

Departamento de Ingeniería Mecánica
Facultad de Ingeniería

**CONTRIBUCIÓN AL MEJORAMIENTO DE LA GESTIÓN DE
MANTENIMIENTO CON ENFOQUE MULTICRITERIO EN LA EMPRESA
INTEGRAL DE SERVICIOS AUTOMOTORES DE HOLGUIN.**

TESIS PRESENTADA EN OPCIÓN AL TÍTULO DE INGENIERO
MECÁNICO.

AUTOR: Deivis Maikel Fernández Rojas.

TUTOR: MSc, Prof. Aux. Ing, Angel Eugenio Infante Haynes.

Holguín 2022

AGRADECIMIENTOS:

“La gestión de mantenimiento cobra vital importancia en todo proceso productivo y/o servicios”.

Al sistema educacional cubano. Particularmente a la Facultad de Ingeniería y al departamento de Ingeniería Mecánica.

MSc. Ing. Ángel Eugenio Infante Haynes, tutor, porque su dirección y tutoría conjuntamente con su conocimiento científico en el tema de investigación fueron fundamentales a lo largo de toda la investigación.

DEDICATORIA.

A mis padres, abuelos y a mi esposa.

RESUMEN:

La presente investigación está encaminada a brindar un procedimiento para contribuir al mejoramiento de la gestión de la calidad del mantenimiento con enfoque multicriterio en empresas de servicios automotores, y en todas aquellas donde existan áreas de mantenimiento en aras de elevar la efectividad en dicha organización, el mismo se fundamenta en la evaluación y auditoría de áreas y funciones, tomando como base la combinación híbrida de dos procedimientos el de Acosta Palmer y luego el de Posada Lemus y Borroto Pentón, ambos muy robusto, el primero para la primera corrida, donde se evaluaron los recursos humanos, la organización general, el control económico, la planificación, programación, control y finalmente la ingeniería de mantenimiento, el segundo procedimiento de Posada Lemus, se utilizó para validar la robustez de la solución encontrada, como novedad tenemos que se introducen la modelación matemática multicriterio con el método Ordenación Simple, como resultado se pudo concluir que se obtuvo un procedimiento híbrido combinado con enfoque multicriterio para el mejoramiento de la gestión del mantenimiento en la Empresa Integral de Servicio Automotor (EISA), que permitió elevar la efectividad de la gestión del mantenimiento en dicha organización, así como se realizó un análisis de sensibilidad, donde se pudo verificar la robustez de la solución encontrada.

Palabras claves: Ordenación Simple, EISA

SUMMARY

This research is aimed at providing a procedure to contribute to the improvement of maintenance quality management with a multi-criteria approach in automotive service companies, and in all those where there are maintenance areas in order to increase the effectiveness of the organization, The same is based on the evaluation and audit of areas and functions, based on the hybrid combination of two procedures, the Acosta Palmer procedure and then the Posada Lemus and Borroto Penton procedure, both very robust, the first for the first run, where human resources, general organization, economic control, planning, programming and control, and finally the engineering and engineering control were evaluated, The second procedure of Posada Lemus was used to validate the robustness of the solution found, as a novelty we have the introduction of the mathematical multicriteria modeling with the simple ordering method, As a result it could be concluded that a hybrid procedure combined with multicriteria approach was obtained for the improvement of the maintenance management in the Integral Company of Automotive Service (EISA), which allowed to increase the effectiveness of the maintenance management in this organization, as well as a sensitivity analysis was performed, where the robustness of the solution found could be verified.

Índice

INTRODUCCIÓN.	7
CAPITULO I. MARCO TEÓRICO REFERENCIAL.	11
1.1 Introducción	11
1.2 Estado del arte	11
Conclusiones parciales del capítulo	40
CAPITULO II MATERIALES Y MÉTODOS	41
2.1 Elaboración del procedimiento para la resolución del problema	41
Análisis del Macroentorno	¡Error! Marcador no definido.
Análisis del Microentorno	¡Error! Marcador no definido.
Este análisis parte de la selección del Servicio de reparación y mantenimiento a vehículos automotores que es el objeto fundamental de la entidad el que se le brinda a Entidades que tienen parque de vehículos de cualquier nomenclatura en el sector empresarial de la economía nacional.	¡Error! Marcador no definido.
1.1 Análisis Interno	¡Error! Marcador no definido.
1.1.1 Gestión de Capital Humano	¡Error! Marcador no definido.
1.1.2 Investigación – Desarrollo – Innovación (I+D+I) ...	¡Error! Marcador no definido.
1.1.3 Gestión Contable y Financiera. Evaluación de la posición económica y financiera de la empresa.	¡Error! Marcador no definido.
1.1.4 Gestión de Mantenimiento.	¡Error! Marcador no definido.
1.1.5 Gestión de Logística.	¡Error! Marcador no definido.
1.1.6 Gestión de Dirección.	¡Error! Marcador no definido.
1.1.7 Gestión de Calidad y medioambiente.	¡Error! Marcador no definido.
1.1.8 Análisis de las debilidades, sus causas y posibles recomendaciones.	¡Error! Marcador no definido.
1.1.9 Análisis de la relación entre los Lineamientos de la Política Económica y Social del Partido y la Revolución con las debilidades identificadas.	¡Error! Marcador no definido.
2.1 Análisis de la debilidad, innovación y tecnología a emplear	¡Error! Marcador no definido.
2.1.1 Análisis y selección de la tecnología para llevar a cabo la innovación seleccionada.	¡Error! Marcador no definido.
2.2 Valoración de los cambios generados en la Gestión del Capital Humano.	¡Error! Marcador no definido.

INTRODUCCIÓN.

La actividad de mantenimiento, independientemente de la entidad en que se desarrolle, debe lograr la reducción de las averías imprevistas y del tiempo de reparación de los activos fijos, debe procurar la prolongación de la vida útil de los componentes, con el correspondiente ahorro de recursos y energía y con ello reducir el costo de mantenimiento de las instalaciones, dando como resultado la mejora continua de la calidad y la eficiencia de los servicios.

Muchos son los autores que en la literatura especializada consultada, la mayoría de los autores se han dedicado a investigar sobre el mantenimiento industrial [Omarov, 1977; Kaufmann, 1975; Fernández, Matos & PrPm, 1983; Heber González, 1984; Idhammar, 1984; Kamenitzer, 1985; Navarrete PiSrez & González Madín, 1986; Nakajima, 1988; Portuondo Pichardo, 1990; Taboada Rodríguez, 1990; Kohler, 1990; Van Kessel 1992; Pérez Jaramillo, 1992; Muntasell i Arcarons, 1994; Encinas Beltrán, 1994; Tavares de Carvalho, 1994; Larralde Ledo, 1994; Monteiro Leite, 1995; De la Paz Martínez, 1996; Corretger Rael, 1994; Gilbert Chevalier, 1996; Torres, 1997; Moubray, 1997; Dounce VHlanueva, 1998; Lourival Tavares, 1999; Sánchez Sánchez, 1999; Sotuyo Blanco, 2000; Améndola, 20021, Marrero Delgado, Borroto Pentón y otros.

El mantenimiento es una actividad propia de la Ingeniería que actualmente emplea multitud de recursos tales como sofisticados instrumentos de medida, potentes equipos informáticos, programas específicos, (Rodríguez Pérez, Bonet Borjas, & Pérez Quiñones, 2013). Estudios realizados recientemente, señala que el mantenimiento implica a toda la economía nacional de forma que representa un% del PIB. Esto da una idea de la importancia del mantenimiento como sector estratégico que da trabajo a multitud de profesionales, de todo tipo de calificación. (Raña González, Castillo Asencio, Baste González, & Falcón Cuadra, 2010). Más recientemente, la exigencia a que la industria está sometida de optimizar todos sus aspectos, tanto de calidad, como de cambio rápido de producto, conduce a la necesidad de analizar las mejoras que pueden ser introducidas en la gestión, tanto técnica como económica del mantenimiento. {Companioni Bachá, 2010 #7097}

Hasta nuestros días existen problemas que afectan directamente la economía de nuestro país, uno de ellos es la competitividad a la que se ven sometidas las empresas cubanas, la crisis económica de orden mundial, la globalización propia del modelo económico capitalista mundial, lo que conlleva a la necesidad de convertir las empresas cubanas en organizaciones flexibles, capaces de adaptarse a los constantes cambios a partir del incremento de sus capacidades de respuesta a las nuevas condiciones del entorno {Borroto Pentón, 2013 #7098}

Situación problemática: la no existencia de herramientas informáticas para conocer en tiempo real la gestión del mantenimiento, no se realizan entrenamiento al personal de nuevo ingreso y cuando se introducen nuevas técnicas, no se dispone de elementos de recambio que garanticen el mantenimiento preventivo así como la seguridad de los operarios, que no se sienten estimulados a lograr la efectividad de la organización, por lo que se desprende de lo anterior es que no hay evidencia de evaluación o auditoría a la gestión de la calidad del mantenimiento en la Empresa Integral de Servicio Automotor.

Problema científico: ausencia de un procedimiento general para la evaluación y mejoramiento de gestión del mantenimiento en empresas integrales de servicios automotores, que permita elevar la efectividad de la gestión del mantenimiento en dicha organización.

Objeto: Gestión de mantenimiento en las áreas de operación y mantenimiento de la Empresa Integral de Servicio Automotor (EISA), de Holguín.

Campo de acción: la auditoría y evaluación de la gestión de la calidad en el mantenimiento y los métodos multicriterio en las áreas de operación de la Empresa Integral de Servicio Automotor (EISA), de Holguín.

Hipótesis general de la investigación: mediante la concepción e implementación de un procedimiento con enfoque multicriterio para el mejoramiento de la gestión del mantenimiento en la Empresa Integral de

Servicio Automotor, es posible elevar la efectividad de la gestión del mantenimiento en dichas organización.

Objetivo general: desarrollar un procedimiento con enfoque multicriterio para el mejoramiento de la gestión del mantenimiento en la Empresa Integral de Servicio Automotor, que permitan elevar la efectividad de la gestión del mantenimiento en dicha organización.

Objetivos específicos:

El objetivo general fue desglosado en los objetivos específicos siguientes:

1. Realizar un análisis crítico de la literatura especializada, que permita caracterizar el mantenimiento como alternativa de decisión, con el fin de construir el marco teórico - referencial de la investigación.
2. Desarrollar un procedimiento para el mejoramiento de la gestión del mantenimiento en la Empresa Integral de Servicios Automotores, Holguín.
3. Desarrollar los procedimientos específicos para la realización de la auditoría de mantenimiento y para la determinación del peso o importancia relativa de las áreas y funciones a auditar.

Novedad: El desarrollo e implementación de un procedimiento específico para la realización de auditoría de mantenimiento en EISA.

Tareas de investigación:

1. Construir el marco teórico referencial de la investigación, a través de la consulta de la literatura más actualizada relacionada con el tema, ya sea nacional o internacional, Sitios y Páginas Web, recopilando los elementos necesarios para realizar la misma.
2. Precisar las principales fortalezas y debilidades que presenta en su sistema de gestión de mantenimiento, en la Empresa objeto de estudio.

3. Identificar, clasificar y documentar las áreas y funciones a auditar para medir el nivel de desempeño de las mismas.
4. Valorar el impacto y la necesidad de auditar el sistema de gestión de mantenimiento en la empresa objeto de estudio.

CAPÍTULO I. MARCO TEÓRICO REFERENCIAL.

1.1 Introducción

En este capítulo se darán a conocer los procedimientos que existen relacionados con el objeto de estudio, igualmente las principales teorías que están vinculadas con la auditoría de la gestión del mantenimiento, y la propuesta de ver el problema con un nuevo enfoque, el enfoque multicriterio, debido a que es muy complejo ver la problemática de los sistema de ingeniería desde una sola dimensión, casi siempre confluyen más de una, por lo que se debe tener en cuenta para una mejor ayuda a la toma de decisión por parte de los decisores para de esta forma poder direccionar los recursos humanos, materiales y financieros con una mejor efectividad.

1.2 Estado del arte

Los activos fijos se definen como aquellas propiedades, bienes materiales o derechos que en el curso normal de los negocios no están destinados a la venta, sino que representan la inversión de capital o patrimonio de una dependencia o entidad en las cosas usadas o aprovechadas por ella.

Evolución del mantenimiento en el mundo.

La evolución histórica del mantenimiento ha cursado por un grupo de generaciones. {Moubray, 2004 #7099}, en el año 1991, plantea el desarrollo del mantenimiento a través de tres generaciones, más tarde se agrega una cuarta, y en la actualidad se habla de que el mantenimiento se encuentra cursando por la quinta generación de su desarrollo. A continuación se detalla el contenido de cada una de estas generaciones.

Primera Generación: La primera generación cubre el período entre 1930 y la Segunda Guerra Mundial. En esta época la industria estaba poco mecanizada y por tanto los tiempos fuera de servicio no eran críticos, lo que llevaba a no dedicar esfuerzos en la prevención de fallos de equipos. Además al ser maquinaria muy simple y normalmente sobredimensionada, los equipos eran muy fiables y fáciles de reparar, por lo que no se hacían revisiones sistemáticas salvo las rutinarias de limpieza y lubricación, el único mantenimiento que se realizaba era el de “Reparar cuando se averíe”. **La primera generación** tuvo como objetivo principal: reparar cuando se rompiera, esto limitaba solamente a realizar un mantenimiento correctivo.

Segunda Generación: La Segunda Guerra Mundial provocó un fuerte aumento de la demanda de toda clase de bienes. Este cambio unido al acusado descenso en la oferta de mano de obra que causó la guerra, aceleró el proceso de mecanización de la industria. Conforme aumentaba la mecanización, la industria comenzaba a depender de manera crítica del buen funcionamiento de la maquinaria. Esta dependencia provocó que el mantenimiento se entrara en buscar formas de prevenir los fallos y por tanto de evitar o reducir los tiempos de parada forzada de las máquinas. Con este nuevo enfoque del mantenimiento, apareció el concepto de mantenimiento preventivo. En la década de los 60, éste consistía fundamentalmente en realizar revisiones periódicas a la maquinaria a intervalos fijos. Además se comenzaron a implementar sistemas de control y planificación del mantenimiento con el objetivo de controlar el aumento de los costes de mantenimiento y planificar las revisiones a intervalos fijos, la segunda generación perseguía como objetivos: mayor disponibilidad de la planta, mayor vida de los equipos y menor costo, lo que generó la planificación del mantenimiento, sistemas de control para el mantenimiento y la incorporación de la informática al mantenimiento a través de grandes ordenadores.

Cuarta Generación: En los últimos años se vivió un crecimiento muy importante de nuevos conceptos de mantenimiento y metodologías aplicadas a la gestión del mantenimiento. Hasta finales de la década de los 90, los desarrollos alcanzados en la tercera generación del mantenimiento incluían:

1. Herramientas de ayuda a la decisión, como estudios de riesgo, modos de fallo y análisis de causas de fallo.
2. Nuevas técnicas de mantenimiento, como el monitoreo de condición.
3. Equipos de diseño, dando mucha relevancia a la fiabilidad y mantenibilidad.
4. Un cambio importante en pensamiento de la organización hacia la participación, el trabajo en equipo y la flexibilidad.

La cuarta generación tiene definidos como objetivos: mayor disponibilidad y fiabilidad, mayor seguridad, mayor calidad del producto, respeto al Medio Ambiente, mayor vida de los equipos, eficiencia de costes, mayor mantenibilidad, patrones de fallos / Eliminación de los fallos. Para sustentar estos objetivos las técnicas utilizadas son las siguientes: monitoreo de condición, utilización de pequeños y rápidos ordenadores, Modos de Fallo y Causas de Fallo (FMEA, FMECA), polivalencia y trabajo en equipo/ Mantenimiento Autónomo, estudio de fiabilidad y mantenibilidad durante el proyecto, gestión del Riesgo, sistemas de mejora continua, mantenimiento Preventivo, mantenimiento Predictivo, mantenimiento Proactivo / eliminación del fallo, grupos de mejora y seguimiento de acciones.

Evolución del mantenimiento en Cuba.

En Cuba, antes de 1959 y con la excepción de determinadas industrias, no existía una cultura de mantenimiento, y no fue sino hasta 1961 cuando comenzó a promoverse el respeto hacia esta actividad, a partir

de la introducción del Mantenimiento Preventivo Planificado en el otro Ministerio de Industrias, con la colaboración de algunos especialistas extranjeros amigos de Cuba. En 1975, el Centro de Servicio Técnico Automotriz (CESETA), publicó el Manual de mantenimiento y reparación de equipos industriales. El objetivo de este manual era guiar la aplicación del Mantenimiento Preventivo Planificado en plantas y talleres, principalmente de la industria mecánica. En el marco del proceso de institucionalización del país, el primero de diciembre de 1976 se promulgó la Ley No. 1323, Ley de Organización de la Administración Central del Estado, que estableció, entre las atribuciones y funciones principales del Ministerio de la Industria Sidero-Mecánica, en su artículo, la elaboración de Normas de Mantenimiento y Explotación para las Máquinas-Herramientas del País”. Para la elaboración de dichas normas se tomaron como base las normas y experiencias de la antigua URSS, Bulgaria y la ex-RDA (aunque la experiencia era original de la compañía Ford norteamericana), adaptándolas en lo posible a las condiciones específicas cubanas, constituyéndose así el Sistema de Mantenimiento Preventivo Planificado para las Máquinas-Herramientas de Arranque de Virutas, Conformado de Metales, Elaboración de Madera, Equipos de Fundición, Equipos de Izaje, Transportación, integrado por normas y procedimientos de gran importancia técnica y económica. El sistema fue implantado en todas las empresas del citado Ministerio. No obstante, ya había sido definido el mantenimiento desde 1978 en la norma cubana NC 92-10: 78, {Zaldívar-Salazar, 2003 #7100}) como “...un conjunto de acciones efectuadas para mantener el estado de capacidad de trabajo o su buen estado en un artículo...” (considerando a este como la parte autónoma de un equipo o como el equipo en sí) y habían sido publicadas normas y recomendaciones para el mantenimiento y la explotación de equipos industriales de la rama de construcción de maquinaria, basadas fundamentalmente en las experiencias de las antiguas URSS y RDA, así como de Bulgaria. En el II Congreso del

Partido Comunista de Cuba realizado en 1981, se estableció, como un lineamiento para el desarrollo de la industria: “ Ejecutar una política sistemática de mantenimiento y reparaciones generales que permitan garantizar o restituir las capacidades potenciales a las unidades...” y, a partir de la política trazada en el país en relación con el mantenimiento, la mayoría de las empresas cubanas asumieron el Sistema de Mantenimiento Preventivo Planificado, conocido por las siglas MPP, adaptándolo a sus características. En 1986, se edita el libro Mantenimiento Industrial. La base de esta obra es también el Sistema de MPP, planteándose que este es todo el conjunto de medidas de carácter técnico y organizativo, mediante las cuales se lleva a cabo el mantenimiento y la reparación de los equipos. Estas medidas son elaboradas previamente según el plan que asegura el trabajo constante de los mismos. Además, esboza el concepto y términos fundamentales sobre el diagnóstico técnico de una gran cantidad de grupos homogéneos de equipos. Cabe destacar que, en 1985, el Ministerio de la Industria Básica (MINBAS) aprobó una nueva política de mantenimiento para sus empresas que cambió la óptica del ya tradicional sistema de MPP a sistemas más adecuados a las características de las mismas, en particular se implementó el Sistema de Mantenimiento por Diagnóstico. No obstante todos estos esfuerzos, en el Informe Central al III Congreso del Partido en 1986, se hizo un análisis crítico de la calidad del mantenimiento y las reparaciones a partir del cual se planteó, como lineamiento de trabajo para el quinquenio 1986-1990: “ Reducir la influencia negativa que ejercen en el aprovechamiento de las capacidades instaladas (...) las roturas de los equipos tecnológicos y la reducción del rendimiento de los fondos básicos por mantenimiento insuficiente u operación inadecuada.” En el mes de octubre de 1987 cobró vigencia la Norma Cubana (NC 92-44: 86) que establece los términos y definiciones fundamentales y de uso más común en la realización del mantenimiento y la reparación de los

artículos industriales. Esta norma concordaba con una norma CAME análoga de 1985 (SE-CAME 5151) y tenía como base las normas cubanas del Sistema Único de Documentación de Proyectos de 1978 y la Norma Internacional ISO 4092 de 1984. Su contenido no refiere ningún sistema o estrategia particular de mantenimiento pero sí diferencia los conceptos: mantenimiento y reparación, expresando que el mantenimiento es "...el conjunto de operaciones u operación que se realiza a un artículo para restablecer su estado de capacidad de trabajo o su buen estado durante su utilización, su destino, estacionamiento, almacenamiento y transportación." (Obsérvese una comedida referencia al proceso logístico.) También define los tipos de mantenimiento como las reparaciones que pueden ser: planificadas, no planificadas o de acuerdo con el estado técnico y, según su magnitud, o el valor del recurso que se restablece son: general (o capital), media y pequeña. En el Programa del Partido de 1987, dentro de los objetivos de la política económica a partir del III Congreso, se señala: "Se deberá priorizar la política de mantenimiento y reparación periódica de los equipos, edificios e instalaciones, por su decisiva influencia en el ahorro de recursos para las inversiones, así como en el funcionamiento ininterrumpido del proceso productivo y en la reducción de las normas de consumo de energía y materiales."

En 1996 se realiza otro avance en la actividad del mantenimiento en nuestro país este avance está dado por la propuesta realizada {De la Paz Martínez, 2000 #7101}; donde se desarrolla la versión cubana del Sistema Integrado de Mantenimiento, denominado en Cuba Sistema Alternativo de Mantenimiento (SAM) a partir de ese momento se comenzaron a aplicar varios sistemas de mantenimiento, principalmente en plantas productivas del Ministerio de la Industria Ligera. Más tarde en el año 1999 se empieza a enfocar el mantenimiento desde un punto de vista más gerencial o de gestión {Grajales, 2006 #7102}, se realiza una contribución al Sistema de Gestión del Mantenimiento en empresas

productoras de azúcar crudo con lo que se pretende mejorar la gestión de los activos físico en el Ministerio del Azúcar. En el año 2001 se realiza otro aporte a la Gestión del Mantenimiento, esta vez desde una óptica poco tratada pero verdaderamente importante, la planificación de los Recurso Humanos en el SAM. Otra aplicación que fue efectuada en plantas textiles del Ministerio de la Industria Ligera. En 2005 se produjo otro avance notable en la Gestión del Mantenimiento; en Borroto Pentón fue confeccionado un procedimiento para la realización de la auditoría de Mantenimiento en el Ministerio de Salud Pública específicamente en hospitales de la provincia Villa Clara. Además como resultado de las auditorías aplicadas se propuso un sistema de mantenimiento especialmente diseñado para hospitales denominado Sistema Alternativo de Mantenimiento en Hospitales (SAMHOS). En el 2009 se realizó otro aporte a la Gestión del Mantenimiento en nuestro país. Alfonso Llanes (2009) propone un procedimiento para administrar el proceso de tercerización del mantenimiento, cuya aplicación se realizó en empresas del Ministerio de la Industria Alimentaria (MINAL), del Ministerio del Turismo (MINTUR), y del Ministerio de la Industria Ligera (MINIL), utilizando una herramienta al sistema empresarial efectiva para la administración de los procesos de externalización de actividades y funciones de mantenimiento. En {Aguilar-Otero, 2010 #7103} se propone un enfoque de Gestión del Mantenimiento o Servicios Técnicos en el MINTUR aplicado a los Hoteles de sol y playa. Esta investigación constituye un paso importante en el desarrollo de la actividad del mantenimiento en el país, pues siempre se habían desarrollado propuestas para enriquecer la gestión en el sector productivo quedando un poco al margen del desarrollo el sector de los servicios.

En mayo de 2011, en el VI Congreso del Partido, se ponen en vigor los lineamientos que regirán la política económica y social del país, donde se trata el mantenimiento en 16 de ellos; proponiendo como objetivos fundamentales:

1. Priorizar la actividad del mantenimiento en el país.
2. Aumentar la disponibilidad del equipamiento industrial y de transporte.
3. Aumentar la fabricación y recuperación de piezas de repuesto.
4. Potenciar los servicios de reparación y mantenimiento (fomentar la contratación del mantenimiento).
5. Vincular el mantenimiento y las reparaciones con el uso eficiente de la energía.

El mantenimiento en las organizaciones.

El mantenimiento tiene su base en la definición dada sobre este término; diversos autores se han referido al asunto, entre ellos: Omarov [1977], Kaufmann [1975], NC 92-10-78, Heber González [1984], Portuondo Pichardo [1990], Kohler [1990], Van Kessel [1992], Benaimu. [1994], Muntasell i Arcarons [1994], Payement [1994], Cáceres & Comando [1995] y Gilbert Chevalier [1996]. Otros autores como (Weston & Brigham (1994), White & James (2000), Gitman (2003) y Office of Financial Management (2004) -referenciado en {Borroto Pentón, 2005 #7104}- plantean que los activos fijos se clasifican en tangibles e intangibles. Los activos fijos tangibles comprenden las propiedades o bienes que pueden ser tocados, tales como terrenos, equipos y maquinarias, mientras los activos fijos intangibles incluyen a aquellos elementos que no poseen forma corpórea, como los derechos de patentes, los de vías o créditos mercantiles.

El mantenimiento constituye una certera alternativa de decisión frente al desgaste de los activos fijos. Penton 2005, diversas son las definiciones que sobre este tema se han originado. Autores como: Kaufman (1975); Kamenitzer (1985); Portuondo Pichardo (1990); NC 92-10-78; Muntaselli (1994) Benaim, et. al (1994); Encinas (1994); Tavares (1994); Gilbert (1996) al referirse al asunto han discrepado en algunos aspectos en la medida en que se han enfocado en determinada organización, pero todos de manera general coinciden en

aspectos, tales como: conservar, mantener, restaurar, la función pretendida del activo fijo. Así mismo, por ejemplo, {Pérez, #7105} se refiere solamente a la limpieza y lubricación de los equipos, mientras que {Tavares de Carvalho, 1994 #7106} amplía el concepto, definiéndolo como la actividad encaminada a incrementar la disponibilidad de los mismos. Por su parte {Borda, 1998 #7107}, lo define como la restauración de la capacidad operativa de los equipos e instalaciones productivas con el fin de contribuir a que el objetivo fundamental de la empresa pueda efectuarse al más bajo costo posible. Tavares (1999) plantea que son aquellas medidas necesarias para la conservación o permanencia de alguna cosa o de alguna situación, coincidiendo con {Blanco, 2002 #7108} que lo definió como la función empresarial que, por medio de sus actividades de control, reparación y revisión, permite garantizar el funcionamiento regular y el buen estado de conservación de las instalaciones. De la Paz Martínez (1996) define el mantenimiento como la totalidad de las acciones técnicas, organizativas y económicas encaminadas a conservar o restablecer el buen estado de los medios básicos, a partir de la observancia y reducción de su desgaste y con el fin de alargar su vida útil, para lograr una mayor disponibilidad y cumplir con calidad y eficiencia su función productiva y de servicio, garantizando la seguridad del personal y del medio ambiente.

Objetivos del mantenimiento.

Toda organización avanza si sus objetivos han sido definidos, de lo contrario, su éxito llega; a ser un hecho aleatorio [{Fernández-Ríos, 1997 #7109}. Según {Stoner, 1996 #7110} {Pichardo, 2002 #7113} un objetivo es una meta, que en términos comparativos se caracteriza por logros específicos susceptibles de ser cuantificados. Varios autores [{Jaramillo, 1992 #7111}; {Rodríguez, 2002 #7112} & {Pichardo, 2002 #7114}; Monteiro Leite, 1995; De la Paz Martínez, 1961 han definido los objetivos de mantenimiento y de manera general son los siguientes:

1. Mejorar la disponibilidad de las instalaciones.
2. Mejorar la fiabilidad y la calidad del servicio.

3. Incrementar la productividad a los recursos.
4. Reducir los costos de mantenimiento.
5. Aumentar la vida útil - económica de los equipos.
6. Garantizar la seguridad del personal y de las instalaciones.

Las funciones de mantenimiento Portuondo Pichardo [A9901] plantea que las funciones de mantenimiento caracterizan y de hecho justifican la existencia de una subdivisión de la empresa dedicada al mantenimiento. Al respecto describió las funciones básicas de mantenimiento desglosadas en primarias y secundarias.

Las primeras referidas al mantenimiento, inspecciones, servicio de lubricación y protección contra la corrosión, recuperación y modificación de equipos, instalaciones y edificaciones. Las funciones secundarias incluyen la protección técnica y los medios técnicos para la limpieza tecnológica de equipos e instalaciones, los medios técnicos para la eliminación de desechos y la generación y distribución de algunas producciones auxiliares como energía eléctrica, vapor, aire comprimido, aire para instrumentos y agua de enfriamiento.

Por su parte {Corretger Rauet, 1994 #7115} plantea, que las funciones de mantenimiento son las que comprenden sus relaciones con los objetivos de producción u otros departamentos de la empresa y las que corresponden a sus propias responsabilidades como servicio autónomo. Entre las del primer grupo se encuentran: corrección de averías, reparaciones, inspecciones preventivas, revisiones preventivas, suministros generales de agua, electricidad y otros, así como trabajos nuevos, engrase y pintura.

Sistemas de Mantenimiento.

Los sistemas de mantenimiento como políticas, estrategias o filosofías, métodos y tipos de mantenimiento. En la Tabla 1.1 se muestra una recopilación de tipos de mantenimiento extraídos de la bibliografía consultada. Según {Sánchez, 1991 #7116}] las políticas de mantenimiento tienen como fin

primordial la reducción de tiempos de paradas, al menor costo. Las más conocidas son: política de mantenimiento por avería, política de mantenimiento preventivo y política de mantenimiento predictivo. Por su parte, Crespo, {Crespo, 1995 #7117} plantean que la política global de mantenimiento de un sistema heterogéneo, vendrá integrada por toda una gama de políticas parciales adecuadas a las necesidades específicas de los distintos subsistemas y consideran que esas políticas parciales son: Política de mantenimiento exclusivamente correctivo, Mantenimiento periódico total (se procede periódicamente al mantenimiento preventivo de todos los equipos, independientemente del tiempo de funcionamiento sin fallos), Mantenimiento preventivo periódico en función del tiempo de funcionamiento sin fallos y Mantenimiento preventivo basado en los resultados de una inspección previa.

Tabla 1.1 Tipos de mantenimiento según varios autores

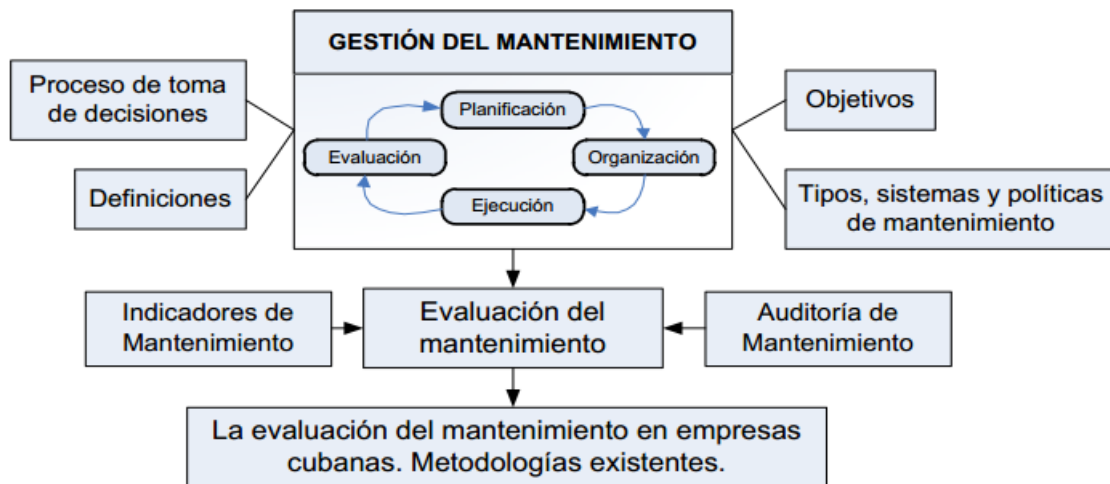
Tipos de mantenimiento	Referencias
Detectivo	[Malaguera, 2001]
Mejorativo	[Malaguera, 2001]
Rutinario	[Vinivius Lucattelli & García Ojeda, 1995 ; Malaguera, 2001]
Programado, periódico o sistemático	[Pérez Jaramillo, 1992; Aduvire, López & Mazadiego, 1994; Malaguera, 2001]
Contra avería, reactivo, Correctivo	[Aduvire, López & Mazadiego, 1994; Benaim <i>et al.</i> , 1994; Torres, 1997; Lourival Tavares, 1999; Malaguera, 2001; Saavedra, 2000]
Circunstancial	[Malaguera, 2001]
Progresivo	[Pérez Jaramillo, 1992]
Preventivo	[Pérez Jaramillo, 1992; Aduvire, López & Mazadiego, 1994; Benaim <i>et al.</i> , 1994; Vinicius Lucately & García Ojeda, 1995; González García, 1997; Ellmann, 1997; Torres, 1997]
Predictivo	[Araya Schulz, 1991; Roda Vázquez & Sal García, 1992; Araya Schulz, 1993; Aduvire, López & Mazadiego, 1994; Benaim <i>et al.</i> , 1994; Bollman, 1995; Ellmann, 1997; Torres, 1997; Ortiz Álvarez, 2000; Martín, 2003]
Protectivo	[Desir & Castolin, 1994]
Productivo	[Nakajima, 1988; Pérez Jaramillo, 1992; Hartmann, 1993; Rey Sacristán, 1993; Tobalina, 1992; Martín de Santiago, 1994; Lezana, 1995; Ortiz Álvarez, 2000]
Proactivo	[Borda Elejabarrieta, 1993]

La Gestión o la administración del Mantenimiento.

Según la [SO9000:2001, la gestión no es más que el conjunto de actividades coordinadas para dirigir y controlar una organización. A partir de esta definición se puede entender que para desarrollar una buena gestión es preciso conocer

y haber definido el objetivo u objetivos a alcanzar. Se ha definido la gestión de mantenimiento como "... las actuaciones con las que la dirección de una organización de mantenimiento sigue una política determinada...". [A.E.M., 1995. La gestión de mantenimiento es responsable de armonizar los activos fijos, minimizando los tiempos de parada y los costos asociados a los mismos. Es por esto, que una adecuada gestión de mantenimiento, en el marco de una filosofía del personal orientada hacia la calidad, ayuda a incrementar la productividad, por lo que es de vital importancia el estudio de los aspectos que pueden afectarla. {Pérez Hernández, 2021 #7118}, ya desde 1994, planteaban que "... algunos análisis sobre la efectividad de la gestión del mantenimiento indican que un tercio de todos los costos de mantenimiento se deben a una mala gestión...". La gestión de mantenimiento abarca el cumplimiento de un conjunto de funciones: la planificación, la organización, la ejecución y el control, como se muestra en la figura 1.1.

Figura 1.1 Gestión del Mantenimiento



Los responsables de la gestión del mantenimiento precisan, por encima de todo, conocer ciertas normas o procedimientos de administración, pues, como es de conocimiento general, el mantenimiento está relacionado con los ingresos generados en la empresa; siendo así, ampliar sus conocimientos en un enfoque direccionado a la reducción de los costos de mantenimiento, o sea,

su planificación, su programación y su control es de crucial importancia [Gonzales Castañeda, 2018 #7119]. A continuación se definirán los rasgos fundamentales de cada una de estas funciones.

Planificación

Es el conjunto de actividades que a partir de las necesidades de mantenimiento definen el curso de acción y las oportunidades más apropiadas para satisfacerlas, identificando los recursos necesarios y definiendo los medios para asegurar su oportuna disponibilidad. Los aspectos que deben ser cubiertos por la planificación son:

- ✓ Manejo de repuestos y partes.
- ✓ Recursos humanos.
- ✓ Manejo de contratistas externos.
- ✓ Recursos físicos.
- ✓ Recursos financieros.

Es de destacar que en muchas organizaciones la planificación del mantenimiento ha tendido a depender de la experiencia y la percepción de los operadores y a ser manejada sensorialmente; se ha centrado en inspecciones cualitativas del estado de los equipos, debido a la dificultad para determinar cuantitativamente el estado de deterioro de los mismos, además de no ser constante, el considerable número de información que se ha de procesar, esto trae un sinnúmero de problemas que es necesario enfrentar para mejorar la confiabilidad y eficiencia de los equipos. Esta tendencia es la que se conoce como planificación tradicional del mantenimiento.

Organización

La organización es tal vez el área más desarrollada de la teoría administrativa, tiene dos vertientes fundamentales, una estática que es sinónimo de entidad u organización creada para alcanzar determinados objetivos, o colectivo de personas estructurado para la acción. La vertiente dinámica es la organización

como función de dirección, que consiste en ordenar y armonizar los recursos humanos, materiales y financieros de que se dispone con la finalidad de cumplimentar un objetivo dado con la máxima eficiencia [Sánchez Sánchez, 1999]. Esta, por lo general, consiste en la programación de todas las actividades tendientes a optimizar la ejecución de un conjunto de tareas en un período generalmente establecido, distribuyendo frente a las necesidades derivadas de la carga de trabajo programable.

Ejecución

Es el conjunto de actividades tendiente a realizar los requerimientos de mantenimiento, expresadas como trabajos específicos de cualquier tipo. Maneja la recepción de los programas o requerimientos en el caso de emergencias, la labor preparatoria de búsqueda de repuestos, herramientas, asignación del personal, instrucciones sobre procedimientos, así como la ejecución correcta de las tareas específicas del caso y la puesta en servicio del equipo o zona intervenida. Las tareas específicas en la ejecución del mantenimiento son las siguientes:

- **Servicios técnicos:** revisión, limpieza y fregado, lubricación, pruebas de regulación (ajustes y tolerancias perdidos por causas imprevistas) y conservación para la no operación.
- **Protección contra la corrosión activa o pasiva:** pintura y protecciones especiales.
- **Inspecciones:** controles del desgaste, revisión de los instrumentos de medición y revisión de los dispositivos de seguridad.
- **Reparaciones:** pequeñas, medianas y generales.

Evaluación y control

El control es una acción a ser realizada en forma constante en la organización (aunque existe una fuerte tendencia al autocontrol), utilizando mecanismos simples, sobre la base de los objetivos definidos, para un período determinado.

Está basado en patrones de comparación preestablecidos, en consecuencia, será eficaz en la medida en que los resultados de su aplicación sean económicos y sirvan para tomar medidas de corrección. Posteriormente se definiría cómo se va a controlar, se harán inspecciones o se auto controlará el objeto ya definido. En cualquier caso se requerirá una preparación adecuada que parta de la correcta definición de los parámetros a controlar y de la forma en que serán analizados y evaluados los resultados. Por último, se define el momento en que se controla y la frecuencia de control. En esencia, se trata de responder a las preguntas: qué, cómo, cuándo y cuánto se controlará y esto estará en dependencia no sólo de los objetivos de la organización, sino también de las herramientas de que se disponga para el control. Debe destacarse que el mecanismo de control que se establezca debe ser económico, pues, aunque parezca obvio, en muchos casos esto no se cumple, resultando más caro el control que las pérdidas que provoca su falta. Por esto los controles deben ser aplicados sobre pocos conceptos y los más importantes, de manera que el responsable de mantenimiento, siguiendo pocos resultados periódicos de control, tenga una semblanza rápida y confiable de la marcha del servicio, no solamente de su eficacia sino y sobre todo, de su eficiencia. Según todo lo planteado, resulta evidente que primero habrá que definir el objeto de control que, según los objetivos de mantenimiento, pudiera tratarse de un equipo, una instalación, una planta física o incluso la propia organización de mantenimiento y sus funciones.

Cómo se evalúa la gestión del mantenimiento.

Se coincide con {Larralde Ledo, 1994 #7120} en que existen diversas formas de evaluar la gestión de mantenimiento aunque todas ellas pueden resumirse en dos grandes grupos:

1. Medición de resultados a partir del cálculo y análisis de indicadores de mantenimiento.
2. Valoración del desarrollo mediante control directo, principalmente a través de auditorías, que permiten realizar una evaluación más

cualitativa y por tanto más flexible para su adecuación en el terreno, en dependencia de los puntos débiles y fuertes que vayan encontrando los auditores.

Indicadores de mantenimiento.

Según {Cruz, 2001 #7122} un indicador o índice es un parámetro numérico que facilita la información sobre un factor crítico identificado en la organización, en los procesos o en las personas respecto a las expectativas o percepción de los clientes en cuanto a costo-calidad y plazos.

Auditoria de mantenimiento.

La aplicación de una gestión óptima de mantenimiento se ven en otras áreas tales como producción, calidad y en la reducción de capital detenido en equipos y repuestos {Llanes, 2008 #7123}, teniendo como papel fundamental, incrementar la confiabilidad de los sistemas de producción al realizar actividades, tales como planeación, organización, control y ejecución de métodos de conservación de los equipos, y sus funciones van más allá de las reparaciones. Su valor se aprecia en la medida en que estas disminuyan como resultado de un trabajo planificado y sistemático con apoyo y recursos de una política integral de los directivos {Cárcel Carrasco, 2014 #7124}. El mantenimiento de los equipos industriales no es un costo para las empresas, sino una inversión. Esa es la premisa con la que se debe partir para entender lo relevante que es definir un programa de control efectivo orientado a evaluar, corregir y anticipar los eventuales problemas que puedan presentar los equipos industriales, con el fin de alargar la vida útil de éstos y disminuir los gastos que producen las fallas inesperadas. {FORNÉS-RIVERA, 2016 #7125}. No cabe duda de que cada peso invertido en mantenimiento se transforma en muchos pesos de utilidades para las empresas. Es decir, la forma correcta de proteger los equipos es comenzar por coordinar programas de mantenimiento a corto, mediano y largo plazo, con el fin de evitar problemas inesperados que afecten la continuidad operativa de la planta, ahorrando así tiempos y costos en

materia de producción, por lo que se debe aumentar la confiabilidad operativa de su negocio; por eso es bueno reiterar que es fundamental internalizar la idea de que el mantenimiento de los equipos industriales no es un costo para las compañías, sino un ahorro futuro en los costos de producción, todo esto nos lleva al concepto de calidad en mantenimiento, que no es más que la obtención de la máxima disponibilidad al mínimo costo {Nobsa, 2018 #7126}. La auditoría es una actividad tan antigua como el comercio mismo, pudiéndose rastrear sus orígenes hasta la época en la cual culturas ancestrales como la egipcia, la romana y la griega, se encontraban en pleno auge socio-económico. {Hernández, 2017 #7128} Sin embargo, autores como {Florian Adames, 2016 #7129}), aseguran que la auditoría data de tiempos más remotos y donde de hecho, tiene la misma edad de la humanidad. Ante dicha afirmación, historiadores como {Mantilla Rivera, 2017 #7130} plantean que la auditoría es tan antigua y tan diversa como lo son las distintas civilizaciones, donde además, ésta ha ido evolucionando al mismo tiempo de la humanidad, la cual se ha ido transformando.

Figura 1.2 Esquema de auditoría



La auditoría de mantenimiento.

El objetivo que se persigue al realizar una auditoría no es juzgar al responsable de mantenimiento, no es cuestionar su forma de trabajo, no es una actividad contra el jefe de mantenimiento: es saber en qué situación se encuentra un departamento de mantenimiento en un momento determinado, identificar puntos de mejora y determinar qué acciones son necesarias para mejorar los resultados, claro está que hay que diferenciar entre las evaluaciones técnicas,

denominadas a veces Auditorías Técnicas de Mantenimiento, y las Auditorías de Gestión que se analizan en éste informe, las primeras tratan de determinar el estado de una instalación, las segundas, tratan de determinar el grado de excelencia de un departamento de mantenimiento y de su forma de gestionar.

Como ya se conoce, tanto la auditoría como el mantenimiento son consideradas hoy día, sin lugar a dudas, como dos actividades sumamente complejas y normadas, con aplicaciones o tipologías diversas. Desde la perspectiva etimológica, auditar proviene del inglés audit, a su vez derivado del latín audire (oir), mientras que mantener es la contracción de la expresión en latín manu tenere (mano y dominar, retener); es decir, retener en las manos. Al considerar la etimología de ambas palabras, se destaca el hecho de que el término auditar, es sinónimo de examinar, inspeccionar, revisar, constatar, verificar, observar, comprobar, confirmar, cotejar y corroborar, entre muchas otras acciones, mientras que el término mantener, es sinónimo de conservar, custodiar, perdurar, proseguir, prolongar, continuar, alargar, resistir, aguantar, persistir y durar, por citar algunas acciones afines. Como se puede apreciar en la figura 1.3, existe una amplia vinculación conceptual entre ambos términos, y plena coincidencia en cuanto al cumplimiento de los objetivos para el control y evaluación de la gestión de mantenimiento.

Figura 1.3 Relación que existe entre auditoria y mantenimiento.

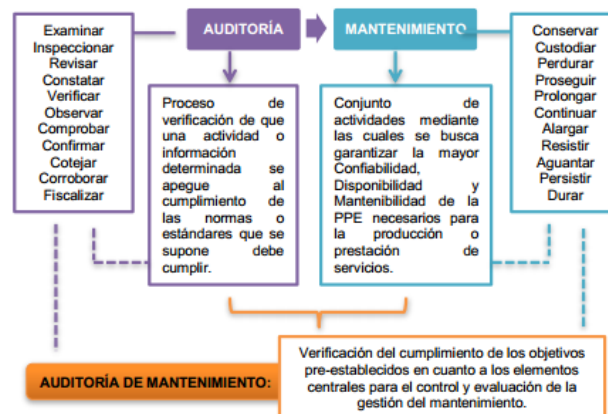


Figura 2. Auditoría y mantenimiento: vinculación conceptual.
Fuente: Rodríguez (2017)

Auditoría y mantenimiento: vinculación conceptual, Fuente Rodríguez, 2017PPE, propiedad, plantas y equipos.

Desde una perspectiva económica, para {Hernández, 2017 #7132}), el objetivo principal de la AM (Auditoría y Mantenimiento) es asegurar que el valor de la inversión está siendo alcanzado por el o específicos, figura 1.4.

Figura 1.4 Objetivos de la Auditoría del Mantenimiento



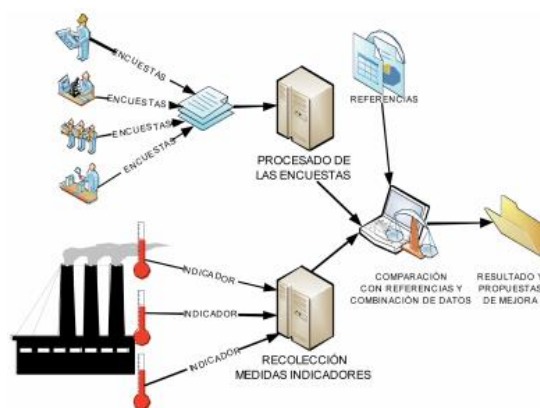
Figura 3. Principales objetivos de la auditoría de mantenimiento.
Fuente: Alzaid (2012).

Por otro lado, {Hernández, 2017 #7133}, indica que primordialmente, la AM (Auditoría y Mantenimiento) persigue la revisión de los procesos y prácticas de gestión de mantenimiento en la operación, la verificación del mantenimiento de referencia en operación contra el mantenimiento de las mejores prácticas y la identificación de oportunidades para refinar los procesos de mantenimiento existentes, para mejorar la eficiencia en las prácticas de mantenimiento actuales y para hacer un mejor uso de los recursos limitados, particularmente la mano de obra.

Como se puede apreciar en la figura 1.5, según Parida, 2011 una auditoría, no es más, que la evaluación de varias funciones de varias áreas de una actividad como el mantenimiento, donde se entrevistan o encuestan varias personas, que para el efectos son expertos en diferentes áreas, tales como, recursos humanos, economía, áreas técnicas, energías, etc; estas encuestas son procesadas para ser unificadas como criterios únicos, donde unos se inclinan a diferentes áreas en dependencia de su nivel de información y conocimiento, esta información procesada, se comparan con la referencias que existen

publicadas en la literaturas, que nos llevan a un resultado inicial, que nos dicen los vacíos que ya existen en la ciencia o la tecnología, luego de esto se buscan los indicadores relacionados con el objeto de estudio como elementos de medidas, finalmente luego del procesamiento final se muestran los resultados y las propuesta de mejora continua.

Figura 1.5 Modelo conceptual de una auditoria, Fuente: A Parida, 2011



Llevar a cabo una auditoria no es solamente aplicar un cuestionario pre-elaborado y tomar las medidas de unos indicadores numéricos, extraídos de los sistemas informáticos, como herramientas operativas, sino que necesita de varias etapas previas y/o complementarias para obtener un resultado que sea de utilidad para la toma de decisiones de la dirección y gestión del mantenimiento {Galar, 2011 #7134}, en la figura, se puede apreciar las diferentes etapas de una auditoria, Kaiser & Kirkwood (1997) inciden en la necesidad de contemplar todas las etapas previas a la auditoría propiamente dicha, sobre todo cuando se van a combinar datos de encuestas y entrevistas con información y procedimientos vigentes, en la primera auditoría, normalmente externa, a la que seguirá las auditorías de control, normalmente internas, lo primero a conocer es la misión y visión de la empresa, la que será el objeto de nuestra investigación, seguidamente se debe realizar un reconocimiento del lugar en busca de futuros indicios de no conformidad, para proceder luego a la realización de las entrevista y encuesta, previamente diseñada, se debe organizar la recogida de los datos y su unificación en

criterios únicos, todos estos nos llevará a conocer o visualizar el sistema de mantenimiento que estamos evaluado, ya el dato compilado, podríamos pasar al análisis de los resultados. Otra forma de evaluar la gestión de mantenimiento es a través de la realización de auditorías de mantenimiento. Según Fabrés Díaz [1991], auditar en mantenimiento es mejorar la competitividad de las empresas, es decir saber exactamente dónde se está. Con una auditoria se descubre una situación y se detectan las áreas que presentan problemas, se puede interior mejorar estas áreas por medios propios o mediante la contratación del mantenimiento. La autora Borroto Pentón, 2005 plantea que una auditoría no da soluciones, dice cómo se está, dónde se está y dónde se debería estar, pero no dice cómo se puede llegar. Esa es otra fase, y muy compleja, por lo que depende de cada entidad lograr el mejoramiento continuo de la gestión del mantenimiento; una auditoria es clave para el área de mantenimiento de cualquier entidad.

Métodos de decisión multicriterio.

El objetivo de la Decisión Multicriterio universalmente conocida con las siglas MCDM (Multiple Criteria Decision Making) es ayudar a tomar decisiones, debido a que el ser humano está expuesto a decidir en gran parte de sus actuaciones en un contexto de incertidumbre, igualmente en la teoría económica tradicional el ser humano ante un problema de decisión opta por elegir lo mejor en función de un solo criterio, que intenta optimizar, el primero en expresarlo de una forma clara fue el premio Nobel Simón, H.A. {Bornholdt, 2001 #7135}) diciendo que en las complejas organizaciones actuales, estas no actúan intentando maximizar una determinada función de utilidad, sino que se plantean distintos objetivos a la vez, la mayoría de los cuales son incompatibles entre sí, por lo que finalmente lo que se pretende es conseguir un determinado nivel en cada uno de ellos. En palabras de {Moreno-Jiménez, 1998 #7136}), “se entiende por Decisión multicriterio, el conjunto de aproximaciones, métodos, modelos, técnicas y herramientas dirigidas a mejorar la calidad integral de los procesos de decisión seguidos por los individuos y sistemas, esto es a mejorar

la efectividad, eficacia y eficiencia de los procesos de decisión y a incrementar el conocimiento de los mismos (valor añadido del conocimiento)”.

Como menciona (Ríos 2005), la literatura en el tema de toma de decisiones se caracteriza por la ausencia de consenso en cuanto a la definición de sus términos y conceptos. Por tanto, se presentan algunos conceptos tomados principalmente de (Jerónimo Aznar Bellver 2012).

Decisor: Es aquella persona que se plantea el problema de decisión.

Analista: Es aquella persona que utiliza todos sus conocimientos y toda la información disponible por parte del decisor para ayudar a éste en su toma de decisión.

Decisión: La decisión es una elección entre alternativas; las alternativas pueden representar diferentes caminos de acción, diferentes hipótesis sobre la naturaleza de una característica, diferentes clasificaciones, etc. Un proceso de decisión exitoso resulta en el desarrollo de decisiones y en la ejecución de esfuerzos que apoyan los objetivos de una organización, como es el caso de una unidad familiar de producción.

Criterio: Un criterio es la base para una decisión que puede medirse y evaluarse, y puede ser de dos tipos: factores y limitaciones o restricciones; también se puede decir que es un juicio estándar o una regla para probar la deseabilidad de decisiones alternativas; también es un término genérico que incluye objetivos y atributos, y cualquier problema de decisión multicriterio implica un conjunto de objetivos, un conjunto de atributos, o ambos. No obstante, la distinción entre objetivos y atributos es de la mayor importancia en el proceso de toma de decisiones.

Restricciones / limitantes: Una restricción sirve para limitar a las alternativas en consideración, como puede ser, por ejemplo, la exclusión de áreas con más de 12% de pendiente del suelo para la producción comercial de maíz.

Regla de decisión: Una regla de decisión es el procedimiento por el cual se eligen y combinan los criterios para llegar a una evaluación particular, y por el cual son comparadas y aplicadas las evaluaciones.

Atributo(s): Son las propiedades de los elementos del sistema del mundo real o también una cantidad o calidad medible en un sistema, o también son aquellos valores que el decisor utiliza para caracterizar las distintas alternativas, es decir, las componentes, características y propiedades de los objetos estudiados en el proceso de decisión y se usa para medir el desempeño del atributo en relación a un objetivo. Estos valores pueden medirse con relativa independencia de los deseos y necesidades del decisor, siendo generalmente susceptibles de expresarse como una función matemática de las variables de decisión. Cuando el número de atributos es muy grande, éstos suelen presentarse en una estructura jerárquica.

Alternativa: Es cada uno de los objetos, decisiones o proyectos mutuamente excluyentes que serán explorados en el proceso de decisión; muy pocos estudios se han dedicado a la generación de alternativas. Las alternativas son acciones, soluciones o caminos posibles que pueden ser implantados como respuesta a una situación, y se caracterizan por estar dotadas con ventajas o inconvenientes con respecto a los criterios con los cuáles son evaluadas. Una alternativa es una opción factible, asequible, caracterizada por su desempeño con respecto a los criterios establecidos. El conjunto de las alternativas está definido como, $A = \{A_1, A_2, \dots, A_m\}$, donde $A_i \{i= 1, 2, \dots, m\}$ son cada una de las alternativas posibles. Cada conjunto de alternativas A son alternativas diferentes, excluyentes y exhaustivas. La identificación de alternativas es una parte esencial en la toma de decisiones. La decisión final no podrá alcanzar mejores resultados que lo que le permita la mejor alternativa del conjunto evaluado. (Vitoriano, 2007 #7145)

Objetivo: El objetivo es una perspectiva o propósito que sirve para guiar la estructuración de las reglas de decisión, o también es la afirmación acerca del

estado deseado del sistema bajo consideración. Los objetivos están funcionalmente relacionados a los atributos, o se derivan de ellos.

Pesos: Los pesos o ponderaciones son las medidas de la importancia relativa que los criterios tienen para el decisor. Asociado a los criterios, se asigna un vector de pesos, $w = \{w_1, w_2, \dots, w_n\}$, donde $w_n \{n = 1, 2, \dots, n\}$, es el número de criterios. En los problemas de toma de decisión multicriterio es muy frecuente que los criterios tengan distinta relevancia para el decisor, aunque esto no significa que los criterios menos importantes no deban ser considerados, estas diferencias justifican la existencia de los pesos asociados a los criterios.

Matriz de valoración o decisión: Una vez establecidos los criterios y sus pesos asociados, el decisor es capaz de dar, para cada uno de los criterios considerados y para cada alternativa del conjunto de elección, un valor numérico o simbólico A_{ij} que expresa una evaluación o juicio de la alternativa A_i respecto al criterio C_j . Esta evaluación puede ser numérica o verbal y se puede representar en forma de matriz; matriz de valoración o de decisión. Cada fila de la matriz expresa cualidades de la alternativa A_i respecto a los n criterios considerados. Cada columna de la matriz recoge las evaluaciones o juicios emitidos por el decisor de todas las alternativas respecto al criterio C_j . (Díaz Curbelo 2012), tabla 1.2.

Tabla 1.2 Criterios y pesos asociados y Alternativas.

		Criterios y pesos asociados					
		C_1	C_2	...	C_j	...	C_n
		W_1	W_2	...	W_j	...	W_n
Alternativas	A_1	a_{11}	a_{12}	...	a_{1j}	...	a_{1n}
	A_2	a_{21}	a_{22}	...	a_{2j}	...	a_{2n}
	Valoraciones
	A_i	a_{i1}	a_{i2}	...	a_{ij}	...	a_{in}

	A_m	a_{m1}	a_{m2}	...	a_{mj}	...	a_{mn}

Solución eficiente: Un conjunto de soluciones es eficiente cuando está formado por soluciones factibles, tales que no existe otra solución factible que

proporcione una mejora en un atributo sin producir un empeoramiento en al menos otro de los atributos. A esta solución se le denomina solución Pareto, eficiente en honor al economista italiano {Cotilla, 2019 #7146}

Evaluación: Es el proceso de aplicar la regla de decisión.

Método de la Ordenación Simple

El método de la Ordenación Simple es el método más sencillo de ponderación de criterios, ya que en él lo único que se demanda al decisor es que ordene los criterios de mayor a menor importancia, de forma que después se da el mayor valor al primero y el menor valor al último. En el supuesto de que dos criterios se definan como de la misma importancia a cada uno de ellos se le adjudica el promedio de ambas valoraciones. Puntuados los criterios se normalizan por la suma y el resultado de la ponderación final de los criterios

Las herramientas informáticas en mantenimiento.

La implantación de un sistema de mantenimiento informatizado en la empresa, representa para esta una mejora tecnológica y organizativa. La informatización del mantenimiento aporta al menos dos beneficios: el de la disponibilidad de información para tomar mejores decisiones y el de sistematizar, ordenar y controlar las acciones que se derivan de estas decisiones. Todo ello en menor tiempo, por tanto con mayor eficiencia. Un sistema informático, si es suficientemente flexible, puede adaptarse a los procesos de la propia empresa, permitiendo organizar y controlar el trabajo administrativo, también reduce el tiempo de trabajo burocrático {Fonticiella Cárdenas, 2009 #7148}, 19951. La incorporación de la informática al mantenimiento hospitalario trae consigo ventajas, entre ellas se pueden citar las siguientes Benaima,1941:

1. Facilita la planificación del mantenimiento.
2. Simplifica y optimiza el control de costos.
3. Mejora el control de los trabajos.
4. Facilita el manejo, control y documentación del espacio.

5. Mejora la adquisición, manejo y aprovechamiento de los recursos.
6. Permite tener información actualizada y rápidamente accesible para la toma de decisiones.
7. Facilita el análisis de alternativas y la confección de estadísticas.
8. Permite el control a distancia de los sistemas, mejorando la rapidez y eficacia.

Otro asunto a considerar es la selección del sistema informático más adecuado. Diversos autores como P Brez Tejeda [1992], Treto Cárdenas & Navarrete Pérez [1993], Ibáñez, del Olmo & Hernández [1992], Benaim [1994], Fuertes, del Olmo & Hernández [1994], Brenes Trejo [2000], Lourival Tavares [1999] se refieren a la importancia y las razones para la elección de un software para la gestión de mantenimiento y las ventajas que reporta la aplicación del mismo. Gil Diez-Ticio & Madurga Rivera [1994], plantean que la elección de un adecuado software es una de las decisiones más importantes a ser tomada en la política de desarrollo de mantenimiento.

Otros autores plantean que las áreas y funciones a auditar, pueden ser como se muestra en la siguiente tabla 1.3.

Tabla 1.3 Áreas a auditar y sus funciones correspondientes.

Áreas a auditar	Funciones correspondiente a cada área a auditar
Organización del mantenimiento	<ul style="list-style-type: none"> • Documentación técnica • Historial de equipos • Seguimiento de órdenes de trabajo • Nivel de informatización
Administración del mantenimiento	<ul style="list-style-type: none"> • Distribución presupuestaria • Planificación de las actividades de mantenimiento • Control de materiales y repuestos • Control de costos de mantenimiento • Índices de gestión
Personal de mantenimiento	<ul style="list-style-type: none"> • Calificación técnica • Experiencia • Motivación • Desarrollo profesional
Infraestructura y equipos de mantenimiento	<ul style="list-style-type: none"> • Áreas físicas • Herramientas y equipos
Equipamiento e instalaciones	<ul style="list-style-type: none"> • Equipamiento • Instalaciones
Servicio de terceros	<ul style="list-style-type: none"> • Políticas de contratación • Selección del contratista • Control en la recepción • Garantía

Fuente: elaboración propia.

Así como la tabla 1.4.

Tabla 1.4 Áreas a auditar y sus funciones.

Áreas a auditar	Funciones
Administración del mantenimiento	Sistema de información Organización y planificación del mantenimiento Gestión del presupuesto
Servicios de terceros	Selección y evaluación de los proveedores Administración de las relaciones Selección de las actividades a tercerizar
Personal de mantenimiento	Estructura y plantilla de personal Calificación, plan de formación y evaluación Motivación y participación
Gestión de piezas de repuesto	Gestión de compra Gestión de inventario
Evaluación y control	Organización de la evaluación Empleo de indicadores y auditoría Toma de decisiones
Infraestructura	Estado de las instalaciones Equipamiento Medios técnicos y herramientas Estado técnico operativo de los equipos Sistema eléctrico Limpieza tecnológica Lubricación
Seguridad	Formación periódica en seguridad Control del Plan de Seguridad Control de evaluación de riesgos
Energética	Consumo de energía-general Energía-Iluminación Energía-Aire acondicionado
Medio ambiente	Control del Plan Medioambiental Formación periódica medioambiental

Hay muchos instrumentos para auditar el mantenimiento cuya selección o diseño depende de la estrategia definida para la organización en primer lugar, y para el departamento de mantenimiento en segundo; sin embargo, el foco central de la herramienta, que se aplica por primera vez, debe apuntar a una auditoría global. {Cruz-Paz, 2018 #7150}{Cruz-Paz, 2018 #7150}{Rodríguez Pérez, 2013 #7151}{Cruz-Paz, 2018 #7948}{Cruz-Paz, 2018 #7948}{Cruz-Paz, 2018 #7149. Ewan y Borroto (2007) rediseñaron un procedimiento general para la realización de la auditoría de mantenimiento, que como procedimiento general será tomado como base para realizar la auditoría de mantenimiento en la empresa objeto de estudio de esta investigación. Este procedimiento para la realización de la auditoría de mantenimiento consta de las etapas siguientes:

Etapa 1: Inicio de la auditoría de mantenimiento. Esta etapa contempla tres pasos:

Paso 1.1. Selección del equipo auditor.

Paso 1.2. Preparación del plan de auditoría.

Paso 1.3. Asignación de tareas.

Etapa 2: Realización de las actividades de la auditoría in situ: En esta etapa se realiza la reunión de apertura de la auditoría y el diagnóstico de mantenimiento.

Etapa 3: Análisis de los resultados de la auditoría de mantenimiento: Para llevar a cabo el análisis de los resultados de la auditoría de mantenimiento se proponen los pasos siguientes:

Paso 3.1. Evaluación de la gestión del mantenimiento.

Paso 3.2. Conclusiones de la auditoría.

Modelación matemática multicriterio propuesta por Posada Lemus y Borroto Pentón, 2009:

Como se ha explicado tenemos variables o dimensiones, y luego los criterios o funciones, primero se comenzó a evaluar las funciones a través de la expresión siguiente, fórmula 1:

$$1) EF_{dg} = \frac{W_{dg} * \bar{C}_{dg}}{10}$$

EF_{dg} : evaluación de la función d correspondiente al área g .

W_{dg} : peso de la función d correspondiente al área g .

\bar{C}_{dg} : valoración promedio de la función d correspondiente al área g .

La suma de las evaluaciones de las funciones dará el resultado del área, esto es:

$$RA_g = \sum_{d=1}^{m_g} EF_g$$

RA_g : resultado de área g ($g = 1 \dots n$).

$d = 1, \dots, m_g$ siendo m la cantidad de funciones a auditar en cada área g

La evaluación de cada una de las áreas, se calcularán según la expresión siguiente:

$$EA_g = W_g * RA_g$$

EA_g : evaluación del área g .

W_g : peso del área g .

Para la evaluación de la gestión de manteniendo se propone el Indicador Nivel de la Gestión del Mantenimiento (I_{NM}):

$$I_{NM} = \sum_{g=1}^n EA_g * 100$$

Para la obtención de la ponderación o pesos se utilizó los juicios o criterios de expertos, que se efectuará mediante el método de Ordenación Simple y se validará con el método de Análisis Jerárquico de Procesos (AHP), que será detallado más adelante.

Tabla 1.5 Intervalos y Evaluación de la Gestión del Mantenimiento.

Intervalos de I_{NM} (%)	Evaluación de la gestión del mantenimiento
$(95 \leq I_{NM} \leq 100)$	EXCELENTE
$(85 \leq I_{NM} < 95)$	BIEN
$(60 \leq I_{NM} < 85)$	ACEPTABLE
$(I_{NM} < 60)$	DEFICIENTE

Borroto Pentón, 2005. El informe final no debe ser extenso, solo debe incluir:

1. Objeto
2. Alcance de la auditoría
3. Documentación de referencia
4. Datos generales de la planta o instalación
 - 4.1 Grado de automatización

4.2 Antigüedad de las instalaciones

4.3 Ubicación geográfica

4.4 Problemas derivados de esa ubicación.

4.5 Jornada de trabajo

5. Diagnóstico de mantenimiento

5.1 Áreas y funciones evaluadas

6. Resumen de los problemas detectados de la auditoría.

CONCLUSIONES PARCIALES DEL CAPÍTULO.

1. La bibliografía consultada permitió definir la importancia de evaluar la gestión del mantenimiento mediante la realización de auditorías para determinar el estado actual del mantenimiento y proporcionar información para la toma de decisiones posteriores que permitan mejorar el sistema de gestión.

2. Los diferentes procedimientos diseñados para la realización de auditorías en el país a partir de 2005, han significado un logro para el área de mantenimiento pues fueron aplicados en diferentes empresas, permitiendo evaluar el estado de la gestión y determinar los principales problemas que la afectan.

3. El estado de la práctica demostró que EISA no cuenta con herramientas suficientes para evaluar la gestión del mantenimiento, por lo cual es preciso desarrollar una auditoría de mantenimiento para determinar sus puntos débiles y corregirlos para que no existan retrasos o paros productivos.

CAPÍTULO II MATERIALES Y MÉTODOS

Introducción:

En este capítulo se elabora un procedimiento modificado y adaptado de Acosta Palmer (2012), profesor del centro de estudio de Ingeniería del Mantenimiento de la CUJAE, el aporte fue la inserción de los métodos matemáticos multicriterio, en este caso un método muy simple pero novedoso, Ordenación Simple para validar el primer procedimiento, aportando nuevos pesos, con el objetivos de realizar un análisis de sensibilidad para conocer el peor y mejor resultado por los diferentes escenarios que se plantea, y poder comprobar la robustez de la solución encontrada.

2.1 Elaboración del procedimiento para la resolución del problema

El procedimiento está compuesto de varias etapas de trabajo como se muestra a continuación:

Etapas de trabajo

1. Estudio y familiarización de la organización objeto de estudio.
2. Organización del trabajo.
3. Obtención de la información.
4. Evaluación cuantitativa y cualitativa.
5. Introducción del método matemáticos multicriterios ordenación simple para la nueva propuesta de pesos a las áreas funcionales.
6. Análisis de resultados.
7. Informe final y recomendaciones.

Descripción de las etapas de trabajo:

Estudio y familiarización: es un trabajo de terreno que permitirá a los inspectores conocer in situ de la instalación y su situación real, esta fase es sumamente importante y no se puede pasar por alto ni delegar, ya que a partir de ese conocimiento es que se podrá modelar el cuestionario valorativo y las encuestas a realizar, así como trazar la estrategia y dirección de las acciones.

Organización del trabajo: la planificación del trabajo tiene una importancia significativa en el empleo racional del tiempo y en el impacto moral ante la

organización sujeta a evaluación. Se elabora un Plan de Trabajo y un Cronograma de Ejecución, los cuales se analizan con el Gerente de la organización o su representante y, una vez aprobados, son de estricto cumplimiento por todas las partes.

Obtención de información: consiste en desarrollar, a través de la técnica de recolección de información, las entrevistas personales, encuestas, comprobaciones, observaciones y revisión exhaustiva de documentos (Planes de Trabajo, plan de Mantenimiento Preventivo, Plan de reparaciones, Análisis de costos, etc.). Esta etapa brindará la información necesaria para evaluar el estado de la Gestión de Mantenimiento en la instalación.

Evaluación cuantitativa y cualitativa: una vez, debidamente organizada y clasificada la información obtenida producto de las encuestas, entrevistas, observaciones y revisión de documentos, el equipo controlador procederá a evaluar el trabajo, tanto cuantitativa como cualitativamente.

Introducción de Métodos Matemáticos Multicriterio, Ordenación simple: se utilizarán los métodos matemáticos para la nueva ponderación de cada área de funcionales, siendo esta nuestra nueva meta, estableciéndose un nivel de comparación con la meta o patrón evaluado en las dos corridas.

Análisis de resultados: con los resultados obtenidos a partir de la evaluación de los problemas que presenta la organización se analiza el estado de la Gestión de Mantenimiento. Se establece comparaciones con patrones estandarizados de sectores líderes, normativas tanto nacionales como internacionales y si procediera, con la propia organización en etapas anteriores u otras evaluaciones similares.

Informe final y Recomendaciones: el informe indica, con expresión numérica, las áreas que requieren mayor atención, en él se agrupan los puntos débiles, se apuntan las acciones correctivas de manera que sirva de ayuda a los directivos de la organización a establecer sus objetivos y las oportunidades de mejora. Las inspecciones sucesivas o recurrentes posibilitarán el seguimiento y medición de su plan de mejoras.

El diseño del plan de la auditoría debe ser un elemento indispensable debiendo contener los siguientes elementos: los objetivos de la auditoría; los criterios de auditoría y los documentos de referencia; el alcance de la auditoría, incluyendo la identificación de las unidades de la organización y unidades funcionales y los procesos que van a evaluarse; las fechas y lugares donde se van a realizar las actividades de la auditoría in situ; la hora y la duración estimadas de las actividades de la auditoría in situ, incluyendo las reuniones con la dirección del auditado y las reuniones del equipo auditor; las funciones y responsabilidades de los miembros del equipo auditor y de los acompañantes; la asignación de los recursos necesarios a las áreas críticas de la auditoría.

Evaluación cuantitativa

La evaluación cuantitativa impone hacer un alto para escrutar en lo más profundo de tal manera que permita identificar las deficiencias e insuficiencias que frenan el desarrollo de la actividad. Para convertir estas debilidades en oportunidades de mejora, primero, hay que estar convencidos de ellas y no hay mejor instrumento que una evaluación cuantitativa en que la causalidad es un concepto objetivo y la casualidad no funciona como argumento holístico.

Modelo matemático propuesto: para la evaluación cuantitativa. En la tabla 2.1 se muestra un ejemplo de las áreas de actuación y su desglose en dependencia de las características de la institución, esta propuesta no constituye una regla es solo un ejemplo, debe ser modificada convenientemente según sea el caso, utilizando un método de expertos.

En la tabla 2.1, se muestra una propuesta de modelo que facilita la operación de cálculo. En la columna A de la tabla, se ponderan sobre 100 la importancia y repercusión relativas de cada área respecto al total de la gestión de mantenimiento.

$$D = \frac{B * C}{10} \dots\dots\dots 1.1$$

$$E = \frac{A * D}{100} \dots\dots\dots 1.2$$

Ponderación de funciones.

En la columna B de la tabla 2.1 se ponderan sobre 100 las funciones dentro de cada área según su importancia y repercusión relativas.

Tratamiento de Datos.

A continuación se operan los datos de las columnas A, B y C en las columnas D y E según se indica en los respectivos encabezamientos de cada columna. Expresiones 1.1 y 1.2. Los valores de la columna C se obtienen calculando el porcentaje de cumplimiento de los componentes de cada función, para ello se tiene en cuenta la calificación obtenida y el patrón propuesto.

Tabla 2.1 Ponderación de funciones de cada área de actuación y sus funciones. Fabrés J.L. Auditoría de Gestión de Mantenimiento, Revista de Mantenimiento, Chile, No.6, 1991.

A	Áreas de Actuación	B	C										D	E
			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10		
25	Organización General	100												
	Política	20												
	Informática	10												
	Reportes	40												
	Almacenes	30												

Análisis de los resultados de la tabla 2.1

Con las valoraciones obtenidas para cada área en la columna D y del total final de la columna E de la tabla 2.1 se tiene una medición en expresiones numéricas del resultado de la auditoría. Estas calificaciones constituyen su análisis espectral y pueden servir tanto para identificar áreas y funciones de mejora como para comparar resultados con sucesivas auditorías. En la tabla 2.2 se muestra un ejemplo de cómo se refleja el resultado de cada Área de Actuación en el informe final y como se refleja el resultado graficado.

Tabla 2.2. Ejemplo del resultado de un área de actuación después de evaluada.

Valor del Área (A)	Área de Actuación/Funciones	% Ponderaciones (B)	Calificación de cada Función	% Calificación Áreas $D=B \cdot C/10$	% Calificación Mantenimiento $E=A \cdot D/100$
9	Organización General del Mantenimiento	100	-	-	6.38
	1. Política general	15	9	13.50	Bien
	2. Medios informáticos	36	4	14.40	Mal
	3. Informes y reportes	15	6	9.00	Regular
	4. Almacenes	34	10	34.00	Excelente

Definición de las áreas de actuación, sus funciones y sus respectivos pesos.

Acosta P (2011), encontró más apropiado para la definición de los pesos, el método Delphi, el método consiste en la selección de un grupo de expertos a los que se les pregunta su opinión sobre cuestiones referidas a aspectos de su competencia. Las estimaciones de los expertos se realizan en sucesivas rondas, anónimas, al objeto de tratar de conseguir consenso, pero con la máxima autonomía por parte de los participantes.

1. Selección de los expertos para la aplicación de las encuestas, se deben escoger siete expertos, para la realización del instrumento, las

encuestas quedarían entonces de la siguiente forma, tabla 2.4 y 2.5, en la primera parte se muestra las diferentes dimensiones, Acosta Palmer propone una ponderación para cada dimensión y para cada criterio, estos pesos fueron resultado del estudio y la experimentación, por lo que se declara que en un primer escenario se utilizará esta ponderación y luego se le asignan los pesos de forma igualitaria o podría tener otro escenario, que no sería ponderar de forma igualitaria, se podrían calcular nuevos pesos a través de los métodos multicriterio discreto y cualitativos como el método Análisis Jerárquico de Procesos. Cuando a la hora de ponderar de forma igualitaria no se conoce el pesos, se dividen la cantidad de criterio entre 100, y se le asigna este número al criterio, por ejemplo si son dos criterios, se asignan 50 y 50; si son 3, entonces sería 33.3 para dos y uno con 33.4, de esta forma sería la asignación igualitaria de los pesos, la evaluación a través del AHP, se evalúa mediante experto y juicios subjetivos como muestra el método, se debe garantizar siempre respetar el índice de consistencia que debe ser menor que 0.10, a partir de ahí se demuestra que si hay consistencias, los pesos resultados del proceso son muy fiables.

Tabla 2.3 Áreas de actuación y valor de la función.

Áreas de actuación:	Valor de la Función
Organización General.	18
Recursos humanos.	9
Control Económico	13
Planificación, producción y control.	28
Ingeniería del Mantenimiento.	32

Tabla 2.4 Descripción por Áreas: Evaluar del 1 hasta 10 como máximo.

Ponderación del Área	Área	Ponderación
----------------------	------	-------------

		de Funciones
18	Organización General.	
Hasta 10	1.1- Política general.	
Hasta 10	1.2- Medios informáticos.	
Hasta 10	1.3- Informes y reportes.	
Hasta 10	1.4- Almacenes y recursos materiales.	
13	Control Económico.	
Hasta	1.1- Control de costos.	
Hasta 10	1.2- Indicadores Económicos.	
Hasta 10	1.3- Presupuesto Económico Anual.	
Hasta 10	1.4- Plan Económico y Financiero Anual.	
28	Planificación, Programación y Control.	
Hasta 10	1.1- Programación.	
Hasta 10	1.2- Planificación.	
Hasta 10	1.3- Control.	
Hasta 10	1.4- Ordenes de Trabajo.	
Hasta 10	1.5- Tercerización.	
32	Ingeniería del Mantenimiento.	
Hasta 10	1.1- Mantenimiento Preventivo.	
Hasta 10	1.2- Gestión de Lubricación.	
Hasta 10	1.3- Documentación Técnica.	
Hasta 10	1.4- Calidad.	
Hasta 10	1.5- Medio Ambiente.	
Hasta 10	1.6- Seguridad.	
Hasta 10	1.7- Tecnologías.	
13	Recursos Humanos	
Hasta 10	Capacitación	
Hasta 10	Entrenamiento	

Hasta 10	Estimulación	
----------	--------------	--

Se debe destacar que la ponderación de los criterios puede realizarse, asignando pesos del 1 al 5 ó del 1 al 10, depende del evaluador, este último rango es muy abierto y propicio para la introducción de mucha incertidumbre, cosa perjudicial en este proceso, por lo que se propone que la evaluación se haga del 1 al 5.

A partir de tener las encuesta se procesan con una simple herramienta informática elaborada en Excel, donde tiene como elemento importante que utiliza como modelo matemático la Media Geométrica para unificar los criterios de los sietes expertos, se debe destacar que no es lo mismo la media o promedio que la media geométrica, esta última es mucho más certera a la hora de encontrar el centro de varios juicios emitidos por los evaluadores o expertos.

En la tabla 2.5, se puede apreciar la herramienta para el cálculo de la media geométrica.

Tabla 2.5 Representación de la herramienta de cálculo, media geométrica.

	Media Geom.	Experto 1	Experto 2	Experto 3	Experto 4	Experto 5	Experto 6	Experto 7
Indicadores evaluados	3.684031499	5	2	5				
Política	#NUM!	5						
Informática	#NUM!	5						
Informes y reportes	#NUM!	5						
Almacenes y recursos	#NUM!	5						
Control de los costos	#NUM!	5						
Indicadores económicos	#NUM!	5						
Presupuesto	#NUM!	5						
Plan económico	#NUM!	5						
Programación	#NUM!	5						
Planificación	#NUM!	5						
Control	#NUM!	5						
Ordenes de Trabajo	#NUM!	5						
Tercerización	#NUM!	5						
Mantenimiento Preventivo	#NUM!	5						
Gestion Lubricación	#NUM!	5						
Documentación	#NUM!	5						
Calidad	#NUM!	5						
Medioambiente	#NUM!	5						
Seguridad	#NUM!	5						
Tecnología	#NUM!	5						

Capacitación	#NUM!	5					
Entrenamiento	#NUM!	5					
Estimulación	#NUM!	5					

Con el dato unificado como se mostró en la tabla anterior, columna azul claro, se procede a introducir el mismo en la siguiente herramienta informática, tabla 2.6.

Tabla 2.6 Resultados de la Áreas y su Evaluación.

A	Áreas de actuación	B	C (1-5)	D	E	EVALUACIÓN
18	Organización General	100	8.00	81.27	14.63	
	Política	50	9.12	45.60	91.20	EXCELENTE
	Informática	30	5.91	17.73	59.11	MAL
	Informes y reportes	20	8.97	17.94	89.68	BIEN
9	Recursos Humanos	100	7.33	74.92	6.74	
	Capacitación	40	8.98	35.94	89.84	BIEN
	Entrenamiento	30	7.72	23.17	77.23	REGULAR
	Estimulación	30	5.27	15.82	52.73	MAL
13	Control económico	100	9.93	99.37	12.92	
	Costos	20	9.85	19.70	98.51	EXCELENTE
	Indicadores económicos	22	9.85	21.67	98.51	EXCELENTE
	Presupuesto	25	10.00	25.00	100.00	EXCELENTE
	Plan económico	33	10.00	33.00	100.00	EXCELENTE
28	Planificación, Programación y Control	100	9.30	93.30	26.12	
	Planificación	18	9.40	16.92	93.99	EXCELENTE
	Programación	15	8.97	13.45	89.68	BIEN
	Control	12	9.28	11.13	92.75	EXCELENTE
	Ordenes de Trabajo	28	9.00	25.20	90.00	BIEN
	Tercerización	27	9.85	26.60	98.51	EXCELENTE
32	Ingeniería de Mantenimiento	100	8.12	76.93	24.62	
	Mantenimiento Preventivo	15	7.98	11.97	79.82	REGULAR
	Documentación	15	9.69	14.53	96.86	EXCELENTE
	Calidad	18	8.21	14.78	82.12	BIEN
	Medioambiente	12	8.27	9.93	82.74	BIEN
	Seguridad	40	6.43	25.71	64.28	REGULAR

Las variables o dimensiones como se puede apreciar en la tabla son cinco, cada una de ella tiene su ponderación propuesto por Acosta Palmer, estos pesos como bien se declaró anteriormente es el resultado de la experimentación, ejemplo por la dimensión Ingeniería del Mantenimiento es la de mayor pesos, con 32 y los Recursos Humanos es la de menor ponderación con 9, cada uno de estas dimensiones están compuestos por indicadores o criterios, los cuales también tiene su propia ponderación en el caso de esta

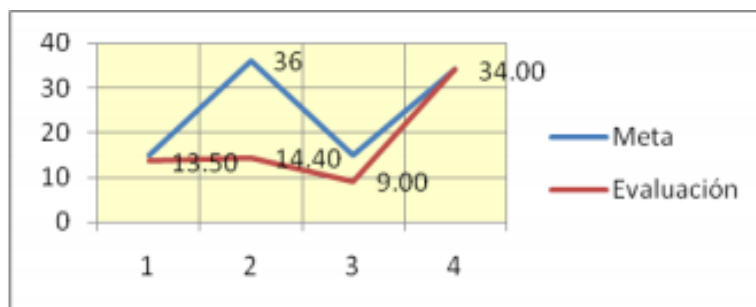
misma dimensión, el mantenimiento preventivo y la documentación tienen el mismo peso, el indicador calidad, lo supera en tres puntos, medio ambiente está por debajo, sin embargo a la Seguridad se le da cuarenta puntos, debido a que la seguridad de los trabajadores y de los recursos es lo más importante a tener en cuenta.

Para resolver el proceso se utilizan los siguientes modelos matemáticos, primero la columna B, se suman los criterios hacia arriba, llegando o acumulando los 100 puntos que estarán en evaluación, para la columna C, D y E, se tienen los modelos que se describen a continuación.

Valor del Área (A)	Área de Actuación/Funciones	% Ponderaciones (B)	Calificación de cada Función	% Calificación Áreas $D=B \cdot C/10$	% Calificación Mantenimiento $E=A \cdot D/100$
9	Organización General del Mantenimiento	100	-	-	6.38
	1. Política general	15	9	13.50	Bien
	2. Medios informáticos	36	4	14.40	Mal
	3. Informes y reportes	15	6	9.00	Regular
	4. Almacenes	34	10	34.00	Excelente

De forma graficada quedaría como se muestra en la figura 2.1.

Figura 2.1 Gráfica que muestra la variación entre la Meta y Evaluación.



Después de evaluar todas las áreas con sus diferentes dimensiones y criterios se procede a emitir la evaluación final, como se muestra en la tabla 2.7

Tabla 2.7 Áreas de Actuación, Meta, Evolución y Porcentaje

Áreas de actuación	Meta	Evaluación	%
Organización General	18	14.63	81.28
Recursos Humanos	9	6.74	74.89
Control Económico	13	12.92	99.38
Planificación, programación, control	28	26.12	93.29
Ingeniería de mantenimiento	32	24.62	76.94
Total	100	85.03	Competencia

Cada dimensión hace su aporte y en dependencia de la cantidad de valores obtenido se llega a un estadio de la Organización, donde encuentra una posición de cinco niveles, desde niveles inferiores hasta el nivel de máxima puntuación de Excelencia, o nivel 5, los demás niveles se exponen a continuación.

Nivel 5 (Excelencia): La organización está revisando continuamente los sistemas e introduce mejoras. Es reconocida como líder entre las empresas de punta. Es necesario obtener entre 91 y 100 puntos en la evaluación cuantitativa.

Nivel 4 (Competencia): La organización ha implementado sistemas y mejoras y mantiene bajo control de la Gestión de la Calidad en el Mantenimiento. Es necesario obtener entre 81 y 90 puntos en la evaluación cuantitativa.

Nivel 3 (Comprensión): La organización y los individuos están desarrollando planes de mejoras para los sistemas, los mismos están siendo aplicados gradualmente. Es necesario obtener entre 71 y 80 puntos en la evaluación cuantitativa.

Nivel 2 (Conciencia): La organización y los individuos se dan cuenta que las prácticas actuales son inadecuadas y que se imponen cambios para mejorar el sistema. Es necesario obtener entre 60 y 70 puntos en la evaluación cuantitativa.

Nivel 1 (Inocencia): La organización no está atenta a las nuevas alternativas existentes. No hay planes para dar el cambio a prácticas actuales y mejora

continua. El sistema no está bajo control. Se establece cuando se obtiene menos de 60 puntos en la evaluación cuantitativa.

Si no fuera suficiente y fuese necesario el re - cálculo de nuevos pesos se utiliza el método AHP, los pasos se muestra a continuación.

Modelación matemática multicriterio propuesta por Posada Lemus y Borroto Pentón, 2009:

Como se ha explicado tenemos variables o dimensiones, y luego los criterios o funciones, primero se comenzó a evaluar las funciones a través de la expresión siguiente, fórmula 1:

$$EF_{dg} = \frac{W_{dg} * \bar{C}_{dg}}{10}$$

EF_{dg} : evaluación de la función d correspondiente al área g .

W_{dg} : peso de la función d correspondiente al área g .

\bar{C}_{dg} : valoración promedio de la función d correspondiente al área g .

La suma de las evaluaciones de las funciones dará el resultado del área, esto es:

$$RA_g = \sum_{d=1}^{m_g} EF_g$$

RA_g : resultado de área g ($g = 1 \dots n$).

$d = 1, \dots, m_g$ siendo m la cantidad de funciones a auditar en cada área g

La evaluación de cada una de las áreas, se calcularán según la expresión siguiente:

$$EA_g = W_g * RA_g$$

EA_g : evaluación del área g .

W_g : peso del área g .

Para la evaluación de la gestión de manteniendo se propone el Indicador Nivel de la Gestión del Mantenimiento (I_{NM}):

$$I_{NM} = \sum_{g=1}^n EA_g * 100$$

Para la obtención de la ponderación o pesos se utilizaron los juicios o criterios de expertos que se efectuará mediante el método de Ordenación Simple y se validará con el método de Análisis Jerárquico de Procesos (AHP), que será detallado más adelante.

Intervalos de I_{NM} (%)	Evaluación de la gestión del mantenimiento
$(95 \leq I_{NM} \leq 100)$	EXCELENTE
$(85 \leq I_{NM} < 95)$	BIEN
$(60 \leq I_{NM} < 85)$	ACEPTABLE
$(I_{NM} < 60)$	DEFICIENTE

Borroto Pentón, 2005.

El informe final no debe ser extenso, solo debe incluir:

1. Objeto
2. Alcance de la auditoría
3. Documentación de referencia
4. Datos generales de la planta o instalación
 - 4.1 Grado de automatización
 - 4.2 Antigüedad de las instalaciones
 - 4.3 Ubicación geográfica
 - 4.4 Problemas derivados de esa ubicación.
 - 4.5 Jornada de trabajo
5. Diagnóstico de mantenimiento
 - 5.1 Áreas y funciones evaluadas
6. Resumen de los problemas detectados de la auditoría.

CONCLUSIONES DEL CAPÍTULO

1. El procedimiento modificado por el autor, combinado al propuesto por Acosta Palmer y el de Posada Lemus y Borroto, es una buena herramienta que combina, la teoría y la práctica, dentro de una herramienta informática, para conocer de la mejor forma como se encuentran las organizaciones.
2. El análisis de sensibilidad muestra varios escenarios, que sirve para conocer cuan robusto es la solución encontrada, pudiendo trabajar con la peor y mejor solución.

CAPÍTULO III RESULTADO Y DISCUSIÓN

Introducción

En el capítulo se resume la evaluación final de la auditoría con los consiguientes comentarios, como caso particular la introducción de la modelación matemática multicriterio en dos escenarios dados, conocidos por análisis de sensibilidad que nos dirán cuan robusta es la solución encontrada. También se mostrará cómo el procedimiento se aplica a un caso de estudio, para nuestro caso la Empresa Integral de Servicio Automotores, comenzando por su caracterización.

Caso de estudio:

3.1 Caracterización de la Empresa Integral de Servicios Automotores de Holguín.



La empresa nace, como persona jurídica, el 14 de julio de 1969. Su construcción se realizó bajo la asesoría francesa, y con tecnología de esa nacionalidad, su misión fundamental era la reparación general de los motores BERLIET y de sus agregados. Más tarde se incorporaron otras tecnologías como: FIAT, PEGASO, TAINO, KAMAZ, MWM, etc.

En virtud de la Resolución No. 154 de fecha de diciembre de 1988 del Ministro de la Industria Sideromecánica y el Reciclaje, es nombrada como Empresa Reparadora de Holguín “Capitán Alberto Fernández Montes de Oca”, adscrita al grupo de la Industria Automotriz (UNECAMOTO) por la Resolución No. 26 de fecha 14 de febrero de 1997. Posteriormente cambia su denominación por Empresa Integral de Servicios Automotores. “Capitán Alberto Fernández Montes de Oca” en virtud de la Resolución No. 8 de fecha enero del 2009 del Ministro de Economía y Planificación.

Objeto social:

- Producir, recuperar y comercializar de forma mayorista equipos de transporte de cualquier nomenclatura, de manipulación de cargas, industriales, agrícolas y grupos electrógenos, paneles y celdas solares, moto compresores, moto soldadores y mini hidroeléctricas, así como sus componentes eléctricos y mecánicos, partes piezas y agregados, en pesos cubanos y pesos convertibles, según nomenclatura aprobada por el Ministerio del Comercio Interior.
- Comercializar de forma mayorista equipos de transporte de cualquier nomenclatura, de manipulación de cargas, industriales, agrícolas y grupos electrógenos, paneles y celdas solares, moto compresores, moto soldadores y mini hidroeléctricas, así como sus componentes eléctricos y mecánicos, partes, piezas y agregados, en pesos cubanos y pesos convertibles, según nomenclatura aprobada por el Ministerio del Comercio Interior.
- Brindar servicios técnicos y de garantía a equipos de transporte de cualquier nomenclatura, de manipulación de cargas, industriales y grupos electrógenos, paneles y celdas solares, moto compresores, moto soldadores y mini hidroeléctricas, así como sus componentes eléctricos y mecánicos, partes, piezas y agregados, en pesos cubanos y pesos convertibles.

- Brindar servicios de montaje, instalación, puesta en marcha y diagnóstico a grupos electrógenos y cuadros eléctricos de fuerza y control, en pesos cubanos y pesos convertibles.

MISIÓN

Satisfacer las necesidades de las empresas estatales socialistas en cuanto a los servicios de reconstrucción y remotorización de equipos; reparación de motores, agregados y sus piezas; recuperación de piezas de repuesto; moto soldadores, compresores, motobombas, comercialización mayorista de materiales, partes, piezas y agregados; servicios técnicos automotrices; asistencia técnica, postventa y garantía, para lo que se cuenta con la tecnología adecuada y recursos humanos con alto grado de preparación y experiencia.

VISIÓN

Ser líderes en el mercado nacional en los servicios técnicos a equipos motorizados, siendo la empresa preferida por los clientes, por la profesionalidad y competitividad de nuestra organización caracterizada por la alta eficiencia y eficacia en la gestión.

Teniendo en cuenta el análisis precedente del macroentorno y el microentorno, se identifican los principales factores externos que afectan o favorecen a la empresa, clasificados como oportunidades y amenazas.

OPORTUNIDADES.

- Crecimiento del sector del transporte.
- Alta posibilidad de formación profesional.
- Territorio muy poblado con más de un (1) millón de habitantes.
- La explotación excesiva de vehículos y sobre todo en mal estado, por la emisión de gases afecta el medio ambiente.
- Mercado solvente en el territorio.

AMENAZAS.

- Bajo crecimiento de la economía del país.
- Regulaciones estatales a favor de las empresas del sector de la defensa.
- Bajos niveles de inversión y desarrollo tecnológico.
- Exceso de regulaciones.
- Rapidez de cambios tecnológicos en el mundo.

3.1.1 Posición Económica Financiera de la EISA Holguín.

Al analizar la posición económica financiera de la empresa, se puede ver que esta se encuentra en el primer cuadrante al contar con capacidad financiera y con utilidades lo que la ubica en una buena posición financiera y económica consolidando su desarrollo.

3.2 Resultado de la aplicación del método, primer escenario:

Primeramente, se creó el grupo auditor para la realización de la auditoria o evaluación de la Gestión de la Calidad del Mantenimiento en la empresa Objeto de Estudio, la encuesta en cuestión contó con las siguientes dimensiones y criterios, como se muestra en la tabla 3.1.

Tabla 3.1. Descripción por áreas: evaluar del 1 hasta el 10 como máximo.

Ponderación del Área	Área	Ponderación de Funciones
18	Organización General.	
Hasta 10	1.1- Política general.	
Hasta 10	1.2- Medios informáticos.	
Hasta 10	1.3- Informes y reportes.	
Hasta 10	1.4- Almacenes y recursos materiales.	

13	Control Económico.	
Hasta 10	1.1- Control de costos.	
Hasta 10	1.2- Indicadores Económicos.	
Hasta 10	1.3- Presupuesto Económico Anual.	
Hasta 10	1.4- Plan Económico y Financiero Anual.	
28	Planificación, Programación y Control.	
Hasta 10	1.1- Programación.	
Hasta 10	1.2- Planificación.	
Hasta 10	1.3- Control.	
Hasta 10	1.4- Órdenes de Trabajo.	
Hasta 10	1.5- Tercerización.	
32	Ingeniería del Mantenimiento.	
Hasta 10	1.1- Mantenimiento Preventivo.	
Hasta 10	1.2- Gestión de Lubricación.	
Hasta 10	1.3- Documentación Técnica.	
Hasta 10	1.4- Calidad.	
Hasta 10	1.5- Medio Ambiente.	
Hasta 10	1.6- Seguridad.	
Hasta 10	1.7- Tecnologías.	
13	Recursos Humanos	
Hasta 10	Capacitación	
Hasta 10	Entrenamiento	
Hasta 10	Estimulación	

Luego el resultado de estas encuestas, para nuestro caso 7, por ser este el número mágico de Miller, como se plantea en el capítulo I, se procesa, no

buscando un promedio entre ellas, sino según Saaty, 2002, buscando su media geométrica, que es un modelo mucho más acertado que el promedio, llegando más al medio de los juicios de los expertos, tabla 3.2.

Tabla 3.2. Encuestas realizadas

Empresa Integral de Servicio Automotor EISA								
Indicadores evaluados	Alt 2	Exp 1	Exp 2	Exp 3	Exp 4	Exp 5	Exp 6	Exp 7
Política	8.5075	8	7	8	10	10	9	8
Informática	7.2718	7	8	8	5	8	10	6
Informes y reportes	8.6070	9	10	9	10	8	9	6
Almacenes y recursos	8.7531	9	9	9	9	10	10	6
Control de los costos	8.8498	9	9	9	9	9	9	8
Indicadores económicos	9.2586	9	10	9	9	10	10	8
Presupuesto	8.7531	9	9	9	9	10	10	6
Plan económico	8.8858	9	10	9	10	10	9	6
Programación	8.4294	9	6	8	10	10	7	10
Planificación	8.7022	9	8	8	9	9	9	9
Control	9.1203	9	9	8	9	10	9	10
Órdenes de Trabajo	8.1940	9	9	9	7	9	9	6
Tercerización	7.9462	9	7	9	7	8	9	7
Mantenimiento Preventivo	7.4769	8	6	9	6	7	9	8
Gestión Lubricación	8.1649	8	6	9	10	8	7	10
Documentación	8.9840	9	9	9	8	9	9	10
Calidad	7.9228	8	8	9	7	9	9	6
Medioambiente	8.2124	9	6	9	9	8	9	8

Seguridad	8.4142	8	8	9	8	9	9	8
Tecnología	7.2133	8	6	7	7	9	8	6
Capacitación	7.6209	9	6	9	8	8	8	6
Entrenamiento	7.6434	9	7	9	7	8	8	6
Estimulación	7.1759	8	6	9	6	9	7	6

Ya con este resultado podemos introducir los datos en nuestra herramienta informática principal, como se muestra en la tabla 3.3.

Tabla 3.3 Introducción de los datos con la herramienta informática principal

A	Áreas de actuación	B	C (1-10)	D	E	EVALUACIÓN
18	Organización General	100	8.13	81.57	14.68	
	Política	50	8.51	42.54	85.07	BIEN
	Informática	30	7.27	21.82	72.72	REGULAR
	Informes y reportes	20	8.61	17.21	86.07	BIEN
9	Recursos Humanos	100	7.48	74.94	6.74	
	Capacitación	40	7.62	30.48	76.21	REGULAR
	Entrenamiento	30	7.64	22.93	76.43	REGULAR
	Estimulación	30	7.18	21.53	71.76	REGULAR
13	Control económico	100	8.94	89.27	11.61	
	Costos	20	8.85	17.70	88.50	BIEN
	Indicadores económicos	22	9.26	20.37	92.59	EXCELENTE
	Presupuesto	25	8.75	21.88	87.53	BIEN
	Plan económico	33	8.89	29.32	88.86	BIEN
28	Planificación, Programación y Control	100	8.48	83.65	23.42	

	Planificación	18	8.70	15.66	87.02	BIEN
	Programación	15	8.43	12.64	84.29	BIEN
	Control	12	9.12	10.94	91.20	EXCELENTE
	Órdenes de Trabajo	28	8.19	22.94	81.94	BIEN
	Tercerización	27	7.95	21.45	79.46	REGULAR
32	Ingeniería de Mantenimiento	100	8.20	82.46	26.39	
	Mantenimiento Preventivo	15	7.48	11.22	74.77	REGULAR
	Documentación	15	8.98	13.48	89.84	BIEN
	Calidad	18	7.92	14.26	79.23	REGULAR
	Medioambiente	12	8.21	9.85	82.12	BIEN
	Seguridad	40	8.41	33.66	84.14	BIEN

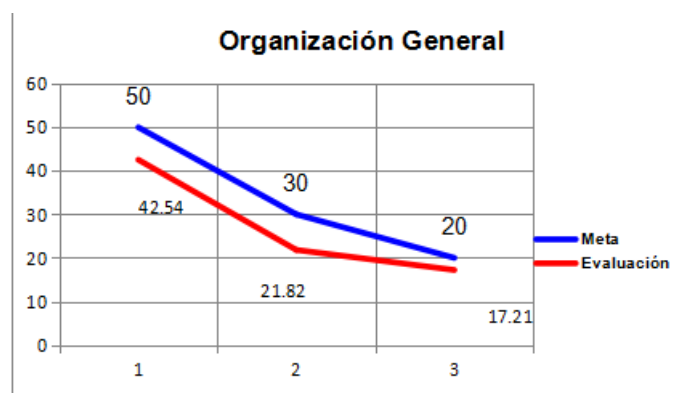
Como se puede apreciar los criterios que fueron ponderados de REGULAR fueron:

1. Informática.
2. Capacitación.
3. Entrenamiento.
4. Estimulación.
5. Tercerización.
6. Mantenimiento Preventivo.
7. Calidad.

Todo esto no demuestra o valida la situación problemática, cuando se declaraba que no existe en la organización sistemas informáticos para la Gestión en Tiempo real del Mantenimiento, no se capacita y entran a los trabajadores, no se cumple con la Estimulación en dependencia de los resultados, aunque se conoce las normas de Tercerización, no se aplican, por lo que no se realizan los mantenimientos preventivos con la calidad que está normado por todo lo anterior que se desprende o evidencia la falta de Gestión de la Calidad del Mantenimiento en la Empresa Integral de Servicio Automotor.

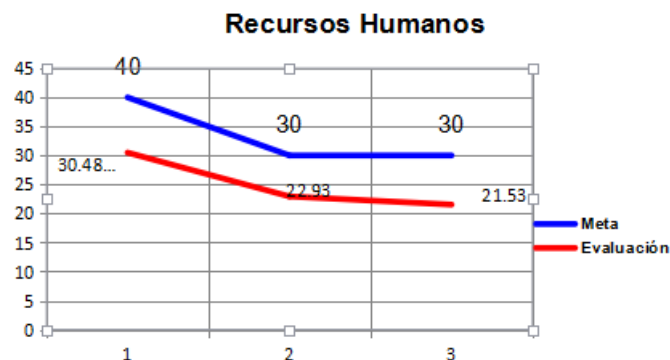
Para tener una mejor visualización de esta situación presentamos la siguiente gráfica que involucra la dimensión Organización General, gráfico 3.1, donde se muestra que la evaluación de los criterios se aproxima a la Meta, aunque la función política y medios informáticos están lejos de las Metas.

Gráfico 3.1. Organización general.



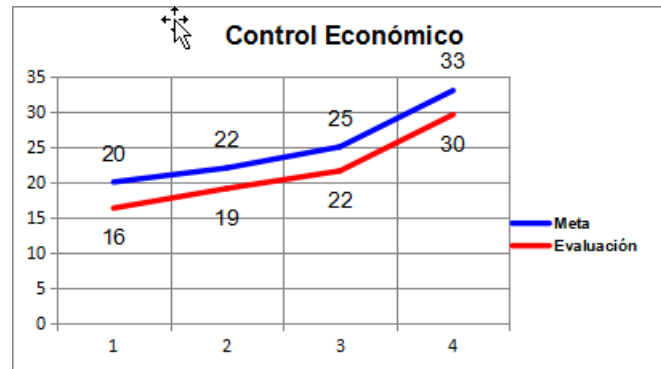
Para la dimensión recursos humanos, en el Gráfico 3.2 se muestra como sigue muy alejado de la Meta, principalmente la Estimulación, que su ponderación es solo del 15.42.

Gráfico 3.2. Recursos humanos.



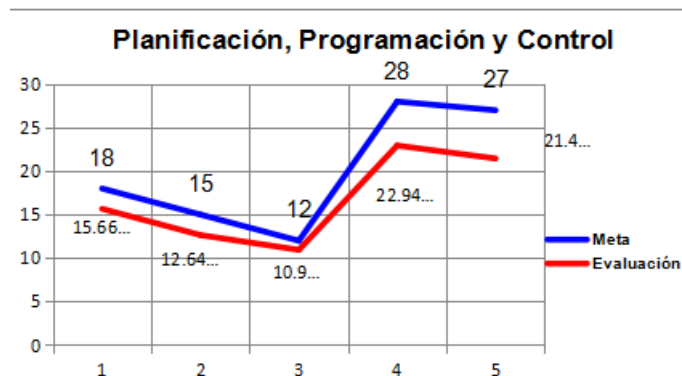
Para la dimensión control económico, en el Gráfico 3.3 todos los indicadores están bastante lejos de la Meta, mucho más las funciones capacitación y estimulación.

Gráfico 3.3 Control económico.



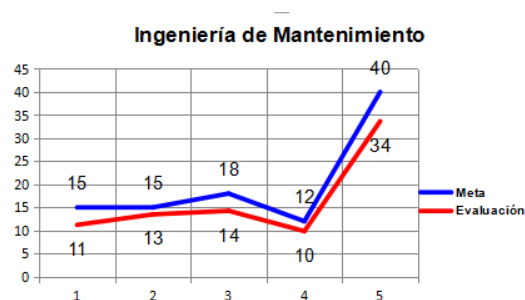
Para la dimensión Planificación, Programación y Control igualmente todos los criterios se aproximan a la Meta, excepto la función Tercerización, como se muestra en la Gráfico 3.4.

Gráfico 3.4. Planificación, Programación y Control.



En cuanto a la dimensión de Ingeniería del Mantenimiento, en el Gráfico 3.5 todos los criterios están bien cerca de la Meta.

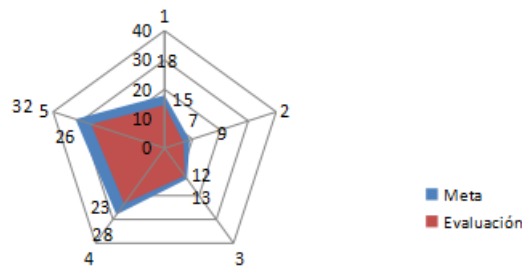
Gráfico 3.5. Ingeniería de Mantenimiento.



Finalmente, la evaluación final del Gráfico 3.6, se puede ver que la dimensión Control Económico es la más cercana a la Meta, de 13 puntos, obtuvo 12.

Gráfico 3.6. Evaluación cuantitativa general.

Evaluación Cuantitativa General



Al analizar el resultado final respecto a la Meta como se muestran en la Tabla 3.4, se muestran las Áreas de actuación que fueron objeto de análisis, nuestra Meta o patrón fueron los datos aportados por los estudios de Acosta Palmer, ponderación dada a cada dimensión, se obtiene que esta organización en dependencia del escenario está en una posición de **COMPETENCIA**.

Tabla 3.4. Análisis del resultado final.

Áreas de actuación	Meta	Evaluación	%
Organización General	18	14.68	81.56
Recursos Humanos	9	6.74	74.89
Control Económico	13	11.61	89.31
Planificación, Programación, Control	28	23.42	83.64
Ingeniería de Mantenimiento	32	26.39	82.47
Total	100	82.84	Competencia

Por lo que para esta posición la organización, se encuentra en nivel 4, demostrando con esto que se ha implementado sistemas de mejoras y se

mantiene bajo control la Gestión de la Calidad en el Mantenimiento, la evaluación obtenida fue de 82 puntos, entre 81 y 90 puntos en la evaluación cuantitativa.

3.2 Resultado obtenido en el segundo escenario, mediante la modelación matemática multicriterio propuesta por Posada Lemus y Borroto Pentón, 2009:

Con la anterior evaluación obtenida de los expertos se comenzó la aplicación del método, tenemos como datos la evaluación de la funciones, pero nos falta el peso, por lo que aplicando el método de Ordenación Simple, se encontró como se muestra en la Tabla 3.5 para cada función de cada área por separado.

Tabla 3.5 Pesos de las funciones del Área de Organización General

Área Organización General			
Funciones	Valor	Pesos	Orden
Política general	8.51	0.35	1
Medios informáticos	7.27	0.30	2
Informes y reportes	8.61	0.35	1
Suma ponderación	24.39	1.00	

Aplicando la modelación matemática multicriterio para cada funciones del área Organización General.

$$1. EF_{dg} = \frac{W_{dg} \cdot \bar{C}_{dg}}{10} = \frac{0.35 \cdot 8.51}{10} = 0.297 \text{ función política.}$$

Siendo:

EF_{dg} : evaluación de la función política correspondiente al área Organización general.

W_{dg} : peso de la función política correspondiente al área Organización general.

\bar{C}_{dg} : valoración media geométrica de la función política correspondiente al área Organización general.

$$2. EF_{dg} = \frac{W_{dg} \cdot \bar{C}_{dg}}{10} = \frac{0.30 \cdot 7.27}{10} = 0.2181 \text{ función medios informáticos.}$$

$$3. EF_{dg} = \frac{W_{dg} \cdot \bar{C}_{dg}}{10} = \frac{0.35 \cdot 8.61}{10} = 0.3013 \text{ función informes y reportes.}$$

La suma de las evaluaciones de las funciones dará el resultado del área, esto es:

$$RA_g = \sum_{d=1}^{m_g} EF_g = 0.0297 + 0.2181 + 0.3013 = 0.54915$$

Siendo:

RA_g : resultado de área Organización general ($g = 1 \dots n$).

$d = 1, \dots, m_g$ siendo m la cantidad de funciones a auditar en el área Organización general

Y así sucesivamente se encontraron los pesos de cada función de cada área.

Tabla 3.6 Pesos de las funciones del área de Control Económico

Área Control Económico			
Funciones	Valor	Pesos	Orden
Costos	8.85	0.248	2
Indicadores económicos	9.26	0.259	1
Presupuesto	8.75	0.245	4
Plan económico	8.89	0.249	3
Suma ponderación	35.75	1.000	

Resultado de la dimensión Control Económico:

Área Control Económico			
Funciones	Valor	Pesos	EF_{dg}
Costos	8.85	0.248	0.21948
Indicadores económicos	9.26	0.259	0.239834
Presupuesto	8.75	0.245	0.214375
Plan económico	8.89	0.249	0.221361
Suma ponderación	35.75	1	0.89505

RA_g

Tabla 3.7 Pesos de las funciones del Área de Planificación, Programación y Control

Área de Planificación, Programación y Control			
Funciones	Valor	Pesos	Orden
Planificación	8.70	0.2526	2
Programación	8.43	0.2448	3
Control	9.12	0.2648	1
Órdenes de trabajo	8.19	0.2378	4
Tercerización	8.70	0.2526	2
Suma ponderación	34.44	1.0000	

Resultado de la dimensión Planificación, Programación y Control:

Área Planificación, Programación y Control			
Funciones	Valor	Pesos	EF_{dg}
Planificación	8.7	0.2526	0.219762
Programación	8.43	0.2448	0.2063664
Control	9.12	0.2648	0.2414976
Órdenes de trabajo	8.19	0.2378	0.1947582
Tercerización	8.7	0.2526	0.219762
Suma ponderación	34.44	1	1.0821462

RA_g

Tabla 3.8 Pesos de las funciones del Área de Ingeniería de Mantenimiento

Área de Ingeniería de Mantenimiento			
Funciones	Valor	Pesos	Orden
Mantenimiento Preventivo	7.48	0.2232	5
Documentación	8.98	0.2679	1
Calidad	7.92	0.2363	4
Medioambiente	8.21	0.2449	3
Seguridad	8.41	0.2509	2
Suma ponderación		1.0000	

Resultado de la dimensión Ingeniería de Mantenimiento:

Área de Ingeniería de Mantenimiento			
Funciones	Valor	Pesos	EF_{dg}
Mantenimiento Preventivo	7.48	0.2232	0.1670
Documentación	8.98	0.2679	0.2406
Calidad	7.92	0.2363	0.1871
Medioambiente	8.21	0.2449	0.2011
Seguridad	8.41	0.2509	0.2110
Suma ponderación		1	1.0067

RA_g

Tabla 3.9 Pesos de las funciones del Área de Recursos Humanos

Área de Recursos Humanos			
Funciones	Valor	Pesos	Orden
Capacitación	7.62	0.340	1
Entrenamiento	7.64	0.340	1
Estimulación	7.18	0.320	2
Suma ponderación	22.44	1.000	

Resultado de la dimensión Recursos Humanos

Área de Recursos Humanos			
Funciones	Valor	Pesos	EF_{dg}
Capacitación	7.62	0.34	0.2591
Entrenamiento	7.64	0.34	0.2598
Estimulación	7.18	0.32	0.2298
Suma ponderación	22.44	1	0.7486

RA_g

La evaluación de cada una de las áreas, se calcularán según la expresión siguiente:

$$EA_g = W_g * RA_g$$

Siendo:

EA_g : evaluación del área g .

W_g : peso del área g .

Un ejemplo de lo antes declarado, con la dimensión Organización General, se muestra a continuación:

Primero aplicando el método de Ordenación Simple se obtendrán los pesos de cada área, para el caso de la dimensión Organización General es como sigue.

$$RA_g = 0.5915$$

$$W_g = 0.1368$$

Por lo que el modelo matemático quedará de la siguiente forma.

$$EA_g = 0.1368 * 0.5915 = 0.0809$$

Y así sucesivamente con las demás dimensiones las cuales se resumen en la siguiente tabla 3.10

Tabla 3.10 Dimensiones de la Organización.

Dimensiones de la Organización			
Áreas	Valor	Pesos	EA_g
Organización general	0.5915	0.1368	0.0809
Control Económico	0.89505	0.2070	0.1853
Planificación, Programación y Control	1.0821	0.2503	0.2708
Ingeniería de Mantenimiento	1.0067	0.2328	0.2344
Recursos humanos	0.7486	0.1731	0.1296
Suma ponderación	4.32395	1.0000	

Finalmente se llega al Indicador de nivel de Gestión de Mantenimiento

Para la evaluación de la Gestión de Mantenimiento se propone el Indicador Nivel de la Gestión del Mantenimiento (I_{NM}):

$$I_{NM} = \sum_{g=1}^n EA_g * 100$$

Para resumir y llegar al indicador final se muestra la tabla 3.11.

Tabla 3.11 Dimensiones de la Organización.

Dimensiones de la Organización			
Áreas	Valor	Pesos	EA_g
Organización general	0.5915	0.1368	0.0809
Control Económico	0.89505	0.2070	0.1853
Planificación, Programación y Control	1.0821	0.2503	0.2708
Ingeniería de Mantenimiento	1.0067	0.2328	0.2344
Recursos humanos	0.7486	0.1731	0.1296
Suma ponderación	4.32395	1.0000	90.10

I_{NM}

Como se puede apreciar el valor o resultado del índice calculado y según la tabla más abajo la organización está en un nivel de BIEN, por debajo de excelencia, estos nos lleva a concluir que en ambos procedimientos el de Acosta Palmer, (2005) y el de Posada Lemus en conjunto con Borroto Pentón, (2009).

Intervalos de I_{NM} (%)	Evaluación de la gestión del mantenimiento
$(95 \leq I_{NM} \leq 100)$	EXCELENTE
$(85 \leq I_{NM} < 95)$	BIEN
$(60 \leq I_{NM} < 85)$	ACEPTABLE
$(I_{NM} < 60)$	DEFICIENTE

CONCLUSIONES DEL CAPÍTULO.

1. Se demostró la validez de la herramienta de Acosta Palmer aplicada, debido a que se arribó a un resultado que muestra la situación de la Organización en un Nivel de Competencia, un nivel 4, solo superado por la excelencia.
2. Por otro lado la combinación de ambos métodos validan la solución encontrada, todo esto nos llevó al diseño de un nuevo procedimiento

para obtener un análisis de sensibilidad, para verificar cuan robusto es la solución encontrada.

CONCLUSIONES GENERALES.

Se rediseñó un procedimiento híbrido combinado con enfoque multicriterio para el mejoramiento de la Gestión del Mantenimiento en la Empresa Integral de Servicio Automotor (EISA), que permitió elevar la efectividad de la Gestión del Mantenimiento en dicha organización.

Con esta combinación de los métodos se pudo validar la solución encontrada, realizándose un análisis de sensibilidad, donde se pudo verificar la robustez de la solución encontrada.

RECOMENDACIONES

Dar a conocer este procedimiento y sus resultados a la dirección de la Empresa EISA de Holguín, para el diseño de un plan de mejoras continua, teniendo en cuenta el diagnóstico realizado.

Generalizar el procedimiento no solo en Empresas de Mantenimientos a Servicios Automotores, sino a todas las Empresas Industriales y de Servicio del Territorio.

REFERENCIA BIBLIOGRAFICA

- Acosta-Palmer, H. R., & Troncoso-Fleitas, M. d. I. C. (2011). Auditoria integral de mantenimiento en instalaciones hospitalarias, un análisis objetivo. *Ingeniería Mecánica*, 14(2), 107-118.
- AENOR. (2005). UNE 66177: 2005. Sistemas de Gestión. Guía para la integración de los sistemas de gestión: AENOR–Asociación Española de Normalización y Certificación Madrid.
- Bezares, F. G. (1985). Weston, J. Fred; Brigham, Eugene F.: "Fundamentos de Administración Financiera"(Book Review). *Boletín de Estudios Económicos*, 40, 199.
- Blanco, S. S. (2002). Optimización Integral de mantenimiento: ABRAMAN.
- Borroto Pentón, Y. (2005). *Contribución al mejoramiento de la gestión del mantenimiento en hospitales en Cuba. Aplicación en la provincia Villa Clara*. Universidad Central “Marta Abreu” de Las Villas.
- Bosch, I. (2019). Investigación de mercados. *Técnicas cualitativas*.
- Candanedo, I. S., González, S. R., & Muñoz, L. (2018). Diseño de un modelo predictivo en el contexto Industria 4.0. *KnE Engineering*, 543-551.
- Cepeda Romero, O., Gallardo Fernández, I. M., & Rodríguez Rodríguez, J. (2017). La evaluación de los materiales didácticos digitales. *Revista Latinoamericana de Tecnología Educativa*, 2017, vol. 16, num. 2, p. 79-95.
- Concepts, A. A. A. C. o. B. A. (1973). *A statement of basic auditing concepts*: American Accounting Association.
- Corretger Rautet, M. (1996). Auditoría y autoevaluación del mantenimiento. *Revista Mantenimiento. España*(100), 21 -28.
- Davis, G. B., Adams, D. L., & Schaller, C. A. (1983). *Auditing & EDP*. New York: American Institute of Certified Public Accountants: Inc.
- De la Paz Martínez, E. M. (1996). *Perfeccionamiento del sistema de mantenimiento en la Industria Textil Cubana. Aplicación en la Empresa Textil" Desembarco del Granma*. Tesis Doctoral.
- Dueñas Ramírez, L. M., Villegas López, G. A., Castiblanco Tique, S., & Castaño Restrepo, C. A. (2021). Casos de éxito en la implementación del mantenimiento predictivo mediante el uso de tecnologías de la industria 4.0 en empresas colombianas.
- Einabadi, B., Baboli, A., & Ebrahimi, M. (2019). Dynamic Predictive Maintenance in industry 4.0 based on real time information: Case study in automotive industries. *IFAC-PapersOnLine*, 52(13), 1069-1074.
- Española, R. A. (2014). Política. *Recuperado de <http://dle.rae.es>*.
- Fals-Borda, O. (1998). *Participación popular: retos del futuro*: Univ. Nacional de Colombia.
- García-Martín, E., Martínez, C., Tabarés, B., Frías, J., & Agúndez, J. A. (2004). Interindividual variability in ibuprofen pharmacokinetics is related to interaction of cytochrome P450 2C8 and 2C9 amino acid polymorphisms. *Clinical Pharmacology & Therapeutics*, 76(2), 119-127.
- García, A. E. (2018). Estilos de aprendizaje y rendimiento académico. *Revista Boletín Redipe*, 7(7), 218-228.
- Gitman, L. J. (2003). *Principios de administración financiera*: Pearson educación.
- Hurtado, F. A. (2005). Auditorías internas a los sistemas de gestión de la calidad según la norma ISO 19011: 2002. *Gestión y auditoría de la calidad para organizaciones públicas: normas NTCGP 1000: 2004 conforme a la ley 872 de 2003*, 151.
- ISO, N. (2004). 19011: 2004. *Directrices para la auditoría de los sistemas de gestión de la calidad y/o ambiental*". Oficina Nacional de Normalización. Cuba.

- Kaufman, A. S. (1975). Factor analysis of the WISC-R at 11 age levels between 61/2 and 161/2 years. *Journal of Consulting and Clinical Psychology*, 43(2).
- Khan, M. Y. (2004). *Financial management: text, problems and cases*: Tata McGraw-Hill Education.
- Lang, M., López, C., Santillana, A., Ortiz, C., & Ojeda, S. (2013). *Alternativas al capitalismo/colonialismo del siglo XXI*: Fundación Rosa Luxemburg Quito.
- Llanes, A. A., Martín, H. G., & Pascual, K. H. (2008). Propuesta de procedimiento para determinar la política de mantenimiento a partir de análisis de criticidad del equipamiento productivo de los centrales azucareros. *Revista Centro Azúcar*, 35(1).
- Ma, Z., Zhou, L., & Sheng, W. (2014). *Analysis of the new asset management standard ISO 55000 and PAS 55*. Paper presented at the 2014 China International Conference on Electricity Distribution (CICED).
- Mantilla, R. V. (2003). Hacia un nuevo enfoque de la evaluación de impacto de proyectos de desarrollo rural. *Cuadernos de Desarrollo Rural*(50).
- Martínez, E., & Ulivis, J. (2013). *Auditoría de mantenimiento en la Empresa Constructora Militar "El Vaquerito"*. Universidad Central "Marta Abreu" de Las Villas.
- Martínez, J. A. G. (2015). *Guía para la aplicación de UNE-EN ISO 9001: 2015*: AENOR. Norma, I. (2001). 9001: 2000, Documento ISO/TC 176/SC 2/N 525R, Marzo 2001. Traducción aprobada el, 05-31.
- Palmer, A. (2012). *Introduction to marketing: Theory and practice*: Oxford University Press.
- Pérez, G., Giraldo, B., & Serna, J. (2006). El mejoramiento de procesos y su aplicación bajo norma ISO 9004: caso compañía de aceites. *DYNA*, 73(150), 97-106.
- Pérez, M. P., & Rodríguez, Á. T. P. *Proposal of procedure for maintenance management in plastics processing factories of Cuba*. Paper presented at the Proc. Int. Conf. Ind. Eng. Oper. Manag.
- Portuondo Pichardo, F. (1990). Economía de empresas industriales. *Ciudad Habana: Editorial Pueblo y Educación*.
- Posada Lemus, Y. d. (2009). *Realización de la Auditoria de Mantenimiento en la Empresa de Muebles Lidex de Ciego de Ávila*. Universidad Central "Marta Abreu" de Las Villas.
- Reguant Álvarez, M., & Torrado Fonseca, M. (2016). El método delphi. *REIRE. Revista d'Innovació i Recerca en Educació*, 2016, vol. 9, num. 2, p. 87-102.
- Rodríguez-García, A.-M., Reche, M. P. C., & García, S. A. (2018). La competencia digital del futuro docente: Análisis bibliométrico de la productividad científica indexada en Scopus The digital competence of the future teacher: Bibliometric analysis of scientific productivity indexed in Scopus. *Int. J. Educ. Res. Innov*, 10, 317-333.
- Saaty, T. L. (1986). Axiomatic foundation of the analytic hierarchy process. *Management Science*, 32(7), 841 -855.
- Saaty, T. L. (2005). *Theory and applications of the analytic network process: decision making with benefits, opportunities, costs, and risks*: RWS publications.
- Saaty, T. L., & Vargas, L. G. (2006). *Decision making with the analytic network process* (Vol. 282): Springer.
- Salas-Hernandez, I. Z., Sagbini-Henriquez, H. S., & Salazar-Araujo, E. J. (2019). Emprendimiento y trabajo informal de migrantes venezolanas, caso Barranquilla 2015-2018. *Revista Científica Profundidad Construyendo Futuro*, 11(11), 53-58.
- Salas Hernández, E. D. (2018). *Registro y transmisión de información en los talleres del programa de educación en la Fundación niñas sin miedo*. Universidad Piloto de Colombia. Seino, N. (2019). SAP Global LCM services to realize global operation and maintenance. *Fujitsu Scientific and Technical Journal*, 55(1), 59-63.
- Stone, J. K., Bacon, C. W., & White Jr, J. F. (2000). An overview of endophytic microbes: endophytism defined. *Microbial endophytes*, 17-44.

- Tavares, H. M. (1994). *Classroom management and subjectivity: A genealogy of educational identities*: University of Hawai'i at Manoa.
- Tavares, L. A. (1999). *Administración moderna de mantenimiento*: Novo Polo Publicacoes. 1.
- Velazquez Pérez, E. (2014). *Implementación del sistema alternativo de Mantenimiento en la Empresa Gráfica de Villa Clara*. Universidad Central "Marta Abreu" de Las Villas.
- Weston, J. F., & Brigham, E. F. (1990). *Essentials of managerial finance*: Dryden Press.
- Woodhouse, J. H., & Dziewonski, A. M. (1984). Mapping the upper mantle: Three-dimensional modeling of Earth structure by inversion of seismic waveforms. *Journal of Geophysical Research: Solid Earth*, 89(B7), 5953-5986.
- Zappala, V., Cellino, A., Farinella, P., & Knezevic, Z. (1990). Asteroid families. I-Identification by hierarchical clustering and reliability assessment. *The Astronomical Journal*, 100, 2030-2046.
- Zhang, S., Zhou, E., Pi, B., Sun, J., Yamashita, K., & Nomura, Y. (2019). *A solution for the risk of non-deterministic transactions in hyperledger fabric*. Paper presented at the 2019 IEEE International Conference on Blockchain and Cryptocurrency (ICBC).
- Raña González, L. d. A., Castillo Asencio, O., Baste González, J., & Falcón Cuadra, J. L. (2010). Evaluación de la función mantenimiento en empresas transportistas. *Revista Ciencias Técnicas Agropecuarias*, 19(2), 10-15.
- Rodríguez Pérez, E., Bonet Borjas, C. M., & Pérez Quiñones, L. (2013). Propuesta de sistema de mantenimiento a los vehículos de transporte urbano y agrícola de una base de transporte de carga. *Revista Ciencias Técnicas Agropecuarias*, 22(2), 61-67.