

Diseño de un Plan De Mantenimiento Preventivo para Aires Acondicionados en la Escuela Naval de Suboficiales ARC “Barranquilla” a Partir de un Análisis de Modo de Fallo, Efectos y Análisis de Criticidad (FMECA), para el Mantenimiento de los Aires Acondicionados.

Yecson Omar Rico Granados

Monografía de grado presentada como requisito para optar al título de Especialista en Gerencia de Mantenimiento

Director: Miguel Calvache Ramírez

Magister en Ingeniería de Producción

Universidad Industrial de Santander

Facultad de Ingenierías Fisicomecánica

Escuela de Ingeniería Mecánica

Especialización en Gerencia De Mantenimiento

Bucaramanga

2020

Dedicatoria

A mi familia quien ha sido el soporte vital durante el desarrollo del presente trabajo, quienes con mucho amor y sabiduría han sabido orientarme como un faro, para llegar a puerto seguro.

Contenido

	Pág.
Introducción	13
1. Planteamiento del problema.....	17
2. Objetivos	22
2.1. Objetivo General:	22
2.2. Objetivos Específicos:.....	22
3. Justificación.....	24
4. Marco Teórico	26
4.1. El panorama empresarial actual y su relación con la gestión del mantenimiento.....	26
4.2. Principios fundamentales de la gestión en administración.	30
4.3. Gestión del mantenimiento, clases, funciones y fases.	33
4.4. Problemáticas asociadas a la ausencia de principios de gestión del mantenimiento.	40
4.5. Análisis FMECA.	43
5. Metodología	46
5.1. Recopilación de información.	46
5.2. Fichas técnicas y HV de los equipos.....	47
5.3. Gestión plan de Mantenimiento y FMECA.	48
6. Análisis de los modo de fallo, efecto y su criticidad (FMECA)	50
6.1. Clasificación de los equipos.....	50

6.2.	Análisis de criticidad.....	53
6.2.1.	Criterios para la realización del análisis de criticidad.....	53
6.2.2.	Matriz de criticidad.	56
6.2.3.	Descripción.	56
6.3.	Resultados.	57
6.4.	Clasificación calculo criticidad.	60
7.	Procedimiento análisis de modo de fallo, efectos y criticidad (FMECA).....	61
7.1.	Clasificación taxonómica.	61
7.2.	Clasificación número de prioridad de riesgo.	62
7.3.	Gestión plan de Mantenimiento.	64
8.	Cuantificación costos de mantenimiento	66
9.	Plan de recambio aires acondicionados.....	68
10.	Conclusiones	71
11.	Recomendaciones.....	73
	Bibliografía	74
	Anexos	77

Listado de Figuras

	Pág.
Figura 1. Fases de la gestión del mantenimiento.	34
Figura 2. Tipos de mantenimiento.	36
Figura 3. Diagrama de la metodología de análisis de modos de falla y sus efectos (FMEA en inglés).	48
Figura 4. Proceso de Gestión del Mantenimiento aplicando el análisis de modos de falla y sus efectos y criticidad, AMFEC.	49
Figura 5. Clasificación criticidad.	60
Figura 6. clasificación taxonómica.	61

Listado de Tablas

	Pág.
Tabla 1. Relación aires bloque de aulas.	20
Tabla 2. Clasificación equipos aulas sector A.....	50
Tabla 3. Clasificación equipos aulas sector B.....	51
Tabla 4. Clasificación equipos aulas sector C.....	52
Tabla 5. Criterios calculo criticidad.....	55
Tabla 6. calculo criticidad.....	56
Tabla 7. Calculo criticidad sector A.	57
Tabla 8. Calculo criticidad sector B.	58
Tabla 9. Calculo criticidad sector C.	59
Tabla 10. Taxonomía Aires Acondicionados.....	62
Tabla 11. Número Prioridad de Riesgo.....	63
Tabla 12. Plan de mantenimiento.....	65
Tabla 13. Presupuesto mantenimiento aires año 2018	66
Tabla 14. Presupuesto compra repuestos refrigeración año 2018	66
Tabla 15. Presupuesto compra aires acondicionados año 2018.....	67
Tabla 16. Plan recambio aires acondicionados año 2020.	68
Tabla 17. Plan recambio aires acondicionados año 2021.	69

Tabla 18. Plan recambio aires acondicionados año 2023.	69
Tabla 19. Plan recambio aires acondicionados año 2024.	70
Tabla 20. Plan recambio aires acondicionados año 2025.	70

Listado de Anexos

	Pág.
Anexo A. Formato ficha técnica de equipos e instrumentos.	77
Anexo B. Formato historial de equipos.....	78

Resumen

Título: Diseño de un plan de mantenimiento preventivo para aires acondicionados en la Escuela Naval de Suboficiales ARC “Barranquilla” a partir de un análisis de modo de fallo, efectos y análisis de criticidad (FMECA), para el mantenimiento de los aires acondicionados. *

Autor: Yecson Omar Rico Granados**

Palabras Clave: Gestión de mantenimiento, plan de mantenimiento, FMECA, modos de falla, criticidad.

Descripción

Teniendo en cuenta los procesos de certificación llevados a cabo frente al Ministerio de Educación Nacional por parte de la Escuela Naval de Suboficiales ARC “Barranquilla” (ENSB), se establecieron una serie de requisitos dentro de los cuales se encuentra el brindar las condiciones ideales de confort para el normal desarrollo de las actividades académicas.

La climatización es un elemento prioritario para garantizar condiciones ideales de confort, por tanto, el adecuado mantenimiento de estos equipos es una prioridad dentro de la gestión de mantenimiento de la institución.

Sin embargo, se pudo apreciar que actualmente la gestión de mantenimiento llevada a cabo en la ENSB es de tipo correctiva en lo que refiere a los equipos de climatización, es decir, los aires acondicionados. Esto significa que los equipos son reparados y diagnosticados una vez se descomponen o presentan fallas.

La presente investigación pretende realizar un plan de mantenimiento preventivo para los equipos de aire acondicionado, enfocado en el análisis de modos de falla, efectos y criticidad FMECA, recopilando información mediante listas de chequeos, formatos de datos y encontrando los modos de falla que presentan un mayor riesgo para el funcionamiento correcto de los equipos.

Posteriormente, y partiendo de los resultados de las fases anteriores, se establecerá el plan de gestión de mantenimiento en el cual se incluirán el plan de recambio basado en el estimado de la vida útil, procedimientos estandarizados de mantenimiento, así como la capacitación del personal por área de competencia. Finalmente se cuantificarán los costos de mantenimiento de cada equipo y se elaborará la proyección de los recursos necesarios para el mantenimiento, los repuestos y los suministros.

* Monografía

** Facultad de ingenierías Físico – Mecánica. Especialización en Gerencia de Mantenimiento.
Director: Miguel Calvache Ramírez Magister en Ingeniería de Producción

Abstract

Title: Design of a predictive maintenance plan for the air conditioning equipment on the pretty officers naval academy “ARC Barranquilla” based on a failure mode effects and criticality analysis (FMECA). *

Author: Yecson Omar Rico Granados **

Key Words: Maintenance management, maintenance plan, FMECA, failure modes, criticality.

Description

Considering the certification processes carried out by the Naval School of Non-commissioned Officers ARC "Barranquilla" (ENSB) to the Ministry of National Education, a series of requirements were established. Among them, is to provide the ideal conditions of comfort for the normal development of academic activities.

Air conditioning is a priority element to guarantee ideal conditions of comfort, therefore, the proper maintenance of this equipment is a priority within the maintenance management of the institution.

However the maintenance management carried out at the ENSB is currently corrective, regarding the air conditioning equipment, that is, air conditioners; This means that the equipment is repaired and diagnosed once it breaks down or fails.

This research aims to carry out a preventive maintenance plan for air conditioning equipment, focused on the analysis of Failure Modes and Effects FMECA, compiling information through checklists, data forms and finding the failure modes that present a increased risk for the proper functioning of equipment.

Subsequently, and based on the results of the previous phases, the maintenance management plan will be established, which will include the replacement plan based on the estimate of useful life, standardized maintenance procedures, as well as the training of personnel by competition area. Finally, the maintenance costs of each equipment will be quantified and the projection of the necessary resources for maintenance, spare parts and supplies will be prepared.

*. Monograph

**.: Faculty of Engineering Physics – Mechanical, Maintenance Management Specialization.
Director: Miguel Calvache Ramirez Master in Production Engineering

Introducción

En la actualidad se observa una alta dependencia por parte de las empresas al uso de diferentes tipos de equipos, máquinas y aparatos de los cuales depende la producción, pero también el desarrollo de espacios de trabajo adecuados para todos los trabajadores (Castillo, Prieto y Zambrano, 2013). Los equipos, explican Hassanain, Froese y Vanier (2011) no solo son claves en el desarrollo de los procesos de los productos, sino también en la configuración de una serie de elementos que hacen parte del ambiente laboral, a través de los cuales se establecen condiciones de seguridad y comodidad. En conjunto, todos estos equipos agregan valor en las diferentes organizaciones e instituciones, y por tanto debe ser sometidos a continuos procesos de mantenimiento que aseguren el control efectivo sobre su funcionamiento.

Siguiendo a Park y Hong (2011), los equipos y las máquinas se establecen como activos sumamente valiosos en el desarrollo organizacional, que cada vez tienen una mayor importancia y sofisticación debido al auge de las Tecnologías de la Información (TI) y a la creación continuas de nuevos dispositivos y herramientas que no solo ayudan a acelerar las dinámicas organizacionales, sino que además imponen nuevos retos asociados centralmente con la gestión en el mantenimiento.

En particular, la conceptualización del mantenimiento se orienta considerando las apreciaciones de García (2009): “Se define habitualmente mantenimiento como el conjunto de técnicas destinado a conservar equipos e instalaciones industriales en servicio durante el mayor tiempo posible (buscando la más alta disponibilidad) y con el máximo rendimiento” (p. 24). En este sentido, la gestión del mantenimiento se define como un conjunto de prácticas ligadas a unos

enfoques organizacionales mediante los cuales se aumentan la vida útil de los equipos (Ríos y Garcés, 2006).

Sin embargo, Rousand (2013) plantea que la gestión del mantenimiento no se limita únicamente al diseño de actividades concretas de limpieza, cuidado y reemplazo de piezas en los equipos, sino también al desarrollo de un proceso de planificación que permite también mejorar las relaciones que existen entre el recurso humano, los usuarios, los equipos y la infraestructura, como una manera de generar valor.

Sin embargo, un problema que limita en gran medida el desarrollo de la gestión del mantenimiento es que generalmente las empresas deciden relegar toda la responsabilidad asociada a otro tipo de empresas, ingenieros técnicos y equipos de soporte externos, liberándose de esta forma de los problemas y de la necesidad de establecer esquemas organizativos de mantenimiento que sean coherentes con los principios y prácticas empresariales (Castillo, Prieto y Zambrano, 2013). El problema, concretamente, es cuando las empresas únicamente delegan la gestión del mantenimiento de sus equipos, no se preocupan por incluir las temáticas asociadas al mantenimiento a los enfoques organizativos que deben orientar cada una de las actividades que se desarrollan en la empresa.

Como lo explica Saavedra (2007), la delegación continua en el mantenimiento no considera el hecho de que los técnicos contratados no tienen generalmente los conocimientos ni las capacidades administrativas que les permitiría aprovechar las herramientas asociadas a los modelos gerenciales de mantenimiento. En este sentido, en las empresas se deben promover una gestión integral del mantenimiento de equipos, que no solo permita mejorar su vida útil y evitar los daños, sino también analizando los hallazgos sobre el funcionamiento y el aporte que generan de

las máquinas en elementos asociados a la productividad, a la calidad de vida de los trabajadores, a la eficiencia y a la respuesta oportuna a las necesidades de los clientes.

Por lo tanto, se resalta la importancia de promover la gestión del mantenimiento como un enfoque clave y determinante en el desarrollo de la gestión organizacional, tomando casos de estudios concreto con el fin de ofrecer soluciones y planes específicos. En la Escuela Naval de Suboficiales ARC, ubicada en la ciudad de Barranquilla, se ha generado un enfoque basado en garantizar el bienestar y calidad de vida de todos los miembros y estudiantes de la escuela. De esta manera, la calidad y el mantenimiento del aire acondicionado ha sido vital en para cumplir con esta clase de propósitos.

Como lo explica Rodríguez (2003) para cualquier tipo de empresa, organización o institución es necesario aplicar de manera planifica y estructurada un conjunto de medidas, protocolos, procesos y sistemas que aseguren elementos como la adecuada temperatura del aire, la pureza, la higiene, el manejo efectivo de los contaminantes y la limpieza y manipulación adecuada de las máquinas y herramientas que su usan para dicha finalidad. Sin embargo, el problema es que la Escuela Naval de Suboficiales ARC no ha desarrollado un plan que permita realizar tareas de mantenimiento de manera periódica. Por ejemplo, se observa que en la actualidad son los usuarios de los equipos los que realizan el mantenimiento cuando se presentan los daños, lo cual permite evidenciar la falta planeación.

La inexistencia de un plan estructurado para realizar los mantenimientos y a ausencia de un seguimiento de la vida útil residual del equipo, así como la falta de conocimiento sobre el funcionamiento y operación de los equipos, ha suscitado la necesidad de la realización de un plan preventivo de mantenimiento. El objetivo es complementar y ajustar las actividades de

mantenimiento de manera que se logre optimizar el recurso humano, la disponibilidad de repuestos y el presupuesto asignado, minimizando los efectos de no tener confiabilidad y la disponibilidad de los equipos de aires acondicionados para confort de los alumnos.

Por tanto, en la presente investigación se busca establecer el desarrollo de un plan de mantenimiento preventivo para la Escuela Naval de Suboficiales ARC “Barranquilla”, Centro de Educación Superior de carácter tecnológico acreditado por el Ministerio de Educación Nacional (en adelante MEN). La escuela imparte formación profesional y naval-militar a futuros suboficiales de la Armada Nacional, como se afirma en la página web oficial.

Para cumplir con el objetivo es preciso realizar un diagnóstico descriptivo de los equipos de aire acondicionado, analizar el modo de fallo, efectos y análisis de criticidad (FMECA) de los equipos, identificar las rutinas de trabajo que actualmente se llevan a cabo y establecer un plan estratégico de actualización de dichas rutinas. En conjunto, los hallazgos también permiten elaborar un plan de recambio de los equipos de aire acondicionado partiendo de un estimado de su vida útil, y cuantificar los costos de mantenimiento de cada equipo para elaborar la proyección de la solicitud de los recursos. De esta manera se le ofrece a la Escuela Naval de Suboficiales ARC un plan de procedimientos estandarizados que incluye los planes de mantenimiento de los equipos de acondicionado y la debida capacitación del personal por área de competencia.

1. Planteamiento del problema

En la actualidad, la efectividad y competitividad de una entidad depende en gran medida de la gestión de procesos, la cual debe ser abordada de manera oportuna con la finalidad de garantizar bienes y servicios de calidad bajo los estándares estipulados. Uno de los factores asociados a la gestión es el mantenimiento de la infraestructura y los equipos de los cuales depende la operación de la entidad; se trata de un factor asociado a la seguridad y la calidad de los servicios y productos ofrecidos por las entidades.

En efecto, la maximización de los activos y la disminución de los costos deben ser factores que primen en los procesos de producción de bienes y servicios; como señalan Castillo, Prieto y Zambrano (2013), para ello “la gestión de mantenimiento es la encargada de poseer las estrategias para optimizar la funcionabilidad y conservación de toda la estructura productiva” (p. 56). Por tanto, la gestión del mantenimiento está directamente relacionada a la consecución de los objetivos de la entidad.

Ahora bien, dentro de la gestión del mantenimiento existen diversos tipos dentro de los cuales se evidencia una marcada diferencia entre el mantenimiento correctivo y el mantenimiento preventivo. El primero de ellos surge de las fallas o deficiencias de los equipos o infraestructura, es decir, se realiza una vez los equipos dejan de operar de manera óptima. Se trata de un tipo de mantenimiento que acarrea más costos y efectos adversos, puesto que, al no conocer el momento ni los motivos de la falla, la corrección del error requiere de inversiones adicionales. El mantenimiento preventivo, por su parte, busca mantener las condiciones de operación de los

equipos mediante la inspección de los mismos, de manera que las fallas puedan ser detectadas a tiempo y corregidas acarreando la menor cantidad de costos.

Las instituciones educativas no escapan a los valores de la filosofía de la gestión, pues ofrecen servicios educativos a la comunidad y, por tanto, deben justificar su espacio en la sociedad a la que atienden, dando cuenta de la inversión y gasto que representan en relación directa con los resultados beneficios que producen (Zambrano, 2008). Para el caso de los centros educativos el mantenimiento de la planta física y los equipos ocupa un interés especial, pues la calidad de la educación no depende exclusivamente de aspectos pedagógicos sino también de la infraestructura.

Unas adecuadas condiciones en términos de infraestructura contribuyen a mejorar el ambiente de formación para los educandos, así como su nivel aprendizaje, lo que deriva en un mejoramiento de la calidad de los centros educativos; por lo tanto, las instituciones de educación deben cumplir con estándares de funcionamiento óptimos que permitan garantizar una educación de calidad, así como seguridad a los estudiantes. La gestión del mantenimiento en los centros educativos permitiría, por tanto, reducir los costos de deterioro de la infraestructura y los equipos mejorando la rentabilidad de las instituciones y, además, garantizar la eficiencia operacional que dé cuenta de la calidad educativa de la entidad.

En la presente investigación se busca establecer un plan de mantenimiento preventivo para la Escuela Naval de Suboficiales ARC “Barranquilla”, Centro de Educación Superior de carácter tecnológico acreditado por el Ministerio de Educación Nacional (en adelante MEN) que imparte formación profesional y naval-militar a futuros suboficiales de la Armada Nacional, como se afirma en la página web oficial:

La institución se abre a la oportunidad de reflexionar y evaluar los avances de la Escuela Naval de Suboficiales en el cumplimiento de su misión como organización encargada de formar suboficiales y capacitados como Tecnólogos idóneos al servicio de la Armada y de la sociedad, proceso que se fundamenta en la evaluación crítica al interior de la Escuela para inducirla a ejecutar acciones para alcanzar el pleno cumplimiento de la misión, aspectos propios del proceso de acreditación previsto por la Ley.

Teniendo en cuenta los procesos de certificación llevados a cabo frente al MEN por parte de la Escuela Naval de Suboficiales ARC “Barranquilla”, se establecieron una serie de requisitos dentro de los cuales se encuentra el brindar las condiciones ideales de confort para el normal desarrollo de las actividades académicas de los alumnos. Para garantizar tales condiciones es de vital importancia la articulación de un plan de mantenimiento en el que se plasme las rutinas a realizar, las competencias del personal, equipos especializados a utilizar, frecuencia y repuestos requeridos durante los mantenimientos programados, con el fin de reducir tiempo de fallas, aumento de la disponibilidad y confiabilidad de los equipos, así como elaborar los historiales de cada equipo para tener información que sea de utilidad para determinar los requerimientos durante el proceso de contratación de servicios por recambio de equipos y repuestos.

En particular, la presente investigación busca hacer énfasis en los equipos de climatización o aires acondicionados, los cuales manifiestan en la actualidad una problemática de planeación y gestión. Actualmente, la Escuela cuenta con 44 aulas y 12 laboratorios climatizados por medio de 63 equipos, relacionados de la siguiente manera:

Tabla 1.

Relación aires bloque de aulas.

Tipo de equipo	Capacidad (en BTU)	Cantidad
Split	12000	2
	18000	3
	24000	33
	36000	14
Central	36000	1
	60000	7
Piso techo	60000	4
Total		64

Recientemente el departamento de servicios generales de la Escuela Naval de Suboficiales ARC “Barranquilla”, ha tenido que invertir un gran esfuerzo, tanto económico, material, técnico y con personal de servicios en la atención de la corrección de problemas de mantenimiento debido a la avería de equipos en las áreas instaladas por término de su vida útil, fallas eléctricas, perdidas de presión o fallas debidas a mala operación por parte de los usuarios.

Tales fallas han llevado al personal de técnico a realizar actividades de mantenimiento correctivo, sin contar (en algunos casos) con la disponibilidad de repuestos, lo que ha elevado considerablemente los costos de reparación. La mayor parte de estas fallas son inesperadas, lo que deriva en una pérdida de confiabilidad y disponibilidad del equipo, sometiéndolo a un gran porcentaje de medidas correctivas.

Lo anterior se debe principalmente a que no se cuenta con un plan que permita realizar tareas de mantenimiento de manera periódica, en la actualidad dichas tareas se realizan a requerimiento de los usuarios del equipo, lo que denota una ausencia de planeación. Adicionalmente, es preciso

mencionar que las actividades de mantenimiento y suministro de repuestos para los equipos se están ejecutando por un tercero, que conlleva una contratación adicional.

La inexistencia de un plan estructurado para realizar los mantenimientos y a ausencia de un seguimiento de la vida útil residual del equipo, así como la falta de conocimiento sobre el funcionamiento y operación de los equipos, ha suscitado la necesidad de la realización de un plan preventivo de mantenimiento. El objetivo es complementar y ajustar las actividades de mantenimiento de manera que se logre optimizar el recurso humano, la disponibilidad de repuestos y el presupuesto asignado, minimizando los efectos de no tener confiabilidad y la disponibilidad de los equipos de aires acondicionados para confort de los alumnos.

2. Objetivos

Por tanto, la presente investigación pretende realizar un plan de mantenimiento preventivo para los equipos de aire acondicionado de las aulas y laboratorios de la escuela naval de suboficiales ARC “Barranquilla” con la finalidad de minimizar los efectos negativos que han surgido de la mala planeación y organización y mejorar la calidad de los servicios educativos ofrecidos por la entidad.

2.1. Objetivo General:

Se estableció como objetivo general de la investigación: Diseñar un plan de mantenimiento preventivo para los equipos de aire acondicionado de las aulas y laboratorios de la Escuela Naval de Suboficiales ARC “Barranquilla” para el mejoramiento de las condiciones de confort y disponibilidad de la entidad. Con la finalidad de llevar a cabo dicho objetivo se establecieron los siguientes objetivos específicos:

2.2. Objetivos Específicos:

- Realizar un diagnóstico descriptivo de los equipos de aire acondicionado partiendo de los historiales de los mismos.

- Realizar un análisis de modo de fallo, efectos y análisis de criticidad (FMECA) de los equipos de aire acondicionado de la Escuela.
- Identificar las rutinas de trabajo que actualmente se llevan a cabo en la institución y establecer un plan estratégico de actualización de dichas rutinas.
- Elaborar un plan de recambio de los equipos de aire acondicionado partiendo de un estimado de la vida útil de los equipos instalados.
- Cuantificar los costos de mantenimiento de cada equipo, con el fin de elaborar la proyección de la solicitud de los recursos en los estudios previos por concepto de mantenimiento, repuestos y suministro de quipos.
- Elaborar un plan de procedimientos estandarizados que incluya los planes de mantenimiento de los aires acondicionados y la debida capacitación del personal por área de competencia.

3. Justificación

En la actualidad la gestión de mantenimiento llevada a cabo en la Escuela Naval de Suboficiales ARC “Barranquilla” es de tipo correctiva, en lo que refiere a los equipos de climatización, es decir, los aires acondicionados; esto quiere decir que los equipos son reparados y diagnosticados una vez se descomponen o presentan fallas. Dadas las condiciones climáticas de Barranquilla (que oscila en los 32°) la climatización es un elemento prioritario para garantizar condiciones ideales de confort para los alumnos, por tanto, el adecuado mantenimiento de estos equipos es una prioridad dentro de la gestión de mantenimiento de la institución. En este sentido la presente investigación busca ser un aporte para mejorar y mantener las condiciones ideales de confort de los alumnos.

Como se mencionó con anterioridad, la Escuela se encuentra adscrita a los parámetros de calidad del MEN, lo que le ha valido un reconocimiento a nivel nacional como uno de los principales centros de educación naval-militar del país; por tanto, es indispensable que la institución vele por el adecuado funcionamiento tanto de su infraestructura como de los equipos para el normal desarrollo de las actividades académicas de los alumnos y mantener su reconocimiento a nivel nacional. En este sentido, la presente investigación busca complementar las acciones de gestión llevadas a cabo por la institución frente a los órganos de control como el MEN para de esta forma fortalecer los indicadores establecidos y ratificar las certificaciones obtenidas.

Por otra parte, para lograr dicho objetivo, la institución debe contar con información actualizada y veraz sobre el funcionamiento de los equipos instalados (registros de operación, minutas de operación, informes mensuales de gestión, entre otros). La presente investigación

busca proporcionar a la entidad información pertinente y actualizada, basada en las condiciones reales de la institución, de tal manera que le permita a la entidad tomar decisiones acertadas fundamentadas en datos confiables en búsqueda del bienestar de la comunidad.

Del mismo modo, el presupuesto establecido para la presente investigación incluirá el equipo especializado que servirán de apoyo para las labores desarrolladas por el personal técnico para la implementación del plan. Tal equipo, que en la actualidad no se contempla en la institución, será una adquisición importante para el desarrollo a largo plazo del plan.

Por otra parte, la presente investigación se presenta como un insumo académico importante, en la medida que trata una temática pocas veces abordada en el ámbito nacional, en específico en lo que refiere a la gestión de mantenimiento de equipos en centros de educación superior en el país. Por lo tanto, se busca que el presente trabajo sea un referente para posteriores investigaciones cuyos objetivos sean el mejoramiento de la gestión del mantenimiento en entidades educativas.

4. Marco Teórico

4.1. El panorama empresarial actual y su relación con la gestión del mantenimiento.

En la actualidad una de las principales preocupaciones que tienen las organizaciones es la de adaptar continuamente estrategias de mejora que les permitan ofrecer una mayor calidad de sus clientes, para lo cual resulta fundamental optimizar continuamente sus procesos y sus recursos como un medio fundamental para fortalecer factores asociados a la eficiencia y a la agilidad. De acuerdo con Satamatis (1995) el aumento continuo que existe en la competencia, el poder que tienen los clientes para cambiar a las empresas que les ofrecen comúnmente los productos y servicios que utilizan, obligan a buscar maneras concretas de obtener ventajas en costos, tiempos de entrega, y todos aquellos elementos clave que se asocian con la gestión de la cadena de suministro.

En este sentido, el mantenimiento se establece como un conjunto de actividades y operaciones clave en el desarrollo de la productividad de la empresa: “La gestión del mantenimiento juega un importante papel en mejorar la eficiencia general de una organización ayudando a mantener la continuidad y evitar los costosos tiempos de inactividad” (Ardila, Ardila, Rodríguez e Hincapié, 2016, p. 128)

Para entender la importancia del mantenimiento en las organizaciones es importante comprender el planteamiento que ha sido desarrollado por Hassanain, Froese y Vanier (2011), quienes explican que en la actualidad las empresas tienen una enorme dependencia de diferentes tipos de equipos mecánicos, industriales y digitales, a través de los cuales no solo desarrollan todos sus procesos sino también los planifica, los diseñan, los entregan al cliente y los incluyen

en las diferentes mecánicas de las cuales se compone la gestión de abastecimiento y de suministro.

Esta alta dependencia de los equipos y las máquinas, que gracias al desarrollo de la revolución tecnológica y a las enormes posibilidades que ofrecen las Tecnologías de la Información, tienen componentes cada vez más complejos y avanzados que es preciso cuidar a través de estrategias efectivas de mantenimiento (Keller y Modarres, 2005).

En este sentido, se puede decir con Zambrano (2008) que a través de los últimos años se han generado diferentes innovaciones y cambios en los enfoques organizacionales con el fin de generar una interacción adecuada entre el personal, las máquinas, los equipos tecnológicos y el conjunto de procesos y actividades empresariales. En la actualidad resulta clave involucrar las capacidades de análisis e interpretación del recurso humano con las facilidades de organización y estructuración de los equipos y las máquinas, para de esta manera de impactar favorablemente el desarrollo de las actividades y afrontar los retos asociados a la competitividad.

En palabras de Bauer, Boussard, Bui, Carrez y Jardak (2017), la evolución de las IT ha permitido que hoy se establezcan como elementos integrales que ayudan a potenciar diferentes competencias y habilidades al interior de las organizaciones. Al-Ameen, y Liu (2012), señalan algunas de las funciones principales de los dispositivos y equipos asociados al desarrollo tecnológico en las empresas. En primer lugar, favorecen el almacenamiento de la información, de tal manera que tenga un fácil acceso (Castillo, Prieto y Zambrano, 2013).

También promueven nuevos estilos comunicativos a nivel interno (entre trabajadores, directivos y personal general) y externo (clientes, proveedores, competidores e inversores). Además, ayudan a mejorar las posibilidades de recuperación de los datos. Todo lo anterior es

importante para las empresas, ya que generalmente manejan diferentes tipos de procesos y que necesitan contar con herramientas tecnológicas que mejoren el control y sistematización automática de los datos.

El tema es que la alta dependencia de la tecnología genera también importantes retos asociados para las empresas. Ardila *et al*, (2016) sintetizan esta situación con las siguientes palabras:

La misma competencia mundial también lleva a las organizaciones manufactureras a incorporar nuevas tecnologías, destinadas a mejorar sus rendimientos, pero estas nuevas tecnologías son a menudo más difíciles de mantener, y sus averías suelen llegar a ser más costosas y perjudiciales; y de todas formas, los gerentes tienden a dar poca atención a cómo las tecnologías de producción más sofisticadas afectan a la función mantenimiento de sus organizaciones (p. 128).

De esta manera, según la argumentación que se ha planteado, se puede observar que los retos asociados a la competitividad y a la productividad de las empresas obligan a generar una mayor atención en la gestión del mantenimiento, ya que los activos físicos se establecen como un valor esencial de las organizaciones para cumplir con sus objetivos, promover el desarrollo de la calidad y cumplir de manera efectiva con el conjunto de expectativas y necesidades del mercado y de los clientes. (Eti, Ogaji, & Probert, 2006).

Esta situación particular que se ha presentado, ha derivado en el hecho de que la gestión del mantenimiento ahora esté caracterizada por el desarrollo complejo de múltiples tipos de metodologías, herramientas y prácticas que deben conocer las empresas para seleccionar aquellos métodos que sean más coherentes con sus necesidades, con el tipo de equipos que utilizan y con

el estado particular de dichos equipos. Como lo explican Al-Ameen y Liu (2012) la creciente importancia en la gestión del mantenimiento ha hecho que se precise el desarrollo de habilidades mucho más sofisticadas, especialmente cuando se habla del mantenimiento de equipos asociados a las TI.

Todos estos elementos asociados a la importancia de la gestión del mantenimiento también aplican en el caso de las instituciones de formación, centros de instrucción y espacios de desarrollo académico (Alkali, Bedford, Quigley y Gaw, 2009). Los cambios que constantemente desafían el mundo han exigido que el tema la cuestión de la gestión vaya mucho más allá de lo económico, a través de una perspectiva integral que combine los diferentes aspectos que motivan el progreso humano y el mejoramiento en la calidad de vida de las comunidades, a partir de una gerencia social y académica efectiva (Goerner, 2010).

En este sentido es como la educación se convierte como uno de los pilares centrales a través de los cuales se promueve el desarrollo, por medio de la creación de estrategias efectivas que permitan mejorar su calidad. Como lo plantean Sarabia, Vargas y González (2014), la educación es una de las principales herramientas que existen en América Latina para promover los procesos de desarrollo humano y social. Por tanto, en Colombia, el Ministerio de Educación se ha dado a la tarea de promover una revolución educativa que permita transformar y articular de manera efectiva todos los niveles educativos, con el fin de promover el desarrollo de una educación de calidad, favoreciendo el acceso de todas las personas y enfrentando de esta manera los retos que se imponen en la actualidad.

De esta manera, se puede decir con Sarabia, Vargas y González (2014), que:

Las instituciones educativas, como cualquier organización, no deben soslayar la importancia de la aplicación de los principios administrativos en el desarrollo de su quehacer. La administración de instituciones educativas es el proceso de coordinación y optimización de recursos para lograr la máxima eficiencia, calidad y productividad en el logro de sus objetivos. Se implementa mediante una serie de fases coordinadas e interrelacionadas que forman un proceso integral; el llamado proceso administrativo; conformado por la planeación, la organización, la dirección y el control (p. 6).

Teniendo en cuenta la argumentación que se ha planteado hasta el momento, que permite reconocer no solo la importancia de la gestión del mantenimiento sino también su importancia con el desarrollo de enfoques administrativos y con el papel que desempeñan las instituciones educativas y de formación, ahora es importante analizar elementos fundamentales a nivel conceptual y teórico que permiten tener una mejor comprensión de la gestión del mantenimiento en el desarrollo organizacional.

4.2. Principios fundamentales de la gestión en administración.

Se parte de reconocer que la gestión es una disciplina universal, la cual está presente en todas las actividades, pues permite establecer procesos de planeación, iniciativas y estrategias que ayuden a mejorar de manera continua el desarrollo de los procesos. En este sentido, como lo explica Marín (2012), la gestión permite establecer un conjunto de principios, métodos y procedimientos que definen las pautas de desarrollo de cualquier tipo de actividad.

Se puede observar con Huergo (2002), que el término gestión es “una palabra que se ha hecho hegemónica, de la mano de concepciones empresariales o administrativas de los procesos

sociales, institucionales u organizacionales” (p. 1). En términos etimológicos, la palabra gestión tiene un origen latino, y significa actitud, gesto, movimiento. Se refiere, por tanto, al desarrollo de una serie de esquemas, hábitos y disposiciones que son internalizadas por los sujetos y llevan al actuar, con una evidente necesidad de cambio y transformación.

La gestión también se deriva de otra palabra latina: “gerere”, la cual posee significaciones como llevar adelante algo, conducir una acción a un grupo, ejecutar y transformar (Castillo, Prieto y Zambrano, 2013). Según las consideraciones de García, Rojas y Díaz (2012) la gestión se comienza a incluir en los escenarios organizacionales debido a la necesidad de enfrentar las variables que les permiten conquistar nuevos mercados.

De esta manera, la gestión se asocia a elementos como el conocimiento del mercado, de las necesidades de los consumidores, de las estrategias de los competidores y de las prácticas operacionales que posibilitan el desarrollo de la productividad. En esta medida, se puede afirmar que la gestión guarda una relación con el conocimiento, como la principal herramienta que tienen las organizaciones para mejorar su capacidad de adaptación frente a las presiones del contexto empresarial actual.

La gestión organizacional se puede relacionar con el aprendizaje, en la medida en que las personas interiorizan los cambios y actualizan sus capacidades con respecto a las nuevas exigencias y paradigmas que se imponen a nivel empresarial. Gestionar significa, por tanto, adoptar nuevas conductas y renovar la forma en que se presentan y se desarrollan las ideas en una organización. Debido a lo anterior, Barroso y Delgado (2000) opinan que el desarrollo de la gestión se establece a partir de un papel protagónico del recurso humano, de sus capacidades y conocimientos para entender por qué se debe cambiar y cómo se pueden iniciar y mantener

los procesos de transformación.

En síntesis, los enfoques de administración muestran una clara tendencia hacia la gestión orientada hacia el cambio, con el fin de mejorar continuamente los servicios, productos y procesos, lo cual solo es posible si se comprende la evolución del mercado, si se establece un conocimiento adecuado que se pueda convertir en estrategias para mejorar la satisfacción y la preferencia de los consumidores, y si existe una congruencia entre las metas administrativas y los objetivos particulares de los trabajadores dentro del funcionamiento organizacional, promoviendo de esta manera una cultura organizacional positiva que mejore aspectos como las relaciones entre los empleados, la comunicación, los procesos de liderazgo, la autonomía y la participación.

De esta manera, la gestión se establece a partir de reconocimientos particulares sobre el entorno y las posibilidades reales de impactar dicho entorno a través de las estrategias: De esta manera, la gestión:

Parte de un reconocimiento de las prácticas culturales de una sociedad, un grupo, una organización, una institución; luego, también reconoce su historia, sus recorridos y trayectorias a través del tiempo que han hecho de esa organización esta organización con la que nos encontramos hoy [...] En este sentido, la gestión es una suerte de acción artística, en cuanto creativa (y no repetitiva o meramente estructurada por recetas) que tiende a la gestación de procesos colectivos, con los otros (y no a pesar de los otros y de lo existente, o contra los otros) (Huerco, 2015, p. 2)

La gestión se entiende, ante todo, como un estado de constante de alteración, variación o modificación, el cual representa un aspecto esencial para el crecimiento y la competitividad de

las organizaciones. La gestión se comienza a entender como la capacidad que le permite a cualquier grupo adaptarse ante las diferentes transformaciones que se generan en el entorno (Labarca, Ferrer y Villegas, 2006).

Un aspecto relevante que hoy en día la gestión no es tanto una opción que tienen las empresas o las organizaciones para mejorar, sino una obligación, ya que el entorno actual exige de la innovación como elemento esencial para garantizar la supervivencia, como respuesta a la búsqueda de un crecimiento sistemático que les permita cumplir de manera progresiva con cada una de sus metas y de sus objetivos (Castillo, Prieto y Zambrano, 2013).

Partiendo de la conceptualización que se ha planteado sobre el término gestión, a continuación, es importante enfocarse en la gestión del mantenimiento, identificando no solamente sus objetivos y principios sino también sus diferentes tipos de funciones, clases y fases de aplicación.

4.3. Gestión del mantenimiento, clases, funciones y fases.

En la actualidad se ha desarrollado un importante debate en torno a la necesidad de promover a nivel organizacional el desarrollo de modelos gerenciales de mantenimiento, con la finalidad de orientar las coordinaciones de los diferentes componentes que se asocian, como los sistemas los equipos, la infraestructura, las personas y los procesos (Cáceres y Kosciuczyk, 2012).

De acuerdo con Bauer, Boussard, Bui, Carrez y Jardak (2017) es preciso que el modelo gerencial de mantenimiento establezca relaciones concretas entre cada uno de los componentes,

con la finalidad de promover estrategias continuas de retroalimentación que permitan identificar a tiempo las fallas y las necesidades de mantenimiento en cada uno de los sistemas.

Por su parte Cáceres y Kosciuczyk (2012) validan también la importancia de promover un enfoque sistemática en la gestión del mantenimiento, ya que en, el desarrollo de las actividades se ven implicados no solo las personas y las máquinas, sino también las relaciones particulares que se establecen entre el equipo de trabajo y la infraestructura. Por su parte, Keller y Modarrea (2005) reconocen que en la actualidad los modelos de gestión del mantenimiento deben estar alineados con los principios organizacionales de cada empresa, con la finalidad de generar una coherencia entre las prácticas y los principios que orientan el desarrollo de las actividades.

La gestión del mantenimiento se desarrolla a través de una serie de fases que tienen la finalidad central de mejorar y de garantizar la calidad del producto. En la figura No 1 se muestran dichas fases:

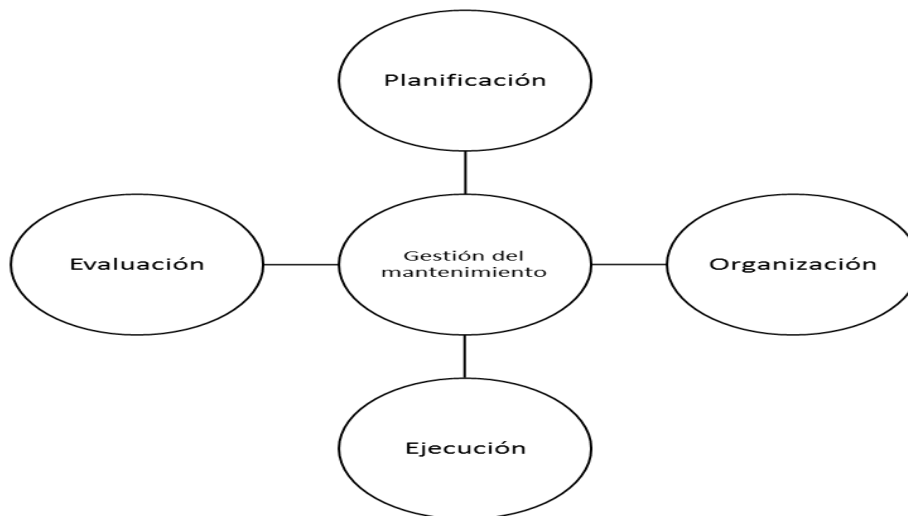


Figura 1. *Fases de la gestión del mantenimiento.*

Nota: Elaboración propia con información tomada de Kwon, Chun y Kwak (2011)

A continuación, se explican cada una de las fases:

- **Planificación:** En esta fase es preciso entender, en primera medida, cuáles son las necesidades que existen en la empresa en materia de gestión del mantenimiento, cuál es el estado de los equipos de y de las máquinas y de qué manera su función es clave para el desarrollo de los procesos, los productos y la entrega de una mayor calidad.

El objetivo de esta fase, por tanto, es el de reconocer cuáles son las relaciones que se han generado entre las actividades productivas de la empresa con los equipos que se utilizan.

- **Organización:** En la organización es clave definir las estrategias, enfoques y métodos que se utilizan en el desarrollo de la gestión del mantenimiento. Se debe dejar claro cuáles son los elementos que orientan en el proceso, qué fases se aplicarán, en que tiempos y cuáles son los responsables.

- **Ejecución** Se desarrollan de manera concreta en los equipos los métodos que fueron aprobados en la fase de organización.

- **Evaluación:** El mantenimiento debe estar sujeto a un proceso continuo de control que permite abalizar la efectividad de los procedimientos que fueron aplicados (Castillo, Prieto y Zambrano, 2013).

Por otro lado, además de las fases de desarrollo y aplicación, también es importante considerar los distintos tipos de mantenimiento que existen. En la siguiente figura se presentan algunas características generales que permiten establecer una diferenciación particular entre los

tipos de mantenimiento, las cuales serán profundizadas posteriormente de acuerdo con los resultados de la revisión de literatura.

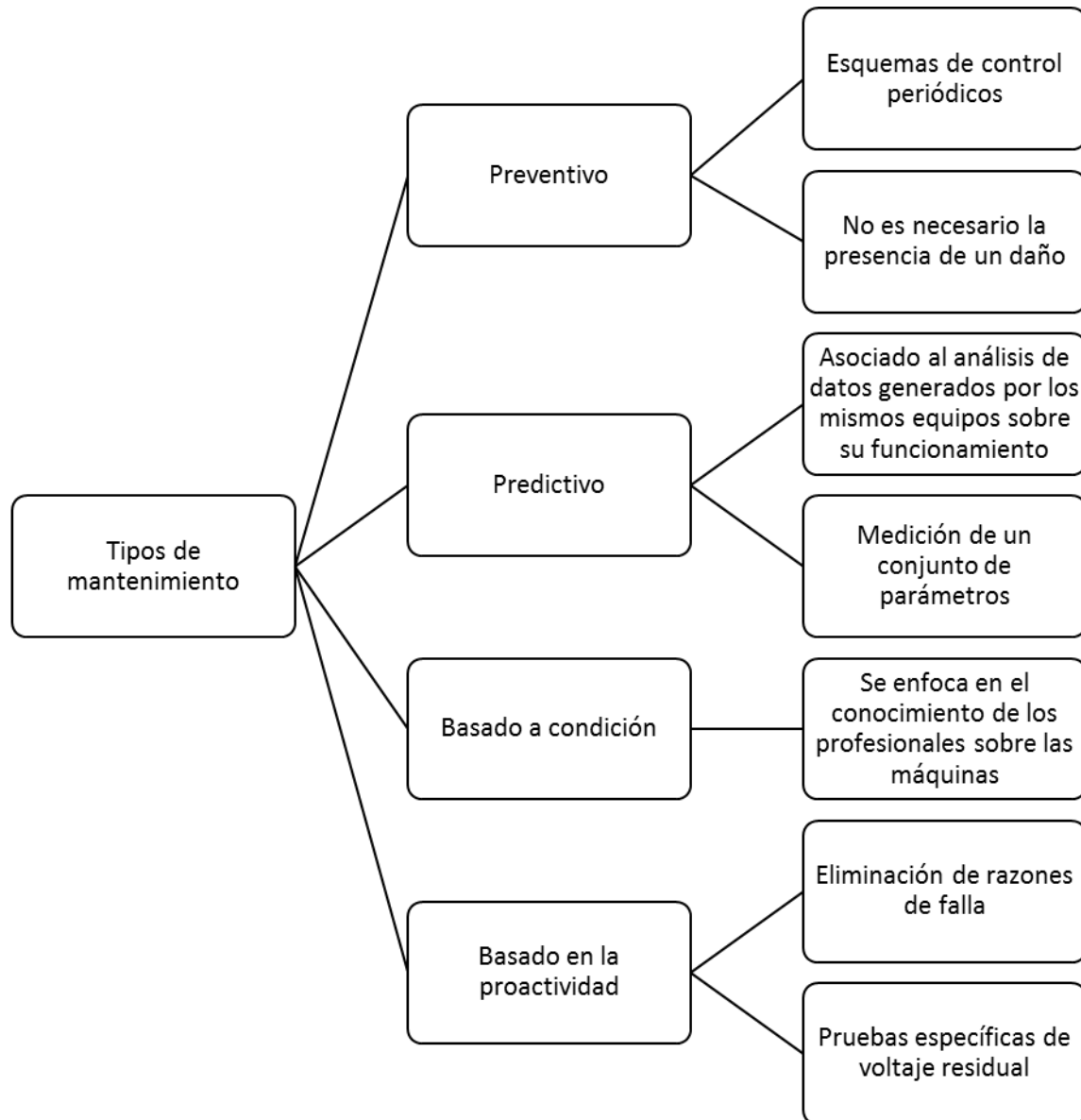


Figura 2. *Tipos de mantenimiento.*

Nota: Elaboración propia con información tomada de Castillo, Prieto y Zambrano (2012).

- Enfoque preventivo: En particular, la clave está en establecer análisis periódicos de revisión, limpieza y cuidado de los equipos sin necesidad de que presenten algún daño o disfuncionalidad. Debe responder al desarrollo de un proceso de planeación que se enfoque en el diseño de un cronograma y de la definición concreta de los elementos que deben ser revisados en cada uno de los aparatos.
- Se puede establecer una diferenciación entre el mantenimiento preventivo de rutina, por medio del cual la idea es mantener los equipos e instalaciones en perfectas condiciones de operación, a través de actividades como la lubricación, inspección, pruebas, ajustes y reemplazo de piezas o componentes secundarios. También se destaca el mantenimiento preventivo global, e involucra el desmantelamiento parcial del equipo, el reemplazo de piezas y componentes clave (Kwon, Chun y Kwak, 2011).
- Enfoque predictivo: La intervención en los equipos no se orienta a través de un cronograma de planificación sino de los resultados en las mediciones que permiten evaluar los parámetros de vibración y de temperatura a los equipos. Este enfoque es muy eficiente, ya que son los mismos equipos a través de los dispositivos de información los que generan datos en torno a su estado y a su funcionamiento, con la finalidad de realizar las intervenciones a tiempo. Sin embargo, como lo explica Gracia (2009), el enfoque predictivo resulta ser muy costoso para las empresas debido a la compra e instalación de los dispositivos de medición.
- Enfoque basado a condición: En este enfoque la responsabilidad recae principalmente en el conocimiento que tienen los técnicos sobre los equipos y en la familiarización en torno a sus características y componentes, lo cual les permite definir en

qué momento es necesario realizar una inspección, un ajuste concreto o un reemplazo definitivo.

Sin embargo, cabe tener en cuenta que, en medio de los procesos de revolución tecnológica, todos estos procesos que se basaban en la familiaridad de los técnicos con los equipos se han visto obsoletos ante la llegada de nuevos equipos tecnológicos, que se manejan a través microprocesadores. En este sentido, los nuevos aparatos no permiten un mantenimiento basado en la sintomatología (Meneses y Ferreira, 2012).

- Basado en la proactividad: Se basa también en el uso de equipos de medición, pero en este caso mucho más sofisticados, que no solo miden la vibración y la temperatura de los equipos, sino que mitigan la frecuencia en cualquier grado de la onda senoidal (O'Donoghue y Prendergast, 2004).

Como se puede apreciar, existen diferentes tipos de enfoques que orientan el desarrollo de la gestión administrativa. En cada caso, es preciso que la empresa defina el tipo y la metodología que más se ajuste a sus necesidades, a las características de los procesos que desarrolla y a las cualidades de los equipos y de la infraestructura. De esta manera, las técnicas varían dependiendo de la organización, pero siempre deben existir principios y actividades claras de mantenimiento, teniendo en cuenta que los equipos se establecen como un activo clave en la productividad y en el desarrollo de las empresas.

Finalmente, para terminar este apartado se debe tener en cuenta que un importante valor agregado de la gestión del mantenimiento, cuando se asocia al desarrollo de un análisis organizacional sobre la funcionalidad de los equipos en torno a la productividad, es que permite generar una mayor organización y trabajo colaborativo en la empresa:

El aumento de la productividad de las empresas es obtenido a través del mantenimiento, que con el apoyo de un sistema informatizado e integrado, moviliza los recursos y trabajos en equipos de varios segmentos y diferentes niveles de jerarquía motivados y coordinados bajo una misma dirección, o sea, el mantenimiento coordina grupos de trabajo en diversos niveles de supervisión buscando mayor eficiencia y disponibilidad de los equipos (Rodríguez, 2003, p. 9).

Por tanto, considerando que la gestión del mantenimiento ayuda a generar también nuevas capacidades y habilidades promovidas a través de la colaboración en las empresas, se resalta la importancia de aplicar metodologías específicas y enfoques concretos de mantenimiento de equipos en las organizaciones, no solo con la finalidad de proteger la vida útil, eficiencia y buen uso de las máquinas, equipos y aparatos, sino también de promover el desarrollo de nuevas fortalezas entre el equipo de trabajo, lo cual en conjunto se verá reflejado en una mayor productividad y competitividad.

Todas las organizaciones o grupos tienen por naturaleza una serie de agrupamientos o configuraciones, en medio de las cuales se dividen las funciones que aseguran el crecimiento y la eficiencia comercial, económica y social. Cuando no hay una coherencia y una armonía adecuada entre dichos agrupamientos, la organización no puede funcionar de la manera esperada, ni puede alcanzar los objetivos propuestos definidos en su estrategia, a través de su actividad comercial.

En este sentido, la gestión es la que permite modificar los agrupamientos y las estructuras empresariales, y una organización realmente productiva y efectiva es aquella que logra generar una amplia coherencia entre sus componentes, y que no cambia un elemento o una función en un

sector sin evaluar las consecuencias en los otros, comprendiendo a la organización como un todo de relaciones en la cual la interacción positiva es un elemento fundamental para su crecimiento (O'Donoghue y Prendergast, 2004).

De esta manera, se ha podido analizar cómo la gestión ha pasado de ser un elemento de análisis administrativo, que incluía el desarrollo de la planificación como medio para obtener mejores rendimientos, a la conexión compleja e integral de todos los aspectos de los cuales depende el desarrollo de cualquier tipo de grupo que se conforme en la sociedad. En lo que respecta a la gestión del mantenimiento, se establece como un elemento muy importante en el desarrollo de las organizaciones de hoy en día, razón por la cual se deben reconocer también las problemáticas que enfrentan las empresas cuando no aplican principios integrales de gestión del mantenimiento.

4.4. Problemáticas asociadas a la ausencia de principios de gestión del mantenimiento.

Muchas empresas en la actualidad se enfocan en distintos elementos asociados a la competitividad, como la posibilidad de mejorar el desarrollo de los procesos de innovación y de incidir favorablemente en el mercado a través de mejores relaciones con los clientes. Por su parte, en las instituciones de instrucción y de formación el enfoque centralmente se orienta hacia el desarrollo de nuevos modelos que permitan favorecer construcciones autónomas del aprendizaje. Si bien, en conjunto, estos objetivos son claves en el desarrollo tanto de las empresas como de las instituciones, la realidad es ninguna de las dos ha puesto un especial interés en la gestión del mantenimiento, de tal manera que siguen ancladas en representaciones

demasiado básicas sobre el control y evaluación de los equipos como medio para alargar su vida útil. En muchas de las organizaciones, explica García (2009):

(...) sigue siendo la reparación urgente de averías la que dirige la actividad de mantenimiento, es la planta la que dicta lo que debe hacerse y no los profesionales a cargo de la instalación. El porcentaje de empresas que dedican todos sus esfuerzos a mantenimiento correctivo es muy alto. Son muchos los responsables de mantenimiento, tanto de empresas grandes como pequeñas, que creen que la gestión del mantenimiento (...) o la simple elaboración de un plan de mantenimiento programado son conceptos muy interesantes en el campo teórico, pero que en la planta que dirigen no son aplicables (p. 49).

Es así como muchas organizaciones tienen la idea equivocada según la cual las reparaciones son el único factor importante en la gestión del mantenimiento. Esta limitada comprensión sobre el mantenimiento las lleva a acudir a técnicos para que solucionen los problemas, en intervenciones que además generalmente no se encuentran planificadas. Osorio (2010) plantea las problemáticas que se generan cuando una empresa o cualquier otro tipo de organización contrata técnicos de mantenimiento:

- Si no se incluye la gestión del mantenimiento dentro de la organización se pueden generar sobrecostos asociados a la pérdida de producción y de los clientes. Estos costos son significativamente superiores a los costos de los elementos dañados.
- Si no se establece una planeación efectiva para el mantenimiento se pueden generar riesgos en la seguridad y en el bienestar de los miembros de la organización.

- Se puede afectar en gran medida la vida útil de los equipos, incurriendo en sobrecostos que se podrían evitar si se incluye la gestión del mantenimiento como una de las líneas estratégicas dentro de la organización

Por tanto, explica García (2009) es vital gestionar estos aspectos para incluirlos en las formas de trabajo de los departamentos de mantenimiento. Los altos niveles de competitividad que se viven en la actualidad, han llevado a la diversificación de métodos para la gestión de las organizaciones. En este sentido, siguiendo las afirmaciones de afirman Ardila, Ardila, Rodríguez e Hincapé (2016):

La gestión del mantenimiento requiere un conjunto de habilidades mejoradas y más sofisticadas con una demanda de conocimientos actualizados continuamente; las soluciones en mantenimiento implican el aumento de la colaboración de expertos para resolver problemas complejos que implican el cambio de los métodos de mantenimiento haciendo indispensable la colaboración multidisciplinaria de expertos en la toma de decisiones. (p. 129).

Ahora bien, teniendo en cuenta que objetivo de la presente investigación es incorporar nuevas tecnologías y metodologías en el desarrollo de los mantenimientos, y eliminar en la medida de lo posible el mantenimiento correctivo por medio de una evaluación de la relación costo-beneficio, se propone como herramienta central el método de Análisis de Modos, Efectos y Criticidad de Fallas (FMECA).

Este modelo se presenta como una alternativa eficaz para el diseño de un plan preventivo de mantenimiento en la Escuela Naval de Suboficiales ARC “Barranquilla”. Aunque existen diversas versiones de esta metodología, para la presente investigación se toman como base una

serie de fases, en línea con la investigación planteada por Aguilar, Torres y Magaña (2010), mediante las cuales se busca plantear un modelo metodológico para la gestión del mantenimiento. Por tanto, a continuación, es importante describir las especificidades de este modelo.

4.5. Análisis FMECA.

El fenómeno de la globalización, asociado a las transformaciones que la economía ha sufrido en el comercio, las finanzas y la información a nivel internacional, no solamente repercute en el ámbito económico, sino que además se inscribe dentro de un proceso que ha cambiado la forma de hacer las cosas en todos los niveles que suelen hacer parte de la vida de una persona como las formas de educarse, los conocimientos que se suponen necesarios, la forma de comunicar ideas y opiniones, la manera de relacionarse con el otro y hasta el modo de tomar decisiones (Guevara, 2003).

Por esta razón, el mercado se ha vuelto cada vez más competitivo, complejo y dinámico, En medio de esta perspectiva, el Análisis de Modos, Efectos y Criticidad de Fallas (Failure Modes, Effects and Criticality Analysis – FMECA) se ha establecido a partir de una metodología administrativa desarrollada por la compañía Ford en la década de los 70. Sería el concepto base del Mantenimiento Centrado en Confiabilidad (Reliability Centered Maintenance – RCM), método el cual permite identificar y analizar los diferentes modos de falla potenciales de las diversas partes de un sistema, así como los efectos asociados, con la finalidad de establecer estrategias para evitar dichas fallas y para mitigar los efectos de las mismas en el sistema (Rausand, 2013).

El método basado en el análisis de modos, efectos y criticidad hace parte de la etapa de planeación del mantenimiento y se fundamenta, principalmente en los conceptos de riesgo y confiabilidad. La ventaja de dicho método radica en que “además de asegurar un impacto de las acciones de mantenimiento en el rendimiento de los activos, tiene un impacto en la seguridad al disminuir, evaluar y controlar el riesgo, administrando el riesgo”. (Aguilar, Torres, & Magaña, 2010, p. 15). El FMECA se establece a través de tres etapas concretas:

- Definición de la intención de diseño
- Análisis funcional
- Identificación de modos de falla
- Efectos de la falla, criticidad o jerarquización del riesgo y recomendaciones.

Teniendo en cuenta el desarrollo y la relación de estas fases, la metodología FMECA puede ser usada para asistir en la selección de alternativas de diseño con alta confiabilidad y alto potencial de seguridad durante las primeras fases de diseño, además de asegurar que se hayan considerado todos los modos de falla concebibles y sus efectos sobre el éxito operativo del sistema (Rausand, 2013).

Por otro lado, la metodología ayuda desarrollar criterios tempranos para la planificación de pruebas y requisitos para equipos de prueba y a enumerar posibles fallas e identificar la gravedad de sus efectos. Pantic (2005), por su parte, reconoce que permite proporcionar documentación histórica de referencia futura para ayudar en el análisis de fallas de campo y la consideración de

cambios de diseño, establecer una base para la planificación del mantenimiento y generar análisis cuantitativos de confiabilidad y disponibilidad.

Siguiendo las apreciaciones de Aguilar, Torres y Magaña (2010):

Con la aplicación del FMECA o AMFEC se identifican los modos de falla que representan un mayor riesgo para la instalación, considerando los riesgos a la producción, instalación y al personal. Los modos de falla de mayor riesgo, son enviados a un proceso de selección de tareas de mantenimiento detallado, mientras que los modos de falla de medio y bajo riesgo, son tratados con un proceso genérico (p. 44).

En este modelo la jerarquización del riesgo es clave para la gestión integral de riesgos, los cuales pueden definirse como “el análisis de oportunidades y amenazas, incertidumbres y los riesgos o eventos al riesgo a los que están sometidas todas las actividades de cualquier organización, sin importar su diligencia o tamaño” (Casares & Lizarzaburu, 2016, p. 27).

El enfoque de riesgos implica, por tanto, la totalidad de las áreas de las empresas y por tanto, juega un papel fundamental para anticipar posibles fallas mediante evaluaciones e implementación de estrategias preventivas, fundamentadas en información concreta y actualizada de la organización. En este sentido, la jerarquización de riesgos debe poder integrar la información recogida de los distintos actores y analizar el comportamiento de los mismos con la finalidad de configurar estrategias de gestión articuladas al contexto particular de los clientes y demás actores.

5. Metodología

La metodología a desarrollar en la gestión del plan de mantenimiento, tendrá un énfasis cuantitativo, dado que este tipo de enfoque permite tener una secuencia, la cual debe ser probatorio, la recopilación de datos numéricos, organización y análisis; obligando a tener datos exactos. La investigación cuantitativa tiene un planteamiento de problema delimitado y específico, se plantean hipótesis y se definen variables, se crea un plan para probarlas, se miden las variables establecidas, se analizan las mediciones y se toman conclusiones. Si se sigue el proceso con rigurosidad y se mantienen algunas reglas lógicas la información obtenida tendrá estándares de validez y consistencia, sus conclusiones serán veraces y aportara a la generación de conocimiento.

5.1. Recopilación de información.

La información primaria será obtenida mediante listas de chequeo y formatos de recolección de datos aplicados en los 64 aires acondicionados de las aulas de la ESCUELA DE SUBOFICIALES ARC BARRANQUILLA. Teniendo como pautas tipos de aires, características individuales, vida útil, años de funcionamiento y mantenimientos correctivos realizados entre otros.

En el desarrollo del levantamiento de los datos se evidencio que en los procesos administrativos y de gestión, el Departamento de Servicios Generales de la ENSB, no contaba con la organización de los procedimientos de mantenimiento de los aires acondicionados,

descripción, identificación, ni con información básica de gestión; teniendo bajos estándares de funcionamiento en lo que refiere a gestión de mantenimiento.

Las principales falencias encontradas es que no se contaba con la información básica de la ficha técnica para poder determinar características, tiempo de servicio, historial del equipo. Para mitigar esta situación se recomendó el levantamiento y registro de la información en los formatos establecidos de la Armada Republica de Colombia para ello, ficha técnica de equipos e instrumentos (ver anexo 1) e historial de equipos (ver anexo 2).

5.2. Fichas técnicas y HV de los equipos

Basados en la información recopilada a cada aire acondicionado de la escuela se le realizará una ficha técnica junto con la hoja de vida del equipo donde se tendrá la trazabilidad de:

- Futuras inspecciones rutinarias según se establezca en la gestión del plan de mantenimiento preventivo
- Intervenciones rutinarias o de mantenimiento programadas, que deben realizarse si el plan se implementa.
- Tiempos de detención, los tiempos de detención definen que tan efectivo está siendo la aplicación del plan preventivo o si por el contrario continúa causando traumatismos en los estudiantes con fallas que no se previeron en la inspección.

5.3. Gestión plan de Mantenimiento y FMECA.

La gestión del plan de Mantenimiento se enfocará en el análisis de modos de falla, efectos y criticidad FMECA, para la planeación del mantenimiento empleando criterios de riesgo y confiabilidad. Esta es una herramienta de análisis efectiva aplicada principalmente en la etapa de planeación considerada como una etapa crítica dentro de la elaboración del Plan.

Con la aplicación de esta metodología se pretende entre otras cosas encontrar:

- Modos de falla que presentan un mayor riesgo para el funcionamiento correcto de los aires acondicionados.
- Efectos de la falla que representan mayor riesgo, evaluación y recomendación para eliminar o mitigar.
- Optimización de recursos, ya que según la evaluación de riesgos el mantenimiento se enfatizará en los riesgos mayores para llevarlos a un nivel bajo o medio de aceptación que puedan ser tratados
- Incorporar nuevas tecnologías y metodologías en el desarrollo de los mantenimientos y eliminar en lo posible el mantenimiento correctivo evaluando la relación costo beneficio de la implementación de un plan preventivo de mantenimiento.

A continuación, la metodología de FMECA, en grafica para visualizar sus niveles y alcances:

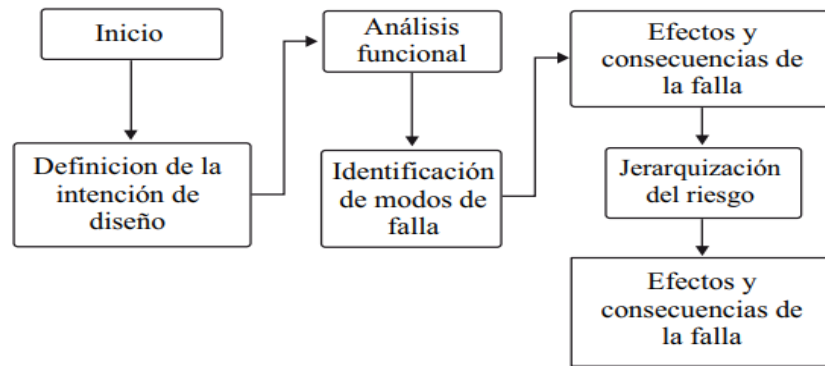


Figura 3. Diagrama de la metodología de análisis de modos de falla y sus efectos (FMEA en inglés).

Nota: Tomada de Aguilar, Torres y Magaña (2010).

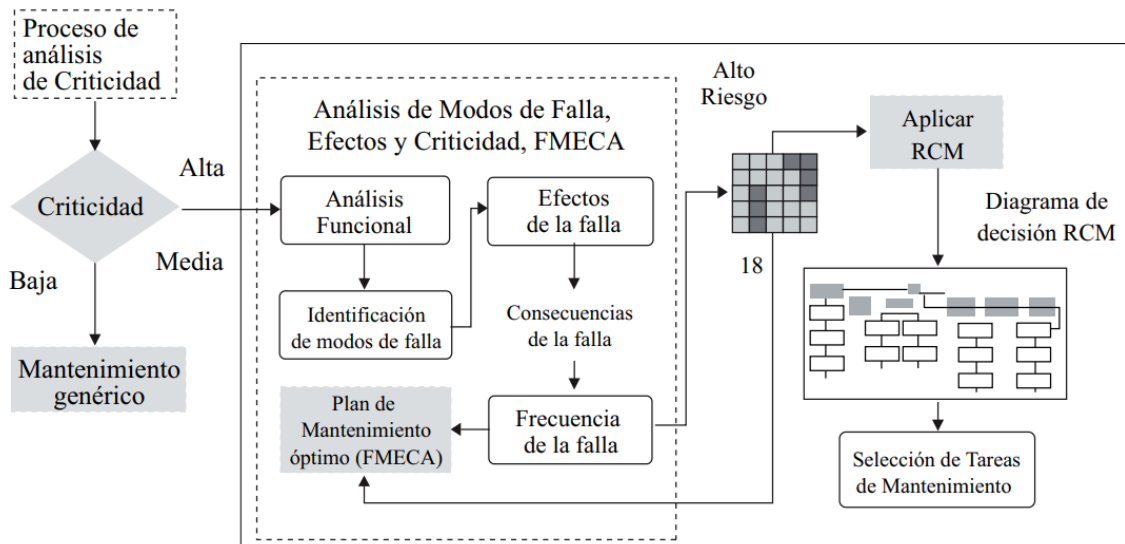


Figura 4. Proceso de Gestión del Mantenimiento aplicando el análisis de modos de falla y sus efectos y criticidad, AMFEC.

Nota: Tomada de Aguilar, Torres y Magaña (2010).

6. Análisis de los modo de fallo, efecto y su criticidad (FMECA)

6.1. Clasificación de los equipos.

La clasificación de los equipos se realizó de acuerdo a su ubicación por bloques y se muestra en las siguientes tablas.

Tabla 2.

Clasificación equipos aulas sector A.

AULAS SECTOR "A"						
ÍTEM	AULA	CAPACIDAD BTU	TIPO	AÑO INSTALACIÓN	ESTADO	MARCA
1	A-101	36.000	SPLIT	2.018	B/E	YORK
2	A-102	36.000	SPLIT	2.018	B/E	YORK
3	A-103	36.000	SPLIT	2.014	B/E	LG
4	A-104	36.000	SPLIT	2.014	B/E	LG
5	A-105	36.000	SPLIT	2.018	B/E	YORK
6	A-106	36.000	SPLIT	2.018	B/E	YORK
7	A-107	36.000	SPLIT	2.019	B/E	BLUE LINE
8	A-108	24.000	SPLIT	2.017	B/E	ELECTRO LUX (INV)
9	A-109	24.000	SPLIT	2.017	F/S	ELECTRO LUX (INV)
10	A-110	24.000	SPLIT	2.017	B/E	ELECTRO LUX (INV)
11	A-111	24.000	SPLIT	2.017	B/E	ELECTRO LUX (INV)
12	A-112	24.000	SPLIT	2.017	B/E	ELECTRO LUX (INV)
13	A-113 LAB. NEUMÁTICA	18.000	SPLIT	2.014	R/E	LG
14	A-113 LAB. NEUMÁTICA	18.000	SPLIT	2.014	R/E	LG
15	A-113 LAB. NEUMÁTICA	24.000	SPLIT	2.014	M/E	CONFORT STAR
16	A-201	24.000	SPLIT	2.018	B/E	YORK
17	A-202	36.000	SPLIT	2.019	B/E	BLUE LINE
18	A-203	36.000	SPLIT	2.019	F/S	BLUE LINE
19	A-204 CAPAVAN	60.000	CENTRAL	2.019	B/E	CONFORT FRESH
20	A-204 CAPAVAN	60.000	CENTRAL	2.018	B/E	CONFORT STAR
21	A-205	36.000	SPLIT	2.019	B/E	BLUE LINE
22	A-206	24.000	SPLIT	2.017	B/E	ELECTRO LUX (INV)
23	A-207 LAB. ENFERMERIA	60.000	PISO TECHO	2.015	B/E	
24	A-208 SALA DE PROFSORES	60.000	PISO TECHO	2.010	M/E	
25	A-208 SALA DE PROFSORES	60.000	CENTRAL	2.017	B/E	CONFORT FRESH
26	A-209	24.000	SPLIT	2.018	F/S	FRIO COSTA

Tabla 3.

Clasificación equipos aulas sector B.

AULAS SECTOR "B"						
ÍTEM	AULA	CAPACIDAD BTU	TIPO	AÑO INSTALACIÓN	ESTADO	MARCA
1	B-101 LAB REDES	60.000	PISO TECHO	2.014	R/E	INNOVAIR
2	B-102	24.000	SPLIT	2.014	R/E	INNOVAIR
3	B-103	24.000	SPLIT	2.014	R/E	INNOVAIR
4	B-104 BERLITS					EQUIPO DE BERLIS
5	B-105 OFIC. INVESTIGACI	24.000	SPLIT	2.017	B/E	ELECTRO LUX
6	B-106	24.000	SPLIT	2.019	B/E	BLUE LINE
7	B-107	24.000	SPLIT	2.019	B/E	BLUE LINE
8	B-108	24.000	SPLIT	2.017	B/E	ELECTRO LUX (INV)
9	B-109 SILOG	24.000	SPLIT	2.017	B/E	ELECTRO LUX (INV)
10	B-110 LAB. ELECTRICIDAD	24.000	SPLIT	2.014	B/E	INNOVAIR
11	B-111 LAB. ELECTRONICA	36.000	SPLIT	2.014	B/E	
12	B-201 LAB. REFRIGERACIO N	36.000	SPLIT	2.010	B/E	
13	B-202	12.000	SPLIT	2.012	R/E	GREEN
14	B-202	12.000	SPLIT	2.012	R/E	GREEN
15	B-203	24.000	SPLIT	2.014	R/E	INNOVAIR
16	B-204	24.000	SPLIT	2.014	M/E	INNOVAIR
17	B-204	24.000	SPLIT	2.019	B/E	HACEB
18	B-205	24.000	SPLIT	2.014	F/S	
19	B-205	24.000	SPLIT	2.014	B/E	
20	B-206	24.000	SPLIT	2.014	B/E	INNOVAIR
21	B-207	24.000	SPLIT	2.019	B/E	BLUE LINE
22	B-208 AULA EVA	24.000	SPLIT	2.017	B/E	ELECTRO LUX (INV)
23	B-209 LAB. CONTROLES ELECTRICO	36.000	SPLIT	2.010	R/E	
24	B-209LAB. AUTOMATIZACIÓ N	36.000	CENTRAL	2.010	R/E	

Tabla 4.

Clasificación equipos aulas sector C.

AULAS SECTOR "C"						
ITEM	AULA	CAPACIDAD BTU	TIPO	AÑO INSTALACION	ESTADO	MARCA
1	C-101 LAB. INGLES	60.000	PISO TECHO	2.012	B/E	
2	C-101 LAB. INGLES	24.000	SPLIT	2.015	B/E	KFIR
3	C-102	24.000	SPLIT	2.017	B/E	ELECTRO LUX (INV)
4	C-103	60.000	CENTRAL	2.014	B/E	
5	C-104 DISEÑO Y PUBLICACION	18.000	SPLIT	2.019	B/E	OLIMPO
6	C-105	24.000	SPLIT	2.014	B/E	KFIR
7	C-106	24.000	SPLIT	2.018	B/E	CONFORT STAR
8	C-201 AUDITORIO P/A	60.000	CENTRAL	2.011	M/E	
9	C-201 AUDITORIO P/A	60.000	CENTRAL	2.011	M/E	
10	C-202 LAB. MARINERIA	24.000	SPLIT	2.013	R/E	WESTINGHO SE
11	C-203 LAB. NAVEGACION	24.000	SPLIT	2.013	F/S	
12	C-203 LAB. MARINERIA	60.000	CENTRAL	2.010	M/E	
13	C-204	24.000	SPLIT	2.015	R/E	SAMSUNG
14	C-205	24.000	SPLIT	2.013	R/E	FRIO COSTA

6.2. Análisis de criticidad.

Los equipos de aires acondicionados que se relacionan, revisten gran importancia en el proceso formativo de los futuros marinos de la Armada Nacional, teniendo en cuenta que para los centros educativos el mantenimiento de su infraestructura y los equipos de apoyo a la misión, brindan condiciones de seguridad, comodidad y confort adecuados, para que los alumnos enfoquen toda su atención al proceso formativo.

6.2.1. **Criterios para la realización del análisis de criticidad.** Los criterios establecidos para realizar el análisis de criticidad se describen a continuación, teniendo como referencia las normas internacionales ISO 14224, pero ajustados al contexto en el cual se realizó el estudio que fue la Escuela Naval de Suboficiales ARC “Barranquilla” y bajo el análisis realizado junto con el personal técnico y usuarios, en el cual se determinó cuales criterios impactan la operación y la función principal que es la de brindar confort al personal de alumnos.

- Frecuencia de falla: se analiza en un lapso de 12 meses contados a partir de la observación y levantamiento de la información, teniendo en cuenta no existían registros, ficha técnica, historial de equipo o libro de minuta a la cual se pudiera remitir para verificar las falla, frecuencia e intervenciones realizadas.
- Flexibilidad operacional: refiere a la flexibilidad que se tiene para realizar una reparación a partir de la disponibilidad de repuestos, herramientas y personal que realizara la tarea.

- Tiempo promedio de reparación: Es el tiempo promedio para corregir la falla, se toma en cuenta desde el reporte de la novedad al Departamento de Servicios Generales.
- Costos de reparación: Es el costo de reparación de la falla, incluye hora-hombre, repuestos y elementos usados.
- Afectación al personal (Confort y Bienestar): Es el impacto y afectación que genera la pérdida de función del equipo de aire acondicionado.

Tabla5.

Criterios calculo criticidad.

CRITERIOS CALCULO CRITICIDAD		
FACTORES DE MEDICIÓN	DESCRIPCIÓN	PONDERACIÓN
Frecuencia de falla (FF) (x Año)	Mas de 7	5
	Entre 5 y 6	4
	Entre 4 y 5	3
	Entre 2 y 3	2
	Menos de 2	1
Flexibilidad operacional (FO)	(Repuesto) Sin existencia, tiempo de reparación alto	5
	(Repuesto) Existencia parcial, reparacion compleja	4
	(Repuesto) Existencia parcial, reparación sencilla	3
	(Repuesto) Existencia, reparacion compleja	2
	(Repuesto) Existencia, reparacion sencilla	1
Tiempo promedio de reparación (TPR)	Mas de 48 horas	5
	Entre 24 y 48 horas	4
	Entre 8 y 24 horas	3
	Entre 4 y 8 horas	2
	Menos 4 horas	1
Costos de reparación (CR)	Mas de 550.000 COP	5
	Entre 400.000 y 550.000 COP	4
	Entre 250.000 y 400.000 COP	3
	Entre 100.000 y 250.000 COP	2
	Menos 100.000 COP	1
Afectación al personal (Confort y bienestar) (AP)	Si (más de un alumno)	3
	No (cero alumnos)	0

Nota: Elaboración propia con información tomada de Aguilar, J., Torres, R., & Magaña, D. (2010).

6.2.2. **Matriz de criticidad.** El cálculo de la criticidad se realiza a partir de los factores de medición relacionados en la tabla 5. y con la formula recopilada de la literatura.

Tabla 6.

Calculo criticidad.

MATRIZ DE RIESGO																											
FRECUENCIA	5	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100	105	110	115	120	125	130	135	140	145	150	155	160	165		
	4	40	44	48	52	56	60	64	68	72	76	80	84	88	92	96	100	104	108	112	116	120	124	128	132		
	3	30	33	36	39	42	45	48	51	54	57	60	63	66	69	72	75	78	81	84	87	90	93	96	99		
	2	20	22	24	26	28	30	32	34	36	38	40	42	44	46	48	50	52	54	56	58	60	62	64	66		
	1	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33		
	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33			
	CONSECUENCIA																										

CRITICIDAD	
	BAJA
	MEDIA
	ALTA

$$\text{Criticidad} = \text{Frecuencia} \times \text{Consecuencia}$$

$$\text{Consecuencia} = (\text{Flexibilidad Operacional} \times \text{Tiempo Promedio Para Reparacion}) + (\text{Costos Reparacion}) + (\text{Afectacion al Personal})$$

Nota: Elaboración propia con información tomada de (Rausand, 2013).

6.2.3. **Descripción.** El riesgo ponderado es cuantificado acuerdo el puntaje obtenido luego de usar los criterios de cálculo de criticidad, aplicados en la fórmula de criticidad. El valor arrojado de esta operación se representa en la matriz de criticidad para cada uno de los equipos, en donde la criticidad se jerarquiza así:

De 0 a 55 criticidad baja, identificada con el color verde.

De 56 a 110 criticidad media, identificada con el color amarillo.

De 111 a 165 criticidad alta, identificada con el color rojo.

6.3. Resultados.

Tabla 7.

Calculo criticidad sector A.

AULAS SECTOR "A"						
AULA	FF	FO	TPR	CR	AP	CRITICIDAD
A-209	5	5	5	5	3	165
A-109	6	5	4	4	3	162
A-105	5	5	3	4	3	110
A-112	3	5	5	5	3	99
A-113 LAB. NEUMATICA	3	5	5	5	0	90
A-203	3	5	4	4	3	81
A-101	3	5	4	3	3	78
A-107	3	5	3	4	3	66
A-103	2	5	4	3	3	52
A-102	2	5	3	4	3	44
A-208 SALA DE PROFSORES	2	5	3	4	0	38
A-201	3	2	2	1	3	24
A-208 SALA DE PROFSORES	3	2	2	2	0	18
A-202	3	1	1	1	3	15
A-204 CAPAVAN	3	1	1	1	3	15
A-205	2	1	1	1	3	10
A-207 LAB. ENFERMERIA	2	2	1	1	0	6
A-104	1	1	1	1	3	5
A-106	1	1	1	1	3	5
A-108	1	1	1	1	3	5
A-110	0	1	1	1	0	0
A-111	0	1	1	1	0	0
A-113 LAB. NEUMATICA	0	1	1	1	0	0
A-113 LAB. NEUMATICA	0	1	1	1	0	0
A-204 CAPAVAN	0	1	1	1	3	0
A-206	0	1	1	1	3	0

Tabla 8.

Calculo criticidad sector B.

AULAS SECTOR "B"						
AULA	FF	FO	TPR	CR	AP	CRITICIDAD
B-204	3	5	5	5	3	99
B-205	3	5	5	5	3	99
B-206	3	5	4	4	3	81
B-202	2	5	5	5	3	66
B-209 LAB. AUTOMATIZACION	2	5	4	3	0	46
B-201 LAB. REFRIGERACION	1	5	5	5	0	30
B-203	3	2	2	2	3	27
B-209 LAB. CONTROLES ELECTRICOS	2	2	3	2	0	16
B-107	3	1	1	1	3	15
B-103	2	1	1	1	3	10
B-101 LAB REDES	2	1	2	2	0	8
B-106	1	1	1	1	3	5
B-108	1	1	1	1	3	5
B-208 AULA EVA	1	1	1	1	3	5
B-111 LAB. ELECTRONICA	1	1	2	2	0	4
B-105 OFIC. INVESTIGACION	1	1	1	1	0	2
B-102	0	1	1	1	3	0
B-104 BERLITS	0	1	1	1	0	0
B-109 SILOG	0	1	1	1	0	0
B-110 LAB. ELECTRICIDAD	0	1	1	1	0	0
B-202	0	1	1	1	3	0
B-204	0	1	1	1	3	0
B-205	0	1	1	1	3	0
B-207	0	1	1	1	3	0

Tabla 9.

Calculo criticidad sector C.

AULAS SECTOR "C"						
AULA	FF	FO	TPR	CR	AP	CRITICIDAD
C-204	4	5	4	4	3	108
C-105	3	5	4	3	3	78
C-101 LAB. INGLES	3	5	2	2	3	45
C-203 LAB. NAVEGACION	5	2	2	2	0	30
C-205	3	2	2	2	3	27
C-102	3	1	1	1	3	15
C-202 LAB. MARINERIA	4	2	1	1	0	12
C-203 LAB. MARINERIA	2	2	2	2	0	12
C-201 AUDITORIO P/A	2	2	1	1	0	6
C-201 AUDITORIO P/A	3	1	1	1	0	6
C-101 LAB. INGLES	0	1	1	1	3	0
C-103	0	1	1	1	3	0
C-104 DISEÑO Y PUBLICACIONES	0	1	1	1	0	0
C-106	0	1	1	1	3	0

6.4. Clasificación calculo criticidad. Clasificación de los aires acondicionados analizados por orden de criticidad, de mayor a menor acuerdo el cálculo realizado.

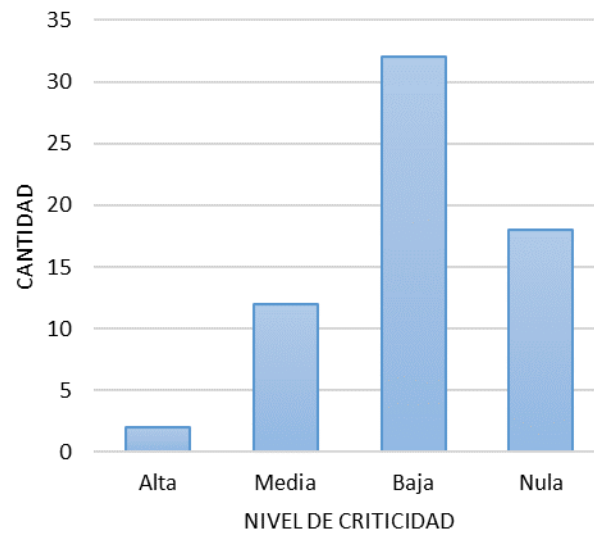


Figura 5. *Clasificación criticidad.*

Nota: Elaboración propia con información recopilada.

Tomando los resultados anteriores, se identifica la criticidad en cada uno de los equipos analizados, teniendo que dos de ellos son los más críticos y corresponden a dos aires acondicionados de 24.000 BTU con similares características. Por lo cual, se realizará el análisis de modo de fallo, efectos y criticidad, solo a uno de estos equipos.

7. Procedimiento análisis de modo de fallo, efectos y criticidad (FMECA)

Este método permite identificar y analizar los diferentes modos de falla potenciales de las diversas partes de un sistema, así como los efectos que estas fallas pueden tener en el mismo, y permite establecer estrategias para evitar dichas fallas y para mitigar los efectos de las mismas en el sistema (Rausand, 2013).

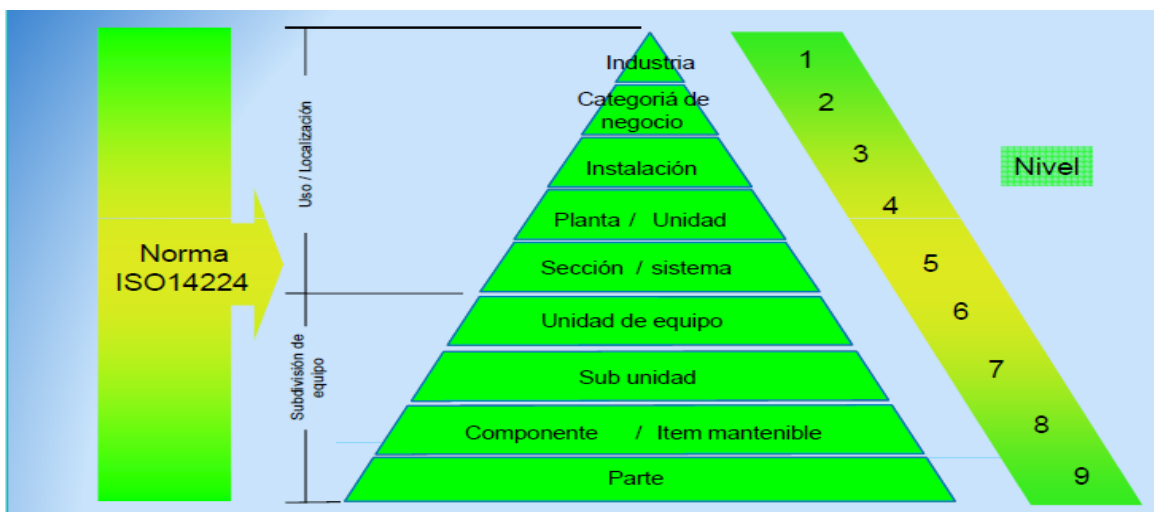
A continuación, se procede a desarrollar la metodología para visualizar sus niveles y alcances, teniendo en cuenta el análisis de criticidad realizado.

7.1. Clasificación taxonómica.

Se realizó la división de los grupos por componentes principales del aire acondicionado, tomando como referencia la norma ISO 14224 y los grupos descritos en la figura 5 de la taxonomía, para los grupos 7 y 8. A su vez se realiza la clasificación por sistemas para identificar sus fallas.

Figura 6.

Clasificación taxonómica.



Nota: (Silva, 2010).

Tabla 10.

Taxonomía Aires Acondicionados.

SECCIÓN/ SISTEMA	EQUIPO UNIDAD	SUB UNIDAD	ITEM MANTENIBLE			
5	6	7	8			
Refrigeración y acondicionamiento	Aire acondicionado Mini split	Evaporador	Ventilador			
			Filtro de aire			
			Intercambiador de calor			
		Dispositivo de control		Valvula de expansión	Sensor de ambiente	
					Varistor	
					Tarjeta electronica	
					Intercambiador de calor	
				Condensador	Ventilador	
					Compresor	Motor termico

Nota : Elaboración propia con información tomada ISO 14224: 2016.

7.2. Clasificación número de prioridad de riesgo.

El número de prioridad de riesgo es usado para un modo de falla de un componente y se desarrolla partiendo de que haya una probabilidad de ocurrencia del modo de falla, la gravedad del efecto y la probabilidad de no detección de esta falla. Es calculada como el producto de la clasificación de 1 a 10 asignada a cada factor (DYADEM Press, 2003).

$$\text{NPR (Numero Prioridad de Riesgo)} = \text{Ocurrencia (O)} \times \text{Gravedad (G)} \times \text{Detección (D)}$$

Donde en la clasificación de los valores 1 indica baja probabilidad y 10 muy alta, casi inevitable o difíciles de detectar.

Dentro de los resultados se tomaron los valores de NPR mayores a 100 como muy probables de ocurrencia en los cuales se deben enfocar las tareas de mantenimiento, debido a que pueden generar daños a otros componentes o ítems mantenibles en efecto cascada.

Tabla 11.

Número Prioridad de Riesgo.

COMPONENTE	MODO DE FALLA	ACCIÓN	NPR
Ventilador	Ruptura de las aspas	Instalación malla de protección	196
Intercambiador de calor	Fuga refrigerante	Revisión periódica de presiones	168
Válvula de expansión	Congelamiento válvula	Revisión periódica de presiones	108
Varistor	Varistor en corto	Instalar protecciones electricas (regulador o estabilizador de voltaje)	108
Tarjeta electrónica	Tarjeta quemada	verificación y/o cambio de protección electrica	189
Intercambiador de calor	Fuga refrigerante	Revisión y ajuste periódico	140
		Revisión periódica de presiones	192
Ventilador	Capacitor quemado	Instalar protecciones electricas (regulador o estabilizador de voltaje)	180
Motor	Capacitor de arranque quemado	Instalar protecciones electricas (regulador o estabilizador de voltaje)	168
Termico	Recalentamiento en lineas de fuerza	Medicion periódica de continuidad	144

7.3. Gestión plan de Mantenimiento.

La gestión del plan de mantenimiento se enfocó en los modos de falla, efectos y criticidad FMECA, arrojados luego del análisis y que generan un impacto importante en la operación del equipo, redundando directamente en el bienestar del personal de alumnos. Al ser el equipo objeto de análisis por su criticidad, similar a los demás equipos en cuanto la clasificación taxonómica; se toman las tareas y rutinas plasmadas en el plan de mantenimiento en su forma y aplicación para todos los equipos, así como el historial de equipos, formatos de averías y ficha técnica.

La programación se realiza acorde las rutinas establecidas para el mantenimiento de los aires acondicionados, priorizando aquellas que se requerían más atención reflejadas en tabla 13. análisis FMECA. Los niveles refieren a tareas por realizar y el personal que ejecuta la acción así:

1: Operadores debidamente formados

2: Personal calificado

3: Técnico calificado

4: Técnicos especializados

5: Empresa especialista

Periodicidad

D: Diario

W: Semanal

Q: Quincenal

M: Mensual

S: Semestral

U: A requerimiento, por cumplimiento vida útil.

Tabla 12.

Plan de mantenimiento.

EQUIPO UNIDAD:		CODIGO ASIGNACION:											
COMPONENTE	ACTIVIDAD	NIVEL DE MANTENIMIENTO					PERIODICIDAD					RESPONSABLE	
		1	2	3	4	5	D	W	Q	M	S		U
CONDENSADOR	Limpieza exterior general		X					X					Auxiliar/ operario
	Engrase de rodamientos y demas partes que lo requieran		X							X			Auxiliar/ operario
	Ajuste de ventiladores y sus partes				X					X			Técnico de aire acondicionado
	limpieza intercambiador de calor				X					X			Técnico de aire acondicionado
	Inspeccion y correccion aislamiento				X						X		Técnico de aire acondicionado
	Medición de amperaje				X					X			Técnico de aire acondicionado
	Revisión y ajuste de conexiones electricas				X					X			Técnico de aire acondicionado
	Revisión y ajuste de conexiones tuberías				X					X			Técnico de aire acondicionado
	Revision filtro secador				X						X		Técnico de aire acondicionado
	Limpieza ventilador				X					X			Técnico de aire acondicionado
EVAPORADOR	limpieza de filtros de aire		X							X			Auxiliar/ operario
	Medicion de presiones de refrigerante				X					X			Técnico de aire acondicionado
	Verificacion y limpieza de drenajes		X							X			Auxiliar/ operario
	Verificacion protecciones electricas				X					X			Técnico de aire acondicionado
	limpieza intercambiador de calor				X					X			Técnico de aire acondicionado
	Limpieza verntilador				X					X			Técnico de aire acondicionado
	Ajuste de piezas o tornillos de ensamble		X								X		Auxiliar/ operario
	Instalación malla proteccion ventilador											X	Técnico de aire acondicionado
COMPRESOR	Verificacion operación compresor				X					X			Técnico de aire acondicionado
	Verificacion funcionamiento termico compresor				X					X			Técnico de aire acondicionado
DISPOSITIVO CONTROL	Pueba de servicio sensor de ambiente				X					X			Técnico de aire acondicionado
	prueba de continuidad varistor				X					X			Técnico de aire acondicionado
	prueba de continuidad capacitor (motor, ventilador)				X					X			Técnico de aire acondicionado
	Inspeccion operación regulador de voltaje				X					X			Técnico de aire acondicionado
	Inspeccion operación Valvula expansión				X								Técnico de aire acondicionado
	limpieza de contactos electricos, bimetálicos de protección				X					X			Técnico de aire acondicionado
	Revision de motores electricos				X					X			Técnico de aire acondicionado
	Inspeccion y ajuste de cables y contactos electricos				X					X			Técnico de aire acondicionado
	Instalación/ cambio protección eléctrica (regulador estabilizador de voltaje, capacitor)											X	Técnico de aire acondicionado

8. Cuantificación costos de mantenimiento

Con ayuda del personal del Departamento de Administración de la Escuela Naval de Suboficiales ARC “Barranquilla” (ENSB), se realizó la verificación del valor de los bienes y servicios que se requieren contratar para proyectar el presupuesto en caso de implementarse el plan de mantenimiento para cada equipo, así como por el concepto de repuestos y suministro de equipos.

Tabla 13.

Presupuesto mantenimiento aires año 2018

DESCRIPCIÓN	UNIDAD MEDIDA	CANTIDAD CONTRATADA	VALOR UNITARIO	VALOR TOTAL
Mantenimiento de equipos de Aire Acondicionado minisplit, consistente en desincrustación mugre con hidrolavadora a alta presión de serpentines evaporador y condensadora, limpieza de blower.	UNIDAD	240	\$ 80.000	\$ 19.200.000
Mantenimiento de equipos de Aire Acondicionado minisplit, consistente en limpieza de tarjeta electrónica, corrección y mantenimiento de contactos eléctricos, puntos, borneras de conexiones.	UNIDAD	129	\$ 100.000	\$ 12.900.000
TOTAL				\$ 32.100.000

Nota : Elaboración propia información tomada Departamento Administración ENSB.

Tabla 14.

Presupuesto compra repuestos refrigeración año 2018

DESCRIPCIÓN	UNIDAD MEDIDA	CANTIDAD CONTRATADA	VALOR UNITARIO	VALOR TOTAL
Compra de repuestos de refrigeración	GLOBAL	GLOBAL	\$ -	\$ 25.805.000
TOTAL				\$ 25.805.000

Nota : Elaboración propia información tomada Departamento Administración ENSB.

Tabla 15.

Presupuesto compra aires acondicionados año 2018.

DESCRIPCIÓN	UNIDAD MEDIDA	CANTIDAD CONTRATADA	VALOR UNITARIO	VALOR TOTAL
Aire acondicionado 12.000 BTU	UNIDAD	4	\$1.589.900	\$ 6.359.600
Aire acondicionado 24.000 BTU	UNIDAD	7	\$2.579.900	\$ 18.059.300
Aire acondicionado 36.000 BTU	UNIDAD	7	\$5.936.910	\$ 41.558.370
Aire acondicionado central 60.000 BTU	UNIDAD	1	\$8.312.150	\$ 8.312.150
Aire acondicionado piso techo 60.000 BTU	UNIDAD	5	\$7.688.590	\$ 38.442.950
TOTAL				\$ 112.732.370

Nota : Elaboración propia información tomada Departamento Administracion ENSB.

9. Plan de recambio aires acondicionados

Actualmente, en la Escuela Naval de Suboficiales ARC “Barranquilla”, la climatización de espacios ha tomado especial relevancia para garantizar las condiciones óptimas en el proceso de aprendizaje de los alumnos, convirtiéndose en una necesidad básica. Para garantizar este servicio, se debe contar con los equipos, soporte de mantenimiento y los recursos necesarios para fin.

De esta manera y para optimizar el recurso, se realizó un plan de recambio de aires acondicionados, el cual se organizó teniendo en cuenta la vida útil promedio de los equipos instalados y basado en las recomendaciones de los técnicos en refrigeración que laboran en el Departamento de Servicio Generales de la ENSB. De lo anterior se estimó que la vida útil promedio de los equipos, dadas las condiciones de servicio en la ENSB, está en seis años.

Tabla 16.

Plan recambio aires acondicionados año 2020.

AÑO CAMBIO : 2020					
AULA	CAPACIDAD BTU	TIPO	AÑO INSTALACION	VALOR ACTUAL	
C-201 AUDITORIO	60.000	CENTRAL	2.011	\$	8.312.150
C-201 AUDITORIO	60.000	CENTRAL	2.011	\$	8.312.150
B-202	24.000	SPLIT	2.012	\$	2.579.900
B-202	24.000	SPLIT	2.012	\$	2.579.900
C-101 LAB. INGLÉS	60.000	PISO TECHO	2.012	\$	7.688.590
C-202 LAB. MARINERIA	24.000	SPLIT	2.013	\$	2.579.900
C-203 LAB. NAVEGACION	24.000	SPLIT	2.013	\$	2.579.900
C-205	24.000	SPLIT	2.013	\$	2.579.900
A-103	36.000	SPLIT	2.014	\$	5.936.910
A-104	36.000	SPLIT	2.014	\$	5.936.910
A-113 LAB. NEUMATICA	24.000	SPLIT	2.014	\$	2.579.900
A-113 LAB. NEUMATICA	24.000	SPLIT	2.014	\$	2.579.900
A-113 LAB. NEUMATICA	24.000	SPLIT	2.014	\$	2.579.900
B-101 LAB. REDES	60.000	PISO TECHO	2.014	\$	7.688.590
B-102	36.000	SPLIT	2.014	\$	5.936.910
B-103	36.000	SPLIT	2.014	\$	5.936.910
B-110 LAB. ELECTRICIDAD	36.000	SPLIT	2.014	\$	5.936.910
B-111 LAB. ELECTRONICA	36.000	SPLIT	2.014	\$	5.936.910
B-203	36.000	SPLIT	2.014	\$	5.936.910
B-204	36.000	SPLIT	2.014	\$	5.936.910
B-205	36.000	SPLIT	2.014	\$	5.936.910
B-205	36.000	SPLIT	2.014	\$	5.936.910
TOTAL				\$	112.009.780

Tabla 17.

Plan recambio aires acondicionados año 2021.

AÑO CAMBIO : 2021					
AULA	CAPACIDAD BTU	TIPO	AÑO INSTALACION	VALOR ACTUAL	
B-206	36.000	SPLIT	2.014	\$	5.936.910
C-103	60.000	CENTRAL	2.014	\$	8.312.150
C-105	36.000	SPLIT	2.014	\$	5.936.910
A-207 LAB. ENFERMERIA	60.000	PISO TECHO	2.015	\$	7.688.590
C-101 LAB. INGLES	36.000	SPLIT	2.015	\$	5.936.910
C-204	36.000	SPLIT	2.015	\$	5.936.910
TOTAL				\$	39.748.380

Tabla 18.

Plan recambio aires acondicionados año 2023.

AÑO CAMBIO : 2023					
AULA	CAPACIDAD BTU	TIPO	AÑO INSTALACION	VALOR ACTUAL	
A-108	36.000	SPLIT	2.017	\$	5.936.910
A-109	36.000	SPLIT	2.017	\$	5.936.910
A-110	36.000	SPLIT	2.017	\$	5.936.910
A-111	36.000	SPLIT	2.017	\$	5.936.910
A-112	36.000	SPLIT	2.017	\$	5.936.910
A-206	36.000	SPLIT	2.017	\$	5.936.910
A-208 SALA DE PROFSORES	60.000	CENTRAL	2.017	\$	5.936.910
B-105 OFIC. INVESTIGACION	36.000	SPLIT	2.017	\$	5.936.910
B-108	36.000	SPLIT	2.017	\$	5.936.910
B-109 SILOG	36.000	SPLIT	2.017	\$	5.936.910
B-208 AULA EVA	36.000	SPLIT	2.017	\$	5.936.910
C-102	36.000	SPLIT	2.017	\$	5.936.910
TOTAL				\$	71.242.920

Tabla 19.

Plan recambio aires acondicionados año 2024.

AÑO CAMBIO : 2024					
AULA	CAPACIDAD BTU	TIPO	AÑO INSTALACION	VALOR ACTUAL	
A-101	36.000	SPLIT	2.018	\$	5.936.910
A-102	36.000	SPLIT	2.018	\$	5.936.910
A-105	36.000	SPLIT	2.018	\$	5.936.910
A-106	36.000	SPLIT	2.018	\$	5.936.910
A-201	36.000	SPLIT	2.018	\$	5.936.910
A-204 CAPAVAN	60.000	CENTRAL	2.018	\$	7.688.590
A-209	36.000	SPLIT	2.018	\$	5.936.910
C-106	36.000	SPLIT	2.018	\$	5.936.910
TOTAL				\$	49.246.960

Tabla 20.

Plan recambio aires acondicionados año 2025.

AÑO CAMBIO : 2025					
AULA	CAPACIDAD BTU	TIPO	AÑO INSTALACION	VALOR ACTUAL	
A-107	36.000	SPLIT	2.019	\$	5.936.910
A-202	36.000	SPLIT	2.019	\$	5.936.910
A-203	36.000	SPLIT	2.019	\$	5.936.910
A-204 CAPAVAN	60.000	CENTRAL	2.019	\$	5.936.910
A-205	36.000	SPLIT	2.019	\$	5.936.910
B-106	36.000	SPLIT	2.019	\$	5.936.910
B-107	36.000	SPLIT	2.019	\$	5.936.910
B-204	36.000	SPLIT	2.019	\$	5.936.910
B-207	36.000	SPLIT	2.019	\$	5.936.910
C-104 DISEÑO Y PUBLICACIONES	36.000	SPLIT	2.019	\$	5.936.910
TOTAL				\$	59.369.100

10. Conclusiones

Se realizó el diagnóstico descriptivo de los equipos de aire acondicionado con información recopilada durante el desarrollo del presente trabajo y se pudo evidenciar la falencia que presenta el Departamento de Servicios Generales de la Escuela Naval de Suboficiales al no llevar historial de equipos, no tener diligenciada los formatos de fichas técnicas y no tener ni aplicar procedimientos de gestión de mantenimiento.

Se evidenció que las tareas de mantenimiento se basan en acciones correctivas a petición de los usuarios, lo cual impacta negativamente en la preservación de los equipos de aire acondicionado, el planeamiento y la proyección de los recursos por concepto de compra de equipos, mantenimiento y repuestos.

Se realizó la discriminación de 64 aires acondicionados de los bloques de aulas, segregándolos por ubicación, tipo, capacidad, año de instalación y estado de operación, elaborándose el análisis de criticidad que arrojó dos aires con criticidad alta y 12 aires con criticidad media, correspondiendo al 3,12 % y 18,75 %, respectivamente.

En el análisis FMEA se identificaron los sistemas y subsistemas que son críticos y requieren especial atención en las rutinas de mantenimiento.

Con el análisis FMECA se identificó que la red eléctrica no era fiable y se requería realizar una actualización y mantenimiento, siendo una variable que afectaba directamente a los equipos de aire acondicionado del bloque de aulas; así mismo se identificó que una de fallas más críticas no estaba relacionada con la falta de mantenimiento, sino con la mala operación de los equipos por parte de los usuarios.

Se identificaron las rutinas de trabajo que se llevan y se estableció el plan de mantenimiento general para estandarizar y actualizar los procedimientos realizados.

Se cuantificaron los costos de mantenimiento, repuestos y suministro de equipos proyectando el presupuesto para los siguientes años por estos conceptos. Así mismo con esta información se proyectó el plan de recambio de los aires acondicionados para los próximos 5 años.

Se evidenció que el personal de técnicos refrigeradores de la Escuela Naval de Suboficiales, cuenta con las competencias para realizar los mantenimientos hasta nivel 3.

El Departamento de Servicios Generales de la Escuela Naval de Suboficiales no cuenta con suficiente personal de técnicos refrigeradores, para cubrir la totalidad de las labores de mantenimiento de los equipos de aires acondicionados.

11. Recomendaciones

Implementar y dar cumplimiento al plan de mantenimiento, llevando el registro y la trazabilidad de las tareas realizadas en los formatos que se encuentran disponibles para ello.

Realizar un traslado presupuestal del rubro de mantenimiento de aires acondicionados para contratar un técnico refrigerador permanente, como apoyo al escaso personal de técnicos refrigeradores con que cuenta el Departamento de Servicios Generales de la Escuela Naval de Suboficiales.

Realizar capacitación al personal de usuarios de los equipos de aire acondicionado de la Escuela Naval de Suboficiales, sobre el uso y correcta operación.

Solicitar al Comando Logístico de la Escuela Naval de Suboficiales, la elaboración de estudios previos de contratación para el suministro de reguladores de voltaje, mantenimiento de las redes eléctricas y actualización de las mismas, teniendo en cuenta que las fallas más críticas y repetitivas van ligadas al mal estado de la red eléctrica.

Dar cumplimiento al plan de recambio de equipos de aires acondicionado, para evitar realizar inversiones por concepto de mantenimiento a equipos viejos y obsoletos por cumplimiento de su vida útil.

Bibliografía

- Aguilar, J., Torres, R., & Magaña, D. (2010). Análisis de modos de falla, efectos y criticidad (AMFEC) para la planeación del mantenimiento empleando criterios de riesgo y confiabilidad. *Tecnología, Ciencia, Educación*, 25(1), 15-26.
- Al-Ameen, M., y Liu, J. (2012). "Security and privacy issues in wireless sensor networks for healthcare applications". *Journal of medical systems*, 36(1), 93-101.
- Alkali, B., Bedford, T., Quigley, J., & Gaw, J. (2009). Extracción de datos de fallas y mantenimiento del una planta de energía. *Journal of Statistical Planning and Inference*, 139(5), 1766-1776.
- Ardila, J., Ardila, M., Rodríguez, D., & Hincapé, D. (2016). La gerencia del mantenimiento: una revisión. *Dimensión Empresarial*, 14(2), 127-142.
- Barroso, G. & Delgado, M. (2000). Gestión del cambio organizacional a través de proyectos. *Revista de ingeniería industrial*, 36(4), 8-13
- Bauer, M., Boussard, N., Bui, F., Carrez, C., y Jardak, J. (2017). Internet of Things - Architecture IoT -A - Final architectural reference model for the IoT v3.0. *Report*, 2(22), 4-44.
- Cáceres, D., y Kosciuczyk, V. (2012). El aporte de la economía conductual o Behavioural Economics a las políticas públicas: una aproximación al caso del consumidor real. *Palermo Business Review*, 7, 23-40.
- Castillo, R., Prieto, A., & Zambrano, E. (2013). Elementos de la gestión de mantenimiento en las instituciones públicas de educación superior del municipio Cabimas. *Negotium*, 9(25), 55-85.
- De la Paz, E. (2014). Una nueva visión de la gestión del mantenimiento. Cuba: UPADI, Copiman.
- Goerner, S. (2010). A Practical Guide to Building an Integral World. Estados Unidos: World


- Gracia, S. (2009). *Ingeniería de Mantenimiento Manual práctico para la gestión eficaz del mantenimiento*. Santiago. Renovatec.
- Guevara, D. (2003). Globalización y mercado de trabajo en Colombia: algunas consideraciones en el marco de la flexibilización laboral. *Reflexión Política*, 5(10), 104-114.
- Hassanain, M. A., Froese, T. M., & Vanier, D. J. (2001). Development of a maintenance management model based on IAI standards. *Artificial Intelligence in Engineering*, 15(2), 177-193.
- Hipkin, I. B., & De Cock, C. (2000). TQM and BPR: lessons for maintenance management. *Omega*, 28(3), 277-292.
- Howard, D. (2003). *The basics of statistical process control & process behaviour charting a User's Guide to SPC*. England: ManagementNewStyle.
- Keller, W., & Modarres, M. (2005). A historical overview of probabilistic risk assessment development and its use in the nuclear power industry: a tribute to the late Professor Norman Carl Rasmussen. *Reliability Engineering & System Safety*, 89(3), 271- 285.
- Kesler, G., & Kates, A. (2010). *Leading Organization Design: How to Make Organization Design Decisions to Drive the Results You Want*. NY: John Wiley & Sons.
- Kwon, S.-H., Chun, C., & Kwak, R.-Y. (2011). Relationship between quality of building maintenance management services for indoor environmental quality and occupant satisfaction. *Building and Environment*, 46(11), 2179-2185.
- Labarca, N., Ferrer, J. & Villegas, E. (2006). Cambio organizacional: aspecto trascendental para las instituciones de educación superior en Venezuela. *Revista Ciencias Sociales*, 12(1), 67-71.
- Marín, D. (2012). Estructura organizacional y sus parámetros de diseño: análisis descriptivo en pymes industriales de Bogotá. *Estudios gerenciales*, 28(123), 43-64.
- Meneses, S., & Ferreira, A. (2012). New optimization model for road network maintenance management. *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, 54, 956-965.

- O'Donoghue, C., & Prendergast, J. (2004). Implementation and benefits of introducing a computerised maintenance. *Journal of Materials Processing Technology*, 153/4, 226–232.
- Osorio, G. (2010). Análisis FMECA a sistema de posicionamiento de platinas de refinadora de pulpa de papel diseñada para papelera Gubelin LTDA. (Doctoral dissertation) Universidad Austral de Chile.
- Pantic, M. (2005). *Introduction to Machine Learning & CaseBased Reasoning*. London: Imperial College London.
- Park, J., & Hong, T. (2011). Maintenance management process for reducing CO2 emission in shopping mall complexes. *Energy and Buildings*, 43(4), 894-904.
- Rausand, M. (2013). *Risk assessment: theory, methods, and applications*. New Jersey: John Wiley & Sons.
- Rios, J., & Garcés, J. (2006). Desarrollo de un plan de mantenimiento preventivo basado en el análisis FMECA y monitoreo mediante el software AM para un sistema GEMI CMD Bombas. (Bachelor's thesis) Universidad EAFIT, Medellín.
- Rodríguez, M. (2003): *Gestión de Mantenimiento Asistido por Computadora*. Cujae.
- Saavedra, J. (2007). *Gestión de mantenimiento*. Lima: Senati.
- Sarabia, Vargas y González. (2014). *Modelo de Indicadores de Gestión Académica*. Universidad Veracruzana Facultad de Contaduría y Administración, Campus Xalapa
- Stamatis, D.H. 1995. *Failure Mode and Effect Analysis, FMEA from Theory to Execution*. American Society of Quality. Milwaukee, Wisconsin, EEUU.
- Zambrano, E. (2008). Valores éticos y toma de decisiones de los gerentes de las universidades públicas venezolanas. (Tesis doctoral) Universidad del Zulia, Venezuela.

Anexos

Anexo A.

Formato ficha técnica de equipos e instrumentos.

 ARMADA NACIONAL REPUBLICA DE COLOMBIA	FORMATO FICHA TÉCNICA DE EQUIPOS E INSTRUMENTOS	
	Proceso: Mantenimiento	Autoridad: JEMAT
Código: MANTTO-FT-148-JEMAT-V03	Rige a partir de: 14/10/2014	Página 1 de 1
NOMBRE DEL EQUIPO O PATRÓN : _____		CÓDIGO : _____
FUERZA _____	UNIDAD _____	
COD. DE FONIA: _____	DEPTO: _____	UBICACIÓN: _____
MARCA : _____	MODELO : _____	SERIE : _____
TIPO: _____	MAGNITUD : _____	UNIDAD : _____
RANGO EQUIPO: _____	DIVISIÓN DE ESCALA : _____	
PROCESO QUE CONTROLA : _____		
AMPERAJE : _____	VOLTAJE : _____	FUENTE : _____
ACCESORIOS: _____		
INGRESO AL SERVICIO (AAAA-MM-DD) : _____		
RETIRO DEL SERVICIO (AAAA-MMM-DD) : _____		
EXISTE MANUAL <input type="checkbox"/>	UBICACIÓN : _____	
RESPONSABLE (CARGO) : _____		

EVALUACIÓN DE CRITICIDAD																	
Ponderación	Criterios de evaluación	Niveles	Valor	Puntuación	Total												
50%	Vulnerabilidad de la Operación	Impacto severo	100		0%												
		Impacto medio	50														
		Impacto leve	20														
		Ningún impacto	0														
50%	Seguridad de la Tripulación	Impacto severo	100		0%												
		Impacto medio	50														
		Impacto leve	20														
		Ningún impacto	0														
Grado de Criticidad					0%												
<table border="1" style="width: 100%;"> <thead> <tr> <th>Jerarquía</th> <th>Rango</th> <th>Decisión</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>A,B,C</td> <td>61 a 100</td> <td>Requiere calibración</td> </tr> <tr> <td>D</td> <td>31 a 60</td> <td>Requiere verificación</td> </tr> <tr> <td>E</td> <td>0 a 30</td> <td>No requiere calibración ni verificación</td> </tr> </tbody> </table>						Jerarquía	Rango	Decisión	A,B,C	61 a 100	Requiere calibración	D	31 a 60	Requiere verificación	E	0 a 30	No requiere calibración ni verificación
Jerarquía	Rango	Decisión															
A,B,C	61 a 100	Requiere calibración															
D	31 a 60	Requiere verificación															
E	0 a 30	No requiere calibración ni verificación															

RANGO DE USO: _____	TOLERANCIA : _____
---------------------	--------------------

FRECUENCIAS DE CONTROL METROLÓGICO		
DE CALIBRACIÓN _____	DE VERIFICACIÓN _____	DE MANTENIMIENTO _____

ELABORADO:	REVISADO:
CARGO:	CARGO:
FECHA:	FECHA:
FIRMA	FIRMA

Nota : Información tomada Armada Nacional.

