



UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA

SEDE CUENCA

CARRERA DE INGENIERÍA AUTOMOTRIZ

PROPUESTA DE METODOLOGÍA ANALÍTICA JERÁRQUICA PARA LA TOMA DE
DECISIONES MULTICRITERIO EN UNA FLOTA DE TRANSPORTE

Trabajo de titulación previo a la obtención del
título de Ingeniero Automotriz

AUTORES: BRYAN ISRAEL GUAMÁN ARAUJO

LUIS ISMAEL IZQUIERDO PICHISACA

TUTOR: ING. CRISTIAN LEONARDO GARCÍA GARCÍA, PhD.

Cuenca - Ecuador

2023

CERTIFICADO DE RESPONSABILIDAD Y AUTORÍA DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

Nosotros, Bryan Israel Guamán Araujo con documento de identificación N° 0302904347 y Luis Ismael Izquierdo Pichisaca con documento de identificación N° 0302799416; manifestamos que:

Somos los autores y responsables del presente trabajo; y, autorizamos a que sin fines de lucro la Universidad Politécnica Salesiana pueda usar, difundir, reproducir o publicar de manera total o parcial el presente trabajo de titulación.

Cuenca, 18 de julio del 2023

Atentamente,



Bryan Israel Guamán Araujo

0302904347



Luis Ismael Izquierdo Pichisaca

0302799416

CERTIFICADO DE CESIÓN DE DERECHOS DE AUTOR DEL TRABAJO DE TITULACIÓN A LA UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA

Nosotros, Bryan Israel Guamán Araujo con documento de identificación N° 0302904347 y Luis Ismael Izquierdo Pichisaca con documento de identificación N° 0302799416, expresamos nuestra voluntad y por medio del presente documento cedemos a la Universidad Politécnica Salesiana la titularidad sobre los derechos patrimoniales en virtud de que somos autores del Proyecto técnico: “Propuesta de metodología analítica jerárquica para la toma de decisiones multicriterio en una flota de transporte”, el cual ha sido desarrollado para optar por el título de: Ingeniero Automotriz, en la Universidad Politécnica Salesiana, quedando la Universidad facultada para ejercer plenamente los derechos cedidos anteriormente.

En concordancia con lo manifestado, suscribimos este documento en el momento que hacemos la entrega del trabajo final en formato digital a la Biblioteca de la Universidad Politécnica Salesiana.

Cuenca, 18 de julio del 2023

Atentamente,



Bryan Israel Guamán Araujo

0302904347



Luis Ismael Izquierdo Pichisaca

0302799416

CERTIFICADO DE DIRECCIÓN DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

Yo, Cristian Leonardo García García con documento de identificación N° 0103898318, docente de la Universidad Politécnica Salesiana, declaro que bajo mi tutoría fue desarrollado el trabajo de titulación: PROPUESTA DE METODOLOGÍA ANALÍTICA JERÁRQUICA PARA LA TOMA DE DECISIONES MULTICRITERIO EN UNA FLOTA DE TRANSPORTE, realizado por Bryan Israel Guamán Araujo con documento de identificación N° 0302904347 y por Luis Ismael Izquierdo Pichisaca con documento de identificación N° 0302799416, obteniendo como resultado final el trabajo de titulación bajo la opción Proyecto técnico que cumple con todos los requisitos determinados por la Universidad Politécnica Salesiana.

Cuenca, 18 de julio del 2023

Atentamente,

A handwritten signature in blue ink, consisting of several loops and a horizontal line, positioned above a horizontal line.

Ing. Cristian Leonardo García García, PhD.

0103898318

DEDICATORIA

El presente proyecto significa mucho para mi vida profesional, quiero primero agradecer a dios por darme la sabiduría y el entendimiento, pero sobre todo por ayudarme a ser mejor persona, siempre me eh encomendado a él y siempre ha estado conmigo en todo momento, a mis padres Papi Guimo y mami Mayra por haber sido mis pilares fundamentales en este proceso de formación. Ellos han sido mi inspiración a lo largo de todo este transcurso de mi vida, quiero que sepan que sin ellos no hubiera llegado a donde estoy y que todo se lo debo a ellos, sé que fue un camino difícil, sé que a veces tuve muchas ganas de rendirme, pero mis padres siempre estuvieron a mi lado, y agradezco tanto a dios por haberme dado unos padres tan maravillosos.

Para mis hermanos, Danny e Isaías, ellos siempre han estado para mi apoyándome y dándome ánimos para poder avanzar y no quedarme en el suelo.

A mis abuelitos papi Lucho y mami María, que a pesar de todo siempre había una bendición y un “Mijo que dios te bendiga”, ellos nunca dejaron de apoyarme y siempre estuvieron

acompañándome en el transcurso no solo de mi carrera sino de mi vida en general.

Bryan Israel Guaman Araujo

AGRADECIMIENTO

Quiero agradecer primeramente a dios por ayudarme a salir adelante en mi vida profesional, así también quiero agradecer a mis padres por el apoyo fundamental que me han dado a lo largo de este tiempo, podría decir que sin el apoyo de ellos no hubiera llegado tan lejos. A cada uno de mis familiares que siempre estuvieron al pendiente de mí, que siempre estuvieron preguntando de si talvez ya almorcé o merendé, eso significo mucho para mí.

Como no agradecer a cada uno de mis amigos, amigos que me permitieron compartir varios momentos de alegría y así mismo de tristeza.

También quiero agradecer a mi compañero confidente Luis Izquierdo, que junto a él logramos sacar adelante este proyecto, que gracias a nuestro esfuerzo y dedicación lo logramos, a pesar de que hubo muchos conflictos como cualquier compañero, a pesar de eso siempre estuvimos saliendo adelante para poder cumplir nuestro objetivo.

Como no agradecer a mi maestro y tutor de tesis Ing. Cristian García, para mi más que un profesor es un amigo que siempre estuvo con

nosotros apoyándonos con su paciencia para así poder salir adelante y sus enseñanzas que fueron de mucha ayuda y decirle que gracias a él, vamos a ser muy grandes en la vida.

Bryan Israel Guaman Araujo

DEDICATORIA

El presente trabajo de titulación quiero dedicárselo primeramente a Dios y la Virgen de Guadalupe que me han guiado por el buen camino a lo largo de este proceso universitario.

Siempre dedicare eternamente y compartiré todos los triunfos que tenga en esta vida con mis padres; papi Luis, mami Laly, mis hermanas Linda y Bry, y a mi sobrino Morrrys por apoyarme en el proceso universitario y sobre todo por estar conmigo en las buenas, malas y peores desde el momento que me arriesgue a seguir esta carrera significativa, siempre se han sacrificado para que no me falte nada durante este proceso reitero quedo eternamente agradecido con mi familia por enseñarme, guiarme, apoyarme y enseñarme los valores para ser la persona que soy ahora, esto es para papa y para mama.

Para mi abuelito Gerardo, el abuelito que me vio triunfar desde el cielo también es para él, me ha inculcado los valores para ser una persona de bien, a pesar de no estar presente físicamente me ha cuidado y me ha guiado, gracias abuelito por ser mi fiel compañero. Para mi abuelita

Chocha y para la ñañita Martha también les quiero dedicar, ya que fueron mis dos pilares fundamentales y mis inspiración para salir adelante, ya que siempre serán mis dos segundas madres desde el día que llegue a sus vidas.

Quiero agradecer a las personas que formaron parte de este proceso familiares, amigos, compañeros de aula, compañeros de la selección de Universidad Politécnica Salesiana y personas cercanas a mí que me han acompañado a lo largo de este proceso.

Luis Ismael Izquierdo Pichisaca

AGRADECIMIENTO

El presente trabajo de titulación quiero agradecer nuevamente a Dios y la Virgen de Guadalupe que me han guiado por el buen camino a lo largo de este proceso universitario.

Siempre estaré agradecido con los dos pilares fundamentales que me dio la vida el uno me enseñó a estar preparado para la vida “Mami Laly” y el otro me enseñó a enfrentar la vida sin estar preparado “Papi Luis” estoy eternamente agradecido con mis padres por brindarme y apoyarme en todo momento estoy agradecido con Dios y con la vida por darme una familia que no tiene comparación con nadie.

Quiero agradecer a mis hermanas que formaron parte de este proceso a mis hermanas “Linda y Bry”, que me apoyaron en todo momento y no dejarme caer en los problemas más difíciles que enfrente en el transcurso de la universidad, no puede faltar el alma de la casa mi sobrino el rey de la casa, mi chiquito que me vio sonreír y llorar por momentos difíciles que se presentó durante este proceso universitario en lo académico y deportivo.

Hay que dar las gracias a mis tíos Rigoberto N, Vilma P, Javier P, Germania P, Camilo P, que

han estado en todo momento apoyándome, aconsejándome y bríndame su apoyo en los momentos más duros que me tocó vivir en el ámbito académico y deportivo.

Hay que agradecer a las personas que me acompañaron a lo largo de este camino y las personas que siempre han estado y que estarán siempre; Kevin O, Kimmy O, Galilea R, Domenika Q, Pamela F, Adonis L, Bryan N, Mauricio N, Danilo N y Diego P, también agradecer a las personas que conocí durante este proceso que se han vuelto indispensables e importantes para mi vida Nathaly A, Nathalia V, Erick S, Geovanny M, Geovanny P y Sebastián G.

Agradezco a mi tutor de tesis el ingeniero Cristian Garcia por guiarnos, acompañarnos y tenernos paciencia durante el proceso de elaboración de proyecto de titulación. Al igual que a mi hermano y compañero de tesis Bryan G que trabajo hasta el último momento conmigo.

Luis Ismael Izquierdo Pichisaca.

RESUMEN

Este trabajo de titulación está enfocado en una técnica de análisis multicriterio que se utiliza para la toma de decisiones en situaciones donde existen múltiples criterios a considerar. Esta metodología es útil en la gestión de flotas de transporte, que busca beneficiar a la población que está destinada a una flota de transporte, para lo cual se genera una toma de decisiones cuantificada que les ayudara a lo largo de su trabajo para así evitar problemas al momento de tener que tomar una decisión en sistemas automotrices en general.

Se propondrá una metodología para mejorar tanto sistemas, equipos y elementos que requieran la implementación de una toma de decisión, en función de ello se genera un análisis jerárquico, basándose principalmente en la metodología multicriterio (AHP) y con la investigación previa se propone una solución de un caso en una flota de transporte.

A continuación, se procede a realizar un estudio teórico sobre las metodologías de la toma de decisiones multicriterio para enfocarse en las soluciones hacia los problemas ya mencionados.

Se conocerá la problemática de los diferentes sistemas aplicados en las flotas de transporte para la aplicación de un caso, y con estas problemáticas, para esto se propone una aplicación de la metodología jerárquica en la solución de un caso en la industria.

Palabras clave: *Gestión de mantenimiento, Mantenimiento computarizado, Metodología analítica jerárquica, Toma de decisiones.*

ABSTRACT

This degree work is focused on a multicriteria analysis technique that is used for decision making in situations where there are multiple criteria to consider. This methodology is useful in the management of transport fleets, which seeks to benefit the population that is assigned to a transport fleet, for which quantified decision-making is generated that will help them throughout their work in order to avoid problems. when having to make a decision in automotive systems in general.

A methodology will be proposed to improve both systems, equipment and elements that require the implementation of decision-making, based on this, a hierarchical analysis is generated, based mainly on the multicriteria methodology (AHP) and with previous research a solution is proposed. of a case in a transport fleet.

Next, we proceed to carry out a theoretical study on the methodologies of multicriteria decision-making in order to focus on the solutions to the aforementioned problems.

The problems of the different systems applied in the transport fleets for the application of a case will be known, and with these problems, for this an application of the hierarchical methodology will be proposed in the solution of a case in the industry.

Key words: *Maintenance management, Computerized maintenance, Hierarchical analytical methodology, Decision making.*

INDICE GENERAL

<i>DEDICATORIA 1</i>	5
<i>DEDICATORIA 2</i>	6
<i>AGRADECIMIENTO</i>	7
<i>RESUMEN</i>	8
<i>ABSTRACT</i>	9
1. INTRODUCCION	19
2. PROBLEMA DE ESTUDIO	20
2.1 Antecedentes.....	20
2.2 Importancia y Alcances.....	21
3. OBJETIVOS	23
3.1 Objetivo General	23
3.2 Objetivos Específicos.....	23
4. CAPITULO 1: ESTUDIO SOBRE LA METODOLOGIA AHP	24
4.1 Estado del arte y sus antecedentes.....	24
4.2 Marco teórico.....	30
4.2.1 Introducción al proceso de toma de decisiones.....	30
4.3 La toma de decisiones de criterios múltiples.....	30

4.4	Conceptos y definiciones de los métodos multicriterio.....	32
4.5	Etapas para el análisis de los métodos multicriterio.....	33
4.6	El mantenimiento y la toma de decisiones multicriterio.....	35
4.7	Gestión de mantenimiento.....	36
4.7.1	Primer pilar: El factor humano.....	36
4.7.2	Segundo pilar: Un modelo de costes.....	37
4.7.3	Tercer pilar: Los parámetros RAMS.....	37
4.8	Aplicaciones en la Ingeniería del mantenimiento.....	37
4.9	Casos de estudio	38
4.10	Métodos de toma de decisiones Multicriterio.....	38
4.11	Métodos de medición de valor o ranking.....	40
4.11.1	Método analítico jerárquico AHP.....	40
4.11.2	Fundamentos de AHP.....	40
4.11.3	Componentes de AHP.....	41
4.11.4	Ventajas y Desventajas de la metodología AHP.....	41
4.12	Fundamentos de AHP.....	42
4.12.1	Proceso de AHP.....	43
4.12.2	Aplicación del AHP en el transporte.....	44
4.12.3	Estudios previos de AHP en el transporte.....	46
4.13	Ventajas y desventajas de AHP en el transporte.....	46
 5. CAPITULO 2: PROBLEMATICAS DE LOS DIFERENTES SISTEMAS APLICADOS EN LAS FLOTAS DE TRANSPORTE PARA LA APLICACIÓN DE UN CASO.....		 48

5.1	Introducción al mantenimiento.....	48
5.2	Objetivos y Exigencias del mantenimiento automotriz.....	48
5.2.1	Los objetivos fundamentales del mantenimiento.....	48
5.2.2	Exigencias en el área de mantenimiento.....	48
5.3	Indicadores del mantenimiento.....	49
5.3.1	Disponibilidad.....	49
5.3.2	Fiabilidad.....	49
5.3.3	Mantenibilidad.....	49
5.4	Justificación e importancia del mantenimiento automotriz en la flota de transporte.....	50
5.4.1	En lo tecnológico.....	50
5.4.2	En lo social.....	50
5.4.3	En lo económico.....	50
5.4.4	En lo ambiental.....	50
5.5	Gestión del mantenimiento.....	50
5.5.1	Tipos de gestión.....	51
5.6	Importancia del control en una flota de vehículos.....	51
5.6.1	Control de proceso de mantenimiento.....	52
5.6.1.1.	Elementos relacionados con el concepto de control.....	52
5.6.1.2.	Requisito de un buen control.....	52
5.6.2	Actividades de control.....	53
5.7	Indicadores que se involucran en la flota de transporte.....	54
5.8	Software Expert Choice.....	57

6. CAPITULO 3: ANALISIS DE PROCESOS CRITICOS EN ACTIVIDAD DE MANTENIMIENTO.....	59
6.1 Diseño de la herramienta informática para la toma de decisiones multicriterio.....	59
6.2 Excel como herramienta para la toma de decisiones multicriterio.....	60
6.2.1 Características y diseño de la herramienta informática.....	60
6.3 Matriz normalizada.....	64
6.4 Vector ponderación.....	64
6.5 Diagrama de flujo para la selección del mejor GMAO.....	64
6.6 Gestión de mantenimiento computarizado.....	66
6.6.1 Objetivo de un CMMS.....	66
6.6.2 Funciones del CMMS.....	66
6.7 Componentes de un CMMS.....	67
6.7.1 Computarizado.....	67
6.7.2 Mantenimiento.....	67
6.7.3 Software.....	67
6.8 Ponderar los criterios, subcriterios y alternativas.....	68
6.9 Selección de la alternativa más optima.....	69
6.10 Sistema de gestión computarizado para la metodología AHP.....	69
6.10.1 Actuación / Desempeño.....	70
6.10.2 Usabilidad.....	70
6.10.3 Compatibilidad y Portabilidad.....	70
6.10.4 Seguridad.....	71
6.10.5 Proveedores.....	71
6.11 Selección de las alternativas a comparar.....	71

6.12	Importancia de las ponderaciones y porque se las ha denominado importantes o menos importantes.....	72
6.13	Requisito funcional pretendido para el CMMS.....	72
6.14	Procedimiento de mantenimiento y ponderaciones.....	75
6.15	Matrices para la gestión de mantenimiento en una flota de transporte.....	81
6.15.1	Desempeño.....	81
6.15.2	Usabilidad.....	83
6.15.3	Compatibilidad y Portabilidad.....	84
6.15.4	Seguridad.....	85
6.15.5	Proveedores.....	86
6.16	Descripción de las matrices.....	87
6.16.1	Usabilidad.....	87
6.16.2	Compatibilidad y Portabilidad.....	87
6.16.3	Seguridad.....	87
6.16.4	Proveedores.....	88
7.	CONCLUSIONES.....	90
8.	RECOMENDACIONES.....	92
9.	BIBLIOGRAFIA.....	93

Índice de figuras

Figura 1	Elementos de complejidad en los procesos de decisión multicriterio.....	31
Figura 2	Proceso de resolución de métodos Multicriterio.....	34
Figura 3	Métodos para la toma de decisiones.....	38

Figura 4 Clasificación de los Métodos de Decisión Multicriterio discretos.....	39
Figura 5 Software Expert Choice.....	58
Figura 6 Diagrama de flujo para la selección del GMAO.....	65
Figura 7 Procedimiento de mantenimiento y ponderaciones.....	75

Índice de tablas.

Tabla 1 Indicadores que intervienen en la flota de transporte.....	54
Tabla 2 Relación de consistencia.....	63
Tabla 3 Criterios de evasión expuestas por Thomas Saaty.....	68
Tabla 4 Requisitos para el CMMS.....	72
Tabla 5 Criterios con sus respectivas ponderaciones.....	76
Tabla 6 Subcriterios ordenados por su importancia relativa.....	77
Tabla 7 Valores para la selección del mejor GMAO.....	78
Tabla 8 Comparación respecto al desempeño.....	81
Tabla 9 Comparación respecto a la usabilidad.....	83
Tabla 10 Comparación respecto a compatibilidad y portabilidad.....	84
Tabla 11 Comparación respecto a seguridad.....	85
Tabla 12 Comparación respecto a proveedores.....	86
Tabla 13 Valores de prioridad global para las alternativas de CMMS.....	88

1. INTRODUCCIÓN

Dentro de los puntos más considerables del área de mantenimiento se toma en cuenta la toma de decisiones multicriterio en una flota de transporte, que a lo largo del tiempo se genera un problema para el usuario el seleccionar el mejor sistema automotriz.

Existen muchas variables cualitativas a ser gestionadas pero cada una de ellas no cuenta con un respaldo informático para poder tener un dato cuantitativo de cuál sería el sistema automotriz adecuado.

El presente proyecto tiene como finalidad crear una herramienta informática que ayude en la toma de decisiones multicriterio, tomando en consideración cuáles serán las variables que se van a analizar y cuáles serán los subcriterios de nacen de estas, con ayuda de fuentes de investigación se descubre que existen diferentes formas de respaldar una decisión, lo cual, dentro de esto se debe conocer las problemáticas que se tiene en el área de mantenimiento, con estos problemas investigados se planteara de en cuál de las diferentes variables a considerar se debería emplear esta metodología para así evaluar costos y beneficios y mejorara la confiabilidad de la flota de transporte.

Mediante la investigación de las variables a gestionar se planteará el problema que deberá ser analizado y empleado la metodología, para esto se dará el uso de una herramienta informática para el análisis que ayudará a la correcta gestión de variable con la obtención de datos respaldados con la informática, además, se seleccionará el GMAO más adecuado para evaluarlo dentro de un aspecto de una flota de transporte.

2. Problema de estudio

La toma de decisiones multicriterio en el sector del transporte es un desafío significativo debido a la naturaleza compleja y multifacética de los problemas que surgen en este campo. Los gerentes de flotas de transporte a menudo enfrentan decisiones estratégicas que implican múltiples objetivos y múltiples criterios de decisión. La falta de una metodología sistemática y jerárquica para apoyar este proceso de toma de decisiones puede llevar a decisiones ineficientes y subóptimas que pueden tener consecuencias perjudiciales para la eficiencia operativa y la rentabilidad de la flota de transporte.

Hasta la fecha, hay escasez de estudios que propongan y apliquen un marco de toma de decisiones basado en la metodología analítica jerárquica para este tipo de problemas en el sector del transporte. La mayoría de las decisiones se toman en función de la experiencia personal y la intuición, lo que puede resultar en decisiones sesgadas o ineficaces. Por lo tanto, es necesario desarrollar una metodología más estructurada y rigurosa que pueda ayudar a los gerentes de flotas de transporte a tomar decisiones multicriterio de manera más efectiva y eficiente.

La falta de una metodología de toma de decisiones multicriterio bien definida, sistemática y jerárquica puede resultar en una gestión ineficiente de la flota de transporte, lo que puede tener un impacto negativo en la rentabilidad de la organización. Por lo tanto, es esencial desarrollar una metodología de toma de decisiones basada en el análisis jerárquico para mejorar la eficiencia operativa y la rentabilidad de la flota de transporte.

2.1. Antecedentes

La implementación del mantenimiento dentro de una flota de transporte es esencial para garantizar la seguridad, la eficiencia y la disponibilidad de los vehículos. Antes de abordar los antecedentes de esta implementación, es importante destacar que existen diferentes enfoques y estrategias para el mantenimiento de flotas, y las organizaciones pueden adaptarlos según sus necesidades y recursos disponibles.

A medida que las organizaciones de transporte reconocieron los desafíos asociados con el mantenimiento reactivo, comenzaron a adoptar enfoque que gestione la flota de transporte.

El mantenimiento preventivo se introdujo como una estrategia para realizar tareas de mantenimiento programadas y regulares en función de intervalos de tiempo, kilometraje o horas de funcionamiento. Esto ayudó a reducir las averías inesperadas y a mantener un nivel básico de rendimiento de los vehículos

2.2. Importancia y alcances

Antes de la adopción de sistemas de mantenimiento en flotas de transporte, el enfoque predominante era el mantenimiento reactivo o correctivo. Esto significa que los vehículos solo se reparaban cuando se producía una avería o un fallo. Este enfoque tenía varias limitaciones, incluidos altos costos de reparación debido a averías graves, tiempos de inactividad prolongados, pérdida de productividad y seguridad comprometida.

Sin embargo, el mantenimiento preventivo no era suficiente para abordar todas las necesidades de una flota de transporte. A medida que las tecnologías avanzaban, se introdujo el concepto de mantenimiento predictivo. El mantenimiento predictivo se basa en el monitoreo continuo de los vehículos utilizando sensores y sistemas de telemática para recopilar datos en tiempo real sobre el rendimiento y el estado de los componentes. Estos datos se analizan utilizando algoritmos y modelos predictivos para identificar posibles problemas antes de que ocurran las fallas. Esto permite una intervención proactiva y planificada, minimizando el tiempo de inactividad y los costos asociados.

A medida que las organizaciones de transporte reconocieron los desafíos asociados con el mantenimiento reactivo, comenzaron a adoptar enfoques más proactivos. El mantenimiento preventivo se introdujo como una estrategia para realizar tareas de mantenimiento programadas y regulares en función de intervalos de tiempo, kilometraje o horas de funcionamiento. Esto ayudó a reducir las averías inesperadas y a mantener un nivel básico de rendimiento de los vehículos.

3. OBJETIVOS

3.1. Objetivo General

- Proponer una metodología analítica jerárquica para la toma de decisiones multicriterio.

3.2. Objetivos específicos

- Realizar un estudio técnico sobre las metodologías de la toma de decisiones multicriterio.
- Conocer las problemáticas de los diferentes sistemas aplicados en las flotas de transporte para la aplicación de un caso.
- Proponer una aplicación de la metodología jerárquica en la solución de un caso en la industria.

4. CAPITULO 1: ESTUDIO TEORICO SOBRE LA METDOLOGIA AHP (ANALYTIC HIERARCHY PROCESS) PARA LA TOMA DE DECISIONES MULTICRITERIO

4.1. Estado del arte y sus antecedentes.

(Montoya et al., 2015), en su artículo “Método AHP utilizado para mejorar la recepción en el centro de distribución de una empresa de alimentos” realizado en la Universidad de San Buenaventura Medellín, describen el uso del método de análisis jerárquico AHP para la optimización del proceso de recepción en un centro de distribución de alimentos. La identificación de los factores clave como la eficiencia del proceso de recepción mediante el método AHP para la evaluación y selección de las alternativas más adecuadas para este proceso cuantitativo para centro de distribución (CEDI). El resultado del estudio en la empresa de alimentos reduce en un 25% el tiempo de operación y aporta a los productos entregados para los proveedores de la empresa.

(Toaza & Reyes, John, 2017), en su tesis "Metodología para la Estimación del Tráfico del Transporte Público Urbano. Aplicación a la Ciudad de Ambato" realizado en la Universidad Técnica de Ambato, realizan un estudio para la examinación de los modelos de transporte realizado en cuatro ciudades que poseen un indicador alto de movilidad urbana para la estimación del tráfico del transporte público urbano de la ciudad de Ambato. La alternativa de la selección se realiza a través del método de decisión multicriterio Procesos de Jerarquía Analítica (AHP), a través de la revisión de literatura científica para el establecimiento de los criterios que serán analizados como: tráfico, impacto ambiental, social

y económico. La metodología propuesta a través del uso de tecnologías como el GPS y el machine learning para la obtención de datos precisos y en tiempo real para la aproximación de la mejora de la eficiencia del servicio y la reducción de tiempos de espera que pueden tener los usuarios. La aplicación que se realizó obtuvo resultados aplicables y alternativas mejores a través de la metodología AHP desarrollada en la ciudad de Ambato a través de la simulación del paquete informático VISSIM.

(Żak, 2017), en su artículo “Criterios Múltiples y Toma de Decisiones en Grupo en el Problema de Selección de Flota para un sistema de Transporte Publico”, realizado en la Universidad Tecnológica de Poznan, la investigación se basa en la aplicación de métodos para la toma de decisiones y criterios múltiples para un grupo de selección de una flota de vehículos de transporte público. La metodología se basa en la programación lineal, realizar un análisis envolvente de datos y lógica difusa, a través de la evaluación de diferentes alternativas de selección en flotas de transporte público en función de los criterios múltiples como el costo, la eficiencia energética, la capacidad y la comodidad de los pasajeros, el artículo se enfoca en la aplicación combinada de la toma de decisiones de criterios múltiples (MCDM) y toma de decisiones grupales multicriterio (MCGDM).

(Gao et al., 2017) Esta investigación presentada ante la Universidad de Beijing aborda una propuesta basada en enfoques metodológicos para la toma de decisiones multicriterio en servicios de transporte urbano de la ciudad. En la cual se aplica y utiliza una combinación del método Analytic Hierarchy Process (AHP) y el método Technique for Order of Preference by Similarity to Ideal Solution (TOPSIS) para abordar la complejidad y la incertidumbre en la toma de decisiones. Este estudio presenta un enfoque híbrido para la toma de decisiones en la evaluación estratégica de los servicios de transporte urbano. Los

autores analizan e integran varios criterios de decisión, que pueden incluir factores económicos, ambientales y sociales, en un marco de toma de decisiones.

Este enfoque híbrido puede involucrar múltiples métodos de toma de decisiones, posiblemente combinando técnicas cuantitativas y cualitativas, para proporcionar una evaluación integral de los servicios de transporte. Teniendo como objetivo final mejorar la planificación y operación de los servicios de transporte urbano. El papel de la toma de decisiones multicriterio es especialmente pertinente en el contexto del transporte urbano, donde las decisiones estratégicas deben equilibrar una variedad de factores y prioridades, como el costo, la eficiencia, la sostenibilidad y la accesibilidad.

(Naranjo Chiriboga, 2018), en su tesis “Modelo tarifario de transporte terrestre y los costos de distribución en la empresa productos SUIZA DAJED CÍA. LTDA.”, para la obtención de Grado Académico de Magister en Gestión de Operaciones, realizado en la Universidad Técnica de Ambato, propone el análisis de los costos de distribución y el diseño de un modelo tarifario para el transporte terrestre de la empresa Productos Suiza en Ecuador. Presenta una metodología que se enfoca en la identificación de los costos de distribución en la empresa y la aplicación del modelo tarifario propuesto mediante el análisis de regresión y el método de Proceso Jerárquico (AHP) para la toma de decisiones. El destacamento de la importancia de la implementación de modelos tarifarios en empresas de transporte para garantizar una adecuada rentabilidad y mejoramiento de la eficiencia en la gestión de la cadena de suministro, la gran utilidad para la toma de decisiones en empresas del sector y en futuras investigaciones.

(Romero & Rosado, 2018), en sus tesis “Uso De Proceso Analítico Jerárquico (AHP) Y Conjuntos Difusos Para Mejorar La Toma De Decisiones En El Proceso Electoral De Las Autoridades Generales De La Ug” realizado en la Universidad de Guayaquil, el análisis surge

por el cuestionamiento sobre la consistencia y adecuación de factores, para realizar la selección de representantes para la dirección de la Universidad de Guayaquil, para realizar su respectivo procedimiento se basa en el modelo Proceso Analítico Jerárquico (AHP), a través de la aplicación de la lógica difusa para la toma de decisiones a través del desarrollo de un algoritmo para la evolución de los candidatos para el mejoramiento de la toma de decisiones en la presentación de procesos electorales que genera incertidumbre, a través, de la Lógica Difusa y el Proceso Analítico Jerárquico se obtuvieron conocimiento relevantes para la combinación de métodos estadísticos y matemáticos generando un algoritmo FAHP para la evaluación de varios candidatos bajo criterios definidos y llegar a la resolución de la incertidumbre que se generan a la hora de la toma de decisiones.

(Vásquez, 2019), en su tesis de “Propuesta de localización de estaciones de carga rápida para vehículos eléctricos en áreas urbanas. Caso de estudio ciudad de Cuenca” realizado en la Universidad del Azuay, propone un modelo de localización de estaciones de carga para vehículos eléctricos utilizando la metodología que fundamenta en el proceso analítico jerárquico (AHP) para el desarrollo de un modelo que consta de 4 fases: estructuración y representación jerárquica del problema, comparación por pares, priorización – síntesis y análisis de sensibilidad. En la ciudad de Cuenca cuenta para las diferentes ubicaciones suficientes para el tipo de infraestructura, de tal manera, a través de la metodología demuestra que existen lugares de preferencia que tiene una localización en los diferentes sectores de mayor afluencia de la ciudad.

(Tavana et al., 2020) Este estudio propone un sistema de inferencia difusa para la toma de decisiones en juegos multiobjetivo. Aunque no se relaciona directamente con el transporte, los conceptos y métodos podrían adaptarse para su uso en la toma de decisiones dentro de una flota de transporte. Los autores presentan un nuevo modelo de sistema de inferencia

difusa (FIS) para la selección de jugadores y la formación de equipos en juegos multiobjetivo. El modelo propuesto incorpora diversos factores, incluyendo habilidades técnicas, habilidades tácticas, y características psicológicas. Se utilizan algoritmos genéticos para optimizar la selección y formación de equipos.

Este modelo se prueba en un caso de estudio de fútbol y se obtienen resultados prometedores, lo que demuestra la eficacia del sistema propuesto. El estudio también propone una metodología basada en el Índice de Prioridad Difuso para seleccionar jugadores y formar equipos. En principio, no hay una relación directa entre este estudio y la gestión de una flota de transporte. Sin embargo, algunos de los principios y técnicas utilizados en este trabajo, como la lógica difusa y la optimización multiobjetivo, son también aplicables a la gestión de flotas. Por ejemplo, se podría utilizar un enfoque similar para optimizar la asignación de vehículos a rutas o la programación de horarios, teniendo en cuenta múltiples objetivos como la minimización de costos, la maximización de la eficiencia, y la satisfacción del cliente. Entonces, aunque el contexto es diferente, hay paralelismos potenciales en la forma en que se toman decisiones basadas en múltiples factores y objetivos.

(Alkharabsheh et al., 2021), en su artículo “Un enfoque integrado de toma de decisiones multicriterio y Teoría gris para evaluar sistemas de transporte público urbano” realizado en la Universidad de Tecnología y Economía De Budapest, se realiza una exposición de evaluación de los sistemas de transporte público urbano por medio de la utilización de los valores grises por medio del proceso analítico jerárquico (AHP) basado en un enfoque AHP para la superación de limitaciones. El modelo gris-AHP presenta un mecanismo competente para la facilitación de las evaluaciones de la calidad del suministro de transporte público, especialmente cuando los encuestado no son expertos.

El estudio de (Mardani et al., 2021) Este estudio de la Universidad de Malasia proporciona una revisión sistemática de la técnica VIKOR, otra herramienta de toma de decisiones multicriterio. Aunque no se centra específicamente en las flotas de transporte, el estudio podría proporcionar información valiosa para la elaboración de una metodología ya que proporciona una revisión sistemática de la técnica VIKOR, una herramienta de toma de decisiones multicriterio, y su aplicación en una variedad de contextos. Los autores analizan la técnica VIKOR y discuten su utilidad para abordar problemas complejos de toma de decisiones con múltiples objetivos conflictivos. En relación con la toma de decisiones en una flota de transporte, la técnica VIKOR puede ser particularmente útil para optimizar la eficiencia y la sostenibilidad.

La metodología analítica jerárquica permite ponderar y clasificar las diferentes opciones disponibles, tomando en cuenta múltiples criterios de decisión a la vez. Por ejemplo, en una flota de transporte, estos criterios pueden incluir costos operativos, impacto ambiental, confiabilidad del servicio, etc. La técnica VIKOR, siendo una herramienta de toma de decisiones multicriterio, se alinea con los principios de la Metodología Analítica Jerárquica (AHP). Ambas técnicas permiten el análisis de múltiples criterios y su relación jerárquica para tomar decisiones informadas.

La AHP descompone un problema complejo de toma de decisiones en sus componentes individuales y los organiza en una estructura jerárquica, que luego se evalúa para determinar la mejor opción. Similarmente, VIKOR también proporciona un método para clasificar y seleccionar la mejor opción considerando múltiples criterios. Por lo tanto, en el contexto de una flota de transporte, ambas técnicas pueden ser utilizadas para optimizar la toma de decisiones. Ambas permiten considerar una variedad de factores e influencias, y ponderar criterios conflictivos para seleccionar la opción óptima y sostenible.

4.2 Marco teórico

4.2.1 Introducción al proceso de la toma de decisiones

La Toma de Decisiones (TD) es un proceso cotidiano para un grupo de personas, ya que se enfrentan diariamente ante diversas situaciones y contextos, para la selección de una alternativa entre varias (Eckert & Britos, 2018). Para tomar una decisión, el conocimiento, la experiencia y los hechos se deben reunir y evaluar en contexto del problema, de tal manera, los problemas de toma de decisiones (TD) son procedimientos que están compuestos, donde el tomador de decisiones busca realizar la selección entre diversas alternativas, a partir, de una serie de criterios, lo cual conlleva a realizar una comparación y valoración de diversos aspectos, por esta razón, se necesita utilizar herramientas que satisfagan en el mayor grado posible la combinación de los criterios y permitan la toma de decisión de una de las alternativas (Karanik, 2014).

4.3. La toma de decisiones de criterios múltiples

La toma de decisiones de criterios múltiples (MCDM, por sus siglas en inglés) es un subcampo de las operaciones de investigación que se centra en cómo tomar decisiones que implican múltiples criterios o atributos de decisión. El MCDM es especialmente útil cuando las decisiones implican criterios conflictivos, por ejemplo, costo versus calidad o velocidad versus seguridad.

El proceso de MCDM generalmente implica los siguientes pasos:

- Identificación del problema: El primer paso en cualquier proceso de toma de decisiones es identificar con precisión el problema que se está solucionando.
- Identificación de los criterios de decisión: Una vez que se ha identificado el problema, el siguiente paso es identificar los diferentes criterios o atributos que son relevantes para la decisión.

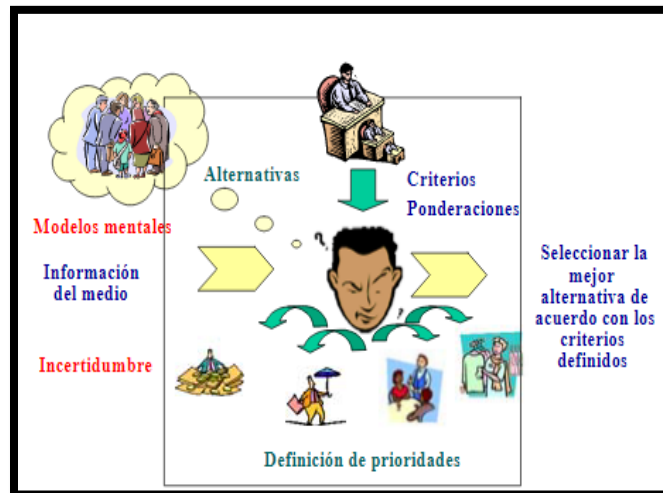
- Evaluación de las alternativas: A continuación, se evalúan las diferentes alternativas en relación con cada uno de los criterios identificados.

A pesar de su utilidad, la toma de decisiones de criterios múltiples también presenta algunos desafíos. Uno de los principales es cómo ponderar los diferentes criterios. En muchos casos, los diferentes criterios pueden ser conflictivos, y puede ser difícil determinar qué criterio es más importante. Además, la MCDM también puede ser un proceso complejo y que consume mucho tiempo, especialmente cuando hay un gran número de criterios y alternativas a considerar.

Existen diferentes métodos que se utilizan para ayudar en la toma de decisiones de criterios múltiples. Algunos de los más populares incluyen el Análisis Jerárquico Procesal (AHP), la Técnica para Ordenar la Prioridad de Enlace con la Realidad (TOPSIS) y la Evaluación Multiatributo de Ruta de Trades (SMART). Cada uno de estos métodos tiene sus propias ventajas y desventajas, y se pueden utilizar en diferentes situaciones.

La toma de decisiones de criterios múltiples es una herramienta útil para tomar decisiones que implican múltiples criterios o atributos. Sin embargo, también presenta desafíos, particularmente en términos de cómo ponderar los diferentes criterios. A pesar de estos desafíos, existen varios métodos disponibles que pueden ayudar a simplificar el proceso de MCDM.

Figura 1 Elementos de complejidad en los procesos de decisión multicriterio.



Nota. Tomado a partir de (Aparicio, 2015).

El proceso de toma de decisiones es un análisis que implica la identificación y selección de opciones que se basa en los valores de la persona o equipo que toma la decisión. Se trata de una herramienta que disminuye la subjetividad en la toma de decisiones al crear filtros de selección y ayuda a la elección entre alternativas complejas. De acuerdo con (Muñoz Medina & Romana García, 2016), en el año 1738, se da a conocer que el proceso de decisión necesita de los valores, circunstancias y preferencias del decisor, a finales de los noventa, los métodos de toma de decisión multicriterio empiezan a difundirse desde el ámbito académico hasta el ámbito público y empresarial.

En la actualidad, la utilización de diversas metodologías con múltiples objetivos, como la ubicación de empresas, la selección de maquinaria o contratistas, las predicciones financieras, la definición de estrategias empresariales, entre otras. La toma de decisiones tiene consideración una difícil tarea, se puede constatar la inseguridad y la debilidad de las personas o los directivos en una empresa. En el ámbito organizacional para que la toma de decisiones sea efectiva requiere en gran medida la solución creativa de problemas, por lo que, implica la colaboración de un equipo o grupo de trabajo para el aprovechamiento del conocimiento y la experiencia de un mayor número de personas.

Actualmente, tanto en la vida corriente como en las organizaciones, el enfrentamiento frecuentemente a la toma de decisiones difíciles debido al surgimiento de la necesidad para cubrir varios imperativos (Ríos et al., 2007). Por ejemplo:

- Si una empresa desea buscar la mejor solución no solo sobre la base del criterio beneficio, sino considerando otros criterios como, por ejemplo: volumen de ventas, riesgo, etcétera.
- Si se desea comprar un auto, y se está interesado no solo en su precio, sino en varios criterios como: marca, color, confort, velocidad máxima que alcanza, entre otros.

4.4. Conceptos y definiciones generales de los métodos multicriterio

Previo al hablar profundamente de los métodos multicriterio, es indispensable de realizar las diferentes definiciones de varios conceptos que se mencionaran en el presente trabajo, con la finalidad de aclarar y facilitar la comprensión las ideas de los leyentes.

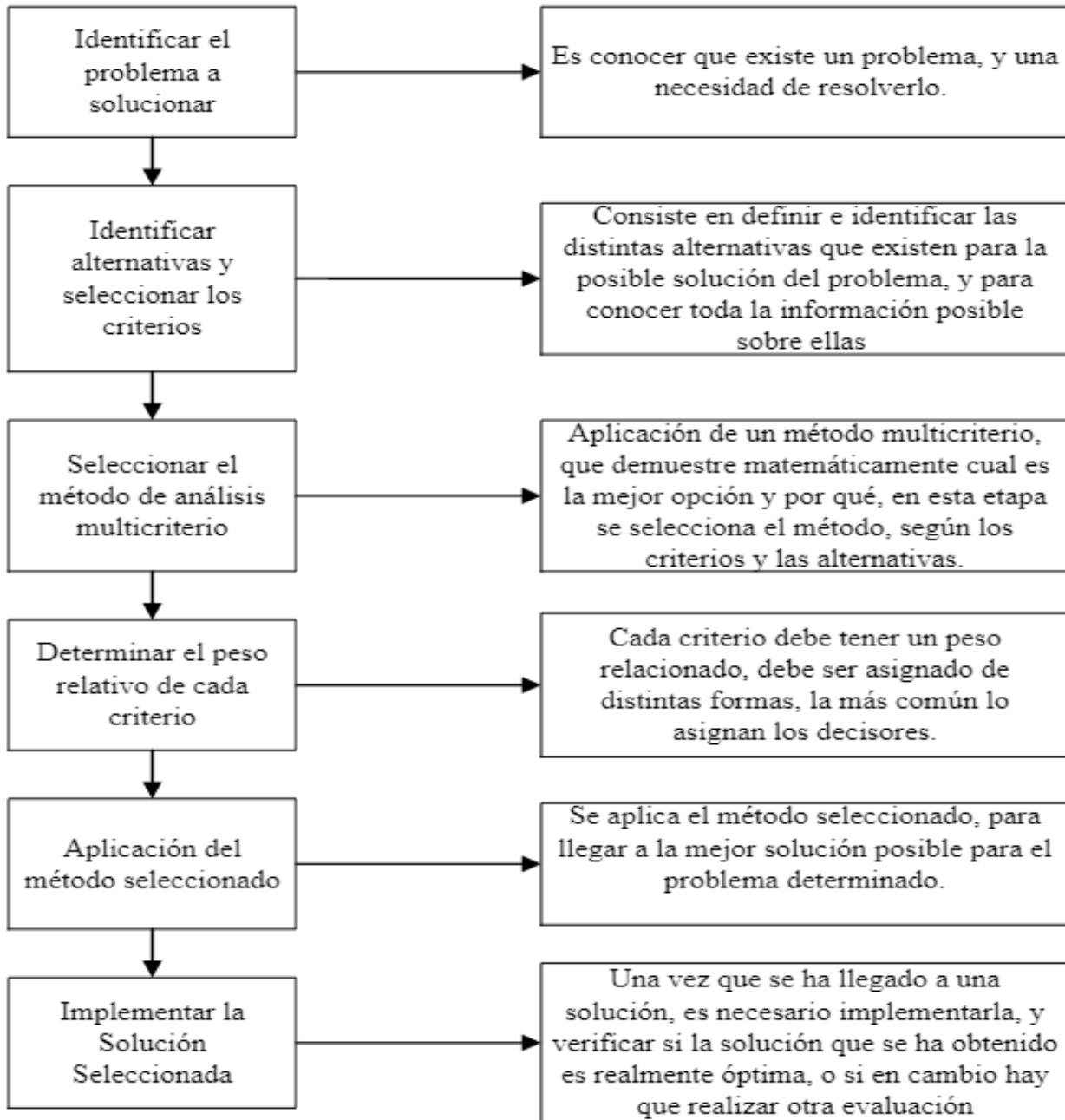
Los conceptos y definiciones de importancia son:

- **Analista:** Es la persona que se encarga de marcar los métodos cuantitativos que se van a llevar a cabo para la obtención de la solución del problema, además se encarga de modelar el problema.
- **Decisor:** Persona o conjunto de personas que toman decisiones y determine cuáles son los criterios mejores seleccionados según su propia opinión.
- **Alternativa:** Son las distintas soluciones que toman los decisores para la solución del problema. Las alternativas están compuestas de diferentes características.
- **Criterio:** Son características de las diferentes alternativas, pueden ser características cuantitativas o cualitativas, teniendo en consideración que pueden ser objetivos o subjetivos.

4.5. Etapas para el análisis de los métodos multicriterio

Para la solución de un problema a través de los métodos multicriterio, es necesario realizar el análisis de un conjunto de etapas que proporcionan la determinación de dicho problema. Las etapas se presentan en el siguiente gráfico:

Figura 2 Proceso de resolución de métodos Multicriterio



Nota. Elaboración a partir de (Rodríguez, 2021).

4.6. El mantenimiento y la toma de decisiones multicriterio

El análisis de la toma de decisiones multicriterio se empezó a desarrollar en los años 60, está compuesto por una serie de metodologías relacionadas con el mantenimiento la capacidad y la efectividad destacan principalmente para el manejo de problemas en la toma de decisiones debido a que existen múltiples objetivos, criterios, participantes y alternativas. El análisis multicriterio dentro del mantenimiento son métodos que se emplean como herramientas para resolver el impacto de las acciones que influyen en el desarrollo de la sostenibilidad del mantenimiento. Los métodos entran en introducción para los problemas que existen en los objetivos económicos, ambientales y sociales, entre otros niveles de decisión, de tal manera, existen métodos que destacan en los métodos del análisis multicriterio como los métodos AHP Y ANP.

El mantenimiento de una flota de transporte es una tarea compleja y crucial que incide directamente en la eficiencia operacional y la rentabilidad de las empresas de transporte. La toma de decisiones respecto al mantenimiento implica la consideración de múltiples criterios, que pueden variar desde la seguridad y la fiabilidad hasta los costos y las implicaciones medioambientales. El mantenimiento de una flota de transporte abarca una serie de actividades que van desde la reparación y sustitución de piezas hasta la programación de revisiones periódicas y la gestión del rendimiento de los vehículos (Smith, 2020). Las decisiones de mantenimiento deben basarse en una evaluación precisa de las necesidades de cada vehículo y en la consideración de los elementos clave como la vida útil de las piezas, los costos de las reparaciones, el tiempo de inactividad de los vehículos y los efectos en el desempeño operacional.

La toma de decisiones multicriterio (MCDM) es un enfoque analítico que permite tomar decisiones informadas basándose en una variedad de criterios que pueden ser cuantitativos o cualitativos (Hwang & Yoon, 1981). En el contexto del mantenimiento de una flota de transporte, la MCDM puede ayudar a evaluar y sopesar diversos factores como los costos de mantenimiento, la eficiencia de los vehículos, la seguridad, la satisfacción del cliente y las implicaciones medioambientales.

Implementar el MCDM en el mantenimiento de flotas implica primeramente identificar los criterios relevantes. Una vez identificados, estos criterios deben ser medidos y

ponderados de acuerdo a su importancia relativa. Posteriormente, se deben evaluar las diferentes opciones de mantenimiento en función de estos criterios y se deben seleccionar las acciones que ofrezcan el mejor equilibrio entre ellos (Zavadskas et al., 2016).

Este proceso puede ser apoyado por herramientas y técnicas de análisis de decisión, como el análisis jerárquico (AHP), el análisis de redes (ANP) o el método ELECTRE, que permiten estructurar y simplificar el problema de decisión, y facilitan la comparación y evaluación de las distintas alternativas de mantenimiento.

El mantenimiento de una flota de transporte es una tarea compleja que requiere tomar en cuenta múltiples criterios. La implementación de enfoques de toma de decisiones multicriterio puede ayudar a las empresas de transporte a hacer frente a esta complejidad y a tomar decisiones de mantenimiento más eficientes y efectivas, que contribuyan a mejorar su rendimiento operacional y su rentabilidad.

4.7. Gestión de mantenimiento

La gestión de mantenimiento es una actividad que posee un índice alto de responsabilidad en la industria automotriz, por ello la importancia del uso de herramientas para el análisis de la eficiencia y el cumplimiento de los estándares de calidad, costos de producción, etc. El mantenimiento contempla tres pilares para su correcta administración, los mismos que son:

- El factor humano
- El modelo de costes
- Los parámetros de Rams

4.7.1. Primer pilar: El factor humano

En la gestión del mantenimiento, el rendimiento es una de las variables más significativas que se ven afectadas por el error humano, problemas técnicos y problemas económicos. Existen diversos factores que influyen en el rendimiento personal de una empresa (González & Molina, 2021).

4.7.2. Segundo pilar: Un modelo de costes

El modelo de costes se basa en extraer y analizar indicadores de carácter financiero, que permitan altos rangos de la empresa de una u otra manera generar una mayor importancia a la eficiencia en función del mantenimiento a través de los costes. También hay que tener en consideración aquellos de fácil obtención y aquellos que no son accesibles a su obtención.

4.7.3. Tercer pilar: Los parámetros RAMS

En este pilar todo se basa en la confiabilidad como factores de fiabilidad, mantenibilidad, disponibilidad y seguridad. Es uno de los pilares más sólidos ya que se encarga de ayudar con la eficacia en la gestión del mantenimiento. Los tres pilares son fundamentales en la gestión de mantenimiento, pero el factor humano se enfoca como el recurso más importante de una empresa ya que depende directamente de cualquier tarea y operación para llegar al éxito (González & Molina, 2021).

4.8. Aplicaciones en la Ingeniería del mantenimiento

Actualmente, el ámbito empresarial tiene un énfasis que se basa en la competitividad, los cambios acelerados que se producen en el mercado y la administración adecuada de las relaciones que existen con los clientes con la finalidad de garantizar la sostenibilidad y el crecimiento de cualquier empresa. A través de la aceleración de los cambios que se producen en las empresas han considerado implementar la necesidad del diseño, para el mejoramiento de los sistemas lógicos y una gestión adecuada, mejoramiento de los sistemas lógicos y que se encuentren enfocados en satisfacer las necesidades de los clientes de acuerdo al tiempo, calidad, lugar y precio de competencia, hay que tener en consideración los problemas o contratiempos que la empresa o la fábrica genera durante la producción del producto.

En los últimos tiempos, la toma de decisión rápida y eficiente es importante ya que los factores principales mantienen la ventaja competitiva de grandes empresas eficientes. Los cambios que existen en el mercado constantemente y las especificaciones cada vez más son rigurosas que forman parte del cliente, ya que obligan a empresas a dedicarse y proponerse a lograr cambios para el cumplimiento de los objetivos organizacionales y de calidad, aunque con el avance del tiempo, los objetivos han incrementado y se han convertido en problemas

o un contra tiempo de mayor dificultad en el trabajo de toma de decisiones importantes en los negocios.

La toma de decisiones involucra el encargo o administración el conocimiento de los resultados de las alternativas propuestas posibles tiendo en consideración de la duda de la incertidumbre para el planteamiento del problema de decisión, con la finalidad del mejoramiento de la calidad del producto o mantenimiento.

4.9. Casos de estudio

En el área de mantenimiento se aplica métodos como el método AHP o el método ANP para el análisis de las posibles opciones de solución para el beneficio de la una empresa, tanto en la producción como en los costos, ya que antes de realizar un mantenimiento se realiza un estudio y un análisis de los beneficios o costos que tiene que cubrir la empresa, teniendo en consideración que los métodos AHP y ANP, tenemos la obtención de ideas más claras u opciones más concretas que van a influir en la empresa de forma directa.

Figura 3 Métodos para la toma de decisiones



Nota. Elaboración a partir de (Adrián Zhunio, s. f.).

4.10. Métodos de toma de decisiones Multicriterio

Métodos de Decisión Multicriterio Discretos

Los MCDM (Métodos de Decisión Multicriterio Discretos), es un campo de investigación operativa para realizar la evaluación de alternativas para la selección de la alternativa más idónea para la satisfacción de un objetivo deseado respecto a un conjunto de criterios múltiples, frecuentemente contradictorios (Ishizaka & Siraj, 2018).

Los métodos multicriterio se pueden clasificar según:

1. Métodos sin información a priori (generadoras): Son aquellos métodos que se basan en el flujo de información que va desde el analista al decisor. Entre estos métodos destacan: el método de ponderaciones y el simplex multicriterio.

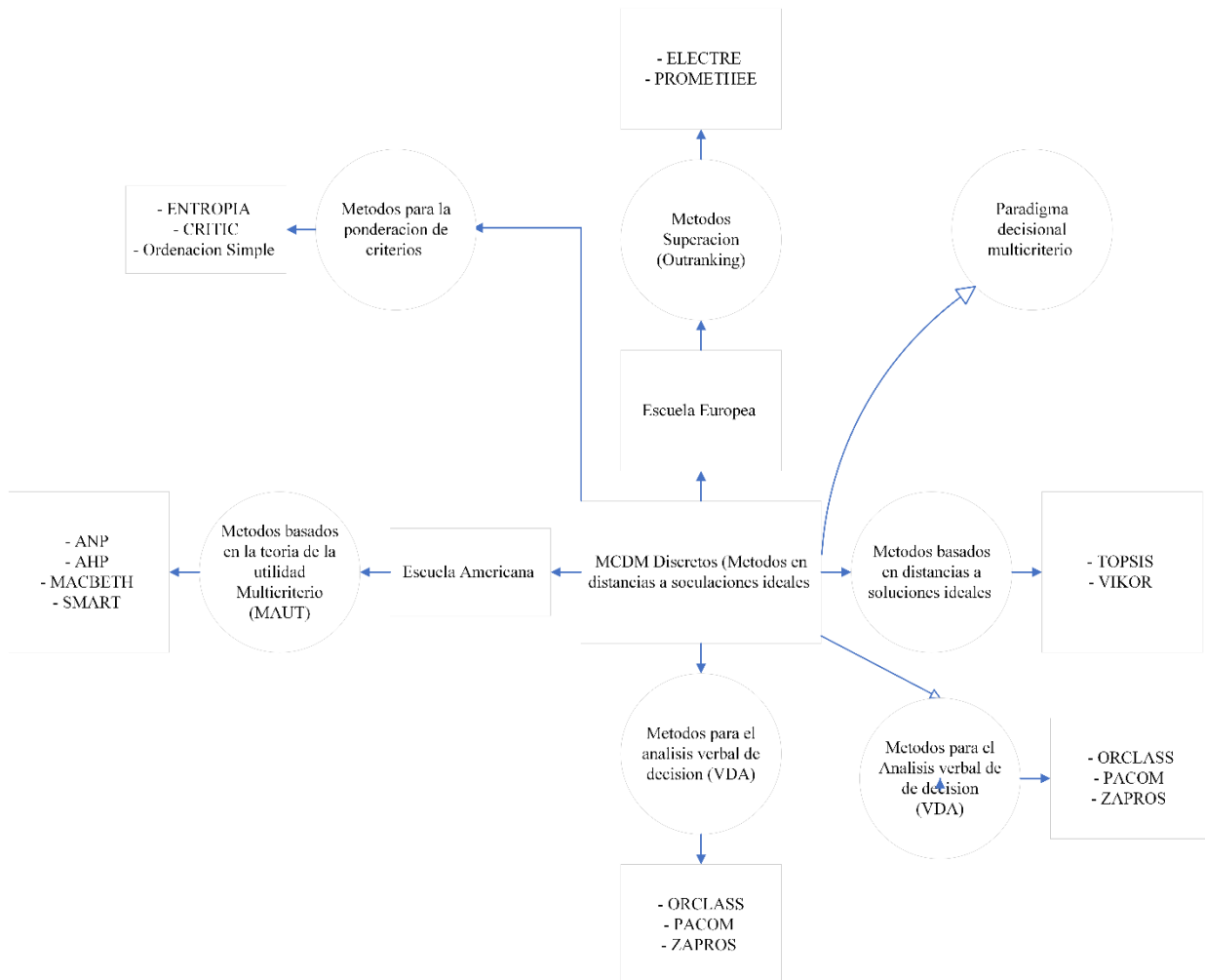
2. Métodos con información a priori: El flujo de información es en el sentido contrario, del decisor al analista.

3. Métodos en las que el flujo de información es en los dos sentidos, dando lugar a las denominadas técnicas interactivas.

Clasificación de los métodos multicriterio

Los métodos que realizan el análisis para la toma de decisiones para el conjunto de alternativas son discretos y contienen **información a priori** tiene la siguiente clasificación:

Figura 4 Clasificación de los Métodos de Decisión multicriterio discretos



Nota. Elaboración a partir de (Bernal & Niño, 2018).

4.11. Métodos de medición de valor o ranking

Los métodos de valor o ranking tienen como característica importante la asignación a priori, consiste en los pesos de cada criterio, es decir, cada atributo se le da una atribución un peso para la representación de su contribución parcial respecto al problema y se le asigna a cada alternativa un valor numérico para la definición del orden de preferencia.

4.11.1. Método analítico jerárquico AHP

El método Analytic Hierchy Process (AHP), formulado por Thomas Saaty en 1980, es un método cuantitativo que se usa en la toma de decisiones multicriterio con la finalidad de generar escalas de prioridades, a través del análisis o la sustentación de juicios expertos mediante comparaciones por grupos a una escala de preferencia (Saaty, 2014)

El proceso decisión con AHP se puede descomponer en 4 pasos esenciales o básicos:

1. La definición del problema y el tipo de conocimiento que se requiere obtener.
2. La estructuración del problema que se obtiene a través de la descomposición jerárquica, que se deben resolver para la obtención de una solución satisfactoria. Las alternativas se encuentran en el nivel más bajo de la jerarquía.
3. Construcción de matrices comparativas que se encargan los juicios expertos a través del método de comparación de comparación uno a uno con la escala del método sugerido.
4. Por último, se realiza una síntesis de cada matriz según el modelo completo para la obtención de la prioridad global de cada alternativa.

4.11.2. Fundamentos de AHP

La Técnica de Análisis Jerárquico (AHP, por sus siglas en inglés Analytic Hierarchy Process) es un método estructurado para organizar y analizar decisiones complejas, basado en matemáticas y psicología. Fue desarrollado por Thomas L. Saaty en la década de 1970 y ha sido ampliamente estudiado y refinado desde entonces (Saaty, 2008). El proceso AHP involucra la descomposición de un problema en una jerarquía de subproblemas más pequeños, que luego se pueden analizar individualmente (Saaty, 2008). Una vez que estos subproblemas se resuelven, los resultados de estos análisis se pueden combinar para proporcionar una solución general al problema global.

4.11.3. Componentes de AHP

La jerarquía en AHP consta de tres niveles básicos:

- El objetivo: Esto es lo que la decisión pretende lograr.
- Los criterios: Estos son los factores importantes que afectan la decisión.
- Las alternativas: Estas son las diferentes opciones para considerar para lograr el objetivo.

La metodología AHP utiliza un enfoque matemático para calcular la importancia relativa de cada criterio y luego determinar cuál de las alternativas es la mejor (Saaty, 2008). AHP se ha utilizado en una amplia gama de aplicaciones, desde la toma de decisiones en negocios y gobierno hasta la educación y la investigación. Sus usos incluyen la planificación estratégica, la asignación de recursos, la toma de decisiones en grupo, el análisis de opciones y la priorización de proyectos (Saaty, 2013).

4.11.4. Ventajas y Desventajas de la Metodología AHP

La metodología AHP, acrónimo de Analytic Hierarchy Process o Proceso Analítico Jerárquico, es una herramienta de análisis de decisiones desarrollada por Thomas L. Saaty en los años 70. A continuación, se analizan las ventajas y desventajas de su uso.

Ventajas de la Metodología AHP

- Complejidad: La metodología AHP se destaca por su capacidad para descomponer problemas complejos y multivariantes en componentes más manejables, permitiendo así una evaluación más detallada y precisa (Saaty, 1990).
- Evaluación Cuantitativa y Cualitativa: Otra fortaleza de AHP es su habilidad para manejar tanto datos cuantitativos como cualitativos, proporcionando una herramienta flexible y robusta para la toma de decisiones (Vaidya & Kumar, 2006).
- Toma de Decisiones en Grupo: AHP se adapta bien a entornos de toma de decisiones en grupo, permitiendo que se consideren las opiniones de todos los miembros del grupo y se llegue a un consenso (Ishizaka & Labib, 2011).

- Comprobación de Consistencia: La metodología proporciona una medida de consistencia que da la posibilidad de revisar y mejorar las evaluaciones con el objetivo de obtener resultados más coherentes (Saaty, 1990).

Desventajas de la Metodología AHP

- Esquema de Puntuación: El esquema de puntuación de Saaty, que es la escala de comparación de 1 a 9 utilizada en AHP, ha sido criticado por su subjetividad y por la dificultad que puede tener para manejar un gran número de opciones (Boender, de Graan & Lootsma, 1989).
- Inconsistencias: A pesar de que AHP permite comprobar la consistencia, seguir el proceso de manera estricta puede ser repetitivo y complejo, lo cual puede llevar a errores e inconsistencias (Dyer, 1990).
- Dependencia de un Moderador: La implementación de AHP puede depender en gran medida de un moderador experimentado. Sin un moderador apropiado, el proceso puede ser mal interpretado o aplicado (Vargas, 1990).
- Dificultad con Problemas Dinámicos: AHP puede tener dificultades para manejar problemas dinámicos donde las condiciones y variables cambian con el tiempo (Saaty & Vargas, 2013).

En conclusión, la metodología AHP es una herramienta valiosa para la toma de decisiones, gracias a su estructura jerárquica y su capacidad para manejar múltiples criterios. Sin embargo, su efectividad puede verse limitada por su dependencia de la subjetividad del usuario y su potencial dificultad para manejar problemas a gran escala.

4.12. Fundamentos de AHP

AHP es una técnica que utiliza la matemática y la psicología para ayudar a las personas a manejar la complejidad al tomar decisiones (Saaty, 2008). Funciona dividiendo un problema grande y complejo en subproblemas más pequeños y manejables que luego se organizan en una jerarquía. En el siguiente nivel, se utiliza una serie de comparaciones por pares para asignar pesos a cada elemento de la jerarquía. Finalmente, estos pesos se agregan para determinar una clasificación general de soluciones (Saaty, 1980).

En el contexto de una flota de transporte, podríamos dividir el problema de la toma de decisiones en varios subproblemas: costos de operación, eficiencia del combustible,

mantenimiento del vehículo, satisfacción del conductor, y así sucesivamente. En conclusión, la metodología AHP puede ser una herramienta valiosa para la toma de decisiones en la gestión de una flota de transporte. Proporciona un marco para abordar problemas complejos y multicriterio, y permite tomar decisiones más informadas y justificadas.

El uso de AHP en este contexto puede ayudar a los responsables de la toma de decisiones a descomponer el problema de la gestión de la flota en componentes más pequeños y gestionables. Por ejemplo, pueden descomponer el criterio de "rendimiento" en subcriterios como velocidad, capacidad de carga, y tiempo de inactividad. A través del AHP, pueden asignar pesos a estos subcriterios según su importancia relativa, y luego evaluar las diferentes opciones de gestión de la flota en función de estos subcriterios y pesos.

El AHP proporciona una base sólida para la propuesta de una metodología analítica jerárquica para la toma de decisiones multicriterio en una flota de transporte. Permite a los tomadores de decisiones manejar la complejidad y la diversidad de los criterios de decisión, y proporciona una manera sistemática y justificable de llegar a una decisión. Con la creciente importancia de la eficiencia y la sostenibilidad en la gestión de flotas, la aplicación de AHP en este contexto tiene un gran potencial para mejorar la toma de decisiones y los resultados.

4.12.1. Proceso de AHP

El AHP es un proceso que consta de varios pasos que permiten a los tomadores de decisiones descomponer un problema complejo en una serie de decisiones más sencillas, jerarquizadas y comparables.

1. Definición del problema y determinación de los criterios de decisión

El primer paso en el proceso de AHP es definir el problema de manera clara y concisa. Una vez que se ha identificado el problema, es crucial determinar los criterios de decisión. Los criterios representan los aspectos o factores que son importantes para resolver el problema.

2. Estructuración de la jerarquía

El siguiente paso es estructurar la jerarquía. Esto implica descomponer el problema en sus componentes principales, lo que incluye el objetivo general, los criterios de decisión

y las alternativas de decisión. La jerarquía generalmente tiene tres niveles: el nivel superior es el objetivo general, el nivel intermedio contiene los criterios y subcriterios, y el nivel inferior contiene las alternativas.

3. Comparación por pares

La comparación por pares es una parte central del proceso de AHP. En este paso, los criterios y alternativas se comparan por pares en términos de su importancia relativa para alcanzar el objetivo. Saaty (1980) proporcionó una escala de 1 a 9, donde 1 significa que dos elementos son igualmente importantes y 9 significa que uno es extremadamente preferido sobre el otro.

4. Cálculo de los pesos de los criterios y las alternativas

Una vez que se han realizado todas las comparaciones por pares, se calculan los pesos de los criterios y las alternativas. Los pesos representan la importancia relativa de cada criterio y alternativa.

5. Agregación de los pesos para obtener un resultado final

El último paso en el proceso de AHP es agregar los pesos para obtener un resultado final. Esto se consigue sumando los productos de los pesos de las alternativas y los criterios correspondientes.

En conclusión, el Proceso de Análisis Jerárquico es una poderosa herramienta de toma de decisiones que permite a los tomadores de decisiones manejar problemas complejos de decisión de manera sistemática y racional. A través de la descomposición del problema, la comparación por pares y la agregación de los pesos, el AHP proporciona un marco de trabajo estructurado para tomar decisiones informadas.

4.12.2. Aplicación del AHP en el transporte

El Proceso Analítico Jerárquico (AHP) es un método de decisión multicriterio que ha sido ampliamente utilizado en diversas disciplinas para una amplia gama de decisiones complejas. Una de las áreas donde se ha aplicado el AHP es en el campo del transporte, en particular para la evaluación y selección de alternativas de transporte.

El AHP se ha utilizado en la toma de decisiones de transporte debido a su capacidad para manejar tanto datos cuantitativos como cualitativos y para considerar múltiples criterios y sus interacciones. Por ejemplo, puede ser utilizado para seleccionar la mejor alternativa de transporte basada en una serie de factores como el costo, la eficiencia, la seguridad y el impacto ambiental (Saaty, 1980).

En el contexto de la planificación del transporte público, el AHP puede ser utilizado para evaluar y comparar diferentes opciones de transporte público, como el autobús, el tren y el metro. Esto puede incluir la consideración de factores como la capacidad del sistema, el tiempo de viaje, la comodidad del pasajero y el costo (Saaty & Vargas, 2012).

En la logística y la cadena de suministro, el AHP se ha utilizado para seleccionar el mejor modo de transporte, como el camión, el barco o el avión, basado en criterios como el costo de envío, el tiempo de tránsito, la fiabilidad y la flexibilidad (Saaty, 1990). El AHP ofrece una serie de ventajas en la toma de decisiones de transporte. En primer lugar, proporciona un marco sistemático y coherente para la evaluación de alternativas complejas. En segundo lugar, permite la participación de múltiples partes interesadas en el proceso de toma de decisiones, lo cual es especialmente importante en el contexto del transporte donde las decisiones pueden tener un impacto significativo en la comunidad (Saaty & Vargas, 2012).

Sin embargo, también hay desventajas en el uso del AHP. Una crítica común es que el método puede ser subjetivo, ya que depende de la evaluación de los expertos. Además, el AHP puede ser complejo y requerir un nivel significativo de habilidad y experiencia para ser utilizado efectivamente (Saaty, 1987).

El AHP es una herramienta valiosa para la toma de decisiones en el campo del transporte. A pesar de sus limitaciones, ofrece un marco eficaz para la evaluación y selección de alternativas de transporte, lo que permite una toma de decisiones más informada y equitativa. Al proporcionar un marco estructurado y cuantitativo para la toma de decisiones, el AHP puede ayudar a los actores del transporte a tomar decisiones más informadas y justificables.

4.12.3. Estudios previos de AHP en el transporte

El método AHP, desarrollado por Saaty (1980), se ha utilizado extensamente en sectores como los negocios, la educación, la informática, la salud y el transporte entre otros (Saaty, 1980, p. 161). En la industria del transporte, el método AHP ha sido aplicado en áreas como la planificación del transporte, la logística y la selección de rutas, la evaluación del rendimiento del transporte público, entre otras.

En la planificación del transporte, AHP ha sido utilizado para evaluar y seleccionar las mejores opciones de infraestructura de transporte. Por ejemplo, Lee, Kim y Park (2002) aplicaron el método AHP para seleccionar la mejor opción de carretera para un proyecto de carreteras en Corea del Sur. Los autores utilizaron criterios como el coste, la eficiencia, la seguridad y el impacto medioambiental para evaluar las opciones disponibles (Lee, Kim, & Park, 2002, p. 134). En el área de logística y selección de rutas, AHP ha sido igualmente útil. Un estudio realizado por Apte (2010) utilizó el método AHP para evaluar las rutas de transporte más eficientes para operaciones de logística. El estudio utilizó criterios como el coste, el tiempo, la seguridad y la confiabilidad para evaluar las rutas (Apte, 2010, p. 76).

En el ámbito de la evaluación del rendimiento del transporte público, AHP ha proporcionado un marco eficaz para evaluar y mejorar el rendimiento de los servicios de transporte público. Por ejemplo, un estudio de Khandelwal, Adhvaryu y Sharma (2013) aplicó el método AHP para evaluar el rendimiento de los servicios de autobús en la India. Los autores utilizaron criterios como la eficacia, la eficiencia, la seguridad y la satisfacción del cliente para evaluar los servicios de autobús (Khandelwal, Adhvaryu, & Sharma, 2013, p. 123).

El método AHP ha demostrado ser una herramienta significativamente útil en el sector del transporte. Ha proporcionado un marco eficaz para la toma de decisiones en áreas como la planificación del transporte, la logística y la selección de rutas, y la evaluación del rendimiento del transporte público.

4.13. Ventajas y desventajas de AHP en el transporte

La primera ventaja del AHP es su flexibilidad y adaptabilidad a diversas situaciones de toma de decisiones. En el transporte, puede aplicarse a una variedad de problemas, desde la selección de rutas y modos de transporte hasta la planificación y el desarrollo de

infraestructuras (Saaty, 1980). En segundo lugar, el AHP permite incorporar tanto criterios cuantitativos como cualitativos en el proceso de toma de decisiones (Vaidya & Kumar, 2006). Esta característica es especialmente útil en el transporte, donde las decisiones a menudo implican consideraciones tanto objetivas (como costos y tiempo de viaje) como subjetivas (como la comodidad y la seguridad).

Además, el AHP es altamente participativo, permitiendo la incorporación de múltiples stakeholders en el proceso de toma de decisiones (Dey, 2003). En el sector del transporte, esto puede incluir a las autoridades de transporte, los usuarios, los proveedores de servicios y las comunidades locales. A pesar de estas ventajas, también existen desventajas en el uso de AHP en el transporte.

Primero, realizar un AHP puede ser un proceso que requiere mucho tiempo y esfuerzo, particularmente cuando se involucra a múltiples stakeholders y se consideran muchos criterios (Forman & Gass, 2001). Esto puede ser un desafío en el ámbito del transporte, donde las decisiones a menudo deben tomarse rápidamente y con recursos limitados. Otra desventaja es la subjetividad inherente en el AHP. Aunque el método busca estructurar y cuantificar las preferencias de los decisores, estas preferencias están ineludiblemente influenciadas por sus juicios subjetivos (Saaty, 1980). Esto puede dar lugar a resultados sesgados o inconsistentes, especialmente en el contexto del transporte, donde los intereses de los diferentes stakeholders pueden entrar en conflicto.

En conclusión, el uso del AHP en el transporte ofrece diversas ventajas, como su flexibilidad, la capacidad de considerar múltiples criterios y la inclusión de varios stakeholders. Sin embargo, también presenta desventajas, incluyendo su complejidad y la subjetividad inherente. Como tal, es importante que los profesionales del transporte utilicen el AHP de manera crítica y consciente de sus limitaciones.

5 CAPITULO 2: PROBLEMATICAS DE LOS DIFERENTES SISTEMAS APLICADOS EN LAS FLOTAS DE TRANSPORTE PARA LA APLICACIÓN DE UN CASO

5.1. Introducción al mantenimiento

Actualmente el mantenimiento tiene desafíos para desempeñar su mejora y confiabilidad, presenta equipos electrónicos que ofrece equipos con fiabilidad, de tal manera el mantenimiento en un futuro maneja de manera técnica y eficaz a través de un proceso de diagnóstico amplio con la finalidad de solucionar las averías o variables complejas (Muñoz, 2022).

El mantenimiento de flotas de transporte implica un proceso complejo ya que se tiende a la limitación de preservar, es decir, mantener los diferentes vehículos en estado óptimo y tener conocimiento de los detalles para su respectivo mantenimiento, la continuidad en plena capacidad para el funcionamiento implica según (Cerón & Martínez, 2012):

- El mejoramiento del funcionamiento de las condiciones de los vehículos que influyen en la reducción de incidentes en el ámbito laboral y mejorar la economía.
- La gestión del servicio de los servicios se debe basar en informes de costos de mantenimientos y evaluaciones comparativas.

5.2. Objetivos y exigencias del mantenimiento automotriz

5.2.1. Los objetivos fundamentales del mantenimiento son:

- Maximizar la eficiencia operativa del vehículo.
- Reducir el número de vehículos que se encuentran detenidos por mantenimiento.
- Simplificar el tiempo para realizar el mantenimiento.
- Disminuir los costos de mantenimiento.
- Reducir los costos operacionales.

5.2.2. Exigencias en el área de mantenimiento

- Satisfacción al cliente.
- Competencia global.

- Reducción de costos.
- Máxima fiabilidad.
- Seguridad personal.
- Protección del medio ambiente.

5.3.Indicadores del mantenimiento

Los indicadores son métodos básicos para la medición de cuan eficientes son el método y sistema de servicio.

Dentro del mantenimiento automotriz existen indicadores como la fiabilidad, disponibilidad y mantenibilidad.

5.3.1. Disponibilidad

La disponibilidad de un vehículo es la probabilidad que puede brindar su servicio en un periodo de tiempo especificado, es decir, depende de la frecuencia en la que se producen los fallos, en un determinado tiempo y condiciones (*fiabilidad*), y de cuánto tiempo requiere para la corrección del fallo (*mantenibilidad*) (Centeno & Urrutia, 2023).

5.3.2. Fiabilidad

Se define como la probabilidad para desempeñar con satisfacción respecto a las funciones de diseño, durante un periodo de tiempo específico considerando las condiciones de operación, es decir, una medida de cuantificación respecto a la funcionabilidad. La fiabilidad o confiabilidad es un es una probabilidad de que un bien funcione a traves de un periodo determinando en función de las condiciones de operación especificadas (Braco, 2018).

5.3.3. Mantenibilidad

La mantenibilidad es la expectativa para que se pueda colocar un vehículo en condiciones de operación después de realizar actividades de mantenimiento específicas respecto al tiempo y condiciones de servicio programados. También indica la disponibilidad para efectuar un mantenimiento (Cerón & Martínez, 2012).

5.4.Justificación e importancia del mantenimiento automotriz en la flota de transporte

5.4.1. En lo tecnológico

Implementar tecnología facilitara el seguimiento y control de los cambios realizados en la flota de vehículos, a traves del uso de herramientas como el Excel, software o aplicaciones móviles.

5.4.2. En los social

La implementación tecnológica permitirá la organización y programación de manera eficiente en los trabajos del personal de la empresa, de tal manera garantizará un rendimiento eficiente en la flota vehicular.

5.4.3. En lo económico

Por medio y uso del mantenimiento preventivo, con el apoyo de la tecnología, reducirá los costos de mantenimiento a traves del control de los gastos y la disminución de la necesidad de las reparaciones correctiva, a traves de ello aumentará la disponibilidad de los vehículos.

5.4.4. En lo ambiental

El mantenimiento preventivo adecuado de la flota de vehículos tendrá la contribución de la reducción de los niveles que se presenten en la contaminación ambiental.

5.5.Gestión del mantenimiento

Según (Sánchez, 2013) la gestión en flotas de transporte el conjunto de vehículos comerciales a motor de combustión interna como autos, busetas y camiones que pertenecen a una organización. La gestión de flotas de vehículos posee funciones relevantes como mantenimiento de vehículos, financiación, sistemas de seguimientos y diagnóstico, gestión de conductores, gestión de combustible y gestión de seguridad y salud.

La gestión e caracteriza por tener un visión amplia de posibilidades para una organización para solucionar diferentes situaciones con un fin determinado, a traves de la disposición y organización de los diferentes recursos de un individuo o grupo para la obtención de resultados (Pacheco, 2013).

5.5.1. Tipos de gestión

- a) **Gestión tecnológica:** es un actividad importante para las empresas, ya que desempeña un papel crucial a través del funcionamiento eficaz de la empresa, tiene ventajas como la mejora de infraestructura, la experiencia y capacidades de las empresas, lo que permite tener una preparación más eficiente para el enfrentamiento de desafíos que puedan surgir, reducción de tiempo de riesgo y la incertidumbre comercial (Villaverde, 2022).
- b) **Gestión social:** la implementación del establecimiento de medias y normas para la fomentación de la protección, bienestar y la igualdad tanto para los conductores como para el personal de la flota de las diferentes comunidades que operan. Estas características se enfocan en aspectos de ambiente laboral, de salud y seguridad, del impacto ambiental y la comunicación con la comunidad (Rajak et al., 2016).
- c) **Gestión personal:** establece medidas y normas para fomentar la productividad, seguridad y bienestar de los empleados que realizan y desarrollan actividades de la flota (Alvines & Bendezú, 2018).

5.6. Importancia del control en una flota de vehículos

Según (Arizaga et al., 2017), uno de las principales dificultades que enfrentan numerosas empresas en las flotas de vehículos es la ausencia de los sistemas de gestión y control, lo que resulta la carencia de los recursos necesarios para la evaluación y supervisión del uso de los vehículos.

En la actualidad dentro del sector empresarial la falta de registros completos o incluso la ausencia total de registro de los vehículos se debe a los procesos que realizan manualmente que propician la pérdida de información, la falta de sistemas de gestión conlleva a la falta de información necesaria para la elaboración de informes y estadísticas.

Según (Pacheco, 2013), la importancia de controlar los gastos para el funcionamiento óptimo de una empresa y el consumo de combustible es uno de los aspectos importantes para analizar, de tal manera se realiza una aproximación general al consumo estándar de los vehículos, a través del análisis detallado se identifica las posibles desviaciones causadas por un mal uso de los vehículos, lo que puede implicar desvíos en los fondos de la empresa.

La disponibilidad de los vehículos es otro aspecto fundamental para el análisis mediante el control en tiempo real de la flota, ya que se conoce que el vehículo está activo y cuál se puede utilizar para un traslado de planificación, por ello al analizar los datos de la flota de vehículos se toman decisiones para la optimización de su uso (Arizaga et al., 2017).

5.6.1. Control de proceso de mantenimiento

5.6.1.1. Elementos relacionados con el concepto de control

Relación con lo planteado: Siempre se requiere para la verificación del logro de los objetivos establecidos en la planificación.

- Medición: medir y cuantificar los resultados para ejercer control.
- Detectar desviaciones: la función primordial para el control es la identificación de las diferencias entre ejecución y planificación.
- Establecer medidas correctivas: el propósito del control es la prevención y corrección de errores.

5.6.1.2. Requisitos de un buen control

- Corrección de fallas y errores: el control debe detectar e indicar errores en la planificación, organización o dirección.

- Previsión de futuras fallas o errores: además de la identificación de errores actuales, el control debe prevenir errores futuros en la planificación, organización o dirección.

5.6.2. Actividades de control

El control es la etapa final del ciclo administrativo, con la finalidad de medir los resultados actuales o pasados y realizar una comparación con los esperados, ya sea de manera total o parcial. Esto se realiza para identificar las diferencias o brechas entre lo planeado y lo ejecutado, para corregir deficiencias, mejorar los procedimientos o formular nuevos planes de acción (García, 2013).

En el control de un flota de transporte, es importante considerar preguntas clave:

1. ¿Qué queremos controlar?
 - Trabajos.
 - Calidad.
 - Costos.
 - Desperdicio tiempo improductivo.
2. ¿Dónde debemos controlar?
 - En los trabajos principales: mano de obra.
 - En los materiales: calidad.
 - En los equipos: disponibilidad.
 - En lo personal: tiempo improductivo.
3. ¿Cuándo debemos controlar?

De acuerdo con el programa establecido, en cada trabajo y en cada momento, desde el inicio hasta la finalización. Los trabajos se evalúan o miden y se comparan con el programa, que en este caso sirve como estándar.

5.7.Indicadores que se involucran en la flota de transporte

Tabla 1 *Indicadores que intervienen en la flota de transporte*

INDICADORES INVOLUCRADOS EN UNA FLOTA DE TRANSPORTE	DESCRIPCIÓN DE LA VARIABLE Y COMO INFLUYE DENTRO DE LA FLOTA
Adquisición de vehículos (Saltos, 2016)	La selección y compra de los vehículos adecuados para la flota, considerando las necesidades operativas, el tipo de carga, la eficiencia de combustible y los requisitos legales.
Mantenimiento y reparaciones (Padilla, 2012).	La planificación y ejecución del mantenimiento preventivo y correctivo de los vehículos, incluyendo cambios de aceite, revisión de sistemas (frenos, suspensión, neumáticos), reparaciones, inspecciones periódicas y cumplimiento de los requisitos legales.
Gestión de Conductores (Anguisaca & Peñafiel, 2021)	La selección, capacitación y supervisión de los conductores, asegurando que cumplan con los requisitos legales, tengan licencias

	de conducir validas, reciban capacitación en seguridad vial y sigan las políticas y procedimientos establecidos.
Monitoreo y seguimiento (Urquiza, 2022).	El uso de tecnologías de seguimiento y monitoreo de flotas para rastrear la ubicación de los vehículos, recopilar datos en tiempo real, controlar el rendimiento, mejorar la seguridad y tomar decisiones basadas en información precisa.
Gestión de costos (Guayacondo & Ramírez, 2022).	La administración de los costos asociados con la flota, incluyendo el combustible, el mantenimiento, las reparaciones, los seguros, los impuestos, los peajes y otros gastos relacionados.
Seguimiento de rutas (Archbold & Sánchez, 2020).	Planificar y asignar las rutas de entrega o recogida de mercancías de manera eficiente es esencial para maximizar la productividad y minimizar costos.
Control de combustible y consumo (Rivas & Zamora, 2019).	La gestión del consumo de combustible, monitoreando el rendimiento de los vehículos, identificando ineficiencias y tomando medidas para optimizar el

	consumo, como el uso de sistemas de seguimiento y control de flotas.
Gestión de combustible (Morales, 2022).	Controlar y monitorear el consumo de combustible de la flota es importante para la optimización de costos y detectar posibles problemas de eficiencia, se pueden realizar la implementación de tarjetas de combustible o software de gestión, para rastrear y analizar el consumo de cada vehículo.
Comportamientos de conducción (Bedolla, 2019).	Si se presentan problemas en la flota, los gestores pueden verificar cual ha sido la posible causa como puede ser el alto consumo innecesario de combustible, velocidades elevadas, frenadas bruscas. Para la obtención de un informe del conductor.
Confiabilidad (Ochoa & Villa, 2022).	La flota en cada una de las rutas destinadas deberá cumplir con el tiempo de entrega, así como entregar de forma eficiente sin que exista ningún tipo de reclamos de los proveedores.

Entorno de trabajo (Reyes, 2020).	Las condiciones de operación de los vehículos pueden afectar el desgaste y su rendimiento, es decir, si flota se opera en condiciones climáticas extremas, se debe tomar medidas para la protección de los vehículos y realizar el mantenimiento específico.
Kilometraje y tiempo de uso (Becerra et al., 2020).	El mantenimiento preventivo se programa en función del kilometraje recorrido o el tiempo de uso de los vehículos.

Todas estas variables son tomadas en cuenta para una flota de transporte, se debe considerar que cada una de ellas tiene un valor significativo en el área de una gestión, sin embargo, se sabe que cada uno de estos puntos son de valores porcentuales diferentes lo cual no se podría generar una ponderación de cuál de estas variables podría ser la más importante sin obviar las demás.

5.8. Software Expert Choice

En el área de mantenimiento, se utilizan diversos tipos de variables cuantitativas que se seleccionan de forma aleatoria para la toma de decisiones importantes para la flota de transporte. Sin embargo, las decisiones seleccionadas carecen de respaldo en términos de verificación de que las variables sean gestionadas mediante un método cuantitativo que facilite la toma de decisiones con valores porcentuales para el área de mantenimiento.

Para abordar esta necesidad, se propone el uso del software “Expert Choice”, funciona como una guía para realizar el análisis cuantitativo. Este sistema informático sobresale a

traves de la capacidad para realizar el análisis multicriterio, ya que toma en cuenta múltiples factores y criterios para la gestión y comparación de diferentes opciones. Esta herramienta proporcionara a los usuarios a tomar decisiones basadas en datos cuantificables, a traves de su interfaz de usuario intuitiva y de uso fácil, a traves de la introducción de criterios, alternativas y valores comparables de forma sencilla y visualizar los resultados de manera clara y concisa.

Figura 5 *Software Expert Choice*



Nota. Figura tomada de (**Expert Choice**, s. f.).

6. CAPITULO 3: ANÁLISIS DE PROCESOS CRITICOS EN ACTIVIDAD DE MANTENIMIENTO

El programa Excel, parte del paquete de Microsoft Office, es una herramienta informática ampliamente utilizada en el ámbito empresarial para el análisis de datos, la creación de informes y la toma de decisiones. Su capacidad para realizar cálculos complejos, organizar y visualizar información de manera efectiva lo convierte en una opción ideal para la gestión de flotas de transporte. En este capítulo, exploraremos cómo Excel puede ser utilizado como una herramienta para la toma de decisiones multicriterio en el contexto de una flota de transporte.

Dentro del área de mantenimiento se ha gestionado formas de tomas de decisiones a lo largo del tiempo, esta gestión se ha ido evolucionando, lo cual, para el desarrollo en una toma de decisiones se propone varias herramientas informáticas.

Para desarrollar un plan de mantenimiento se genera una cadena decisión. La primera decisión es saber cuál es la intención al crear un plan de mantenimiento o cuál es su objetivo. En segundo lugar, es necesario reconocer cómo estos objetivos para así proporcionar los valores reales y deseados. Tercero, el personal existente de la empresa debe ser considerado apto para las tareas que debe realizar y también ser conscientes de sus conocimientos.

Dentro del área de mantenimiento se genera una polémica en que abarca una flota de transporte que es la toma de decisiones, para esto existen varias herramientas informáticas que permitirán la facilidad de controlar de manera cuantitativa el uso correcto de un sistema automotriz.

6.1. Diseño de la herramienta informática para la toma de decisiones multicriterio

La gestión de una flota de transporte conlleva la toma de decisiones que implican múltiples criterios o factores a considerar. Estos criterios pueden incluir el costo operativo, la eficiencia energética, el rendimiento del vehículo, la capacidad de carga, la seguridad, entre otros. El análisis multicriterio busca evaluar y comparar alternativas en función de estos criterios, considerando sus interrelaciones y ponderaciones relativas.

Se consideran varios criterios para implementar la herramienta informática, se sabe que dentro de una flota de transporte es necesario una administración cuantificada para una toma

de decisión ya sea en la compra y adquisición de sistemas automotrices. Aquí se analiza varios criterios dentro del área del mantenimiento, para ello, la herramienta Excel será uno de los sistemas informáticos que será la guía para una correcta valorización de criterios.

6.2. Excel como herramienta para la toma de decisiones multicriterio

6.2.1. Características y diseño de la herramienta informática

Excel ofrece una variedad de funciones y herramientas que pueden facilitar el análisis multicriterio en la gestión de flotas de transporte. A continuación, se presentan algunas de las formas en que Excel puede ser utilizado:

- **Organización de datos:** Excel permite organizar y estructurar datos relevantes para la toma de decisiones en una flota de transporte. Los datos pueden incluir información sobre los vehículos, costos operativos, rendimiento, mantenimiento, entre otros. Mediante el uso de hojas de cálculo, se pueden ingresar y almacenar estos datos de manera ordenada y fácilmente accesible.
- **Creación de modelos de decisión:** Excel permite crear modelos de decisión que consideren múltiples criterios y alternativas. Mediante el uso de fórmulas y funciones, es posible realizar cálculos y combinar diferentes criterios para evaluar las alternativas. Por ejemplo, se pueden utilizar funciones de suma ponderada para asignar pesos a los criterios y calcular puntuaciones totales para cada alternativa
- **Análisis de sensibilidad:** Excel facilita el análisis de sensibilidad, lo que permite examinar cómo cambian los resultados cuando se modifican los valores de los criterios o las ponderaciones. Esto puede ayudar a comprender el impacto de los cambios en las decisiones tomadas y proporcionar información adicional para la toma de decisiones informadas.
- **Visualización de datos:** Excel ofrece una amplia gama de herramientas de visualización de datos, como gráficos y tablas dinámicas, que pueden ayudar a comprender y comunicar los resultados del análisis multicriterio. Estas visualizaciones pueden facilitar la identificación de patrones, tendencias y relaciones entre los criterios y las alternativas evaluadas.

Además, dentro de la gestión de mantenimiento se debe considerar los criterios y alternativas que se debería considerar en una flota de transporte, el procedimiento para generar estas decisiones mediante la herramienta informática es:

- **Identificar los criterios:** El primer paso en el diseño de la herramienta es identificar los criterios clave que se utilizarán para evaluar las alternativas. Estos criterios pueden incluir costos operativos, eficiencia energética, capacidad de carga, seguridad, mantenimiento, entre otros. También es importante determinar las alternativas específicas que se considerarán, como diferentes tipos de vehículos, proveedores de servicios, rutas, etc.
- **Establecer ponderaciones de los criterios:** Una vez que los criterios y las alternativas se han identificado, es necesario asignar ponderaciones a cada criterio para reflejar su importancia relativa en la toma de decisiones. Estas ponderaciones pueden ser subjetivas o basarse en análisis previos. Es importante recordar que la suma de las ponderaciones debe ser igual a 1 para asegurar una evaluación coherente.
- **Cálculo de puntuaciones:** A medida que ingresas los datos relevantes para cada criterio y alternativa en la hoja de cálculo, utiliza fórmulas en Excel para calcular las puntuaciones para cada criterio y alternativa. Dependiendo de la naturaleza de los criterios, puedes utilizar diferentes fórmulas y funciones, como suma ponderada, promedio o comparaciones condicionales.
- **Realizar un análisis de los vectores de ponderación:** Una ventaja de utilizar Excel es la capacidad de realizar análisis de sensibilidad y explorar diferentes escenarios. Puedes ajustar las ponderaciones de los criterios y observar cómo cambian las puntuaciones y la clasificación de las alternativas. Dentro de esto se obtiene los vectores finales en donde se realiza la comparativa de criterios para finalmente una toma de decisión.

La herramienta proporcionada empieza con la investigación de los criterios a tomar en cuenta dentro de una flota de transporte, se sabe que varias empresas sufren de este problema que afectaría en el área de su producción.

Conociendo ya los criterios a gestionar, se genera una programación para poder gestionar cada uno de estos variables consigo mismas, es decir, se deberán comparar cada uno de los

criterios con ellos mismos, dando como resultado una ponderación que justificara la toma de decisiones.

Comúnmente conocido como CMMS (Gestión de Mantenimiento Asistido por Computadora), se utiliza para apoyar los pronósticos de planificación de mantenimiento de la empresa, cabe señalar que el uso incorrecto de esta herramienta puede significar obstáculos para la posterior aplicación de la estrategia de objetivos de planificación de mantenimiento, por lo que es necesarios para comprender las funciones y objetivos de las herramientas informáticas.

La implementación del sistema CMMS mejorará la gestión de la gran cantidad de información acumulada en libros o papel, así como también obtendrá capacidades de programación adicionales que brindan información sobre la eficiencia del mantenimiento, tales como:

- Tiempo de inactividad
- Costos de materiales
- Costos de personal. (López, 2013)

Teniendo estos puntos en consideración, dentro de la herramienta informática se trabajará con matrices de 5x5 para la comparación de criterios mediante la metodología AHP, la matriz de 5x5 será tomada con una restricción para un mejor análisis.

Mediante la introducción de matrices y la comparación de criterios se genera una multiplicación de las ponderaciones generadas por Thomas Saaty que serán esenciales para una toma de decisiones, esta matriz será multiplicada por una matriz normalizada y con ello obtener el vector final

La herramienta “Excel” tiene varias formas informáticas de verificar si los valores que se obtienen serán los correctos y los que serán tomados en cuenta para las demás comparaciones de subcriterios.

La herramienta “Excel” tiene varias formas informáticas de verificar si los valores que se obtienen serán los correctos y los que serán tomados en cuenta para las demás comparaciones de subcriterios.

Tabla 2 *Relación de consistencia*

AxP		
2,350	$CI = (n_{max} - n) / (n - 1)$	0,067
0,371	$RI = 1,98 * (n - 2) / n$	29,700
1,148	$CR = CI / RI$	0,0022
0,987		
0,410		
5,267		

Dentro del diseño de la herramienta se cuenta con un proceso de comprobación de valores que será una ayuda para verificar si las ponderaciones, los juicios se consideran consistentes si $CR \leq 0,1$ (10%).

De la misma manera, dentro de los criterios que se gestiona dentro del área de mantenimiento se generan subcriterios, que de igual forma deberán ser comparados entre sí y mediante esto se procederá a obtener las matrices normalizadas como los vectores finales.

La herramienta generará los valores que según la programación anterior nos dará resultados de manera eficiente y con un respaldo informático para poder generar resultados que ayuden a los criterios iniciales a tener la valoración e importancia.

La utilización de la herramienta se basa en la necesidad de poder generar una comparación de criterios, y mediante estos realizar una valoración de subcriterios que de la misma manera serán comparados. Los sistemas automotrices se basan en su costo y la calidad de dicho producto, lo cual es un problema el saber cuál sistema será el adecuado para una flota de transporte.

6.3. Matriz Normalizada

La matriz normalizada tiene como restricción de la misma manera que deberá ser de una dimensión de 5x5, dentro de esta matriz se mostrara la valorización de cada uno de los subcriterios con respecto a la suma de cada uno de los criterios, es decir, se dará una división de las ponderaciones por cada total de columna.

6.4. Vector ponderación

En cada uno de los criterios analizados, se debe tomar en consideración que cada comparación nos dará como resultado un vector ponderación, este no es más que el resultado de la gestión de criterios, este vector nos ayudara a realizar una comparativa al final del análisis de los criterios, además cada uno de los vectores deberá estar considerado con un grado de importancia para que cada uno de ellos sea valorado por su valor cuantificado.

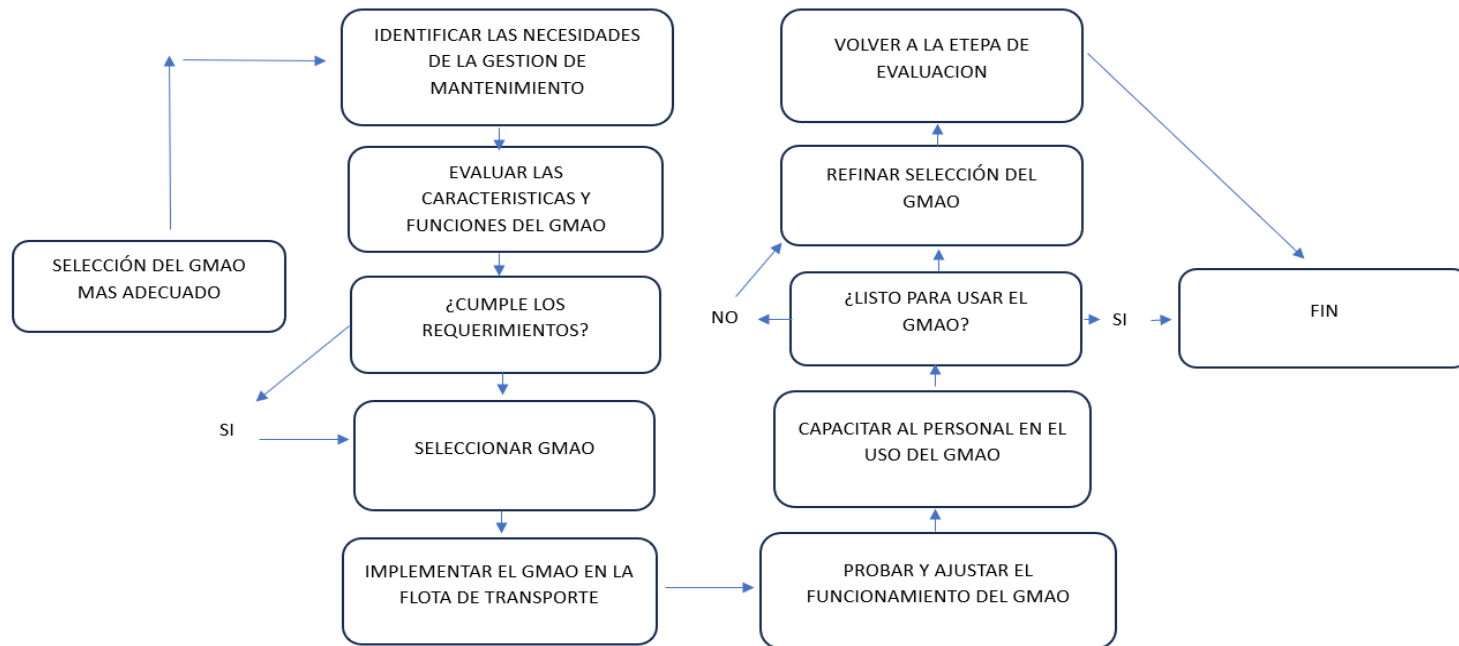
Se sabe que para iniciar una gestión de mantenimiento computarizado debe basarse en una necesidad, esta necesidad dependerá de los factores que intervengan en la toma de decisión, así como también en como seria el flujo para un procedimiento adecuado dentro del área de mantenimiento.

Cada uno de los procesos que se debe considerar debe ser estudiado para una gestión de mantenimiento computarizado.

6.5. Diagrama de flujo para la selección del mejor GMAO

Los diagramas de flujo muestran un proceso de toma de decisiones multicriterio para la gestión de una flota de transporte, y sería una de como seria el proceso paso a paso en cada etapa. Cada uno de los diagramas de flujo varían dependiendo de la necesidad del análisis, para este caso se tomará en consideración desde el problema básico del análisis, que será de “Cual es el proceso de gestión de mantenimiento más adecuado para una flota de transporte” y con este problema se inicia el proceso para la toma de decisiones y empezar con el análisis.

Figura 6 Diagrama de flujo para la selección del GMAO



Nota. Figura de elaboración por elaboración propia

Dentro de la planificación del mantenimiento y la designación del GMAO más adecuados se podrá generar un flujo de análisis como se muestra en esta figura, todo parte desde entender por qué se va a realizar la gestión de mantenimiento o cual su objetivo de dicho análisis.

6.6. Gestión de mantenimiento computarizado

6.6.1. Objetivo de un CMMS

El objetivo de una organización de mantenimiento es maximizar el tiempo de actividad y optimizar el estado de los equipos de manera más rentable. Para lógralo, se define claramente al menos las siguiente acciones:

- Desarrolle estrategias de mantenimiento efectivas basadas en la condición y el historial del equipo.
- Técnicas efectivas para planificar y programar órdenes de trabajo y utilizar los recursos disponibles asignados.
- Supervise las actividades de mantenimiento en curso para impulsar la mejora continua.

Estas tres actividades requieren que se recopile, procese y utilice una gran cantidad de información para la toma de decisiones. Por lo tanto, se requiere la asistencia de los recursos informáticos a través de un Software de Gestión de Mantenimiento (CMMS) que permita la gestión sistemática de la información generada para una respuesta rápida y oportuna.

6.6.2. Funciones del CMMS

En general, un CMMS incluye las siguientes características:

- Identificación del equipo y lista de piezas.
- Procesamiento de órdenes de trabajo.
- Planificación y programación del mantenimiento preventivo y correctivo.
- Control de inventario y compras.
- Trabajo y normas laborales.
- Historial de dispositivos. costo y presupuesto. Indicadores importantes de mantenimiento. Informes de rendimiento y calidad

Un sistema de gestión de mantenimiento computarizado, o CMMS, es un software que centraliza la información de mantenimiento y simplifica las operaciones de mantenimiento. Ayuda a optimizar el uso y la disponibilidad de equipos físicos como vehículos, maquinaria, comunicaciones, infraestructura de planta y otros activos.

Los sistemas CMMS, también conocidos como CMMIS o Sistema de información de gestión de mantenimiento computarizado, se utilizan ampliamente en la fabricación, la producción de petróleo y gas, la generación de energía, la construcción, el transporte y otras industrias basadas en infraestructura física.

6.7. Componentes de un CMMS

6.7.1. Computarizado

La informatización se refiere a mantener la información almacenada en una base de datos en una computadora usando un CMMS, lo cual no es un concepto sorprendente en estos días. Pero antes de la década de 1980, los datos de mantenimiento generalmente se registraban con lápiz y papel (y todavía se registran en muchas organizaciones). Por lo tanto, el mantenimiento es principalmente reactivo. El mantenimiento preventivo se realiza con menos frecuencia porque no es práctico rastrear qué activos requieren mantenimiento regular si todos los registros de mantenimiento se mantienen en papel en archivadores.

6.7.2. Mantenimiento

El sistema se puede considerar como una combinación genérica de características y funciones de CMMS. Las diferentes soluciones de CMMS ofrecen diferentes capacidades, pero el mejor sistema de CMMS es aquel que permite a los usuarios realizar las tareas de mantenimiento existentes de manera más eficiente mientras implementa funciones que ahorran tiempo y reducen costos.

6.7.3. Software

El sistema se puede considerar como una combinación genérica de características y funciones de CMMS. Las diferentes soluciones de CMMS ofrecen diferentes capacidades, pero el mejor sistema de CMMS es aquel que permite a los usuarios realizar las tareas de mantenimiento existentes de manera más eficiente mientras implementa funciones que ahorran tiempo y reducen costos.

6.8. Ponderar los criterios, subcriterios y alternativas

Los criterios para la evasión se caracterizan por su grado de importancia, este grado de importancia se da mediante ponderaciones, las ponderaciones que se utiliza son dadas por Tomas Saaty.

Tabla 3 *Criterios de evasión expuestas por Tomas Saaty*

Intensidad de Importancia	Definición	Descripción
1	De igual importancia	Dos actividades contribuyen de forma igual al objetivo.
2	Débilmente Importante	La experiencia y juicio hace que uno es levemente más importante que el otro.
3	Moderadamente Importante	La experiencia y juicio hace que uno es medianamente más importante que el otro.
4	Un poco más importante	La experiencia y juicio hace que uno es un poco más que moderadamente importante que el otro.
5	Fuertemente importante	La experiencia y juicio hace que uno es mucho más que moderadamente importante que el otro.
6	Un poco más fuertemente	La experiencia y juicio hace que uno es un poco más fuertemente importante que el otro.
7	Muy fuertemente	La experiencia y juicio hace que uno es muy fuertemente importante que el otro.

8	Demasiado fuertemente	muy	La experiencia y juicio hace que uno es demasiado fuertemente importante que el otro.
9	Extremadamente importante		La experiencia y juicio hace que uno es extremadamente

Nota. Tabla de elaboración propia.

No solo es conveniente comparar cuánto un elemento es más importante que otro en una relación con múltiples valores enteros, sino que también es posible asignar un valor parcial a esa relación si es necesario. Los valores decimales se pueden comparar y asignar directamente si el tomador de decisiones está calificado para realizar el proceso.

6.9. Selección de la alternativa más óptima

El último paso de AHP es seleccionar una alternativa. Para este propósito, el valor de prioridad global es cada alternativa debe calcularse con una suma del producto del peso (es decir, su importancia de cada subcriterio relativo) y el peso relativo de cada alternativa no estándar.

6.10. Sistema de gestión computarizado para la metodología AHP

Mediante el sistema de gestión computarizado se genera un análisis dentro del área del mantenimiento, pero a la misma vez utilizar la metodología de toma de decisiones multicriterio.

El CMMS controlara mediante un método cuantitativo el valor porcentual de cada una de las variables según las ponderaciones dadas mediante la (Tabla 3) y así poder tener una fuente de ayuda para una toma de decisiones.

La estructura tiene 4 niveles, con 5 criterios y 25 subcriterios, donde el primer nivel corresponde al objetivo principal, es decir, elegir la GMAO más adecuada, el segundo nivel corresponde a los criterios, el tercer nivel corresponde a los subcriterios, y el cuarto nivel corresponde a las alternativas de CMMS.

Mediante el análisis de la gestión de mantenimiento se empieza a analizar las variables iniciales que en resumen serían el primer nivel de criterios para la toma de decisión de cuál es el GMAO más adecuado.

Dentro de los CMMS se analizan los criterios y mediante estos se realiza la comparativa de gestión de mantenimiento, así mismo, se debe entender las definiciones de cada uno de los criterios a cuantificar y subcriterios a evaluar.

6.10.1. Actuación / Desempeño

La actuación tiene como finalidad gestionar:

- Condición Física
- Integración y extensión
- Facilidad interna y personalización
- Actualizaciones disponibles
- Informes (Fiabilidad, Disponibilidad)

6.10.2. Usabilidad

La usabilidad tiene como finalidad gestionar:

- Facilidad de aprendizaje
- Facilidad de operación
- Fácil gráfica e interfaz
- Efectividad de uso
- Satisfacción de fácil control

6.10.3. Compatibilidad y Portabilidad

- Nivel de integración con otro software
- Portabilidad a dispositivos móviles
- Seguridad del sistema
- Compatibilidad del hardware
- Portabilidad entre entornos de implementación

6.10.4. Seguridad

- Control de acceso
- Disponibilidad de respaldo
- Información de maquinaria
- Comunicación
- Realizar el trabajo en función de la planificación.

6.10.5. Proveedores

- Soporte en línea
- Proximidad
- Reputación y experiencia en la industria
- Servicio de consulta
- Tiempo de entrega

6.11. Selección de las alternativas a comparar

Las ponderaciones se han colocado según su grado de importancia, aquí se utiliza la tabla de ponderaciones de Thomas Saaty, para realizar esta comparativa de criterios se coloca una restricción de la matriz, la restricción es que se debe ser de 5x5 para al final poder comparar cada uno de los vectores y subcriterios.

Dado que todas las organizaciones tienen diferentes requisitos funcionales para los sistemas de información, el primer paso es determinar los requisitos esperados para las empresas que buscan implementar un CMMS. Con base en los requisitos establecidos para el futuro sistema de información (es decir, el CMMS a implementar), se realizó un análisis de mercado a partir del cual se seleccionaron los posibles candidatos a CMMS.

La portabilidad móvil se consideró una característica importante y necesaria para el negocio, ya que mediante este criterio se analizará su grado de importancia. Los sistemas que no tengan esta función se eliminarán automáticamente en este caso de análisis se proporcionarán 3 CMMS para realizar la gestión de mantenimiento de una flota de transporte.

De los 3 GMAO restantes, se proporcionaron información de distintos proveedores de servicios. Además, los proveedores de estos dos sistemas no fueron muy útiles para proporcionar información adicional o responder a las solicitudes.

La metodología AHP será un refuerzo para la comparación de la gestión de mantenimiento, es este caso será la ayuda para la comparación de los 3 CMMS que son considerados con mayor grado de importancia, así también el mas importante dentro del área de mantenimiento, cada uno de estos CMMS son considerados importantes, por cual tendrán un valor porcentual específico para realizar una comparación, entre ellos los hemos denominados:

- CMMS 1
- CMMS 2
- CMMS 3

6.12. Importancia de las ponderaciones y porque se las a denominado importantes o menos importantes

Como primer punto para poder escoger una ponderación de manera eficiente, como ya se mencionó se debe tomar en cuenta el grado de importancia y del porque escoger ese grado de importancia para cada criterio, cada una de las valorizaciones dadas para la gestión del mejor GMAO, tiene un valor desde el más importante hasta el menos importante como se muestra en la (Tabla 3).

Se sabe que tanto la actuación, usabilidad, compatibilidad, seguridad y proveedores se deben comparar de manera cuantitativa y así obtener un vector de los resultados, este vector será formado mediante la estimación de importancia que la flota decida para mejorar los servicios y producción.

6.13. Requisito funcional pretendido para el CMMS

Tabla 4 *Requisitos para el CMMS*

REQUISITOS	DESCRIPCION
Gestión de activos	El sistema debe permitir la gestión completa de los activos de la

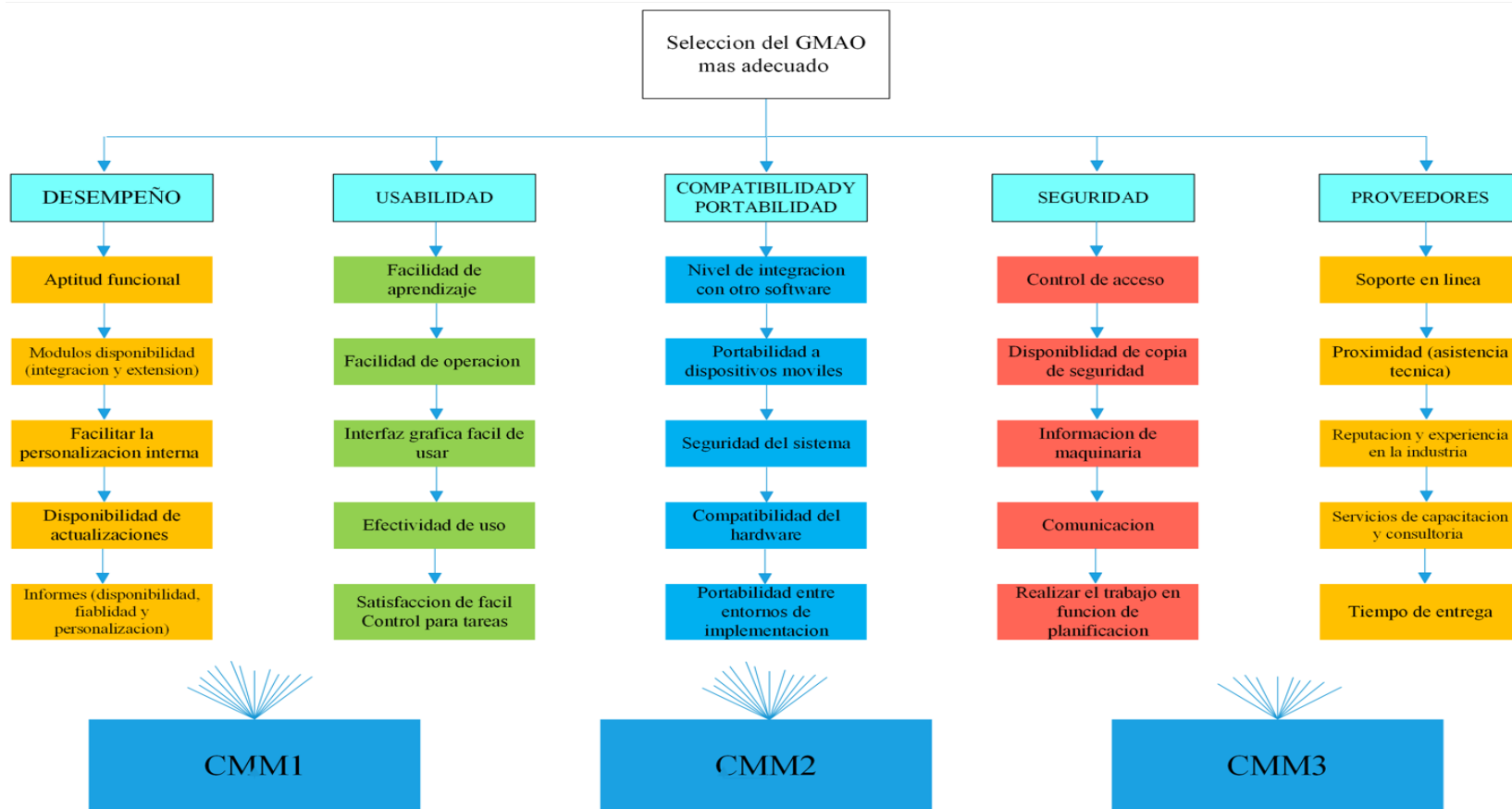
	<p>organización, incluyendo la creación, actualización y seguimiento de los registros de activos, así como la capacidad de asignar responsables y ubicaciones.</p>
<p>Programación y seguimiento de mantenimiento preventivo</p>	<p>El CMMS debe tener la capacidad de programar y realizar un seguimiento del mantenimiento preventivo de los activos. Debe permitir la creación de planes de mantenimiento, la asignación de tareas y la programación de actividades recurrentes.</p>
<p>Gestión de órdenes de trabajo</p>	<p>El sistema debe ofrecer herramientas para la gestión eficiente de las órdenes de trabajo. Esto incluye la creación de órdenes de trabajo, la asignación de técnicos, la programación de tareas, el seguimiento del progreso y la documentación de los resultados.</p>
<p>Inventario y gestión de repuestos</p>	<p>El CMMS debe permitir la gestión de inventarios de repuestos y materiales necesarios para el mantenimiento. Debe proporcionar funcionalidades como el seguimiento de stock, la generación de órdenes de compra, la gestión de proveedores y la integración con sistemas de control de inventario existentes.</p>
<p>Seguridad y cumplimiento normativo</p>	<p>El sistema debe cumplir con los requisitos de seguridad de datos y cumplimiento normativo de la organización. Debe contar con mecanismos de autenticación y</p>

	autorización, así como garantizar la confidencialidad de información.
Interfaz intuitiva y fácil de usar	El CMMS debe contar con una interfaz de usuario intuitiva y fácil de usar, que requiera una curva de aprendizaje mínima para los usuarios. Debe ser accesible desde diferentes dispositivos, como computadoras de escritorio, tabletas y dispositivos móviles.
Soporte técnico y actualizaciones	El proveedor del CMMS debe ofrecer un soporte técnico confiable y oportuno, así como actualizaciones periódicas del software para garantizar el correcto funcionamiento y la mejora continua del sistema.

Nota. Elaboración propia

6.14. Procedimiento de mantenimiento y ponderaciones

Figura 7 Procedimiento de mantenimiento y ponderaciones



Nota. Figura de elaboración propia basada en

Tabla 5 Criterios con sus respectivas ponderaciones

MATRIZ DE COMPARACION DE CRITERIOS										
CRITERIOS	DESEMPEÑO	USABILIDAD	COMPATIBILIDAD	SEGURIDAD	PROVEEDORES	MATRIZ NOMRALIZADA				PONDERACION
DESEMPEÑO	1	5	3	3	5	0,45	0,38	0,54	0,53	0,48
USABILIDAD	1/5	1	1/3	1/3	1	0,09	0,08	0,06	0,06	0,07
COMPATIBILIDAD	1/3	3	1	1	5	0,15	0,23	0,18	0,18	0,18
SEGURIDAD	1/3	3	1	1	3	0,15	0,23	0,18	0,18	0,18
PROVEEDORES	1/3	1	1/5	1/3	1	0,15	0,08	0,04	0,06	0,08
TOTAL	2,2	13	5,53	5,67	15					1,00

Los valores que se han dado en esta tabla son considerados de manera eficiente, por ejemplo, se puede decir que el desempeño en una gestión de mantenimiento es más importante que las demás variables, luego de esto se genera una matriz normalizada que dependen mucho de las ponderación que se han colocado, dentro de ellas, se procede a realizar una división entre cada valor por la suma de los demás criterios a comparar como DESEMPEÑO, USABILIDAD, COMPATIBILIDAD, SEGURIDA y PROVEEDORES, luego se genera un promedio de la matriz normalizada y dando como resultado final un vector con los valores de cuán importante es cada uno de ellos y con eso poder empezar a comparar los subcriterios y obtener los demás vectores. Mediante la comparación de criterio y la ponderación de cada uno de ellos, como podemos ver se ha proporcionado una valorización y comparación de criterio con criterio, los valores colocados en esta tabla se consideran con el grado de importancia del uno con respecto al otro.

Se puede observar que como primer punto primordial para la gestión de mantenimiento se obtiene un 0.48% de valor del desempeño como criterio con más valorización, se entiende que tanto la compatibilidad como la seguridad cumplen un grado de importancia específico y muy similar, y por finalizar se obtuvo que los proveedores y la usabilidad son variables que no son tomadas tanto en consideración al momento de gestionar variables en el área de mantenimiento.

Tabla 6 Subcriterios ordenados por su importancia relativa

Criterio	Subcriterio	Valor por prioridad
Desempeño 1	Condición física funcional	0.179
Desempeño 2	Integración y extensión	0.179
Compatibilidad 2	Portabilidad a dispositivos	0.106
Seguridad 2	Disponibilidad de respaldo	0.73
Compatibilidad 1	Integración con Software	0.052
Seguridad 1	Control de acceso	0.047
Desempeño 4	Actualización disponible	0.042
Desempeño 5	Informes	0.042
Seguridad 3	Información de Maquinaria	0.040
Usabilidad 2	Facilidad de Operación	0.035
Proveedores 2	Proximidad	0.033
Compatibilidad 3	Seguridad del sistema	0.026
Compatibilidad 4	Compatibilidad Hardware	0.20
Desempeño 3	Facilidad interna	0.019
Seguridad 4	Comunicación	0.019
Proveedores 1	Soporte en línea	0.015
Usabilidad 1	Facilidad de aprendizaje	0.013
Usabilidad 3	Fácil gráfica e interfaz	0.013
Compatibilidad 5	Portabilidad entre entornos	0.010
Seguridad 5	Trabajo con planificación	0.010
Proveedores 3	Reputación y experiencia	0.009
Usabilidad 4	Efectividad de uso	0.006

Usabilidad 5	Fácil control	0.004
Proveedores 4	Servicio de consulta	0.004
Proveedores 5	Tiempo de entrega	0.004

En mantenimiento, las ponderaciones de Saaty se pueden utilizar para tomar decisiones relacionadas con la asignación de recursos, la priorización de tareas y la planificación de actividades de mantenimiento. Usando AHP, a cada criterio o alternativa se le puede asignar un peso relativo basado en su importancia para el mantenimiento. Se pueden identificar varios criterios, como el impacto en la producción, la criticidad del equipo, el costo de reparación y el tiempo requerido para el mantenimiento.

Usando los pesos de Saaty, a cada criterio se le puede asignar un peso basado en su importancia relativa. Esto le permite cuantificar y comparar objetivamente la importancia de cada criterio y, en última instancia, tomar decisiones informadas e informadas. Un análisis completo de las características y especificaciones técnicas de las tres alternativas ayuda a comparar las tres alternativas.

El análisis se realizó mediante entrevistas semiestructuradas telefónicas y presenciales con los proveedores del sistema, así como el análisis de la información proporcionada por esta vía correo electrónico, incluidos los manuales de especificaciones.

Además, se puede probar una versión de demostración de CMMS 1, mientras que CMMS 2 y CMMS 3 solo pueden participar en demostraciones proporcionadas por el proveedor de servicios.

Tabla 7 Valores para la selección del mejor GMAO

Subcriterios	GMAO 1	GMAO 2	GMAO 3
A.1	0.260	0.633	0.106
A.2	0.245	0.091	0.455
A.3	0.643	0.283	0.074
A.4	0.053	0.474	0.474
A.5	0.633	0.106	0.260

B.1	0.600	0.200	0.200
B.2	0.748	0.180	0.071
B.3	0.283	0.643	0.074
B.4			
B.5			
C.1	0.200	0.600	0.200
C.2	0.143	0.143	0.714
C.3			
C.4			
C.5			
D.1	0.260	0.633	0.106
D.2	0.067	0.467	0.467
D.3			
D.4			
D.5			
E.1	0.455	0.091	0.455
E.2	0.071	0.180	0.748
E.3	0.633	0.260	0.106
E.4	0.429	0.143	0.429
E.5			

Como se puede observar, se tiene cada uno de los valores que se deben tomar en cuenta a lo que se refiere con seleccionar el mejor GMAO dependiendo de cada subcriterio, estos valores son tan importantes ya que permiten escoger de manera cuantificada cada una de las variables más importancias con respecto a su ponderación.

Mediante estos resultados se verifica los valores de comparación de los 3 GMAO, cada uno de ellos cuenta con los valores de cada uno de los criterios, tomando en cuenta su grado de importancia, además

Cada uno de estos resultados será una ayuda para escoger el GMAO más adecuado en la gestión de mantenimiento. Al generar una comparación de valores de cada uno de los CMMS

se puede verificar de manera cuantificada para así tomar una decisión con respecto a cada uno de los criterios.

En la (Tabla 7) se puede observar 3 alternativas diferentes, estas alternativas están valoradas para cada uno de los criterios, lo cual, para poder generar la estimación de valores se debe comparar cada uno de los GMAO y ver según su valor cual es el más importante y cuál es el menos importante según la (Tabla 3).

Dentro de los valores de la tabla como se había mencionado anteriormente, la restricción de esta matriz esta dada de 5x5, además cada uno de los criterios que posee esta gestión debería de tener un valor para comparar dentro de lo que es los GMAO, existen valores de grado de importancia para cada CMMS como se puede observar en la (Tabla 7). Cada uno de estos valores se encuentran valorados por un respaldo, los demás criterios que se encuentran no han sido valorados ya que dentro de la gestión de mantenimiento no se consideran importantes evaluar para una comparación de CMMS.

Al evaluar cada variable y comparar el valor promedio de cada subcriterio, es necesario verificar qué alternativa cumple mejor con los requisitos generales para encontrar el CMMS más adecuado para la organización. conjunto no estándar. Para ello, se calculó un valor de prioridad global para cada alternativa. El valor de prioridad global está determinado por la importancia de los subcriterios (valor de prioridad global en la Tabla 6) y la importancia relativa de CMMS en cada subcriterio (prioridad local en la Tabla 7). Los resultados se muestran (Tabla 8).

Los valores que se muestran en la (Tabla 8) son valores que mediante el uso de la tabla de Thomas Saaty (Tabla 3) se muestra cuál de los GMAO es el más adecuado, este GMAO se escoge según los subcriterios, cada uno de estos tiene su cierto grado de importancia lo que afectara directamente en la toma de decisiones para dar un resultado positivo.

Cada uno de los CMMS tiene un grado de importancia para poder generar una comparación entre cada criterio, como se puede observar, se toma mediante las ponderaciones de Thomas Saaty para generar una matriz de comparación de criterios, como por ejemplo se puede observar que en subcriterio del área de desempeño el GMAO 2 es mucho más importante que

el GMAO 1 Y GMAO 3, según cada uno de estos conceptos se genera varias matrices de 5x5 tomado esto como una restricción.

6.15. Matrices para la gestión de mantenimiento en una flota de transporte

Se realizó una comparación de subcriterios como:

- Desempeño
- Usabilidad
- Compatibilidad y portabilidad
- Seguridad
- Proveedores

Cada uno de estos criterios poseen 5 subcriterios como se puede observar en la Figura 6.

6.15.1. Desempeño

Tabla 8 Comparación respecto al desempeño

COMPARACION CON RESPECTO (DESEMPEÑO)											
SUB-CRITERIOS	Condición física	Integración y extensión	Facilidad interna y Loca.	Actuaciones Disponibles	Informes	MATRIZ NORMALIZADA					PONDERACION
Condición física	1	1	7	5	5	0,3	0,3	0,3	0,4	0,4	0,39
Integración y extensión	1	1	7	5	5	0,3	0,3	0,3	0,4	0,4	0,39
Facilidad interna y Loca.	1/7	1/7	1	1/3	1/3	0,06	0,06	0,05	0,03	0,03	0,04
Actuaciones Disponibles	1/5	1/5	3	1	1	0,08	0,08	0,14	0,08	0,08	0,09
Informes	1/5	1/5	3	1	1	0,08	0,08	0,14	0,08	0,08	0,09
TOTAL	2,54	2,54	21	12,33	12,33						

En esta tabla se puede observar cada uno de los valores que se han dado para realizar la comparación con respecto al desempeño, la condición física y la integración y extensión son los subcriterios con mayor importancia con una ponderación de 0.39 cada uno de ellos lo que los conlleva a ser uno de los más importantes en esta matriz, seguidamente se tiene la actuación disponible, informes y por último siendo el subcriterio menos importante es la facilidad interna y localización. Estos valores han sido considerados mediante en análisis de importancia dentro del área de mantenimiento, lo cual se tiene un respaldo del porque se ha denominado cada uno de estos valores y se le ha asignado cada valor con respecto a cada subcriterio.

6.15.2. Usabilidad

Tabla 9 Comparación respecto a la usabilidad

COMPARACION CON RESPECTO (USABILIDAD)											
SUB-CRITERIOS	Facilidad de Aprendizaje	Facilidad de Operación	Fácil grafica eh interfaz	Efectividad de uso	Satisfacción y fácil control	MATRIZ NORMALIZADA					PONDERACION
Facilidad de Aprendizaje	1	1/5	1	5	3	0,13	0,10	0,13	0,38	0,20	0,19
Facilidad de Operación	5	1	5	3	4	0,66	0,50	0,67	0,23	0,27	0,47
Fácil grafica e interfaz	1	1/5	1	4	4	0,13	0,10	0,13	0,30	0,27	0,19
Efectividad de uso	1/5	1/3	1/4	1	3	0,03	0,17	0,03	0,08	0,20	0,10
Satisfacción y fácil control	1/3	1/4	1/4	1/3	1	0,04	0,13	0,03	0,03	0,07	0,06

6.15.3. Compatibilidad y Portabilidad

Tabla 10 Comparación respecto a compatibilidad y portabilidad

COMPARACION CON RESPECTO (COMPATIBILIDAD Y PORTABILIDAD)											
SUB-CRITERIOS	Nivel de integración software	Portabilidad a dispositivos	Seguridad del sistema	Compatibilidad del hardware	Portabilidad en otros entornos	MATRIZ NORMALIZADA					PONDERACION
Nivel de integración software	1	1/5	4	5	3	0,15	0,11	0,38	0,38	0,18	0,24
Portabilidad a dispositivos	5	1	5	4	5	0,74	0,54	0,47	0,30	0,29	0,47
Seguridad del sistema	1/4	1/5	1	3	3	0,04	0,11	0,09	0,23	0,18	0,13
Compatibilidad del hardware	1/5	1/4	1/3	1	5	0,03	0,14	0,03	0,08	0,29	0,11
Portabilidad en otros entornos	1/3	1/5	1/3	1/5	1	0,05	0,11	0,03	0,02	0,06	0,05
TOTAL	6,78	1,85	10,67	13,20	17,00						

6.15.4. Seguridad

Tabla 11 Comparación respecto a seguridad

COMPARACION CON RESPECTO (SEGURIDAD)											
SUB-CRITERIOS	Control de acceso	Disponibilidad de respaldo	Información de maquinaria	Comunicación	Trabajo en función de planificación	MATRIZ NORMALIZADA					PONDERACION
Control de acceso	1	1	2	2	3	0,30	0,37	0,27	0,15	0,18	0,25
Disponibilidad de respaldo	1	1	4	5	4	0,30	0,37	0,54	0,38	0,24	0,36
Información de maquinaria	1/2	1/4	1	5	5	0,15	0,09	0,14	0,38	0,29	0,21
Comunicación	1/2	1/5	1/5	1	4	0,15	0,07	0,03	0,08	0,24	0,11
Trabajo en función de planificación	1/3	1/4	1/5	1/4	1	0,10	0,09	0,03	0,02	0,06	0,06
TOTAL	3,33	2,70	7,40	13,25	17,00						

6.15.5. Proveedores

Tabla 12 Comparación respecto a proveedores

COMPARACION CON RESPECTO (PROVEEDORES)											
SUB-CRITERIOS	Soporte en línea	Proximidad	Reputación y experiencia	Servicio de consulta	Tiempo de entrega	MATRIZ NORMALIZADA					PONDERACION
Soporte en línea	1	1/3	3	5	3	0,21	0,17	0,26	0,26	0,20	0,22
Proximidad	3	1	7	9	3	0,62	0,52	0,61	0,47	0,20	0,48
Reputación y experiencia	1/3	1/7	1	4	5	0,07	0,07	0,09	0,21	0,33	0,15
Servicio de consulta	1/5	1/9	1/4	1	3	0,04	0,06	0,02	0,05	0,20	0,07
Tiempo de entrega	1/3	1/3	1/5	1/3	1	0,07	0,17	0,02	0,02	0,07	0,07
TOTAL	4,87	1,92	11,45	19,33	15,00						

6.16. Descripción de las matrices

6.16.1. Usabilidad

En la (Tabla 9) se puede observar las ponderaciones con respecto a los subcriterios que vienen de la usabilidad, siendo como prioridad principal y con valor de mayor importancia la “facilidad de operación” dentro del área de mantenimiento, seguido de este se tiene que tanto la “facilidad de aprendizaje” como la “fácil grafica e interfaz” y como subcriterio de menor importancia la “efectividad de uso” y la satisfacción de fácil control”. Estas asignaciones de valores se colocan considerando el grado de importancia dentro de una flota de transporte y tomando en cuenta cual sería de mayor ponderación.

6.16.2. Compatibilidad y Portabilidad

Dentro de la (Tabla 10) se considera como mayor grado de importancia al nivel de integración para una óptima actualización dentro de una flota de transporte, seguidamente de esta ponderación le sigue el nivel de integración que se relaciona con respecto a sistema computarizado por la toma de decisiones multicriterio, así también, la seguridad del sistema es un punto importante dentro de esta gestión de mantenimiento y de cómo poder tener un respaldo del sistema de operaciones de la flota, le sigue la compatibilidad como punto a tomar en cuenta pero no tan importante ya que el hardware no será un recurso tan necesario dentro de un área de mantenimiento. Finalmente, la portabilidad entre otros entornos es la ponderación menos importante ya que los entornos no serán tanto un impedimento en una toma de decisiones multicriterio.

6.16.3. Seguridad

Se sabe que dentro del área de mantenimiento en una flota de transporte es crucial, pero así también se debe tomar en cuenta los puntos que podrían afectar o mejorar, como se puede observar en la (Tabla 11) se tiene varios subcriterios a considerar y gestionar, se ha colocado los valores de importancia de acuerdo a la necesidad en una flota, como punto más importante se tiene que la disponibilidad de respaldo es uno de los subcriterios más importantes dentro del área de seguridad, así también el control de acceso y la información de la maquinaria, en este caso de la flota, se sabe que en cuanto más se esté al tanto de las condiciones de la flota,

más eficiente será el mantenimiento en cada rango de tiempo, así también, la comunicación entre el entorno de trabajo será fundamental para tener al tanto las necesidades la flota. El trabajo en función de la planificación será un punto para tomarse en cuenta, pero no con un grado elevado de importancia.

6.16.4. Proveedores

Los proveedores tienen una importancia significativa en el mantenimiento en una flota de transporte, como se muestra en la (Tabla 12), los proveedores serán una parte fundamental ya que en lo que tiene que ver en accesorios para flota siempre se gestionara la calidad de los diferentes sistemas automotrices, además, se debe tomar en cuenta la proximidad de cada proveedor como punto principal dentro de esta área, así también el soporte en línea será fundamental para una profundización de productos a adquirir, todos los sistemas automotrices tendrán que estar considerados a la experiencia y reputación y de eso dependerá el adquirir o no de dicho proveedor.

Encontrar el mejor CMMS para una organización requiere examinar qué alternativa cumple mejor con el conjunto general de subcriterios. Para ello, se calculó un valor de prioridad global para cada alternativa. El valor de prioridad global está determinado por la importancia de los subcriterios y la importancia relativa de CMMS en cada subcriterio. Los resultados se muestran en la (Tabla 13). De los resultados anteriores, se observó que, aunque CMMS 3 fue el mejor para solo 2 de 16 subcriterios, CMMS se desempeñó mejor para el conjunto general de subcriterios, ya que fue la alternativa con el valor de prioridad global más alto (0.359). Sin embargo, los resultados de las tres alternativas son muy similares y no destaca ninguno de los CMMS. Por supuesto. Se puede ver que estos tres CMMS tienen el mismo nivel de calidad global (Meira et al., 2020).

Tabla 13 *Valores de prioridad global para las alternativas de CMMS*

ALTERNATIVA	PRIORIDAD
GMAO 1	0.306
GMAO 2	0.335
GMAO 3	0.359

Dado que las diferencias en los niveles de calidad global son prácticamente imperceptibles, la decisión final para elegir la CMMS más adecuada se basa en un análisis de costo-beneficio de cada CMMS. CMMS 2 tiene un costo total de adquisición e integración más bajo con otros sistemas de información empresarial en comparación con CMMS 1 y CMMS 3.

Por estas razones, se optó por implementar CMMS 2. Aunque CMMS 2 es el más completo en términos de requisitos funcionales, vale la pena señalar que todavía no cumple con uno de los requisitos por los que se esfuerzan las empresas, que es la asignación automática de áreas de trabajo y pedidos a técnicos. En si el CMM2 tiene varias características que cumplen para dicho caso, siendo CMM1 y CMM3 un grado de importancia menor, obviamente cada uno de ellos destacara de manera significativa dentro de alguna alternativa, sin embargo, lo que se busca es el sistema computarizado más eficiente según su valor de prioridad global lo que ayudara tanto en el costo con el beneficio.

7. Conclusiones

Se realizó un estudio teórico sobre las metodologías de la toma de decisiones multicriterio proporciona una base sólida para comprender y aplicar eficazmente este enfoque en la resolución de problemas complejos y la toma de decisiones en diversos campos. A lo largo de este estudio, se ha explorado una variedad de metodologías, pero como método principal es el análisis AHP (Analytic Hierarchy Process). Al comprender y aplicar esta metodología, la toma de decisiones puede mejorar en la calidad de sus decisiones al considerar una amplia gama de factores relevantes y asignar pesos adecuados a cada criterio. Esto permite una evaluación más completa y equilibrada de las alternativas disponibles, lo que a su vez puede conducir a decisiones más informadas y óptimas. Es importante destacar que el estudio teórico de las metodologías de toma de decisiones multicriterio proporciona una base sólida para su aplicación práctica. Sin embargo, es fundamental combinar este conocimiento teórico con la experiencia y el juicio de los tomadores de decisiones, así como adaptar las metodologías a las características y requisitos específicos de cada problema y contexto.

Se analizaron las problemáticas de los diferentes sistemas aplicados en las flotas de transporte para la implementación de un caso, se puede identificar la necesidad de brindar soluciones efectivas para optimizar la gestión y el rendimiento de dichas flotas. Las flotas de transporte enfrentan una serie de desafíos, como el mantenimiento y la reparación de vehículos, la gestión del combustible, la planificación de rutas y la optimización de la carga. Estas problemáticas pueden tener un impacto significativo en la eficiencia operativa, los costos y la satisfacción del cliente. La implementación de un sistema de gestión de flotas adecuado puede ayudar a abordar estas problemáticas de manera efectiva. Un sistema de este tipo puede proporcionar información en tiempo real sobre la ubicación de los vehículos, el rendimiento del motor, el consumo de combustible y otros datos relevantes. Con esta información, los administradores de flotas pueden tomar decisiones informadas y tomar medidas correctivas cuando sea necesario. Dentro de esto se puede conocer las problemáticas de los diferentes sistemas aplicados en las flotas de transporte es el primer paso para abordar eficazmente estos desafíos. La implementación de un sistema de gestión de flotas adecuado puede ayudar a optimizar la eficiencia operativa, reducir los costos y mejorar la satisfacción del cliente. Sin embargo, es importante considerar tanto la tecnología como los procesos y la

capacitación del personal para lograr resultados óptimos. Al abordar estas problemáticas de manera integral, las empresas de transporte pueden mejorar significativamente su rendimiento y competitividad en el mercado.

Se diseñó la herramienta en Excel que permite aprovechar las funcionalidades y capacidades del software para crear una interfaz amigable y fácil de usar. Esto facilita la recopilación de datos, la asignación de pesos a los diferentes criterios y la comparación de alternativas. La herramienta en Excel también permite realizar los cálculos necesarios para obtener los valores de importancia relativa de cada criterio y subcriterio, así como las puntuaciones de las alternativas en relación con esos criterios. Esto facilita la comparación y la clasificación de las alternativas, lo que a su vez respalda la toma de decisiones informadas y fundamentadas, además, ofrece flexibilidad y un respaldo de resultados.

Dentro de la matriz final de comparación se obtienen los valores del grado de importancia de cada uno de los criterios que se analizaron, además se toma la decisión de cual es el GMAO más adecuado, los resultados son analizados mediante un proceso cuantitativo dando como resultado que el CMMS 2 con una ponderación de 0.335, es el sistema de gestión más adecuado según la comparación de variables y subcriterios. La comparación de criterios varía ya que al inicio se introdujo una serie de criterios más que se gestionan dentro del área de mantenimiento, cada uno de ellos fue ponderado según su grado de importancia, pero estos fueron los menos tomados en consideración por investigaciones que priorizan la gestión de mantenimiento.

Para esta obtención de el vector ponderación se realiza una SUMAPRODUCTO para generar el mismo, por ejemplo, SUMAPRODUCTO (C67:G67; C72:G72) que corresponde a la suma de la fila 1 y el producto con el promedio de los vectores en vertical de cada criterio ya mencionado así sucesivamente.

Los usuarios pueden personalizar la herramienta según las necesidades específicas del caso y pueden ampliarla o modificarla fácilmente en caso de cambios futuros. Es importante destacar que el diseño de la herramienta en Excel no es solo una cuestión técnica, sino también implica comprender y definir adecuadamente los criterios, subcriterios y alternativas relevantes para el caso en estudio. Además, se requiere un análisis cuidadoso de los datos y una interpretación adecuada de los resultados obtenidos.

8. Recomendaciones

Se recomienda que dentro del área de mantenimiento de una flota de transporte se pueda implementar esta gestión computarizada para la toma de decisiones multicriterio que no solo ayudara al usuario al momento de genera una compra de diferentes sistemas automotrices, sino que también ayudara a elevar la producción de dicha flota de transporte.

Los sistemas automotrices varían dependiendo el tiempo, y así con ellos se deberá escoger un sistema que sea apto para mejorar la fiabilidad de dicha flota, además, esto ayudará a que la misma genere una compra satisfactoria que genere buenos resultados.

Como punto final se puede ofrecer esta herramienta como una base para gestionar diferentes variables en lo que tiene que ver con la gestión de mantenimiento, esto será una ayuda no solo en la toma de decisión sino también una mejorar de rendimiento dentro de la flota de transporte.

9. Bibliografía

- Adrián Zhunio. (s. f.). Toma de decisiones multicriterio en mantenimiento. Recuperado 3 de mayo de 2023, de <https://es.scribd.com/document/637904902/Investigacion-toma-de-decisiones-multicriterio-Adrian-Zhunio-grupo-1>
- Alkharabsheh, A., Moslem, S., Oubahman, L., & Duleba, S. (2021). An Integrated Approach of Multi-Criteria Decision-Making and Grey Theory for Evaluating Urban Public Transportation Systems. *Sustainability*, 13(5), Article 5. <https://doi.org/10.3390/su13052740>
- Alvines, E., & Bendezú, M. (2018). *Gestión del talento humano y su impacto en la productividad de una empresa financiera del distrito de San Isidro del departamento de Lima, 2018*. Universidad Tecnológica del Perú.
- Anguisaca, W., & Peñafiel, J. (2021). *Propuesta para la implementación de un software para la gestión de mantenimiento de la flota vehicular de la Empresa Pública Municipal de Movilidad, Tránsito y Transporte de Cuenca EMOV EP* [BachelorThesis]. <http://dspace.ups.edu.ec/handle/123456789/20680>
- Aparicio, C. (2015). Desarrollo de un algoritmo de decisión multicriterio para la gestión de listas de espera en la solicitud de Holter.
- Apte, A. (2010). A case study on the use of the Analytic Hierarchy Process (AHP) in logistics. *International Journal of Logistics Systems and Management*, 6(1), 75-91.
- Archbold, C., & Sánchez, L. (2020). *Estudio De Trazabilidad Operacional De Transporte En La Empresa Sistemas Logísticos Integrales De Colombia S.A.S* [Thesis]. <https://repositorio.ucundinamarca.edu.co/handle/20.500.12558/3125>

- Arízaga, C., Salcedo, G., & Herrera, M. (2017). Influencia en la gestión del mantenimiento para el control de la flota vehicular de la empresa sedapal, Lima, 2017. *Repositorio Institucional - UIGV*. <http://repositorio.uigv.edu.pe/handle/20.500.11818/2159>
- Becerra, W., Benites, C., & Wong, D. (2020). Sistema informático para el control de mantenimiento preventivo vehicular utilizando el micro controlador Raspberry Pi 4 como medio de comunicación inalámbrica, para la empresa EOCORP SAC, Surco 2020. *Universidad Científica del Sur*. <https://doi.org/10.21142/tb.2020.1297>
- Bedolla, N. (2019). *Implementación del sistema de telemetría*. <http://tesis.ipn.mx/xmlui/handle/123456789/27061>
- Bernal, S., & Niño, D. (2018). Modelo multicriterio aplicado a la toma de decisiones representables en diagramas de Ishikawa.
- Boender, C. G., de Graan, J. G., & Lootsma, F. A. (1989). Multi-criteria decision analysis with fuzzy pairwise comparisons. *Fuzzy Sets and Systems*, 29(2), 133-143.
- Braco, F. (2018). PLAN DE GESTIÓN DE MANTENIMIENTO PARA MEJORAR LA DISPONIBILIDAD Y CONFIABILIDAD DE LAS UNIDADES EN LA EMPRESA TURISMO EXPRESO LATINO AMERICANO E.I.R.L – CHICLAYO, 2017. Universidad Señor de Sipán.
- Centeno, D., & Urrutia, F. (2023). *Plan de mantenimiento preventivo para la maquinaria pesada y vehículos livianos del gobierno autónomo descentralizado municipal del cantón San Cristóbal de Patate* [BachelorThesis, Universidad Técnica de Ambato. Facultad de Ingeniería en Sistemas, Electrónica e Industrial. Carrera de Industrial]. <https://repositorio.uta.edu.ec:8443/jspui/handle/123456789/38414>

- Cerón, D., & Martínez, N. (2012). *PROGRAMA DE MANTENIMIENTO PARA LA FLOTA DE UNIDADES DE TRANSPORTE CÓNDORES DEL VALLE Y DISEÑO DE LA PLANTA DE SU TALLER AUTOMOTRIZ*
- Dey, P. K. (2003). Analytic hierarchy process analyzes risk of operating cross-border transport networks. *Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review*, 39(3), pp. 209-223.
- Dyer, J. S. (1990). Remarks on the analytic hierarchy process. *Management Science*, 36(3), 249-258.
- Eckert, K., & Britos, P. (2018). Modelo basado en la Toma Decisiones con Criterios Múltiples para la elección de metodologías de Data Science. <http://rid.unrn.edu.ar/handle/20.500.12049/7634>
- Expert Choice. (s. f.). *Strategic Planning Software for Smarter Decisions* [Software]. Recuperado 17 de julio de 2023, de <https://www.expertchoice.com/2021>
- Forman, E., & Gass, S. (2001). The analytic hierarchy process—an exposition. *Operations Research*, 49(4), pp. 469-486.
- Gao, Y., Wang, T., & Luo, H. (2017). A hybrid multi-criteria decision-making approach for the strategic assessment of urban transportation services. *Transportation Research Part A: Policy and Practice*, 100, 247-260.
- García, O. (2013). *Gestión moderna del mantenimiento industrial—Ediciones de la U - Librería—Compra ahora*. <https://edicionesdelau.com/producto/gestion-moderna-del-mantenimiento-industrial/>

- González, J., & Molina, M. (2021). Sistema de gestión del mantenimiento de flotas de transporte de vehículos terrestres a través del modelado de ecuaciones estructurales [B.S. thesis].
- Guayacondo, E., & Ramírez, W. (2022). *Metodología para la gestión de costes de mantenimiento mediante un estudio LCC aplicado a flotas de transporte* [BachelorThesis]. <http://dspace.ups.edu.ec/handle/123456789/23118>
- Hwang, C. L., & Yoon, K. (1981). *Multiple Attribute Decision Making: Methods and Applications*. Springer.
- Ishizaka, A., & Labib, A. (2011). Review of the main developments in the analytic hierarchy process. *Expert Systems with Applications*, 38(11), 14336–14345.
- Ishizaka, A., & Siraj, S. (2018). Are multi-criteria decision-making tools useful? An experimental comparative study of three methods. *European Journal of Operational Research*, 264(2), 462-471. <https://doi.org/10.1016/j.ejor.2017.05.041>
- Karanik, M. J. (2014). *Multi-Criteria Decision Model based on AHP and Linguistic Information*.
- Karsak, E. E., & Ahiska, S. S. (2020). Green vehicle selection: A case study on the Turkish automotive industry. *International Journal of Production Economics*, 224, 107543.
- Khandelwal, K., Adhvaryu, B., & Sharma, S. (2013). Application of Analytic Hierarchy Process (AHP) in improving service quality of public transport. *International Journal of Services and Operations Management*, 16(2), 122-139.
- Lee, S., Kim, W., & Park, M. (2002). A study on the highway route selection using AHP. *Journal of the Eastern Asia Society for Transportation Studies*, 4, 133-146.

- Mardani, A., Zavadskas, E. K., Govindan, K., Senin, A. A., & Jusoh, A. (2021). VIKOR technique: a systematic review of the state-of-the-art literature on methodologies and applications. *Sustainability*, 8(1), 37
- Meira, D., Lopes, I., & Pires, C. (2020). Selection of computerized maintenance management systems to meet organizations' needs using AHP. *Procedia Manufacturing*, 51, 1573-1580.
- Montoya, R., Mazo, A., & Noreña, G. (2015). Método AHP utilizado para mejorar la recepción en el centro de distribución de una empresa de alimentos. *Ingenierías USBMed*, 6(2), 5-14.
- Morales, F. (2022). Implementación de una solución tecnológica bajo la metodología Scrum para la autogestión, monitoreo y control de los consumos de las unidades de los clientes flota de una empresa comercializadora de combustible. *Universidad Nacional Mayor de San Marcos*.
<https://cybertesis.unmsm.edu.pe/handle/20.500.12672/18785>
- Muñoz Medina, B., & Romana García, M. (2016). Aplicación de métodos de decisión multicriterio discretos al análisis de alternativas en estudios informativos de infraestructuras de transporte. *Pensamiento Matemático*, 6(2), 27-45.
- Muñoz, M. (2022). *Mantenimiento Industrial*.
https://www.academia.edu/26982070/Mantenimiento_Industrial
- Naranjo Chiriboga, I. E. (2018). Modelo tarifario de transporte terrestre y los costos de distribución en la Empresa Productos Suiza Dajed Cía. Ltda. Universidad Técnica de Ambato. Facultad de Ingeniería en Sistemas, Electrónica e Industrial. Maestría en Gestión de Operaciones.

- Ochoa, A., & Villa, L. (2022). *Desarrollo de una herramienta informática mediante el uso de software libre para el cálculo de la confiabilidad en flotas de transporte* [BachelorThesis]. <http://dspace.ups.edu.ec/handle/123456789/23144>
- Pacheco, H. (2013). *GESTIÓN, TIPOS, GESTIÓN INVESTIGATIVA, ENFOQUE*. http://doctxs6.blogspot.com/2013/01/gestion-tipos-gestion-investigativa_27.html
- Padilla, C. (2012). *Plan de gestión del mantenimiento para la flota vehicular del Gobierno Autónomo Descentralizado Intercultural de la ciudad de Cañar* [BachelorThesis]. <http://dspace.ups.edu.ec/handle/123456789/3268>
- Rajak, S., Parthiban, P., & Dhanalakshmi, R. (2016). Sustainable transportation systems performance evaluation using fuzzy logic. *Ecological Indicators*, 71, 503-513.
- Reyes, E. (2020). *Diseño de un plan de Mantenimiento Productivo Total en una empresa de transporte de mineral para aumentar la disponibilidad de flota* [Universidad Tecnológica del Perú]. <http://repositorio.utp.edu.pe/handle/20.500.12867/3126>
- Ríos, R. G., Sánchez, C. G., & Gómez, E. S. (2007). Toma de decisiones empresariales: Un enfoque multicriterio multiexperto. *Ingeniería industrial*, 28(1), 29-36.
- Rodríguez, J. (2021). *Aplicación de Métodos Multicriterio para selección de vehículos: TOPSIS y PROMETHEE* [Universidad de Sevilla]. <https://biblus.us.es/bibing/proyectos/abreproy/71946/fichero/TFM-1946+MORILLO+RODR%C3%8DGUEZ%2C+JAVIER.pdf>
- Romero, J., & Rosado, A. (2018). *Uso de Proceso Analítico Jerárquico (Ahp) y Conjuntos Difusos para Mejorar la Toma de Decisiones en el Proceso Electoral de las Autoridades Generales de la UG* [PhD Thesis]. Universidad de Guayaquil. Facultad de Ciencias Matemáticas y Físicas
- Saaty, T. (1980). *The Analytic Hierarchy Process*. New York: McGraw-Hill.

- Saaty, T. L. (1980). *The Analytic Hierarchy Process: Planning, priority setting, resources allocation*. New York: McGraw-Hill.
- Saaty, T. L. (1990). How to make a decision: The analytic hierarchy process. *European Journal of Operational Research*, 48(1), 9-26.
- Saaty, T. L. (2008). Decision making with the analytic hierarchy process. *International Journal of Services Sciences*, 1(1), 83–98.
<https://doi.org/10.1504/IJSSCI.2008.017590>
- Saaty, T. L. (2008). Decision making with the analytic hierarchy process. *Int. J. Services Sciences*, 1(1), 83-98.
- Saaty, T. L. (2014). *Toma De Decisiones para Líderes*. RWS Publications.
- Saaty, T. L., & Vargas, L. G. (2013). *Decision making with the analytic network process: economic, political, social and technological applications with benefits, opportunities, costs and risks*. Springer Science & Business Media.
- Saaty, T., & Vargas, L. (2020). Decision making with the analytic hierarchy process. *International Journal of Services Sciences*, 1(1), 83-98.
- Saltos, C. (2016). *Creación de una empresa administración de flotas de vehículos con sede en Quito-Ecuador, Fleetservices CIA. LTDA* [MasterThesis, Quito: Universidad de las Américas, 2016]. <http://dspace.udla.edu.ec/handle/33000/5300>
- Smith, A. (2020). *Transportation Maintenance Management*. Routledge.
- Tavana, M., Mousavi, S. M., Vahdani, B., & Tavakkoli-Moghaddam, R. (2020). A fuzzy inference system with application to player selection and team formation in multi-objective games. *Applied Soft Computing*, 86, 105836.

- Toaza, L. & Reyes, John. (2017). Metodología para la estimación del tráfico del transporte público urbano. Aplicación a la ciudad de Ambato [B.S. thesis]. Universidad Técnica de Ambato. Facultad de Ingeniería en Sistemas
- Urquiza, M. (2022). *Importancia de la implementación de sistemas inteligentes, como apoyo a la gestión del transporte terrestre automotor de carga en Colombia* [Thesis]. <http://repository.unipiloto.edu.co/handle/20.500.12277/11655>
- Vaidya, O. S., & Kumar, S. (2006). Analytic hierarchy process: An overview of applications. *European Journal of Operational Research*, 169(1), 1–29.
- Vaidya, O. S., & Kumar, S. (2006). Analytic hierarchy process: An overview of applications. *European Journal of Operational Research*, 169(1), pp. 1-29.
- Vargas, L. G. (1990). An overview of the analytic hierarchy process and its applications. *European Journal of Operational Research*, 48(1), 2-8.
- Vásquez, F. (2019). Propuesta de localización de estaciones de carga rápida para vehículos eléctricos en áreas urbanas. Caso de estudio ciudad de Cuenca [BachelorThesis, Universidad del Azuay]. <http://dspace.uazuay.edu.ec/handle/datos/9621>
- Villaverde, J. (2022). *Influencia en la Gestión del Mantenimiento para el Control de la Flota Vehicular del Centro de Producción Mantaro-ELECTROPERU SA Huancavelica-2020*. Universidad Peruana Los Andes.
- Wang, T.-C., Yang, Y.-H., & Tzeng, G.-H. (2012). Solving multi-criteria decision-making problems using the dependent assessment method based on geometric mean weight values under a group decision-making environment. *Technological and Economic Development of Economy*, 18(1), 103-116.

Žak, J. (2017). Multiple-Criteria and Group-Decision Making in the Fleet Selection Problem for a Public Transportation System. *Transportation Research Procedia*, 27, 43-52.

<https://doi.org/10.1016/j.trpro.2017.12.102>

Zavadskas, E. K., Antuchevičienė, J., Turskis, Z., & Adeli, H. (2016). Hybrid multiple-criteria decision-making methods: A review of applications for sustainability issues. *Economic Research-Ekonomska Istraživanja*, 29(1), 857-887.