarios.	Llego a la conclusión que al aplicar la simulación que el humero de se asesores será de 14, por lo que se redujo los tiempos de espera y al mismo tiempo mejora la eficacia del servicio con un 1.62%.

3.2 Análisis

Después de leer varios artículos, tesis, revistas, etc., en donde se aplica la teoría de colas, se recopiló información donde se reflejan los siguientes resultados.

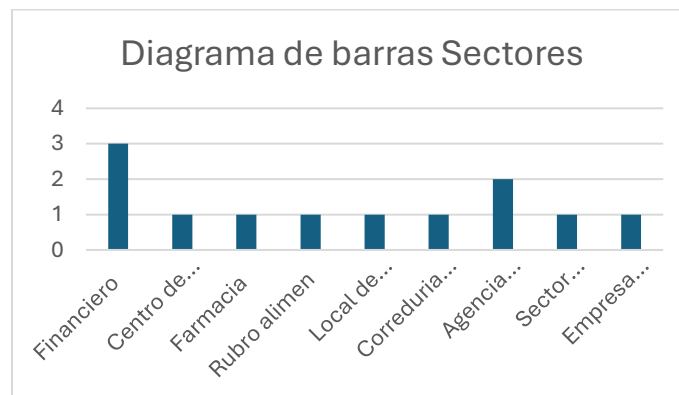


Ilustración 7 Tipos de sectores, (Elaboración propia).

En la Ilustración 7 se observa que la teoría de colas se aplica principalmente en los sectores financiero y en agencias bancarias, debido a la alta demanda de atención al cliente. Esta situación suele estar asociada a la falta de servidores en los establecimientos, lo que genera tiempos de espera prolongados. Al implementar la teoría de colas, es posible optimizar estos tiempos y mejorar la eficiencia del servicio, lo cual contribuye a garantizar la satisfacción de los usuarios.

Si bien la teoría también se ha aplicado en otros sectores, su uso es menos frecuente, lo que indica que su impacto es más limitado y se manifiesta principalmente en momentos de saturación del servicio. Por ello, esta herramienta resulta especialmente útil en sectores con alta interacción con clientes, donde la mejora en la gestión de tiempos y recursos puede marcar una diferencia significativa.

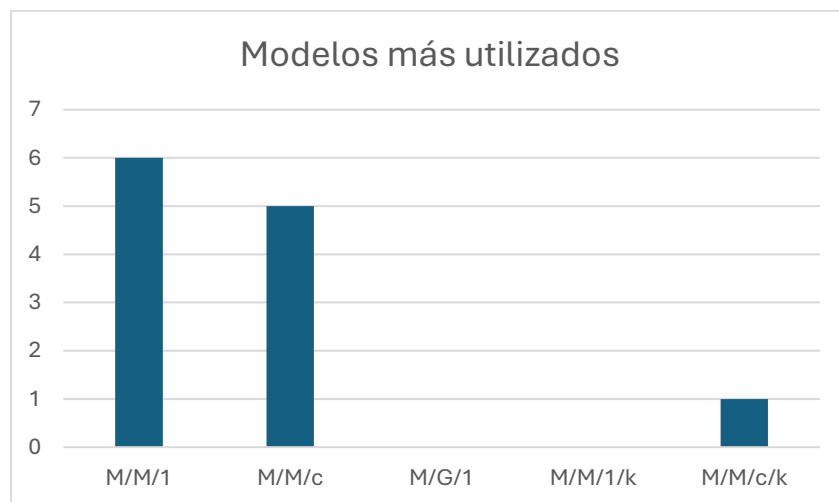


Ilustración 8 Modelos más utilizados en la teoría de colas, (Elaboración propia)

En la Ilustración 8 se muestra que los modelos más utilizados son el M/M/1 y el M/M/k, ya que resultan ser los más adecuados para aplicarse en sectores con alta demanda. Estos modelos son recomendables porque permiten una atención al cliente más simple y eficiente, ya sea con un solo servidor (M/M/1) o con múltiples servidores (M/M/k).

La frecuencia con la que se emplean resalta la importancia de optimizar sistemas en contextos donde la demanda es elevada y los recursos disponibles son limitados. Por ello, su aplicación resulta fundamental para mejorar la gestión del servicio y reducir los tiempos de espera.

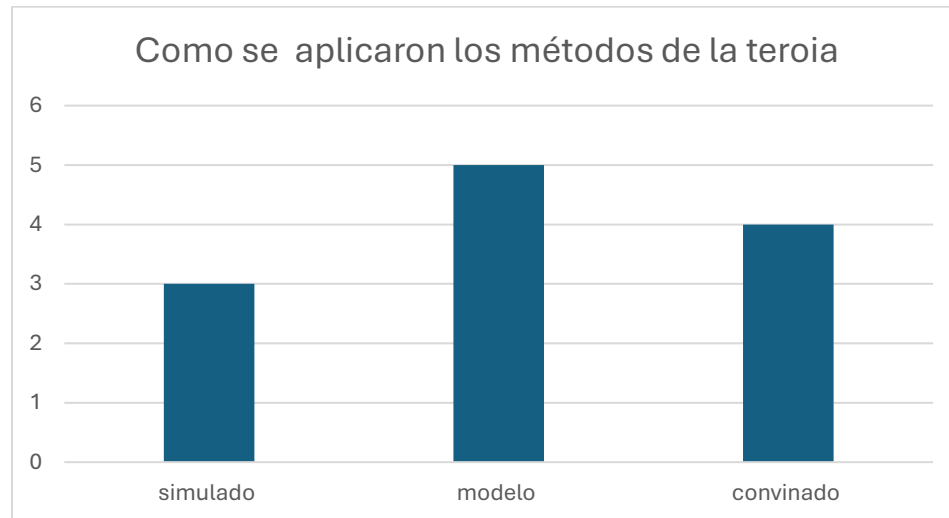


Ilustración 9 Métodos de aplicación, (Elaboración propia).

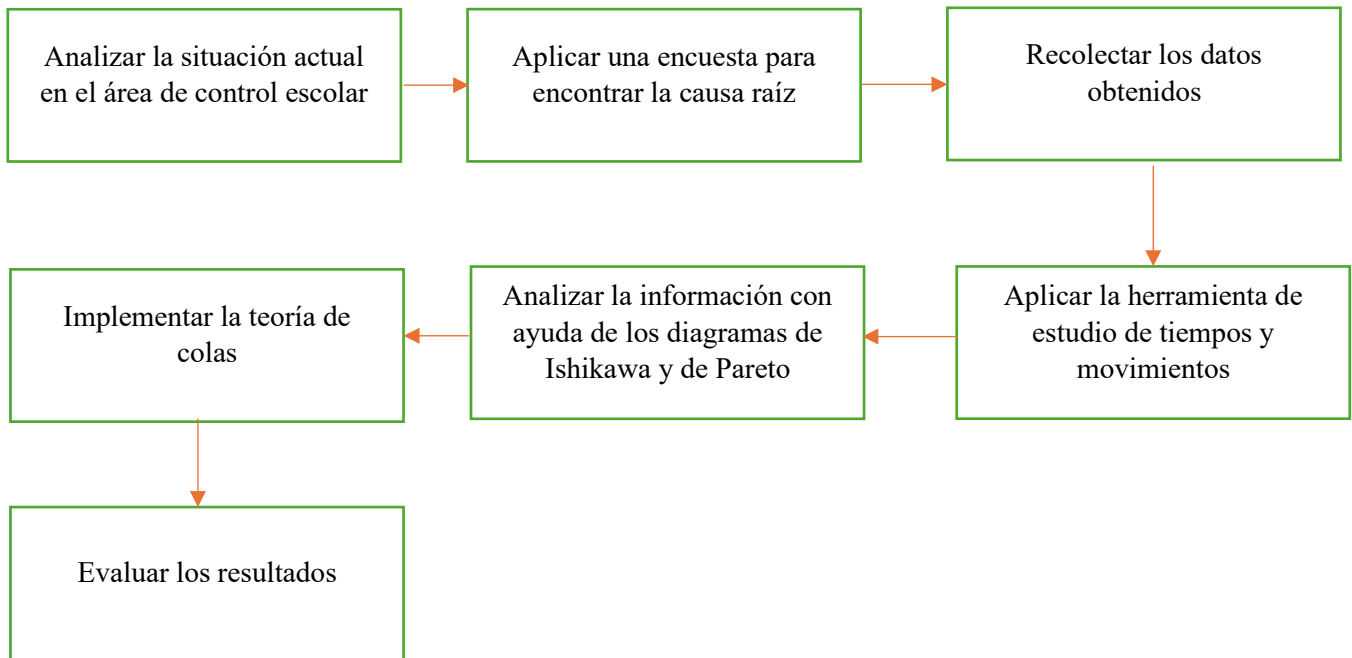
En la Ilustración 9 se observa que el modelo matemático es el método **principalmente utilizado**, ya que destaca en los artículos revisados por su facilidad de aplicación y efectividad en sistemas con **alta** demanda. No obstante, el enfoque combinado que integra el modelo matemático con la simulación también se presenta como una alternativa sólida para abordar sistemas **de mayor complejidad**.

Aunque la simulación se emplea con **menor frecuencia**, su aplicación resulta especialmente útil en aquellos casos donde los modelos analíticos no logran adaptarse de manera adecuada al comportamiento del sistema. Aun así, sigue siendo una herramienta **significativa**.

Por lo tanto, resulta viable aplicar ambos enfoques modelo matemático y simulación de manera complementaria, ya que esto permite obtener resultados más completos y comparar el comportamiento del sistema antes y después de implementar la teoría de colas.

Capitulo IV. Metodología

4. 1 Metodología



4.2 Descripción de la metodología

a) **Analizar la situación actual en el área de control escolar:** En esta actividad se realiza un estudio sobre el estado actual del área de control escolar. Con el objetivo de conocer los problemas y las ineficiencias que se presentan en el área de control escolar para poder dar posibles soluciones al área. Lo que se aplicó la observación directa para detectar cuales eran los problemas que se estaban presentando en el periodo de inscripciones y reinscripciones.

b) **Aplicar una encuesta para encontrar la causa raíz:** Se diseña una encuesta de satisfacción dirigida a los estudiantes. Con el fin de obtener la causa raíz de los problemas que se están presentando en el área de control escolar. Basándose en las respuestas de los estudiantes. Esta encuesta será por medio de un formulario en el que los estudiantes tendrán que escanear el QR para poder contestar la encuesta.

c) **Recolectar los de datos obtenidos:** En esta actividad se recolectan los datos obtenidos tanto cuantitativos como cualitativos que se obtuvieron mediante la encuesta aplicada a los estudiantes.

d) **Aplicar la herramienta de estudio de tiempos y movimientos:** En esta fase se aplica esta herramienta para eliminar tiempos y movimientos innecesarios para luego poder optimizar y mejorar la eficiencia del área de control escolar. Para poder aplicar esta herramienta primero se tiene que seleccionar el área de trabajo lo que en este caso son las ventanillas de control escolar, se registra el proceso actual, analizar el proceso, se toma el tiempo de cada actividad que están realizando, se establece el tiempo estándar, se propone una mejora para el proceso, se capacita al personal y se aplica.

e) **Analizar la información:** Los resultados recolectados se analizan con ayuda de algunas herramientas de calidad que son; el diagrama de Ishikawa y el diagrama de Pareto, lo que nos permitió identificar las causas raíz del problema. Este análisis puede incluir métodos estadísticos, gráficos, y otras herramientas analíticas para interpretar la información de manera efectiva.

f) **Implementar la teoría de colas:** La teoría de colas se aplica para optimizar los procesos relacionados con el flujo de trabajo del área de control escolar. Esto implica los tiempos de espera y mejora del servicio al estudiante

g) **Evaluar los resultados:** Finalmente, se lleva a cabo una evaluación completa para medir el impacto de las acciones implementadas. Se comparan los resultados con la situación inicial, se analizan las mejoras logradas y se determinan áreas que todavía requieren atención.

Capitulo V. Resultados y discusión

5.1 Analizar la situación actual de control escolar

Paso 1.

En este paso de mi metodología se analizó la situación actual de control escolar mediante un análisis de observación directa, por lo que se fueron tomando fotos para describir las actividades innecesarias, como en la tabla 14:

Tabla 14 Análisis de observación, (Elaboración propia).

Imagen	Descripción
 <i>Ilustración 10 Evidencia del área de control escolar (Elaboración propia)</i>	En la imagen se puede observar que el personal se encuentra fuera de su puesto por lo que se genera cuellos de botella y una pérdida de tiempo. También se puede ver que el espacio con el que cuenta el departamento de control escolar está bastante ocupado con cajas y materiales almacenados en diferentes áreas del lugar.

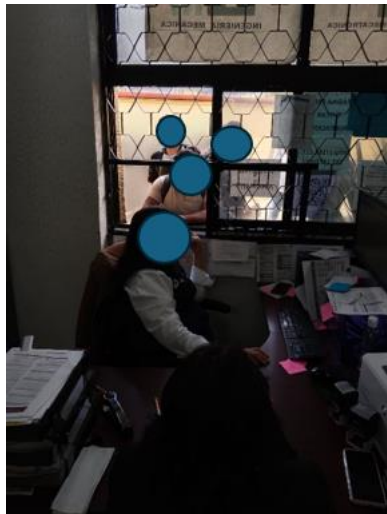


Ilustración 11 evidencias del área de control escolar, en el proceso de reinscripciones, (Elaboración propia).

Se puede observar en la imagen que se está generando un cuello de botella en la ventanilla 3, como podemos ver el empleado le está explicando al estudiante por qué no puede hacer su carga de materias completas, por lo que se está generando una fila de estudiantes esperando su turno para poder ser atendidos, por lo que está ocasionando la eficiencia del proceso de atención al alumno.



Ilustración 12 Evidencia del área de control escolar, (Elaboracion propia).

En la imagen se puede observar que hay una acumulación excesiva de alumnos, y también se observa que no hay un orden en donde se puedan ver las filas, por lo que está provocando que los alumnos estén insatisfechos con el servicio. Esto quiere que hay una alta demanda de estudiantes, por lo que indica que se puede presentar un cuello de botella y esto estará afectando el servicio y la experiencia del alumno.

Se realizó un estudio actual sobre la situación en la que se está trabajando en el área de control escolar. Con el objetivo de conocer los problemas que se están presentando. Mediante el análisis de observación directa, se pudieron obtener los problemas que se están presentando, que impactan negativamente al servicio que se les brinda a los alumnos. Este primer diagnóstico que se está aplicando brinda áreas de mejora y factores que provocan los cuellos de botella y retrasos a la atención al alumno.

5.2 Aplicación de encuesta de satisfacción a los estudiantes

Paso 2

Se realizó una encuesta la cual fue aplicada a los alumnos de diferentes carreras, para poder detectar los problemas que se están presentando en el área control escolar al momento de brindarles el servicio a los estudiantes, por lo que genera que no estén satisfechos con el servicio. A continuación, se muestran los resultados que se obtuvieron al aplicar la encuesta y encontrar la causa raíz:

Carrera:

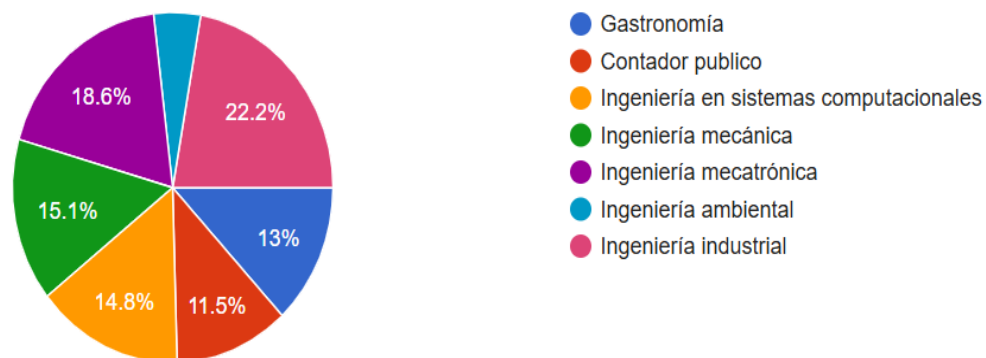


Ilustración 13 Carreras con las que cuenta la escuela, (Elaboración propia).

En la Ilustración 13, en la gráfica de pastel se puede observar todas las carreras que conforma la institución educativa, por lo que la carrera con mayor matriculas es la de ingeniería industrial por lo que es en donde se encuentran más problemas de servicio.

Con la siguiente escala califique usted su apreciación del servicio que recibe

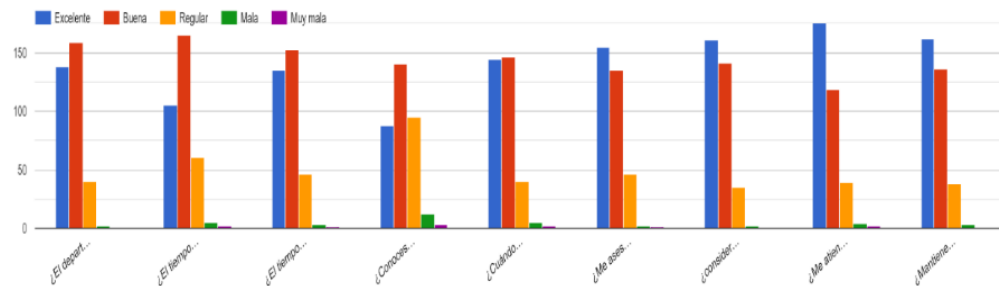


Ilustración 14 Apreciación del servicio, (Elaboración propia)

En la Ilustración 14, en la gráfica de barras se puede observar que la mayoría de los estudiantes contestaron que la atención que se brinda en el área de control escolar es excelente y bueno pero por otro lado existe una cantidad de alumnos que su respuesta fue negativa con el servicio del departamento, por lo que nos permite con esa cantidad poder hacer una mejora al área.

¿Cuánto tiempo le toma inscribirse en ventanilla?

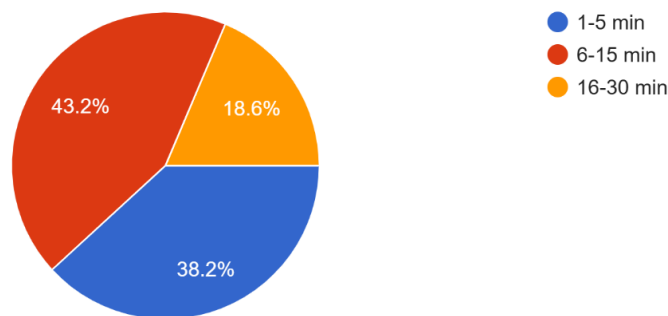


Ilustración 15 Tiempo que se tarda en ventanilla, (Elaboración propia).

En la Ilustración 15, se obtuvieron los resultados que muestra la gráfica donde se puede observar que la mayoría de los estudiantes se tardan entre 6 y 15 min en inscribirse o reinscribirse en ventanilla, aunque una proporción significativa de estudiantes (18.6%) contestaron que se tardan entre 16 y 30 min

en inscribirse en ventanilla, lo que puede indicar posibles áreas de mejora en el proceso y así reducir los tiempos de espera y hacer el proceso más eficiente.

¿Qué inconvenientes se le presenta a la hora de inscribirse?

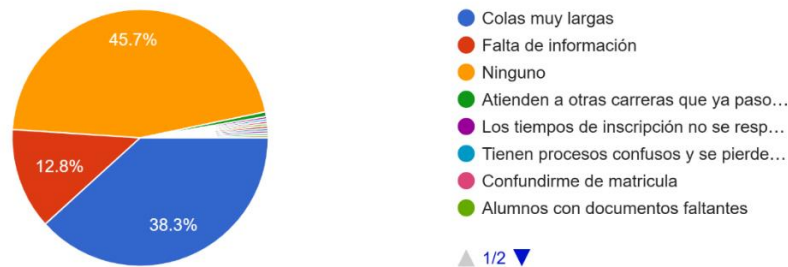


Ilustración 16 Los inconvenientes que se presentan, (Elaboración propia).

Se observa en la Ilustración 16, que la mayoría de los estudiantes (45.7%) contestaron que no tienen ningún inconveniente, pero sin embargo el (38.3%) respondieron que las colas son muy las lo que representan un obstáculo, por lo que el tiempo de espera es un problema significativo para la mayoría de los estudiantes y eso causa que no están satisfechos. Además, se presenta otro inconveniente que el (12.8%) de los alumnos contestaron la falta de información por lo que presenta que hace falta la comunicación e información para el proceso de reinscripción, se consideran como futuras mejoras en las experiencias para los estudiantes.

Tiempo de respuesta del personal a las consultas

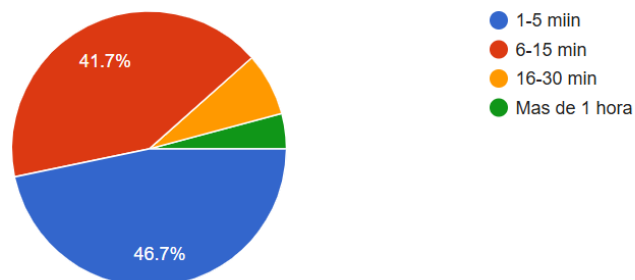


Ilustración 17 Tiempo de respuesta del personal, (Elaboración propia).

En la ilustración 17, se puede observar en la gráfica que el (46.7%) de los estudiantes tardan entre 1 y 5 min en tener respuesta por parte del personal, mientras que un (41.7%) de los estudiantes se tardan de 6 a 15 min en que les resuelvan una duda, aunque no es un tiempo excesivo, si es algo prolongado, por lo que se van generando las colas porque van llegando más estudiantes para ser atendidos. Por otro lado, tenemos otras dos opciones que el porcentaje menor, por lo que hay una minoría que experimenta tiempos de espera largos y eso indica que se podría ser un beneficio para hacer mejoras en el sistema.

¿Cuánto tiempo le toma cargar sus materias a su semestre que cursara?

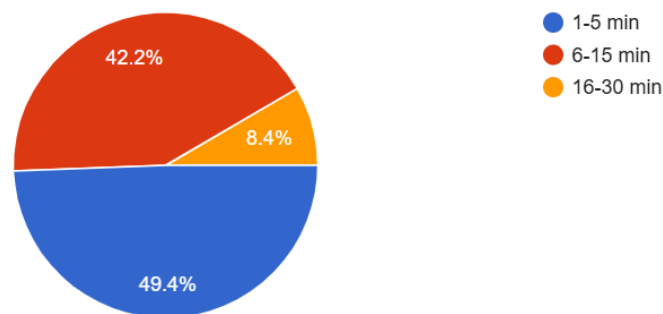


Ilustración 18 Tiempo que se tardan al cargar sus materias, (Elaboración propia).

En la ilustración 18, se puedes mostrar que la mayoría de los estudiantes respondieron que al momento de hacer la carga de materias se tardan 5 min, pero la otra parte nos indica que se tardan mas de 15 minutos en hacer su carga de materias por lo que se podría ver una área de mejora para optimizar el tiempo.

¿Todas las ventanillas de control escolar están abiertas para atenderte?

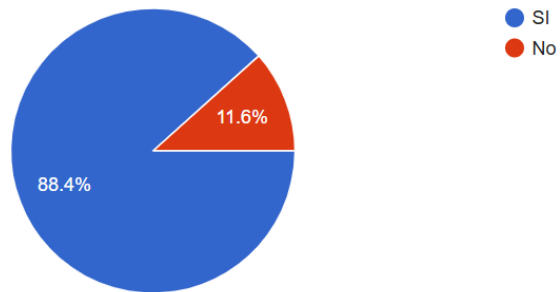


Ilustración 19 Ventanillas que se encuentran abiertas, (Elaboración propia).

En la ilustración 19, se muestra que el 11.6% de los alumnos contestaron que las ventanillas se encuentran cerradas, ya sea que las ventanillas se encuentren cerradas por falta de personal por que los trabajadores no se encuentren en su área de trabajo. Por lo que sería necesario indagar bien el porque se esta generando este porcentaje de alumnos que contestaron que las ventanillas se encuentran cerradas y así poder mejorar la experiencia de todos los alumnos.

Tiempo de respuesta del personal a las consultas

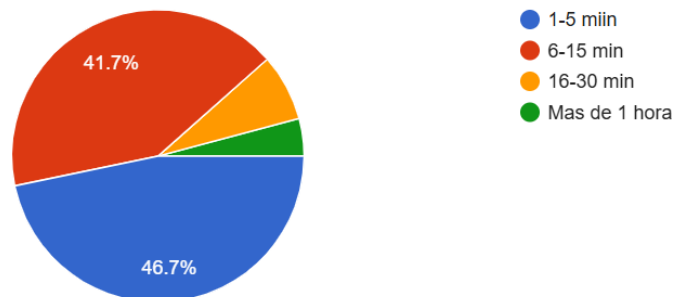


Ilustración 20 Tiempo de respuesta del personal, (Elaboración propia).

En una escala de 1 a 10, donde 1 es muy insatisfecho y 10 es completamente satisfecho, ¿cómo evaluarías tu experiencia general con el proceso de inscripción/reinscripción?

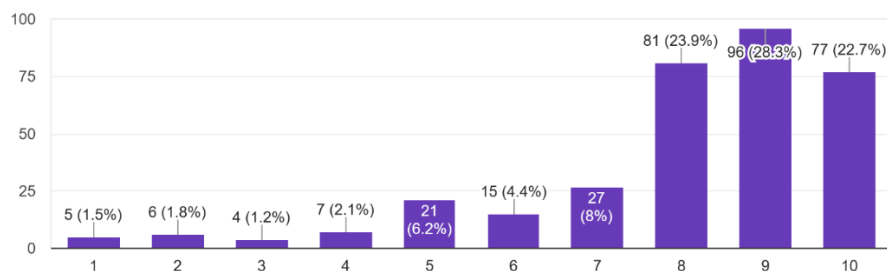


Ilustración 21 Evaluación de satisfacción del servicio, (Elaboración propia).

En la Ilustración 21, tenemos una gráfica de barras se puede observar que un 50% a obtenido una excelente experiencia con la atención que reciben en control escolar, y el otro 50% se dividen en una experiencia regular y no satisfecho.

5.3 Aplicación de estudio de tiempos y movimientos.

Paso 3

En el área de control escolar se tomaron tiempos y movimientos en el proceso de inscripción y reinscripción, por lo que fue una gran ayuda y permitió observar el motivo que provocaba que se hicieran cuellos de botella y que el proceso es tardado. Eso ayudara a eliminar tiempos y movimientos innecesarios para poder optimizar el tiempo de espera y los alumnos estén satisfechos con el servicio que se les brinda. En la siguiente tabla 15, se muestran los tiempos que se tomaron en el periodo de inscripciones y reinscripciones:

Tabla 15 Toma de tiempos, (Elaboración propia).

Usuarios	Tiempo de llegada	Tiempo de salida	Tiempo en la cola (min)	Tiempo de servicio (min)
1	10:00	10:13	0:00	13
2	10:03	10:28	12:39	13
3	10:05	10:46	24:56	13
4	10:09	11:21	31:85	13
5	10:16	11:44	37:75	13
Tiempo promedio observado			106:55=1.75	65

Tabla 16 Toma de tiempos, (Elaboración propia)

Usuarios	Tiempo de llegada	Tiempo de salida	Tiempo en la cola (min)	Tiempo de servicio (min)
1	10:00	10.04	0:00	4:15
2	10:00	10:08	4:15	4:12
3	10.00	10:12	8:27	4:30
4	10:00	10.16	12; 57	4:19
5	10.00	10:20	17:16	4:27
Tiempo promedio observado				

Se tomo una muestra de 5 alumnos por ventanilla con un total de 15 alumnos por las 3 ventanillas

Tabla 17 Toma de tiempos en el periodo de inscripción, (Elaboración propia).

	Ventanilla 1	Ventanilla 2	Ventanilla 3
Persona 1	13 min con 02 seg	13 min con 03 seg	13 min con 06 seg
Persona 2	13 min con 05 seg	13 min con 04 seg	13 min con 04 seg
Persona 3	13 min con 03 seg	13 min con 05 seg	13 min con 07 seg
Persona 4	13 min con 05 seg	13 min con 05 seg	13 min con 07 seg
Persona 5	13 min con 03 seg	13 min con 03 seg	13 min con 09 seg

Para calcular los tiempos en los que se tardan en atender a un alumno en el periodo de reinscripciones se tomó la muestra de 5 alumnos por ventanilla.

Tabla 18 Toma de tiempos en el periodo de reinscripción, (Elaboración propia).

	Ventanilla 1	Ventanilla 2	Ventanilla 3
Persona1	4 min con 15 seg	4 min con 23 seg	4 min con 06 seg
Persona 2	4 min con 30 seg	4 min con 19 seg	4 min con 03 seg
Persona 3	4 min con 43 seg	4 min con 23 seg	4 min con 40 seg
Persona 4	4 min con 12 min	4 min con 57 seg	4 min con 37 seg
Persona 5	4 min con 52 seg	4 min con 49 seg	4 min con 57 seg

Para ello se hizo un análisis en los periodos de inscripción y reinscripción en el área del departamento de control escolar. En ella se utilizó una herramienta de estudio de tiempos y movimientos donde se desglosan las actividades que se fueron realizando y los tiempos estimados que se llevaba realizar cada actividad, por lo que se pudo observar que actividades eran necesarias y que actividades eran innecesarias para el proceso.

5.4 Analizar la información por medio de las herramientas de calidad

Diagrama de flujo actual del área de control escolar, proceso de inscripciones

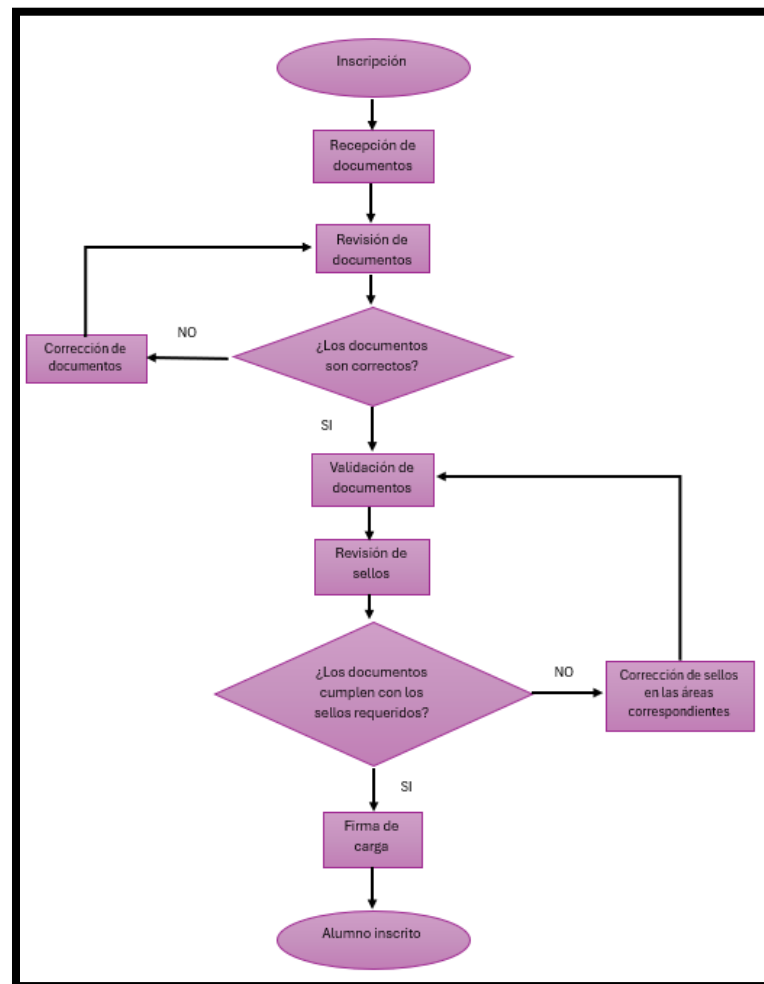


Ilustración 22 Diagrama de flujo inscripciones, (Elaboración propia).

En la ilustración 22, se puede observar el proceso actual de inscripciones en la cual hay muchas áreas de mejora por lo que se recomienda que se mejore el diagrama de proceso para que el proceso sea mas ágil y así disminuya el tiempo de espera y los estudiantes tengan una mejor experiencia en el periodo de inscripciones. Se adjunta Ilustración en anexos.

Diagrama de flujo, proceso en el periodo de reinscripciones:

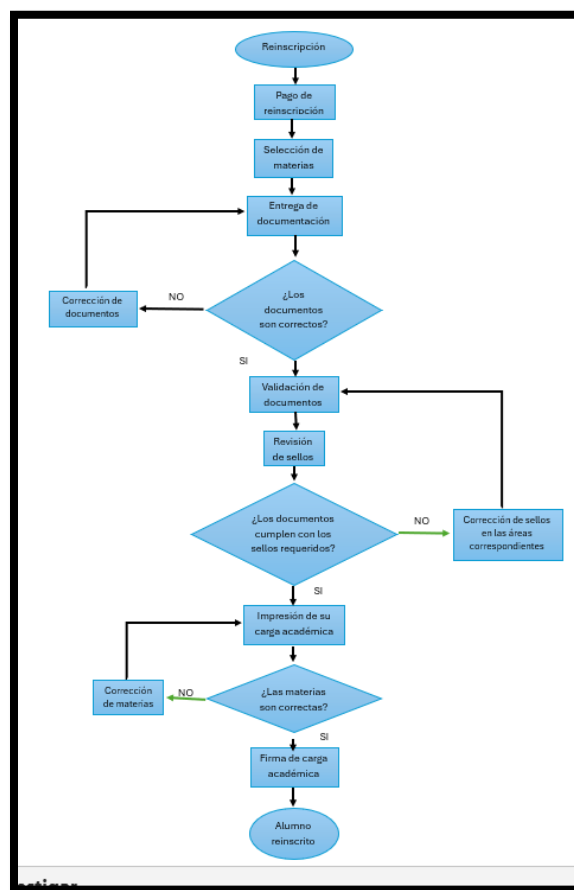


Ilustración 23 Diagrama de flujo reinscripciones, (Elaboración propia).

En la Ilustración 23, se observa que ese es el proceso actual para el proceso de reinscripciones lo que se pueden hacer mejoras en el para que el proceso sea más ágil al momento de reinscribir a los alumnos.

5.4.1 Toma de tiempos y movimientos

Esta información que se obtuvo es importante para optimizar los procesos y mejorar la eficiencia a la atención al alumno. Por lo que en la tabla nos permite detectar los cuellos de botella que se está generando y así mismo se puedan hacer estrategias para las áreas de mejora y así brindar una experiencia excelente al estudiante. En anexos se adjunta ilustración 22.

REINSCRIPCIÓN		RESPONSABLE	TIEMPO ESTIMADO						NECESARIO	NO NECESARIO
ACTIVIDAD	DESCRIPCIÓN									
Selección de materias	El estudiante selecciona las materias que va a cursar en el semestre o periodo siguiente.	estudiante	1 minuto	X						
Validación de requisitos	Se verifica que el estudiante cumpla con los requisitos para las materias seleccionadas (prerrequisitos, pago previo, etc.).	sistema/personal	1 minuto		X					
Pago de reinscripción	El estudiante realiza el pago correspondiente (en línea o en persona).	estudiante	1 minutos	X						
Confirmación de reinscripción	El sistema emite una confirmación de la reinscripción	sistema/personal	1 minuto	X						
Emisión de comprobante	Se genera el comprobante de reinscripción que el estudiante puede descargar o recibir por correo electrónico.	sistema/personal	1 minuto	X						
Verificación de sellos	Asegurar que los sellos de control y tesorería estén intactos o correctamente aplicados	Personal de control escolar	30 segundos	X			X			
Imprimir su carga	Generación de un documento físico que detalle la carga actual de un estudiante o colaborador, que puede incluir materias	Personal de control escolar	1 minuto	X		X				
Hora de comida	Personal o estudiantes pueden detener sus actividades para tomar un descanso y alimentarse.	Personal de control escolar	30 minutos	X		X				
Firma de carga	confirmar la recepción de la carga asignada, ya sea en forma de materiales, documentos o responsabilidades.	Estudiante	1 minuto	X		X				
Quitar materias por error del alumno	Procedimiento administrativo para remover una o más materias que el alumno haya inscrito por error.	personal de control escolar	2 minutos	X		X	X			
Archivo de reinscripción	El personal o el sistema archiva la reinscripción del estudiante en formato físico o digital.	personal de control escolar	1 minutos					X		
TOTAL			6 minutos							

INSCRIPCIÓN		RESPONSABLE	TIEMPO ESTIMADO						NECESARIO	NO NECESARIO
ACTIVIDAD	DESCRIPCIÓN									
Revisión de documentos	El personal revisa que los documentos requeridos para la inscripción estén completos.	Personal de control escolar	2 Minutos		X					
Validación de requisitos académicos	Verificación de que el estudiante cumple con los requisitos académicos para la inscripción.	Personal de control escolar	1 minuto		X					
Corrección de documentos (si aplica)	En caso de errores o faltantes, el estudiante debe corregir o entregar los documentos faltantes.	Estudiante	1 minuto	X		X	X			
Pago de inscripción	El estudiante realiza el pago correspondiente (en línea o en persona).	Estudiante	2 minutos	X						
Confirmación de inscripción	El sistema genera una confirmación de que el estudiante ha sido inscrito.	Sistema/Personal	1.5 Minuto	X						
Entrega de recibo o credencial	El personal entrega al estudiante un comprobante de inscripción o una credencial.	Estudiante	3 minutos			X				
Verificación de sellos	Asegurar que los sellos de control y tesorería estén intactos o correctamente aplicados	Personal de control escolar	30 segundos	X			X			
Imprimir su carga	Generación de un documento físico que detalle la carga actual de un estudiante o colaborador, que puede incluir materias	Personal de control escolar	1 minuto	X		X				
Hora de comida	Personal o estudiantes pueden detener sus actividades para tomar un descanso y alimentarse.	Personal de control escolar	30 minutos	X		X				
Firma de carga	confirmar la recepción de la carga asignada, ya sea en forma de materiales, documentos o responsabilidades.	Estudiante	1 minuto	X		X		X		
Archivo de documentos	El personal archiva los documentos de inscripción en formato físico o digital.	Personal de control escolar	3 minutos					X		
TOTAL			13.5 minutos							

Ilustración 24 toma de tiempos y movimientos, (Elaboración propia).

Como se puede observar en la Ilustración 24, tanto el proceso de inscripciones como el de reinscripciones hay una serie de actividades que están entrelazadas y cada actividad nos permite ver las mejoras de oportunidad que se le pueden hacer, como: calidad del servicio, mejorar el tiempo de espera y los recursos necesarios. Por lo que al implementar una solución al problema que se está presentando que es el tiempo de espera es excesivo, permitirá optimizar el flujo del trabajo, minimizar los tiempos de espera y eliminar los errores.

5.4.2 Diagrama de Ishikawa.

Para la realización del diagrama de Ishikawa se utilizaron los datos que se obtuvieron con la observación directa, encuesta de satisfacción a los clientes, los diagramas de flujo del proceso, y por el estudio de tiempos y movimientos con ellos se puede realizar el diagrama de Ishikawa y poder obtener las causas raíz del problema.

El diagrama de Ishikawa muestra un análisis de las posibles causas que se están presentando en el departamento de control escolar. A través del diagrama se determinan causas con las 6M (mano de obra, medición, materiales, maquina, método y medio ambiente) como posibles causas raíz a este problema. En anexos se adjunta Ilustración 25.

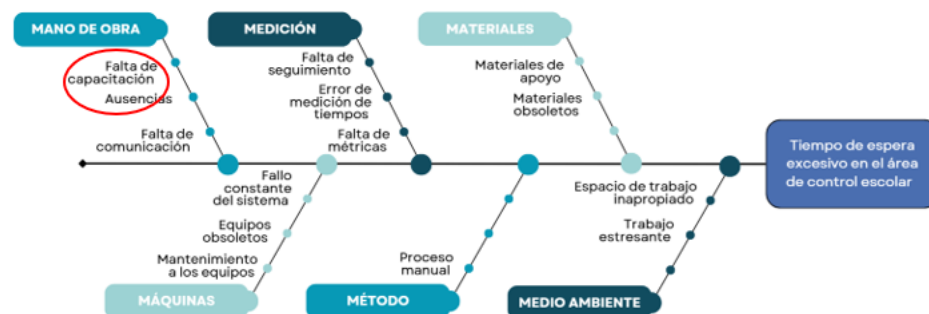


Ilustración 25 Diagrama de Ishikawa, (Elaboración propia).

En la Ilustración 25, se puede observar que en el diagrama de Ishikawa la principal causa que está ocasionando el tiempo de espera excesivo en el área de control escolar es la falta de capacitación al personal, por lo que las habilidades del personal sean lentas y sus actividades que deben de realizar durante el periodo de inscripciones y reinscripciones se retrasen y se genere las filas y el tiempo de espera sea excesivo para los estudiantes y eso causa que los estudiantes estén insatisfechos con el servicio que se les ofrece.

5.4.3 Diagrama de Pareto

Después de haber realizado el diagrama de Ishikawa, se hizo el diagrama de Pareto para darle solución a los primeros problemas que sobre pasan el limite y darles prioridad a dichos problemas.

El diagrama de Pareto presenta un análisis aplicado a las causas del tiempo de espera excesivo del área de control escolar con dos elementos clave (frecuencia) y (porcentaje acumulado). En anexos se adjunta Ilustración 26.

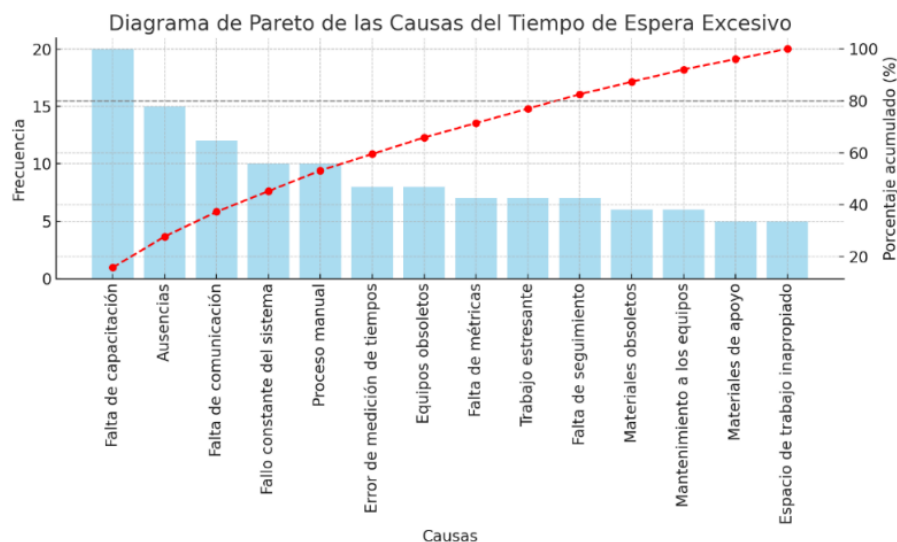


Ilustración 26 Diagrama de Pareto, (Elaboración propia).

Como se puede observar en la Ilustración 26, muestra que en el tiempo de espera excesivo es generado por 3 causas, pero la principal es la falta de capacitación del personal y las otras son las ausencias del personal que no se encuentran en su área de trabajo y la última es la falta de comunicación entre el personal que trabaja en el departamento. Si la causa principal se corrige podría reducir el problema. Si se aplica una estrategia de mejora en estas áreas se mejoraría la eficiencia del departamento, por otro lado, dejando las causas de menor impacto para etapas próximas.

5.5 Implementación de la teoría de colas

Paso 5

Con ayuda de la encuesta que se le aplico a los estudiantes los resultados que arrojo se observo que hay áreas de oportunidad para hacer alguna mejora que es reducir el tiempo de espera, al igual se tomaron los tiempos y movimientos para poder obtener el tiempo en que se tardaban en atender a los estudiantes.

Datos obtenidos aplicando la encuesta y la herramienta de estudio de tiempos y movimientos:

Para obtener la tasa de servicio se calcula de la siguiente manera:

$$\mu \frac{60 \text{ min}}{15 \text{ alumnos}} = 4 \text{ alumnos}$$

- Tasa de llegada (λ): 15 alumnos por hora
- Tasa de servicio (μ): 4 alumnos por hora por cada servidor
- Numero de servidores: 3 ventanillas

Paso 1. La utilización del sistema:

$$\rho = \frac{\lambda}{\mu \cdot s}$$

Con la formula anterior se sustituyen los valores que ya fueron mencionados anteriormente:

$$p = \frac{15}{4 \times 3} = 1.25$$

El valor de 1.25 para ρ significa que la tasa de llegada es 1.25 veces mayor que la capacidad del sistema. Esto indica que el sistema está sobrecargado y no puede estabilizarse, ya que ρ debe ser menor a 1 para que el sistema sea estable.

Paso 2. Probabilidad de que no haya alumnos en el sistema (p_0)

$$P_0 = \left(\sum_{n=0}^{s-1} \frac{(\lambda/\mu)^n}{n!} + \frac{(\lambda/\mu)^s}{s! \cdot (1-p)} \right)^{-1}$$

Como el sistema esta sobrecargado porque siempre se va a encontrar filas en cada ventanilla no se puede calcular, ya que la fórmula para calcular (p_0) es mayor a 1 el valor no es significativo.

Paso 3. Numero promedio de alumnos en el sistema (L):

$$L = L_q + \frac{\lambda}{\mu}$$

Al igual que en el paso anterior no se puede calcular ya que el sistema no tiene un control porque la fila de espera puede ser infinita y para calcular (L) se necesita que ($p < 1$), por lo que es lo contrario el sistema no está estable.

Paso 4. Tiempo promedio de espera en la cola (W_q)

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

Al igual que al número promedio este paso tampoco se puede calcular por que el tiempo de espera también se vuelve infinito.

Haciendo la mejora se aplicará el modelo M/M/4, con ayuda de este modelo se podrá hacer una comparativa con los resultados anteriores y con los resultados aplicando el modelo. Los datos son los mismos, pero ahora en vez de tener 3 servidores ahora serán 5 servidores.

Datos:

Para obtener la tasa de servicio se calcula de la siguiente manera:

$$\mu = \frac{60 \text{ min}}{15 \text{ alumnos}} = 4 \text{ alumnos}$$

- Tasa de llegada (λ): 15 alumnos por hora
- Tasa de servicio (μ): 4 alumnos por hora por cada servidor
- Numero de servidores: 5 ventanillas

Paso 1. La utilización del sistema:

$$\rho = \frac{\lambda}{\mu \cdot s}$$

Con la formula anterior se sustituyen los valores que ya fueron mencionados anteriormente:

$$p = \frac{15}{4 \times 5} = 0.75$$

Esto nos indica que el sistema se encuentra ocupado con un 75%, lo que significa que el sistema está estable para evitar la sobrecarga en el sistema. Esto quiere decir que ($p < 1$) por lo que el sistema no está sobrecargado.

Paso 2. Probabilidad de que no haya alumnos en el sistema (p_0)

$$P_0 = \left(\sum_{n=0}^{s-1} \frac{(\lambda/\mu)^n}{n!} + \frac{(\lambda/\mu)s}{s! \cdot (1-p)} \right)^{-1}$$

$$P_0 = \left(\sum_{n=0}^4 \frac{\left(\frac{15}{4}\right)^n}{n!} \right) = 1 + \frac{3.75}{1} + \frac{3.75^2}{2!} + \frac{3.75^3}{3!} + \frac{3.75^4}{4!}$$

$$1 + 3.75 + 7.03 + 8.79 + 8.27 = 28.84$$

$$\frac{(15/4)^5}{5! (1 - 0.75)} = \frac{30.99}{120 \cdot 0.75} = 1.03$$

$$P_0 = \frac{1}{28.84 + 1.03} + \frac{1}{29.87} = 0.0335$$

Esto nos quiere decir que el 3.35% de probabilidad de que no haya alumnos en el sistema.

Paso 3. Numero promedio de alumnos en el sistema (L):

$$L = L_q + \frac{\lambda}{\mu}$$

$$L_q = \frac{\left(\frac{\lambda}{\mu}\right)^s \cdot p \cdot P_0}{s! \cdot (1-p)^2}$$

$$L_q = \frac{(3.75)^5 \cdot 0.75 \cdot 0.0335}{120 \cdot (0.25)^2} = 2.88$$

$$L = 2.88 + \frac{15}{4} = 2.88 + 3.37 = 6.63$$

El 6.63 significa el promedio del número de alumnos en el sistema.

Paso 4. Tiempo promedio de espera en la cola (W_q)

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

$$W_q = \frac{2.88}{15} = 0.192 \text{ horas} \approx 11.5 \text{ minutos}$$

El promedio de espera en la cola es de aproximadamente de 11.5 minutos

Por lo que al aumentar las 2 ventanillas por lo que el total de ventanillas es de 5, la utilización del sistema se mantiene dentro de un nivel aceptable por lo tanto el tiempo de espera se reduce comparándolo con 3 ventanillas, por lo que mejora la eficiencia del área de control escolar.

Aplicación de la teoría en el periodo de reinscripciones:

- Tasa de llegada (λ): 15 alumnos por hora
- Tasa de servicio (μ): 5 alumnos por hora por cada servidor
- Numero de servidores: 3 ventanillas

Paso 1. La utilización del sistema:

$$\rho = \frac{\lambda}{\mu \cdot s}$$

Con la formula anterior se sustituyen los valores que ya fueron mencionados anteriormente:

$$p = \frac{15}{5 \times 3} = 1$$

El valor de 1 para p significa que la tasa de llegada es 1 mayor que la capacidad del sistema. Esto indica que el sistema está sobrecargado y no puede estabilizarse, ya que p debe ser menor a 1 para que el sistema sea estable.

Paso 2. Probabilidad de que no haya alumnos en el sistema (p_0)

$$P_0 = \left(\sum_{n=0}^{s-1} \frac{(\lambda/\mu)^n}{n!} + \frac{(\lambda/\mu)^s}{s! \cdot (1-p)} \right)^{-1}$$

Como el sistema esta sobrecargado porque siempre se va a encontrar filas en cada ventanilla no se puede calcular, ya que la fórmula para calcular (p_0) es mayor a 1 el valor no es significativo.

Paso 3. Numero promedio de alumnos en el sistema (L):

$$L = L_q + \frac{\lambda}{\mu}$$

Al igual que en el paso anterior no se puede calcular ya que el sistema no tiene un control porque la fila de espera puede ser infinita y para calcular (L) se necesita que ($p < 1$), por lo que es lo contrario el sistema no está estable.

Paso 4. Tiempo promedio de espera en la cola (W_q)

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

Al igual que al número promedio este paso tampoco se puede calcular por que el tiempo de espera también se vuelve infinito. Por lo que al aumentar 2 ventanillas es una gran opción para que el servicio no se sature,

Haciendo la mejora se aplicará el modelo M/M/4, con ayuda de este modelo se podrá hacer una comparativa con los resultados anteriores y con los resultados aplicando el modelo. Los datos son los mismos, pero ahora en vez de tener 3 servidores ahora serán 5 servidores.

Datos:

- Tasa de llegada (λ): 15 alumnos por hora
- Tasa de servicio (μ): 5 alumnos por hora por cada servidor,
- Numero de servidores: 5 ventanillas

Paso 1. La utilización del sistema:

$$\rho = \frac{\lambda}{\mu \cdot s}$$

Con la formula anterior se sustituyen los valores que ya fueron mencionados anteriormente:

$$p = \frac{15}{5 \times 5} = 0.6$$

Esto nos indica que el sistema se encuentra ocupado con un 60%, lo que significa que el sistema está estable para evitar la sobrecarga en el sistema. Esto quiere decir que ($p < 1$) por lo que el sistema no está sobrecargado.

Paso 2. Probabilidad de que no haya alumnos en el sistema (p_0)

$$P_0 = \left(\sum_{n=0}^{s-1} \frac{(\lambda/\mu)^n}{n!} + \frac{(\lambda/\mu)^s}{s! \cdot (1-p)} \right)^{-1}$$

$$P_0 = \left(\sum_{n=0}^4 \frac{\left(\frac{15}{5}\right)^n}{n!} \right) = 1 + \frac{3}{1} + \frac{3^2}{2!} + \frac{3^3}{3!} + \frac{3^4}{4!}$$

$$1 + 3 + 4.5 + 4.5 + 3.375 = 16.375$$

$$\frac{(15/5)^5}{5! (1 - 0.6)} = \frac{243}{120 \cdot 0.4} = \frac{243}{48} = 5.0625$$

$$P_0 = \frac{1}{16.375 + 5.0625} = \frac{1}{21.4375} = 0.0467$$

Esto nos quiere decir que el 4.67% de probabilidad de que no haya alumnos en el sistema.

Paso 3. Numero promedio de alumnos en el sistema (L):

$$L = L_q + \frac{\lambda}{\mu}$$

$$L_q = \frac{\left(\frac{\lambda}{\mu}\right)^s \cdot p \cdot P_0}{s! \cdot (1 - p)^2}$$

$$L_q = \frac{\left(\frac{15}{5}\right)^5 \cdot 0.6 \cdot 0.0467}{120 \cdot (1 - 0.6)^2}$$

$$L_q = \frac{243 \cdot 0.6 \cdot 0.0467}{120 \cdot 0.16} = 0.3547$$

$$L = 0.3547 + \frac{15}{5} = 0.3547 + 3 = 3.3547$$

El 3.35 significa el promedio del número de alumnos en el sistema.

Paso 4. Tiempo promedio de espera en la cola (W_q)

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

$$W_q = \frac{0.3547}{15} = 0.0236 \text{ horas} \approx 1.42 \text{ minutos}$$

El promedio de espera en la cola es de aproximadamente de 1.42 minutos

Con estos resultados que nos arrojó nos está indicando que el sistema es eficiente y el tiempo de espera es muy baja gracias al número de servidores.

5.6 Evaluación de la implementación de la teoría de colas y de las mejoras del proceso

Paso 6

En la tabla de estudios de tiempos y movimientos se eliminaron las actividades innecesarias para que el proceso sea más ágil en el periodo de inscripciones y reinscripciones, como se puede mostrar en la ilustración 27.

ACTIVIDAD	DESCRIPCIÓN	RESPONSABLE	TIEMPO ESTIMADO						NECESARIO	NO NECESARIO
Selección de materias	El estudiante selecciona las materias que va a cursar en el semestre o periodo siguiente.	estudiante	30 segundos	X						
Validación de requisitos	Se verifica que el estudiante cumpla con los requisitos para las materias seleccionadas (prerrequisitos, pago previo, etc.).	sistema/personal	30 segundos		X					
Pago de reinscripción	El estudiante realiza el pago correspondiente (en línea o en persona).	estudiante	40 segundos	X						
Confirmación de reinscripción	El sistema emite una confirmación de la reinscripción	sistema/personal	10 segundos	X						
Emisión de comprobante	Se genera el comprobante de reinscripción que el estudiante puede descargar o recibir por correo electrónico.	sistema/personal	10 segundos	X						
Verificación de sellos	Asegurar que los sellos de control y tesorería estén intactos o correctamente aplicados	Personal de control escolar	10 segundos	X			X			
Imprimir su carga	Generación de un documento físico que detalle la carga actual de un estudiante o colaborador, que puede incluir materias	Personal de control escolar	20 segundos	X		X				
Hora de comida	Personal o estudiantes pueden detener sus actividades para tomar un descanso y alimentarse.	Personal de control escolar	30 minutos	X		X				
Firma de carga	confirmar la recepción de la carga asignada, ya sea en forma de materiales, documentos o responsabilidades.	Estudiante	20 segundos	X		X				
Quitar materias por error del alumno	Procedimiento administrativo para remover una o más materias que el alumno haya inscrito por error.	personal de control escolar	30 segundos	X		X	X			
Archivo de reinscripción	El personal o el sistema archiva la reinscripción del estudiante en formato físico o digital.	personal de control escolar	10 segundos					X		
TOTAL			4 minutos							

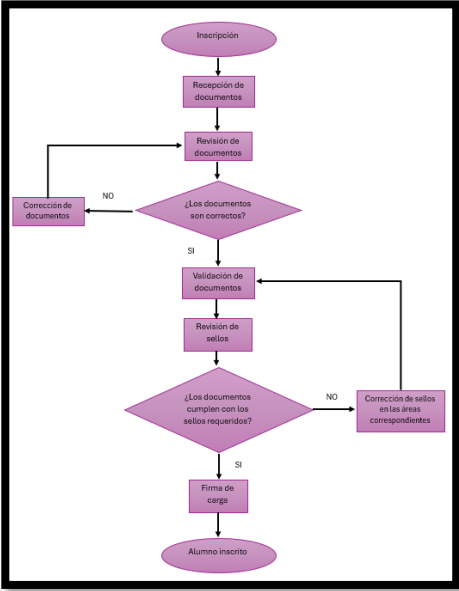
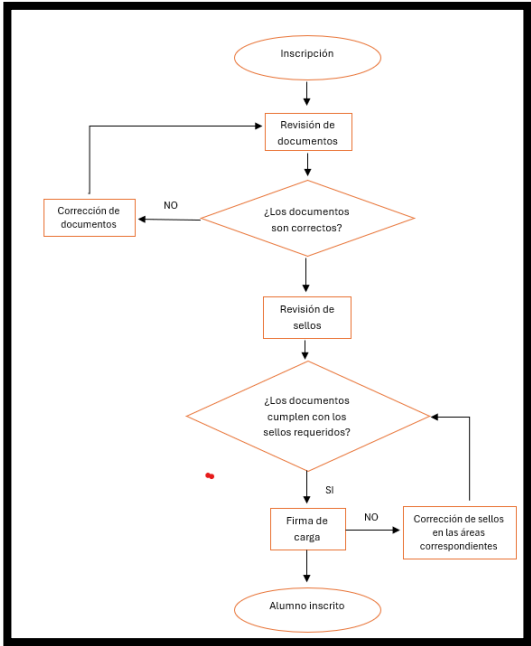
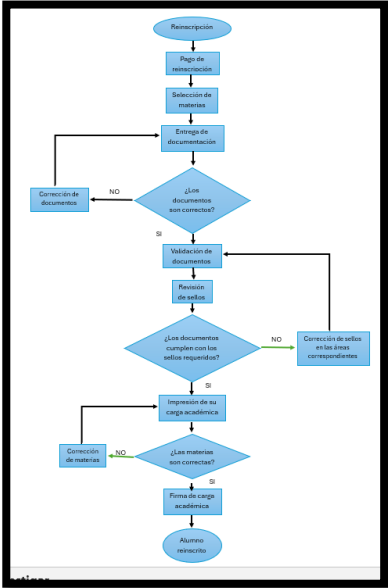
	INSCRIPCION									
ACTIVIDAD	DESCRIPCIÓN	RESPONSABLE	TIEMPO ESTIMADO						NECESARIO	NO NECESARIO
Revisión de documentos	El personal revisa que los documentos requeridos para la inscripción estén completos.	Personal de control escolar	2 Minutos		X					
Validación de requisitos académicos	Verificación de que el estudiante cumple con los requisitos académicos para la inscripción.	Personal de control escolar	1 minuto		X					
Corrección de documentos (si aplica)	En caso de errores o faltantes, el estudiante debe corregir o entregar los documentos faltantes.	Estudiante	1 minuto	X		X	X			
Pago de inscripción	El estudiante realiza el pago correspondiente (en línea o en persona).	Estudiante	2 minuto	X						
Entrega de recibo o credencial	El personal entrega al estudiante un comprobante de inscripción o una credencial.	Estudiante	2 minutos			X				
Imprimir su carga	Generación de un documento físico que detalle la carga actual de un estudiante o colaborador, que puede incluir materias	Personal de control escolar	1 minuto	X		X				
Hora de comida	Personal o estudiantes pueden detener sus actividades para tomar un descanso y alimentarse.	Personal de control escolar	30 minutos	X		X				
Firma de carga	confirmar la recepción de la carga asignada, ya sea en forma de materiales, documentos o responsabilidades.	Estudiante	1 minuto	X		X		X		
Archivo de documentos	El personal archiva los documentos de inscripción en formato físico o digital.	Personal de control escolar	1 minutos					X		
TOTAL			11.3 minutos							

Ilustración 27 Mejora en el proceso, diagrama de estudios de tiempos y movimientos, (Elaboración propia).

Diagrama de flujo de inscripciones

En la tabla 27, se puede mostrar el diagrama de flujo del proceso actual de inscripciones y reinscripciones, donde se hizo algunas mejoras al proceso y se combinaron algunas actividades para que el proceso no sea tan largo y sea más ágil tanto para el personal como para los estudiantes.

Tabla 19 Comparativa del diagrama de flujo actual y mejorado, (Elaboración propia).

PROCESO ACTUAL	PROCESO MEJORADO
 <pre> graph TD A([Inscripción]) --> B[Recepción de documentos] B --> C[Revisión de documentos] C --> D{¿Los documentos son correctos?} D -- NO --> E[Corrección de documentos] E --> C D -- SI --> F[Validación de documentos] F --> G[Revisión de sellos] G --> H{¿Los documentos cumplen con los sellos requeridos?} H -- NO --> I[Corrección de sellos en las áreas correspondientes] I --> G H -- SI --> J[Firma de carga] J --> K([Alumno inscrito]) </pre>	 <pre> graph TD A([Inscripción]) --> B[Revisión de documentos] B --> C{¿Los documentos son correctos?} C -- NO --> D[Corrección de documentos] D --> B C -- SI --> E[Revisión de sellos] E --> F{¿Los documentos cumplen con los sellos requeridos?} F -- NO --> G[Corrección de sellos en las áreas correspondientes] G --> E F -- SI --> H[Firma de carga] H --> I([Alumno inscrito]) </pre>
 <pre> graph TD A([Reinscripción]) --> B[Pago de reinscripción] B --> C[Selección de materias] C --> D[Entrega de documentación] D --> E{¿Los documentos son correctos?} E -- NO --> F[Corrección de documentos] F --> D E -- SI --> G[Validación de documentos] G --> H[Revisión de sellos] H --> I{¿Los documentos cumplen con los sellos requeridos?} I -- NO --> J[Corrección de sellos en las áreas correspondientes] J --> H I -- SI --> K[Impresión de su carga académica] K --> L{¿Los materiales son correctos?} L -- NO --> M[Corrección de materiales] M --> K L -- SI --> N[Firma de carga académica] N --> O([Alumno reinscrito]) </pre>	<i>Ilustración 28 Diagrama de flujo mejorado para el proceso de inscripciones y reinscripciones, (Elaboración propia).</i>
Como se puede observar tanto en el proceso de inscripciones y reinscripciones es muy laborioso y por lo tanto hace que el proceso sea tardado y sea tedioso, por lo que se realizó un diagrama de flujo mejorado para los dos procesos y así sea más ágil el proceso y los estudiantes estén satisfechos con la calidad del servicio.	

Proceso simulado

Después de implementar las mejoras en el proceso de inscripciones y reinscripciones, se realizó una simulación piloto para comparar el desempeño del sistema actual con el sistema mejorado. La principal mejora consistió en aumentar el número de ventanillas de atención de tres a cinco, con el objetivo de evitar la sobrecarga del sistema y agilizar el proceso. En la Ilustración 29 se presenta la simulación del proceso actual, que considera únicamente las tres ventanillas disponibles en el área de control escolar.

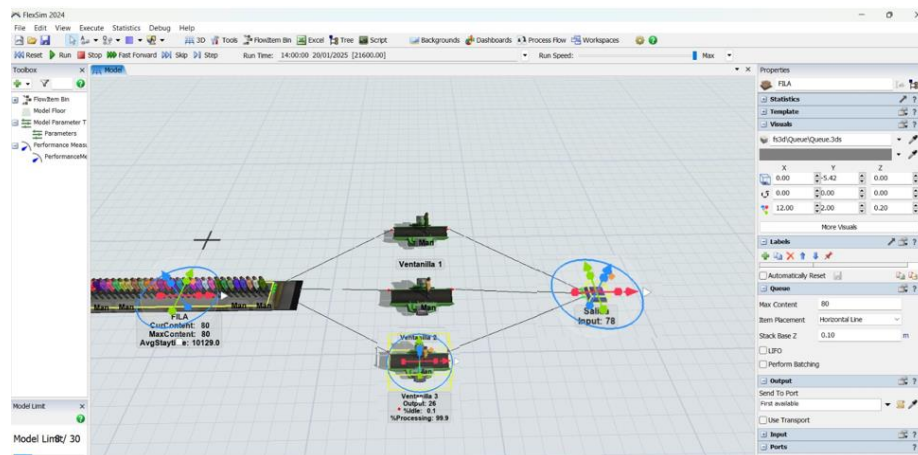


Ilustración 29 Simulación del proceso actual en el área de control escolar, (Elaboración propia).

En la Ilustración 29 como se puede observar que al tener 3 ventanillas para la atención en el periodo de inscripciones el tiempo de servicio por persona en una ventanilla es de 13.5 minutos por lo que en una hora se están atendiendo 4 alumnos por ventanilla, por lo tanto, haciendo la suma de las ventanillas por hora se están atendiendo 12 alumnos, demostrando que no es suficiente para satisfacer la demanda de la matrícula, por lo que está indicando que el sistema esta sobrecargado.

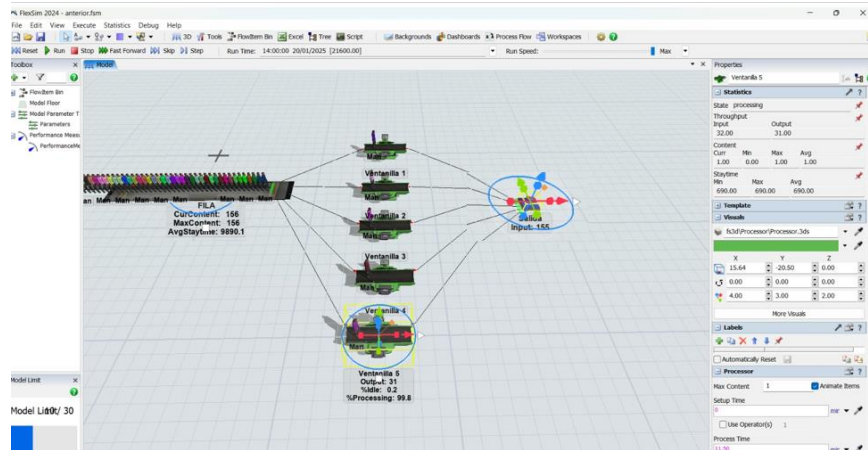


Ilustración 30 Proceso simulado mejorado del área de control escolar, (Elaboración propia)

En la Ilustración 30 se muestra que al aumentar 2 ventanillas el tiempo de atención por alumnos disminuye a 11.5 minutos, por lo que la atención por hora en cada ventanilla es de 5 alumnos, sumando las 5 ventanillas se atienden a 25 alumnos por hora. Mostrando que en la jornada de 6 hora de atención se están atendiendo a 156 alumnos. Al aumentar las 5 ventanillas se logra que el sistema no se vea sobrecargado, ya que, logro disminuir el porcentaje a un 75% de utilización del sistema.

A continuación, se muestra la Ilustración 31 del lay-aut donde se explicaría donde se pretende acomodar las 2 ventanillas.

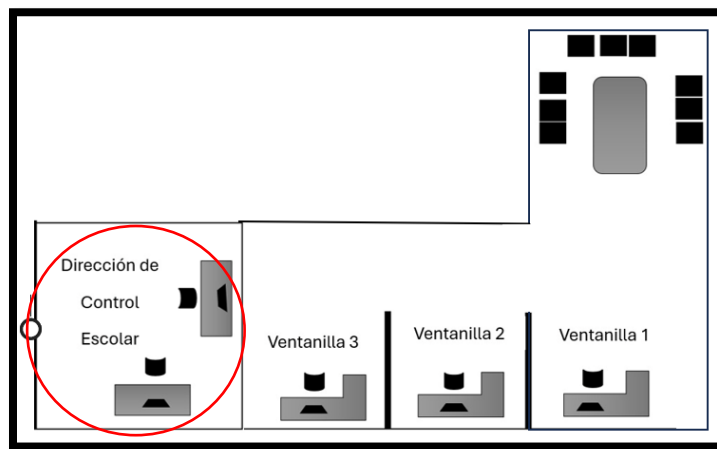


Ilustración 31 Lay-aut del área de control escolar, (Elaboración propia).

En la ilustración 31 se muestra como esta distribuida el área de control escolar, donde se encuentra encerado con un círculo rojo, es donde se aumento las dos ventanillas más, como a continuación se muestra en la ilustración 32.

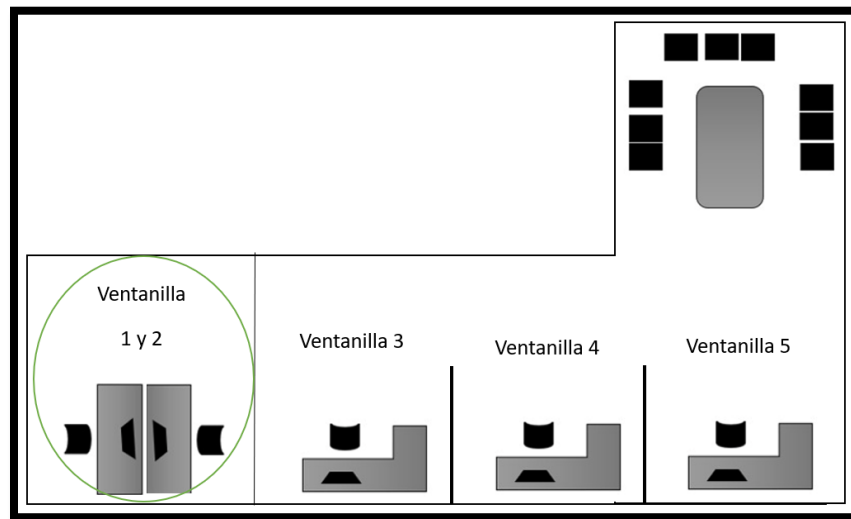


Ilustración 32 Lay out mejorado

Como se mencionó anteriormente, las dos ventanillas adicionales se colocaron en el área donde se encuentra la Dirección de Control Escolar. Este espacio fue aprovechado debido a que, durante los periodos de reinscripción, se registra una alta demanda de estudiantes de todas las carreras y semestres. La instalación de estas dos ventanillas extra permite agilizar el proceso, evitando cuellos de botella y reducir significativamente el tiempo de espera.

5.9 Aplicación de las mejoras y evolución de los resultados en el área de control escolar.

Paso 6

En el periodo de reinscripciones se implementó las dos ventanillas las que se propusieron para mejorar el servicio que se les esta brindando a los estudiantes, así mismo se implementó ayudas visuales para los estudiantes y les sirvieran de ayuda, al igual que se puso a una persona para que fuera revisando el orden de los documentos y que cumplieran con lo solicitado, por lo que las dos ventanillas que se

implementaron se utilizaron para sellar boletas, revisar descuentos y si se presentaba algún problema con algún estudiante.

Las ayudas visuales que se pusieron en cada ventanilla fue de gran ayuda ya que les da un panorama más fácil a los estudiantes de los documentos que tienen que entregar y en que orden para que el proceso sea más fácil y rápido. Las ayudas visuales que se puso se muestran en la imagen ().

Contamos con su apoyo para que el proceso se realice de la mejor manera, te invitamos a leer detenidamente la información. Es importante que revises si cumples con todos y cada uno de los requisitos expuestos en esta convocatoria, ya que, **no se autorizan reembolsos o traspasos por pagos realizados.**

I. DESCARGA DE BOLETA DE CALIFICACIONES FINALES

La descarga de boleta de calificaciones finales se llevará a cabo del **13 al 14 de febrero de 2025**, en la página Web:

<http://ce.test.edu.mx/accesoboleta.aspx>

NOTA:
La página web que se muestra es independiente al sistema SCENet. (Sistema para la carga de asignaturas).
La descarga de la boleta es un requisito para realizar la selección de asignaturas en sistema SCENet.
Tendrás que actualizar tus datos antes de descargar tu boleta.

II. DESCARGA DE FORMATO UNIVERSAL DE PAGO

A partir del **13 de febrero** podrás obtener el recibo de pago de reinscripción, en el portal de pagos de Gobierno del Estado de México:

<https://sfpya.edomexico.gob.mx/recaudacion/>

Organismos auxiliares

- Selecciona el Tecnológico de Estudios Superiores de Tlanguistenco
- Ingresas tus datos personales y de domicilio
- En tipo de **SERVICIO** seleccionas Cuotas
- En **CONCEPTO** es Reinscripción y
- **CANTIDAD** es 1.

III. REQUISITOS PARA REINSCRIPCIÓN

- Actualizar los datos de contacto en la página web de descarga de Boletas:
<http://ce.test.edu.mx/accesoboleta.aspx>
- **No tener adeudos de documentación y/o material** en el Depto. de Control Escolar, Depto. de Servicio Social, Depto. de Desarrollo Académico, Jefaturas de División, Biblioteca y Depto. de Centro de Cómputo.
- Cubrir el pago por concepto del semestre escolar, el recibo de pago lo podrás descargar y pagar a partir del 13 de febrero de 2025 (ver punto II).
- **Estar dentro del término de tiempo (12 semestres)** que se requiere para concluir tu carrera o presentar tu dictamen del Comité Académico en el que se te autorice reinscribirte con alguna situación especial.
- Presentar tu **Boleta de calificaciones finales debidamente firmada** en alguna las ventanillas del Departamento de Control Escolar.

NOTA:
Estos requisitos de acuerdo al capítulo IV del Reglamento para estudiantes de este Tecnológico son indispensables para solicitar el servicio, en caso de faltar alguno de ellos, no podrás realizar tu trámite.

IV. FECHAS DE REINSCRIPCIONES POR CARRERA

HORA	19 de febrero de 2025	20 de febrero de 2025	21 de febrero de 2025	24 de febrero de 2025	25 de febrero de 2025	26 de febrero de 2025	27 de febrero de 2025
	REGULARES			IRREGULARES			
10:00 a 12:00	 ISC Todos los semestres	 ISC Todos los semestres	 ISC Todos los semestres	 ISC Todos los semestres	 ISC Todos los semestres	 ISC Todos los semestres	Traslados y Convalidaciones
12:00 a 14:00	 IA Todos los semestres	 IA Todos los semestres	 IA Todos los semestres	 IA Todos los semestres	 IA Todos los semestres	 IA Todos los semestres	
14:00 a 15:00	 IA Todos los semestres	 IA Todos los semestres	 IA Todos los semestres	 IA Todos los semestres	 IA Todos los semestres	 IA Todos los semestres	

VI. REINSCRIPCIÓN CON ESTÍMULO DE DESCUENTO

Para los estudiantes que requieran el estímulo al aprovechamiento académico destacado deberán cubrir lo establecido en la convocatoria.
Convocatoria de estímulo al aprovechamiento académico destacado:

<https://test.edomex.gob.mx/becas>

Aquellos estudiantes que cuentan con su formato foliado y sellado, deberán realizar el siguiente procedimiento:

1. Realiza la carga académica en la página del sistema de Control Escolar del TEST en la fecha y hora establecida para tu carrera:

página web SCENet: <http://sce.test.edu.mx/>

2. Presenta original y copia del Formato de solicitud en la Jefatura del Depto. de Control Escolar previamente foliado para su autorización.
3. Presenta en ventanilla del Depto. de Control Escolar, la **Boleta de calificaciones finales** firmada y copias del formato de solicitud autorizadas por la jefatura del Depto. de Control Escolar
4. Revisar, firmar y recibir la carga académica en ventanilla del Depto. de Control Escolar.

VII. REINSCRIPCIÓN CON AMPLIACIÓN DE PERIODO DE PAGO

Para los estudiantes que requieran ampliación de periodo de pago de reinscripción, deben cubrir lo establecido en la infografía correspondiente:

Infografía de ampliación de pago: <https://bit.ly/3Lj3A42>

Aquellos estudiantes que cuentan con la ampliación de periodo de pago de derechos de reinscripción autorizado por la Subdirección de Planeación, deberán realizar el siguiente procedimiento:

1. Realiza tu carga académica en la página del sistema de Control Escolar del TEST en la fecha y hora establecida para tu carrera:

página web SCENet: <http://sce.test.edu.mx/>

2. Presenta original y copia del Formato de solicitud en la Jefatura del Depto. de Control Escolar para su autorización.
3. Presenta en ventanilla del Depto. de Control Escolar, **Boleta de calificaciones finales** debidamente firmada y copias del formato de solicitud autorizadas por la jefatura del Departamento de Control Escolar.
4. Revisar y firmar la carga académica en ventanilla del Depto. de Control Escolar.

NOTA:
Tu carga académica la recibirás hasta realizar tu pago de reinscripción correspondiente.

VIII. NOTAS IMPORTANTES

Aquellos estudiantes que solicitaron prórroga o estímulo (no beneficiados), tendrán como **plazo máximo para descargar el Formato Universal de Pago (FUP), el 11 de marzo**, para efectuar el pago no aplica la fecha de vencimiento del FUP.

- Te sugerimos verificar tu número de matrícula, antes de descargar tu FUP.
- La reinscripción es personal.
- En cuanto a cupo de grupos, por su condición académica, los estudiantes regulares tienen preferencia, sin embargo, es tu responsabilidad apegar a las fechas y horarios de reinscripción.
- Cualquier situación o aclaración académica, favor de comunicarte con tu Jefe (a) de División.
- Si cubres el 50% de créditos, estás en posibilidad de registrar el servicio social.
- Si ya cubriste el 80% de créditos, actividades complementarias liberadas, servicio social liberado e inglés liberado, estás en posibilidad de registrar en tu horario residencia profesional.
- Tu carga académica mínima debe ser de 20 créditos y 36 créditos como máxima.
- Si solicitas solo un curso especial deberás ajustarte a la carga mínima; si solicitas 2 cursos especiales NO tendrás derecho a cursar otra asignatura.

Serás sancionado por parte de la Comisión de Honor y Justicia en caso de:
Falsificar documentos escolares o usar indebidamente estos y/o suplantar a una persona en actos que redunden en perjuicio de los intereses del Tecnológico, y del buen funcionamiento de las actividades escolares.

Ilustración 33 Ayuda visual que se puso en ventanillas, (elaboración propia).

Para calcular los tiempos de salida, tiempo en la cola, se explica a continuación:

Tiempo de salida: se calcula sumando el tiempo de llegada + tiempo en la cola + tiempo de servicio, es decir para el usuario 1 se suma; $10:00 + 4:15 + 4:12 = 10:08$.

Y para el tiempo de cola: se calcula de la siguiente manera, tiempo en que inicia el servicio + tiempo de llegada, es decir, el usuario 3 espero a que pasara el usuario 1 y 2, $4:15 + 4:12 = 8:27$.

Una vez puesto las ayudas visuales en cada ventanilla se procede a volvió a tomar los tiempos para hacer una comparativa y ver que tanto disminuyo el tiempo con lo que se implementó y mejoro en el proceso de reinscripciones, en la siguiente tabla 19 se presenta los tiempos con el proceso anterior, la tabla se conforma por 5 apartados, como se muestra a continuación:

Tabla 20 Toma de tiempos del proceso anterior (Elaboración propia).

Usuarios	Tiempo de llegada	Tiempo de salida	Tiempo en la cola (min)	Tiempo de servicio (min)
1	10:00	10:04	0:00	4:15
2	10:00	10:08	4:15	4:12
3	10:00	10:12	8:27	4:30
4	10:00	10:16	12; 57	4:19
5	10:00	10:20	17:16	4:27
Tiempo promedio observado			4min con 58 seg	4 min con 32 seg

A continuación, se muestra los nuevos tiempos con el proceso que se mejoro y con la implementación de las dos ventanillas, tabla 20:

Tabla 21 Nuevos tiempos, (Elaboración propia).

Usuarios	Tiempo de llegada	Tiempo de salida	Tiempo en la cola (min)	Tiempo de servicio (min)
1	10:00	10:01	0:00	1:02
2	10:00	10:02	1:02	1
3	10:00	10:03	2:02	1:21
4	10:00	10:04	3:23	1:04
5	10:00	10:05	4:27	1:13
Tiempo promedio observado			2 min con 10 seg	1 min con 8 seg

En la ilustración 33 se realizó una gráfica para comparar los tiempos promedio de antes y después de la optimización en el periodo de reinscripciones. lo que nos arroja que hubo una reducción significativa en ambos tiempos.

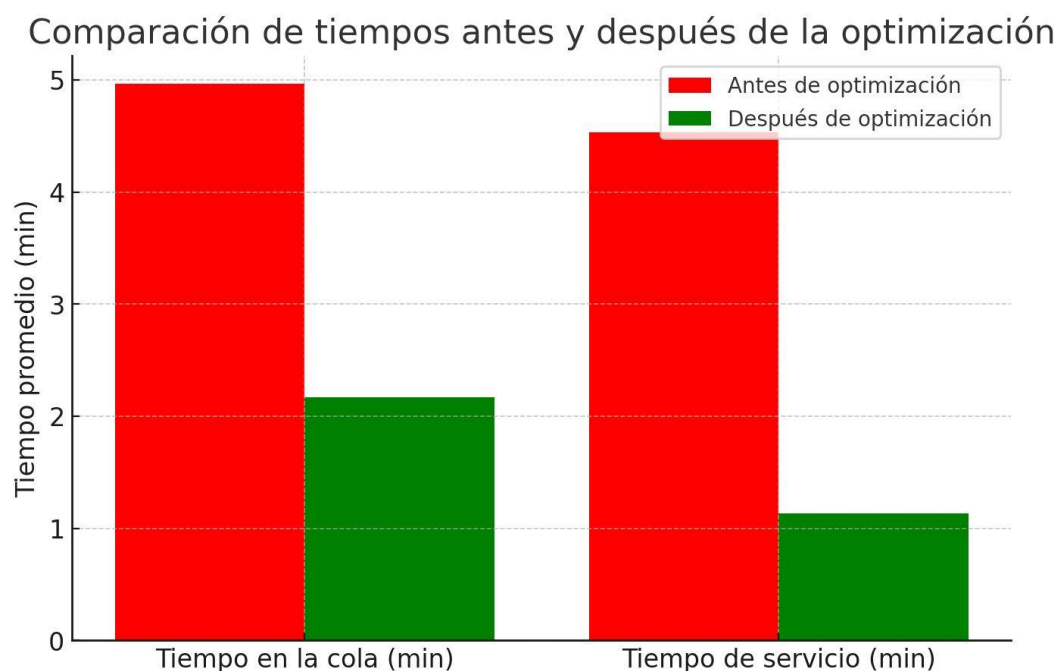


Ilustración 34 Comparación de tiempos de antes y después de la optimización (Elaboración propia)

En la siguiente tabla 21 indica una mejora significativa en dos indicadores en la eficiencia del proceso, que son el tiempo de cola y el tiempo de servicio:

Tabla 22 Comparativa de tiempos, (Elaboración propia).

Tiempo de cola	Tiempo de servicio
De 4 minutos con 58 segundos se redujo a 2 min con 10 segundos.	De 4 minutos con 32 segundos se redujo a un 1 minuto con 8 segundos

El tiempo de cola se refiere al tiempo que una persona espera para ser atendida, los datos que se muestran nos indican una disminución de 2 minutos con 48 segundos, lo que indica una mayor agilidad en el proceso y un tiempo menos perdido para el estudiante.

Por otro lado, el tiempo de servicio se refiere al tiempo en que se toma en atender al estudiante una vez que se comienza para ser atendido, los datos que se muestran indican que hubo una disminución

de 3 minutos con 24 segundos lo que muestra una optimización notable en la mejora que se realizo en el proceso.

Tabla 23 Comparativa (Elaboración propia).

Antes	Después
 <i>Ilustración 35 Proceso de antes, (Elaboración propia)</i>	 <i>Ilustración 36 Proceso actual, (Elaboración propia)</i>
Como se puede observar en la ilustracion 34, no habia una organización cuando llevaban el proceso de antes, los alumnols se encontraban amontonados, lo que no se lograba ver una buena organización.	En la ilustracion 35, se puede observar una fila en la que se puede visualizar una organización en cada ventanilla, lo que con el proceso anterior no se puede ver.

 <i>Ilustración 37 Proceso anterior, (Elaboración propia)</i>	 <i>Ilustración 38 Proceso mejorado, (Elaboración propia)</i>
En la ilustracion 36, como se puede observar no hay un control con los alumnos lo que proboca cuellos de botella y eso es lo que genera que los alumnos se fastidien ya que el tiempo de espera es muy excesivo.	Como se observa en la ilustracion 37, con el proceso actual ya se puede visualizar mejor que hay un orden ya que en cada ventanilla hay un solo alumno y no estan amontonados como en el proceso de antes, al igual, ya se puede ver que en cada ventanilla cuentan con ayudas visuales que les permite a los alumnos un proceso mas facil para que lleven los documentos en orden como se muestran en las ayudas visuales, lo que hace un proceso mas agil.

Una vez realizada la mejora en el proceso se procede a realizar un análisis de costos, en el cual se contemplan 3 factores; personal administrativo, mobiliario y equipo, en la Tabla 23 se muestra desglosado estos factores.

Tabla 24 Costos, (Elaboración propia)

Factores	Costos
Personal	\$8,000.00

Mobiliario	\$11,000.00
Equipo de computo	\$14,000.00
Total	\$33,000.00

Al implementar las 2 ventanillas se determinó que no se generaría ningún costo ya que la institución cuenta con el recurso necesario para llevar a cabo la implementación. Así mismo, se generó el costo donde se puede observar en la tabla 23 el costo total de lo que se gastarían si no contaran con los recursos que se necesitan para aumentar las 2 ventanillas más lo que sería un impacto ya que lo único que se realizaría es un reacomodo del área de control escolar.

Se realizó una encuesta para evaluar la satisfacción de los estudiantes y de los empleados del área de control escolar para saber si estaban satisfechos con el proceso mejorado. Por lo obtuve resultados satisfactorios. En las siguientes imágenes se presentan las encuestas las cuales se realizó una gráfica de pastel para ver los porcentajes de lo que contestaron:

Encuesta aplicada a los estudiantes:

1. ¿Cómo percibes el tiempo de espera en control escolar después de la mejora en el periodo de reinscripciones?
311 respuestas

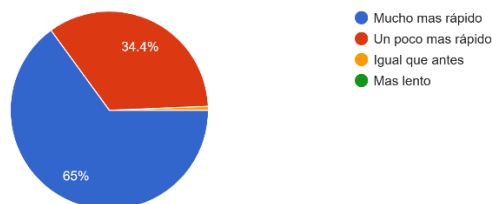


Ilustración 39 Encuesta de satisfacción, (elaboración propia).

2. ¿En cuánto tiempo te atendieron en el periodo de reinscripciones?

311 respuestas

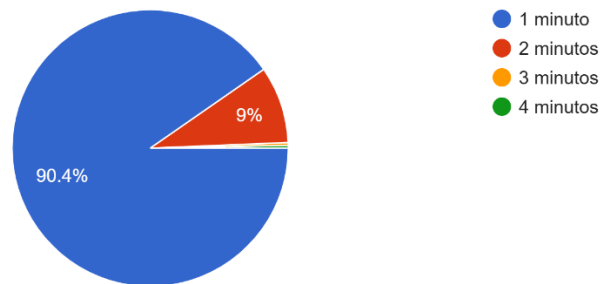


Ilustración 40 Encuesta de satisfacción, (Elaboración propia).

7. ¿Qué tan satisfecho/a estás con la mejora del proceso y la del proceso?

311 respuestas

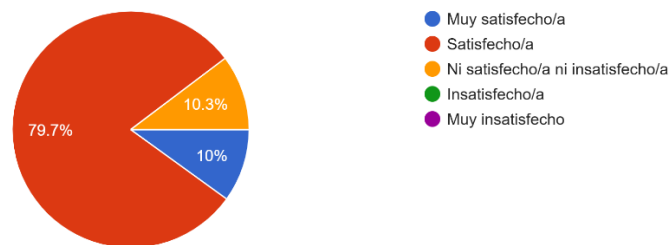


Ilustración 41 Encuesta de satisfacción, (Elaboración propia).

Encuesta de satisfacción aplicada a los empleados del área de control escolar:

5. ¿Considera que el tiempo de espera de los estudiantes para ser atendidos es adecuado?

5 respuestas

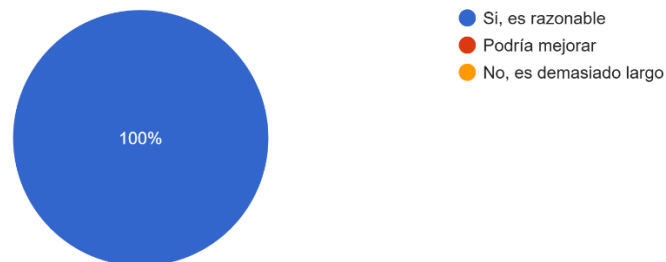


Ilustración 42 Encuesta de satisfacción, (Elaboración propia).

6. ¿Recibe suficiente capacitación después de la mejora en el proceso para mejorar la atención a los estudiantes?

5 respuestas

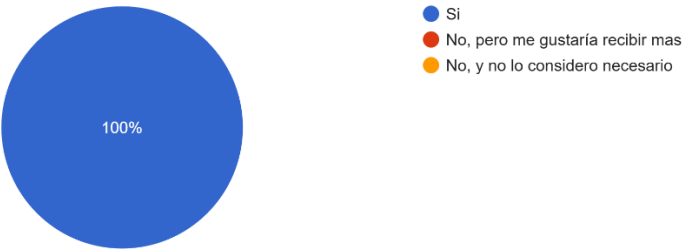


Ilustración 43 Encuesta de satisfacción, (Elaboración propia).

7. ¿Qué tan satisfecho/a está con los procedimientos actuales para la atención a los estudiantes?

5 respuestas

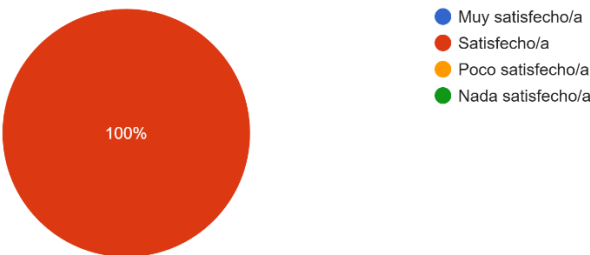


Ilustración 44 encuesta de satisfacción, (Elaboración propia)].

Conclusiones, recomendaciones y experiencia profesional adquirida

Conclusión

El análisis, la optimización del tiempo de espera y la llegada de los estudiantes al área de control escolar son factores importantes para mejorar la eficiencia operativa y la satisfacción del estudiante en el sector educativo. La aplicación del diagrama de Ishikawa permitió que se encontraran las principales causas raíz del problema, para que luego se realizara el diagrama de Pareto que permitió identificar y evaluar las causas más importantes del problema. Para poder llegar estos diagramas se ayudo por medio de la observación directa, las encuestas y la aplicación del estudio de tiempos y movimientos

La implementación de la teoría de colas ha permitido identificar los factores críticos al igual con las encuestas aplicadas a los estudiantes y la toma de tiempos del proceso que se realiza en el periodo de inscripciones y reinscripciones con ello se obtuvieron datos como la variabilidad en la llegada de los estudiantes, el tiempo promedio de espera, la capacidad del personal y la falta de sistemas actualizados y más ágiles.

Los resultados que se obtuvieron muestran que al modelar la teoría de colas mediante la aplicación del modelo M/M/k se logró reducir el tiempo de espera aumentando 2 ventanillas más en total teniendo 5 ventanillas para tener un servicio más ágil que beneficie tanto a los estudiantes como al departamento de control escolar. Por lo tanto, al mejorar el proceso se eliminaron actividades y tiempos innecesarios lo que ya no se generaran cuellos de botellas, con esas mejorar permitiera que el servicio opere con mayor eficacia, incluso en periodos que se presenten alta demanda. Al solo implementar 1 ventanilla mas para que fueran 4 ventanillas era tan conveniente ya que no se veía la optimización del tiempo es por eso que se optó por aumentar las 2 ventanillas mas ya que con esas 2 ventanillas se lograba minimizar el tiempo de espera.

Se realizo una simulación en el software de FlezSim que ha permitido visualizar el comportamiento del sistema con las 2 ventanillas que se aumentaron. Gracias a la optimización implementada, el tiempo promedio en la cola se redujo en aproximadamente un **55.7%**, pasando de 4 minutos con 58 segundos a 2.2 minutos. Asimismo, el tiempo de servicio disminuyó en un **73.3%**,

reduciéndose de 4.5 a 1.2 minutos. Estos resultados reflejan una mejora significativa en la eficiencia del proceso

Implementando la teoría de colas y simulando al mismo tiempo se podrá notar la mejora en el área de control escolar, logrando un equilibrio la capacidad de la atención y la calidad del servicio. Al simular el modelo que se implanto al área de control escolar se noto como funcionaria el sistema si se aumentan las 2 ventanillas más. Es fundamental continuar evaluando y ajustando los modelos en función de los cambios en la demanda y las necesidades de los usuarios, garantizando así la sostenibilidad de las mejoras alcanzadas.

Recomendaciones

- **Implementación de tecnologías:** esto permitirá que los estudiantes puedan agendar una cita en caso de tener alguna duda, también se podrían subir los documentos al sistema que piden en físico para agilizar el proceso de inscripciones y reinscripciones.
- **Capacitar al personal:** es importante brindarles capacitación al personal para que sepan qué hacer cuando algún alumno tenga algún problema en el sistema y en el uso de sistemas de atención implementados.
- **Redistribución;** permitirá que el área se observe limpia y con mayor espacio, así mismo asignar personal en periodo con mayor demanda eso permitirá la reducción de tiempos de espera.
- **Simplificar el proceso:** identificar procesos innecesarios y reducirlos.
- **Sistema continuo:** analizar el proceso y realizar evaluaciones a la atención que se esta brindando a los estudiantes mediante la simulación, esto permitirá poder modificar los modelos de la teoría de colas según la demanda que se este presentando en los periodos de inscripciones y reinscripciones asegurando que el proceso siga siendo eficiente.

- **Comunicación:** tener una comunicación efectiva con los estudiantes seria una estrategia adicional. Asimismo, implementar encuestas de satisfacción a los estudiantes lo que permitirá identificar áreas de mejora del personal.

Competencias por asignatura

Asignatura	Competencia	Aplicación
Fundamentos de investigación	Aplicación de los elementos de investigación para elaborar escritos académicos de su entorno laboral.	Investigación, fuentes de investigación y técnicas de redacción.
Estadística I	Aplica los conceptos de la teoría para organizar, clasificar, analizar e interpretar datos para decisiones en aplicaciones de industrial y logística	Se implemento la herramienta matemática que es la teoría de colas para dar una mejora al área de control escolar.
Estudio del trabajo	Aplica adecuadamente las herramientas de calidad para resolver problemas prácticos.	Se realizaron algunas herramientas de calidad para obtener la causa raíz del principal problema.
Administración de proyectos	Planea y organiza actividades, así como, integra, dirige y controla recursos en tiempo y aplicando herramientas de la gestión de proyectos.	Análisis y características principales de la teoría de colas que se investigaron en diferentes artículos.
Taller de investigación I	Presenta en plenaria el prototipo del proyecto de investigación.	Análisis de la implementación de la teoría de colas.
Taller de investigación II	Consolida el protocolo para ejecutar la investigación y obtener productos para su explosión, defensa y gestión de su transcendencia.	Resultados de la implementación de la teoría de colas en al área de control escolar.

Referencias

- Acosta, J. D. C. O., Solver, V.G., & Molina, A. I. P. (2017). Herramientas para el análisis de causa raíz (ACR). 3c Empresa: Investigación y pensamiento crítico, (1), 1-9.
- Arévalo, J. A. (2016). Aplicación De La Teoría De Colas Al Problema De Atención Al Cliente Para La Optimización Del Número De Cajeros En Ventanillas En La Organización Bcp.
- Arias, L. M. P., Montoya, L. A., & Henao, S. A. F. (2010). Análisis de líneas de espera a través de teoría de colas y simulación. *Scientia et technica*, 3(46), 56-61.
- Estrada, R. C., Pin, M. P., Solórzano, A. T., & Cevallos-Torres, L. (2019). Aplicacion de un modelo híbrido de teoria de colas y algoritmo evolutivo para medir la optimizacion en el servicio de atencion al cliente en un local de comidas rápidas. *Ecuadorian Science Journal*, 3(1), 15-22.
- Fermoso, F. J. P., García, J. M. G., & González, A. G. (2011). Aplicaciones de la Teoría de Colas a la provisión óptima de servicios sociales: El caso del servicio de Teleasistencia. *Studies of Applied Economics*, 29(3), ág-907.
- Flores García, C. L., Linares Alvarenga, C. L., & Bonilla Iraheta, J. M. (2009). *Teoría de colas y su aplicación al sistema bancario* (Doctoral dissertation, Universidad de El Salvador).
- Jiménez, F. A. G. (2008). Aplicación de teoría de colas en una entidad financiera: herramienta para el mejoramiento de los procesos de atención al cliente. *Revista Universidad EAFIT*, 44(150), 51-63.
- Lazo, L. S. L. L., & Vivanco, L. P. V. (2023). Modelo para la mejora del servicio de atención al cliente mediante la teoría de colas: caso de estudio de una agencia bancaria. *Interfases*, (017), 146-168.
- Leon Lazo, L. S. L., & Vivanco Vivanco, L. P. (2024). Modelo para la mejora del servicio de atención al cliente mediante la teoría de colas: caso de estudio de una agencia bancaria.

- León Lazo, LSL y Vivanco Vivanco, LP (2024). Modelo de mejora de la atención al cliente mediante la teoría de colas: estudio de caso de una agencia bancaria.
- López Hung, E., & Joa Triay, L. G. (2018). Teoría de colas aplicada al estudio del sistema de servicio de una farmacia. *Revista Cubana de Informática Médica*, 10(1), 3-15.
- Martí, B. V., & Villares, V. V. V. (2017). Aplicación de modelos de teorías de colas a la gestión asistencial en los centros de salud. *Enfermería Investiga: Investigación, Vinculación, Docencia y Gestión*, 2(1), 28-33.
- Palomino Gutierrez, M. R. (2021). Aplicación de teoría de colas en la simulación de escenarios para mejorar el tiempo de espera de los clientes del área operaciones de una agencia bancaria en la ciudad de Trujillo.
- Quiroz Maldonado, B. J., & Coello Escate, S. A. (2021). Aplicación de la teoría de colas para reducir el tiempo de atención del usuario interno de la entidad financiera Mibanco SA 2021.
- Ruiz Castellanos, J., & González Muñoz, L. (2014). *Proyecto de aplicación de teoría de colas: Caso aplicado a departamentos de servicios estudiantiles, UNPHU*. Universidad Nacional Pedro Henríquez Ureña.
- Saldaña Medina, Y. (2020). Aplicación de la teoría de colas para optimizar el número de asesores comerciales en la empresa Movistar.
- Velasquez Silva, L. A. (2020). Análisis del impacto de la aplicación de la teoría de colas en la reducción de tiempos y la satisfacción de clientes en el rubro de alimentos, en los últimos 5 años: una revisión de la literatura científica.
- Vera, P. S. G. (2013). Aplicación de la teoría de colas a la atención al público de una correduría de seguros. *Curso en Universidad Politecnica de Cartagena*.
- Siqueiros, G. F. (2013). Introducción a la teoría de colas y su simulación.

Escobedo Segovia, A. F., & Ojeda Fernandez, D. M. (2024). Influencia de la teoría de colas en la calidad de servicio del banco Interbank, Arequipa-2021.

Eslava Zapata, R., Chacon Guerrero, E. J., MOGROVEJO ANDRADE, J. M., & Valero Valencia, G. A. (2024). Calidad del servicio: un estudio en hoteles con el modelo SERQVUAL. *Aibi revista de investigación, administración e ingeniería. Volumen 12, Número 1, Pág 1-10, Enero-Abril de 2024, ISSN 2346-030X, 12(1 (2024)), 1-10.*

Espinoza, J. R. I. (2021). La calidad de servicio en la administración pública. *Horizonte empresarial*, 8(1), 425-437.

Flores Cuba, D. E., & Santana Alvarez, J. (2024). Teoría de colas y calidad de servicio en la atención de los usuarios de la zona registral N° X-Sede Cusco-2022.

Sauceda, S. A. P. (2025). *Mejora de planta de industria textil* (Doctoral dissertation, Universidad Tecnológica Centroamericana UNITEC).

Hernandez Hernandez, R. M. A. (2025). 7 PASOS PARA LA ESTANDARIZACIÓN DE PROCESOS EN PROINPLASA PROCESADORA INDUSTRIAL DE PLÁSTICO SA DE CV.

Yunis Larrauri, J. J. (2024). Relación entre la calidad del servicio y satisfacción del cliente en una empresa del sector eléctrico, Lima 2023.

Duque, E. (2024, febrero 16). FlexSim | Edutools.

<https://edutools.tec.mx/es/colecciones/tecnologias/flexsim>

Villegas, HVM, Gómez, DG, Vásquez, JAD, Guerrero, RSC, & Pérez, EMO (2024). Impacto de la simulación en FlexSim para rediseñar procesos industriales: Mejora de velocidad y simplificación operativa en sistemas automatizados. *Ciencia Latina: Revista Multidisciplinar*, 8 (6), 3388-3404.

Sánchez Martín, P. (2024). Modelo en SIMIO de las tareas dentro de un A320 por parte de los pilotos.

Anexos

	INSCRIPCION										
ACTIVIDAD	DESCRIPCION	RESPONSABLE	TIEMPO ESTIMADO							NECESARIO	NO NECESARIO
Revisión de documentos	El personal revisa que los documentos requeridos para la inscripción estén completos.	Personal de control escolar	2 Minutos		X						
Validación de requisitos académicos	Verificación de que el estudiante cumple con los requisitos académicos para la inscripción.	Personal de control escolar	1 minuto		X						
Corrección de documentos (si aplica)	En caso de errores o faltantes, el estudiante debe corregir o entregar los documentos faltantes.	Estudiante	1 minuto	X		X		X			
Pago de inscripción	El estudiante realiza el pago correspondiente (en línea o en persona).	Estudiante	2 minuto	X							
Confirmación de inscripción	El sistema genera una confirmación de que el estudiante ha sido inscrito.	Sistema/Personal	1.5 Minuto	X							
Entrega de recibo o credencial	El personal entrega al estudiante un comprobante de inscripción o una credencial.	Estudiante	3 minutos			X					
Verificación de sellos	Asegurar que los sellos de control y tesorería estén intactos o correctamente aplicados	Personal de control escolar	30 segundos	X				X			
Imprimir su carga	Generación de un documento físico que detalle la carga actual de un estudiante o colaborador, que puede incluir materias	Personal de control escolar	1 minuto	X		X					
Hora de comida	Personal o estudiantes pueden detener sus actividades para tomar un descanso y alimentarse.	Personal de control escolar	30 minutos	X		X					
Firma de carga	confirmar la recepción de la carga asignada, ya sea en forma de materiales, documentos o responsabilidades.	Estudiante	1 minuto	X		X			X		
Archivo de documentos	El personal archiva los documentos de inscripción en formato físico o digital.	Personal de control escolar	3 minutos						X		
TOTAL			13.5 minutos								

	REINSCRIPCION										
ACTIVIDAD	DESCRIPCION	RESPONSABLE	TIEMPO ESTIMADO							NECESARIO	NO NECESARIO
Selección de materias	El estudiante selecciona las materias que va a cursar en el semestre o periodo siguiente.	estudiante	1 minuto	X							
Validación de requisitos	Se verifica que el estudiante cumpla con los requisitos para las materias seleccionadas (prerrequisitos, pago previo, etc.).	sistema/personal	1 minuto		X						
Pago de reinscripción	El estudiante realiza el pago correspondiente (en línea o en persona).	estudiante	1 minutos	X							
Confirmación de reinscripción	El sistema emite una confirmación de la reinscripción	sistema/personal	1 minuto	X							
Emisión de comprobante	Se genera el comprobante de reinscripción que el estudiante puede descargar o recibir por correo electrónico.	sistema/personal	1 minuto	X							
Verificación de sellos	Asegurar que los sellos de control y tesorería estén intactos o correctamente aplicados	Personal de control escolar	30 segundos	X				X			
Imprimir su carga	Generación de un documento físico que detalle la carga actual de un estudiante o colaborador, que puede incluir materias	Personal de control escolar	1 minuto	X		X					
Hora de comida	Personal o estudiantes pueden detener sus actividades para tomar un descanso y alimentarse.	Personal de control escolar	30 minutos	X		X					
Firma de carga	confirmar la recepción de la carga asignada, ya sea en forma de materiales, documentos o responsabilidades.	Estudiante	1 minuto	X		X					
Quitar materias por error del alumno	Procedimiento administrativo para remover una o más materias que el alumno haya inscrito por error.	personal de control escolar	2 minutos	X		X		X			
Archivo de reinscripción	El personal o el sistema archiva la reinscripción del estudiante en formato físico o digital.	personal de control escolar	1 minutos						X		
TOTAL			6 minutos								

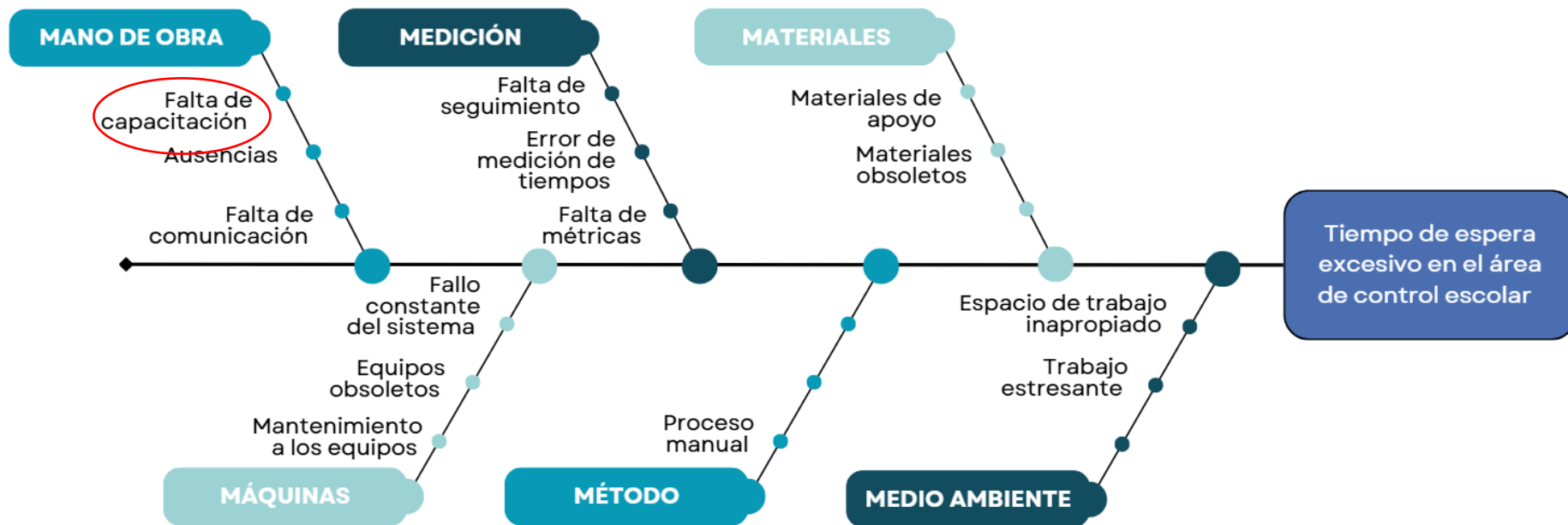


Diagrama de Pareto de las Causas del Tiempo de Espera Excesivo

